

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

168507

**ÖRNEK MOTORDA VURUNTU SENSÖRÜ  
KONUMUNUN BELİRLENMESİ**

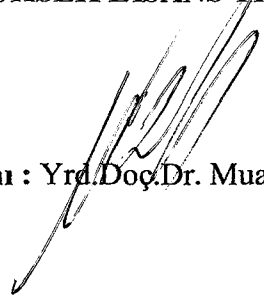
  
Prof. Dr. Mehmet Ergonen

  
Prof. Dr. Osman Deniz

Makina Müh. Birkan HERGÜNER

FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makinaları Programında  
Hazırlanan

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

  
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Muammer ÖZKAN

**İSTANBUL, 2005**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ .....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ .....	vi
ÖNSÖZ .....	vii
ÖZET .....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ - VURUNTUNUN TANIMI .....	10
1.1 Önceki Çalışmalar.....	10
1.2 Vurunun Sebepleri .....	13
1.3 Vuruntu Hasarları.....	13
2. VURUNTUNUN ALGILANMASI.....	15
2.1 Silindir Basıncıyla Vuruntu Analizi.....	15
2.1.1 Vuruntu Penceresi .....	15
2.2 Egzoz Gazı Sıcaklığı Yöntemi .....	15
2.3 Blok Titreşimi İle Vuruntu Tespiti .....	16
3. Deneysel Çalışma.....	17
3.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Materyel ve Deney Düzenegi .....	17
3.1.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Materyel .....	17
3.1.1.1 Deney Motoru .....	17
3.1.1.2 Vuruntu sensörü .....	17
3.1.1.3 Basınç sensörü .....	19
3.1.1.4 İntegral Alıcı ve Kuvvetlendirici (Charge Amplifier) .....	20
3.1.1.5 Veri Toplayıcı (Data Logger) .....	20
3.1.1.6 Yazılım.....	21
3.1.2 Deney düzenegi.....	23
3.1.2.1 Vuruntu Sensörlerinin Konumlandırılması.....	25
3.2 Deneyin Yapılışı .....	26
3.2.1 Kalibrasyon ve Senkronizasyon.....	26
4. Ölçüm Sonuçları .....	28
4.1 Vuruntulu ve Vuruntusuz Bir çevrimin Basınç ve Vuruntu Sinyalleri Karşılaştırması .....	28
4.2 Elde Edilen Veriler .....	31
5. Sonuç.....	37

KAYNAKLAR .....	41
EKLER.....	42
Ek 1 Verioku programının kaynak kodları. ....	43
Ek 2 Vuruntuanaliz programının kaynak kodları. ....	49
ÖZGEÇMİŞ .....	57



## KISALTMA LİSTESİ

ADC	Analog dijital çevirici
ÜÖN	Üst ölü nokta
KMA	Krank mili açısı



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Vuruntu şartlarında alınan titreşim ve basınç sinyalleri. ....	16
Şekil 3.1 Vuruntu sensörü ve karakteristiği (Bosch) .....	18
Şekil 3.2 Basınç sensörü .....	19
Şekil 3.3 Vuruntu ve basınç sensörlerinden alınan verilerin PC ye aktarılması.....	21
Şekil 3.4 Veri okuma programı.....	22
Şekil 3.5 Vuruntu Analiz Programı. ....	23
Şekil 3.6 Deney düzeneğinde kullanılan yükleme ünitesinin görünümü.....	24
Şekil 3.7 Deney motorunun resmi. ....	24
Şekil 3.8 Vuruntu sensörlerinin yerleşimi .....	25
Şekil 3.9 Ham kalibrasyon verisi. ....	26
Şekil 3.10 Senkronize edilmiş ve kalibrasyondan geçirilmiş veriler. ....	27
Şekil 4.1 Vuruntulu bir çevrimin basınç diyagramı.....	28
Şekil 4.2 Vuruntusuz bir çevrimin basınç ve vuruntu sinyalleri diyagramı. ....	29
Şekil 4.3 Vuruntulu bir çevrimin basınç ve vuruntu sinyalleri diyagramı.....	30
Şekil 4.4 Basınç ve vuruntu sinyallerinin ayrı ayrı gösterilmesi. ....	30
Şekil 4.5 Motor 620 d/d da Vuruntulu çevrimler.....	31
Şekil 4.6 Motor 920 d/d da Vuruntulu çevrimler.....	32
Şekil 4.7 Motor 1400 d/d da Vuruntulu çevrimler.....	33
Şekil 4.8 Motor 1190 d/d da yüklü durumda vuruntulu çevrimler .....	34
Şekil 4.9 Motor 1500 d/d da yüklü durumda vuruntulu çevrimler .....	35

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Deney motorunun özellikleri .....	17
Çizelge 3.2 Vuruntu sensörünün özellikleri .....	18
Çizelge 3.3 Piezo elektrik basınç sensörünün özellikleri .....	20
Çizelge 4.1 Motor 620 d/d da alınan veriler .....	32
Çizelge 4.2 Motor 920 d/d da .....	32
Çizelge 4.3 Motor 1400 d/d da .....	33
Çizelge 4.4 Motor 1190 d/d da yüklü durumda .....	34
Çizelge 4.5 Motor 1500 d/d da yüklü durumda .....	35
Çizelge 5.1 (1.Durum Sonuçları).....	37
Çizelge 5.2 (2.Durum Sonuçları).....	37
Çizelge 5.3 (3.Durum Sonuçları).....	38
Çizelge 5.4 (4.Durum Sonuçları).....	38
Çizelge 5.5 (5.Durum Sonuçları).....	39
Çizelge 5.6 (Toplam Sonuçların Ortalamaları).....	39



## ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım , tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Muammer ÖZKAN' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca deneyler ve araştırma aşamasında yardımlarını esirgemeyen sayın Arş.Gör. Tarkan SANDALCI ya teşekkürlerimi sunarım. API programlama konusunda tecrübelerinden faydalandığım Ayşe ÜNAL a da teşekkür ederim.



## ÖZET

Günümüzde motor kontrol sistemleri, yakıt tasarrufunu ve gücü arttırmaya çalışırken, egzost emisyonlarının da minimumda tutulması isteğine göre dizayn edilmektedir. Ateşleme zamanını optimize ederek , belirli yakıt – hava karışımı için, yakıt tasarrufunun ve gücün artırılması vuruntu olayı ile sınırlanır. Ayrıca vuruntu, sıkıştırma oranını sınırlandıran temel faktördür ve motorlarda performansı, termik verimi ve ömrü etkileyen anahtar parametrelerden biridir. Vuruntu meydana gelmesi durumunda, motora çok büyük hasar verir bu nedenle motor çalışırken vuruntunun meydana geldiğini tespit etmek vuruntunun şiddetini belirlemek çok önemlidir.

Bu çalışmada, örnek motorda meydana gelen vuruntunun tesbiti amacıyla yerleştirilecek olan vuruntu sensörlerinin motor üzerinde uygun konumlandırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla üç adet özdeş sensör önceden tesbit edilmiş bölgelere yerleştirilmiştir. Karşılaştırma sonucunda blok üzerine yerleştirilen sinyallerin daha belirgin olduğu görülmüştür. Vuruntu sensörlerinin yer değiştirmesi ile yapılan ölçümlerde benzer sonuçlar elde edilmiştir.

## **ABSTRACT**

Modern engine control systems are designed to minimize exhaust emissions while maximizing power and fuel economy. Maximizing power and fuel economy by optimizing spark timing for a given air/fuel ratio is limited by engine knock. In addition, the engine knock is the primary factor which limits the compression ratio, and also the engine knock effects performance efficiency and usage life. Strong knock can cause permanent damage and should be avoided.

In this study, knock sensors are located to various places on an experimental engine. All sensors are connected to a data logger which transfers data to a computer. Each sensors signals are compared and evaluated.



## 1. GİRİŞ - VURUNTUNUN TANIMI

Çeşitli nedenlerle içten yanmalı motorlarda oluşan anormal yanma sonucu motordan gelen değişik ses ve gürültülerden anlaşılan çalışma düzensizliğine vuruntu denir. Anormal yanma olayları arasında en önemli olanları vuruntu ve yüzey yanmasıdır. Bu olaylar dikkate alınmalıdır çünkü aşırı olduklarında motora ciddi hasar verebilirler. Ayrıca bu olaylar aracı kullanan kişiye de rahatsızlık verici bir gürültü aktarırlar. Vuruntu, yakıt-hava karışımının olması gerekenden farklı bir anda yandığında oluşur. Bu anormal yanma işlemi gerçekleştiğinde sondaki gazda aşırı hızlı bir kimyasal enerji ortaya çıkar ve bu yüzden yanma odasında çok yüksek yerel basınçlar ve önemli büyüklükte basınç dalgaları oluşur. (C.F.Taylor 1968)

### 1.1 Önceki Çalışmalar

Kyunghee Üniversitesinden Seok-Hyung Jang , Taek-yul Oh ve Kyoung-Suk Park yaptığı, Buji Ateşlemeli Bir Motor İçin Vuruntunun Anlaşılmasına Yönelik Deneysel Bir Çalışma, adlı çalışmada, yüksek güçte bir motor için bir sensor geliştirebilmek için ateşleme zamanı tasarım parametresi olarak seçilmiş ve vuruntu faktörleri 4 stroklu ve 4 silindirli motorlarda ve farklı ateşleme zamanlarında incelenmiştir. Bu çalışma buji ateşlemeli motorlarda kullanılabilen bir vuruntu tespit sisteminin tasarlanması için yapılan deneysel bir çalışmadır.

Vuruntunun meydana geldiği krank açısı, vuruntu basıncı ve vuruntu yoğunluğu istatistiksel bir metotla ölçülmüştür. Yanma odasındaki basıncın seyri ve motor bloğunun titreşimi anormal yanma durumunda incelenmiş ve güçlü bir motor için kullanılacak sensörün frekans aralığı belirlenmiştir. Deney değişik motor devir sayılarında ve değişik ateşleme zamanlarında yapılmıştır.

Sonuç olarak, aynı motor devir hızı için, vuruntu yoğunluğu ve motor blok titreşimi ateşleme avansı ile orantılıdır. Ancak motor hızının artırılması durumunda vuruntu yoğunluğu hızla düşmektedir. Vuruntu meydana geldiği zaman, basınç titreşimi 6.5 kHz, 12 kHz ve 16 kHz frekans değerlerine yakın olarak ölçülmüştür ve blok titreşimi 6.5 kHz, 8.5 kHz ve 12.5 kHz frekans değerlerine yakın olarak ölçülmüştür ve sinyallerin genliği büyüktür. ( 1993)

Bandung Teknoloji Enstitüsü'nden Fauzi Soelaiman, Minnesota Üniversitesi'nden D.B. Kittelson'un 1993 yılında yaptığı "Buji Ateşlemeli Motorlarda Gürültülü Durumda Vuruntu Tespiti" adlı çalışmada, motor gürültüsüne bağımlı olmayan üç farklı vuruntu tespit yöntemi incelenmiştir. İlk yöntem egzoz sıcaklığını kullanmaktadır, ikinci yöntem, titreşim metodunu olarak adlandırılmıştır ve ateşleme zamanını sistematik olarak ilerletme veya geriletme prensibine dayanmaktadır. Üçüncü yöntem ise vuruntu yoğunluğunun standart sapmasını vuruntu yoğunluk göstergesi olarak kullanmaktadır.

Vuruntuyu tespit etmenin bir yolu egzoz sıcaklığını ölçmektir. Vuruntu meydana geldiğinde basınç silindir içinde sınır tabakayı bozar ve yanmış gazla soğutucu sıvı arasında daha fazla ısı transferi oluşmasına sebep olur. Sonuç olarak egzoz gazı sıcaklığının düşmesi beklenir. Ancak egzoz sıcaklığının düşmesi büyük ölçüde yanma veriminin düşmesinden kaynaklanmaktadır ve vuruntudan kaynaklanan egzoz gazı sıcaklığı düşmesinin belirgin olmadığı gözlemlenmiştir.

Titreşim metodu, ateşleme avansını sistematik olarak ilerletmek veya geriletmektir. Ateşleme avansının düşük olduğu durumdaki vuruntu yoğunluğundan yüksek olduğu durumdaki vuruntu yoğunluğu çıkarılırsa aradaki fark vuruntu göstergesi olarak kullanılabilir. Bu yöntemle vuruntu tespiti, geniş bir titreşim genliği ve geniş bir zaman aralığı gerektirmektedir. Bu nedenle çok kullanışlı bir yöntem değildir.

DKI yöntemi titreşim yöntemine benzemektedir. Titreşim kadar komplike olmamakla beraber bu yöntemde ardışık sinyallerin farkının alınmasına dayanmaktadır. Titreşim yönteminde doğru sonuca ulaşabilmek için titreşim genliğinin yüksek ve periyodun uzun olması gerekmektedir. Ancak DKI metodunda ardışık iki motor çevriminden alınmış sinyal verileri yeterli olmaktadır.

DKI yönteminin en büyük avantajı fon gürültüsünü ayırdedebilmesidir ki fon gürültüsü, farklı devir hızlarında, farklı ateşleme avanslarında ve motor aşınmasının meydana geldiği durumlarda ortaya çıkabilmektedir. Dahası DKI yöntemi fon gürültüsündeki değişimlere de uyum sağlamaktadır. DKI yönteminin bir diğer avantajı ise vuruntu tespiti için sadece iki motor çevrimini gerekli kıldığı için hızlı olmasıdır.

Rutgers Üniversitesi'nden Thomas Kaelblein, Y.1. Jeong ve K. T. Rhee'nin, yaptığı Buji "Ateşlemeli Motorlarda Vuruntunun Emisyon ve Performans Üzerindeki Etkileri" adlı

çalışmada, değişik yoğunluktaki vurunların buji ateşlemeli motorlarda performans ve emisyon karakteristiği üzerindeki etkileri, tek silindri CFR motorunda değişik tipte yakıtlar kullanılarak araştırılmıştır. Kullanılan yakıtlar benzin, benzin/metil alkol (MeOH) karışımı ve doğalgazdı. Benzin için, 85.3, 87.1, 88.9 oktan sayılarına sahip yakıtlar elde edildi. Benzin-alkol karışımı için yakıtlarda alkolün karışımdaki volümetrik oranı %0, %5 ve %10 olarak alınarak 85.3, 85.7, 86.2 gibi oktan sayıları elde edildi. Doğal gaz için hacmen %94.5 in üzerinde metan içermek üzere az ve değişik miktarda alkolün gaz buharı içine gönderilmesiyle 116,118,120 gibi oktan değerleri elde edilmiştir. Yapılan bu çalışmada, sıkıştırma oranı vurununun tam yeni başladığı kritik sıkıştırma oranında tutuldu ve her yakıt ailesindeki orta değerdeki oktan sayısına sahip yakıt kullanıldı. Yüksek oktan sayılı yakıtlar kullanıldığında vurunu tespiti ve vurunudaki değişim daha fazlaydı. Bunun sebebi kullanılan yakıt için kritik sıkıştırma oranının seçilmiş olmasıydı. Düşük motor hızlarında vurunu daha güçlüydü. Bunu sebebi düşük hızda yakıtın kendini tutuşturması için daha fazla süreye sahip olması ve bunun sonucunda vurunu frekansı ve şiddetinin yükselmesiydi.

Egzoz gazı sıcaklığı oktan sayısından az miktarda etkilenmekteyken, devir hızından ciddi oranda etkilenmekteydi.

Yanmamış hidrokarbon emisyonu ve egzoz gazı sıcaklığı vurunudaki artmayla beraber azalmaktaydı. Egzoz gazı sıcaklığının düşmesi gazların titreşime sebep olan hareketleri sonucu silindir duvarından ısı kaybının artmasıyla açıklanmaktaydı. Ayrıca bu durum yanmamış hidrokarbonların çatlaklardan ve bozulmuş sınır tabakadan difüzyonla kaçmasına sebep olmaktadır.

Nitrik oksitlerin emisyonunda oktan sayısının azalmasıyla birlikte küçük bir artma, motor hızının artmasıyla da büyük bir artma görülmekteydi.

Doğal gazdaki ve benzin/MeOH karışımındaki oktan sayılarının değişimine bağlı olarak motor gücünde meydana gelen değişim çok küçüktü. Karışım yakıttaki oktan sayısının gücü etkilememesi şu şekilde açıklanmaktaydı: Alkoldeki enerjinin azlığı nedeniyle güç azalmaktaydı, ancak alkolle beraber yükselen oktan sayısı sıkıştırma oranının artırılmasına imkan veriyordu ve bu sayede motor gücü artıyordu. Böylelikle motordaki güç kaybı dengeleniyordu. Doğalgazda ise sıkıştırma oranının yüksek olması güç kazancına imkan verirken yüksek mekanik sürtünme bu güç kazancını engelliyordu. Oktan sayısının artmasıyla elde edilen en fazla güç kazancı bu üç yakıt ailesi içinden sadece benzinde görülmekteydi.

## 1.2 Vurunun Sebepleri

Ateşleme olayı sırasında pistonun hareketiyle basıncın artması içerideki gazın zaman zaman beklenenden önce yanmasına sebep olabilir. Burada dikkat edilmesi gereken durum yakıtın hangi sıcaklık ve hangi basınçta tuttuğudur. Bu, tutuşma için daha düşük sıcaklık gerektiren bir yakıtın vuruntuya sebep olmaya daha elverişli olduğunu gösterir. Bu yüzden yakıtların vuruntuya direncini gösteren oktan sayısı arttırılmaktadır.

Vuruntu özellikle tam gaz şartlarında oluşur. Bu da motorun performansı üzerinde doğrudan bir kısıtlamadır. Vuruntunun oluşumu ve şiddeti, yakıtın ve motorun vuruntuya direncine bağlıdır. Bir yakıtın vuruntuya karşı koyma yeteneği oktan sayısı ile ölçülür. Oktan sayısı yükseldikçe yakıtın vuruntuya karşı direnci artar. Bir motorun vuruntu yapma eğilimi daha yüksek sıcaklıklar ve basınçlar gerektiren veya yanma zamanını uzatan faktörlerle artar.

Bir motor-taşıtlar kombinasyonunun oktan gereksinimi kullanım sırasında genellikle artar; bunun sebebi ise muhtemelen motor silindirindeki artıkların yanma odasında birikmesidir. Bu artıklar motorun sıkıştırma oranını arttırırken yanma odasının dış yüzeyinin sıcaklığını da arttırırlar. Bu indüksiyon taze dolguya doğru ısı geçişini arttırır ve sıkıştırma sırasında yanmayan yakıt-hava karışımından ısı transferini azaltır. Böylece art gaz sıcaklıkları daha yüksek olur ve vuruntu olasılığı artar.

Aslında bütün oktan gereksinimi artışları yanma odası duvarlarındaki tortudan kaynaklanmaktadır. Tortu tamamen temizlendiğinde oktan gereksinimi orjinal değerine yakın bir yere gelir. Kurşunlu ve kurşunsuz benzinde motorun silindirinde biriken tortu hacmi yaklaşık olarak aynıdır ve silindir başına  $0.3 - 1 \text{ cm}^3$  aralığında değişir. Bu tortu ile sıkıştırma oranı artışı küçüktür (0.1 sıkıştırma oranı) ve böylece oktan gereksinimi artışının % 10' unu oluşturur. Tortunun en önemli etkisinin yukarıda açıklandığı gibi art gaz ve yanma odası duvarlarındaki ısı transferinde değişiklik yapması olduğu düşünülmektedir. Kurşunlu ve kurşunsuz benzinlerin oluşturduğu tortu miktarı yakın olmasına rağmen bileşim ve yoğunlukları oldukça farklıdır. Sonuç olarak vuruntu hem yakıtın kalitesine hem de motorun tasarımına bağlıdır.

## 1.3 Vuruntu Hasarları

Yanma hızı ve basınçların çok yükselmesi nedeniyle, piston ve yataklar üzerine gelen darbeler bu elemanların malzemelerinin yorulmasına neden olur. Ani basınç yükselmesi ile meydana

gelen basınç dalgaları titreşimlere neden olur. Bu titreşimler ısı kayıpları ve yakıt sarfiyatını arttırarak verim ve gücü düşürür. Sıcaklıkların artması, motorun daha fazla ısınmasına neden olur ki bu da vuruntuyu daha fazla şiddetlendirir. Vuruntunun etkileri vuruntunun şiddetine ve süresin bağlıdır. Ağır vuruntu ciddi motor hasarına yol açabilir. Otomobil uygulamalarında ivme vuruntusu ve sabit hız vuruntusu arasında genellikle bir ayırım yapılır. İvme vuruntusu genel olarak sadece rahatsızlık veren bir faktördür ve kısa süresinden dolayı genellikle hasara yol açmaz. Buna rağmen sabit hız vuruntusu motorda iki tür hasara yol açabilir. Bu özellikle motorun yüksek hızlarında diğer motor sesleri tarafından gizlendiğinde daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Sabit hızda ağır vuruntunun yol açabileceği hasarlar ;

Eğer kritik yanma odası parçalarında yeterli miktarda atık varsa oluşan erken yanma ve bunun sonucunda runaway ön yanma oluşabilir.

Runaway vuruntusu, gittikçe daha erken ve dolayısıyla daha şiddetli olan buji ateşlemesi. Bu, kısa zamanda ağır hasara yol açar.

Runaway vuruntusu oluşmasa bile yanma odasındaki bölgelerde gittikçe artan aşınma.

Vuruntu motora değişik şekillerde hasar verebilir: Piston segmanlarının yapışması, piston segmanlarında ve piston uçlarında kırılmalar, silindir kafası contasının arıza yapması, silindir kafasında aşınma, piston tepesi ve üst ucunda aşınma, pistonun erimesi ve delinmesi.

Bu hasara yol açan mekanizmaların şunlar olduğu düşünülmektedir. Erken yanmadan kaynaklanan hasar buji ve pistonların yapışmasından görüldüğü üzere çoğunlukla ısıya bağlıdır. Vuruntu çok şiddetli olduğunda yanma odası duvarlarına fazladan ısı aktarılır ve böylece silindir başı ve piston hızla aşırı ısınırlar. Bu şartlar altında vuruntu kararlı değildir; aşırı ısınma motorun oktan gereksinimini arttırır ve bu da vuruntunun şiddetinin artmasına yol açar. Vuruntunun şiddeti gittikçe artar ve en sonunda kontrolsüz olan bu artış birkaç dakikada motorun arıza yapmasına sebep olabilir. Uzun sürelerde ağır vuruntunun verdiği hasar – art gaz bölümündeki piston kafası ve (alüminyum) silindir başlarının aşınması- çoğunlukla bu bölgedeki yüksek gaz basınçlarından olmaktadır. 180 atm. Basınca kadar ağır vuruntudan kaynaklanan aşırı yüksek gaz basınçları art gazda yerel olarak 5-10 kHz frekans aralığında meydana gelebilir. Bu yüksek yerel basınçlar daha yüksek vuruntuya yol açan normalden daha yüksek yerel yüzey sıcaklıklarıyla birleşirler ve malzemeyi zayıflatırlar. Bu aşırı mekanik gerilimlerden kaynaklanan yorulmalar delinme ve aşınmalara yol açabilir ve bu yorulmalar sonucunda segmanların kırılmaları mümkündür.

## 2. VURUNTUNUN ALGILANMASI

Motor çalışırken vuruntunun meydana geldiğini tespit etmek vuruntunun şiddetini belirlemek çok önemlidir. Vuruntuyu karakterize etmek için, motordan gelen pek çok sinyalin analizini esas alan çok sayıda çalışma yapılmıştır. Söz konusu sinyaller; silindir basıncı, silindir blok titreşimi buji boşluğundaki iyon akımı, yanma odasındaki ışık yoğunluğu vb. dir.

### 2.1 Silindir Basıncıyla Vuruntu Analizi

Genellikle silindir basıncının analizi vuruntu hakkında bize en kesin bilgiyi verir. Bu nedenle motorla ilgili araştırma geliştirme çalıştırmalarında basınç sinyallerini esas alan vuruntu tespit metotları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte basınç sinyallerinin karakterize edilmesi ve işlenmesiyle ilgili yöntemler konusunda süren bir anlaşmazlık vardır. Bu yöntemler filtreleme, pencereleme, eşik değeri ve vuruntu yoğunluk tespitidir.

Bir motorda vuruntu kontrol sisteminin düzenli çalışabilmesi için, vuruntunun ve vuruntu yoğunluğunun, blok titreşimi ve basınç ses sinyalleri gibi endirekt sinyallerle saptanması gerekir. Bu sinyaller, silindir basınç sensörlerine göre daha düşük maliyetli olan sensörlerle elde edilebilir. Bu endirekt sinyaller silindir basınç sinyallerine göre daha güçlü fon gürültüsüne sahiptirler. Bunun sebebi bu sinyallerin çok sayıda farklı kaynaktan meydana gelmesi ve tüm motor yapısına yayılmasıdır. Endirekt sinyallerle fon gürültüsünün yokedilmesi ve vuruntu yoğunluğunun belirenmesi sinyal işleme metotları sayesinde başarılmıştır. Zaman alıcı deneyler, değişik motor çalışma şartlarındaki vuruntu eşik değerlerinin belirlenebilmesi için hala gereklidir. Bu vuruntu eşik değerleri olmadan, vuruntu kontrol sistemleri motorun vuruntuda olduğu ya da düzgün çalıştığı konusunda karar veremez.

#### 2.1.1 Vuruntu Penceresi

Vuruntu, motorun tüm çevriminden alınan sinyallerin analiziyle tespit edilebilir. Ancak sinyaller ateşlemeden, subap kapanışından gelen fon gürültüsüne sahiptirler. Tüm sinyali analiz etmek yerine, sinyalin vuruntu penceresinde tutulan küçük bir parçasını analiz etmek fon gürültüsünün etkilerinden kaçınmak için çok etkili bir yoldur.

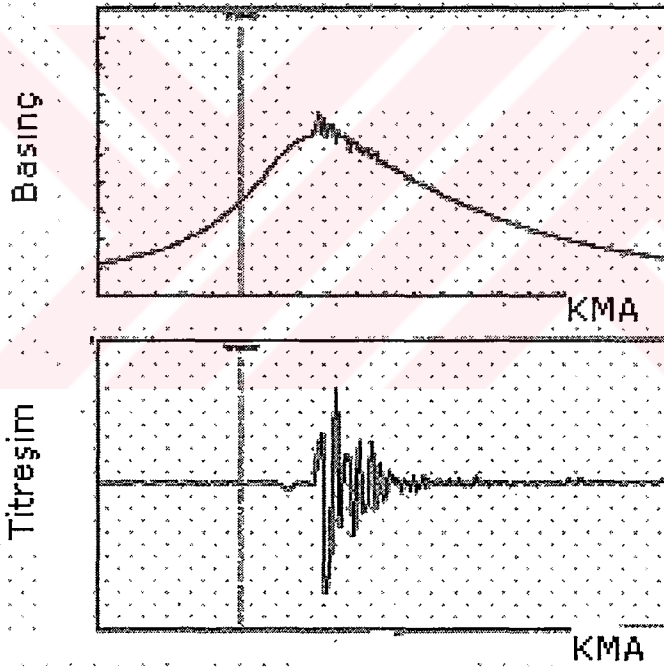
### 2.2 Egzoz Gazı Sıcaklığı Yöntemi

Vuruntuyu tespit etmenin bir yolu da egzoz sıcaklığını ölçmektir. Vuruntu meydana geldiğinde basınç silindir içinde sınır tabakayı bozar ve yanmış gazla soğutucu sıvı arasında

daha fazla ısı transferi oluşmasına sebep olur. Sonuç olarak egzoz gazı sıcaklığının düşmesi beklenir. F. Renault tarafından yapılan bir çalışmada emme basıncı 3 kPa' dan 4.5 kPa' ya çıkarılarak ve avans 2 den 6 KMA ya yükseltilecek vuruntunun şiddetlenmesine olanak verilmiş egzoz gazının soğuduğu görülmüştür. Egzoz gazı sıcaklığının 150 °C kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Buna göre motorun gürültülü olduğu durumlarda egzoz gazı sıcaklığı ölçülerek vuruntu tespiti yapılabileceği sonucuna varılmıştır. (Fauzi Soelaiman, D.B. Kittelson 1993).

### 2.3 Blok Titreşimi İle Vuruntu Tespiti

Vuruntulu çevrimdeki tipik titreşim sinyalleri şekil 2.3.1 de gösterilmiştir. Basınç ve titreşim sinyallerindeki vuruntu yoğunluğu, filtrelenmiş basıncın ve hızlanmanın maksimum genliği olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.1 Vuruntu şartlarında alınan titreşim ve basınç sinyalleri.

Şekil 2.3.1 de de görüldüğü gibi vuruntu Vuruntu genelde ÜÖN ve ÜÖN' dan sonraki 20 ° KMA arasında başlamaktadır ve 50 ° KMA civarında sona ermektedir. Vuruntu süresi 5 ila 35 ° KMA civarındadır. Bu gözlemlere dayanarak vuruntu tespiti için ÜÖN ile ÜÖN sonrasındaki 50 ° KMA arasında alınan basınç sinyallerinin analiziyle yapılabileceği söylenebilir. Bu sınırlar içerisinde kalan titreşim sinyalleri incelendiğinde, vuruntu oluşması durumunda titreşim sinyallerinde belirgin artışlar olduğu gözlenebilir.

### 3. Deneysel Çalışma

#### 3.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Materyel ve Deney Düzenegi

##### 3.1.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Materyel

###### 3.1.1.1 Deney Motoru

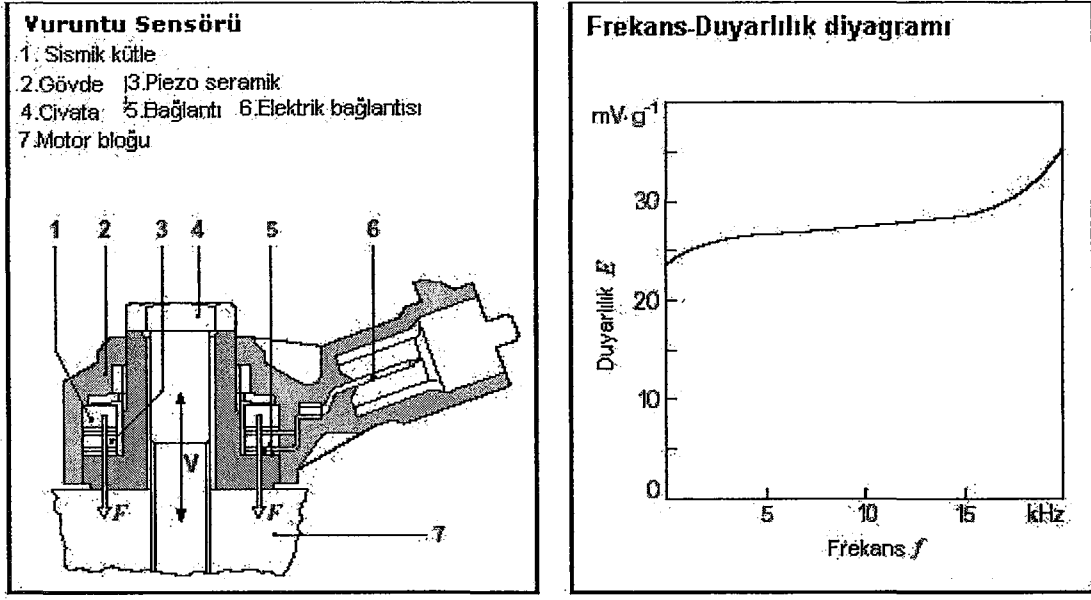
Çalışmalarda kullanılan deney motoru TecQuipment firmasının üretimi olan DC motor ile yüklemeli değişken sıkıştırma oranlı CFR motorudur. Motorun özellikleri Çizelge 4.1 de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1 Deney motorunun özellikleri

Silindir Çapı [mm]	90
Piston Stroku [mm]	120
Silindir Hacmi [ $\text{cm}^3$ ]	765
Silindir Sayısı	1
Sıkıştırma Oranı	4.5:1~22:1
Hız aralığı [d/d]	500-2000
Maksimum Güç [kW]	7 kW (1800 d/d)
Maksimum Moment [Nm]	40 Nm (1100 d/d)

###### 3.1.1.2 Vuruntu sensörü

Kullanılan vuruntu sensörü temel olarak titreşim sensörüdür. Akustik titreşimleri tespit etmek için kullanılır. Vuruntulu çalışma, motorda belli bir frekansta titreşimlere neden olmaktadır. Vuruntu sensörü bu sinyalleri algılayarak elektrik sinyallerine dönüştürür. Piezo seramik element ve sismik bir kütleden oluşan vuruntu sensörü, titreşim esnasında sismik kütlelen piezo seramik element üzerinde oluşurduğu basınç kuvvetlerinin elektriksel sinyale dönüşmesi ilkesi ile çalışır. Vuruntu sensörünün ölçüm hassasiyeti birim ivme değerine karşılık çıkış voltajı olarak tanımlanır. Vuruntu sensörü ve karakteristiği Şekil 3.1 de görülmektedir.



Şekil 3.1 Vuruntu sensörü ve karakteristiği (Bosch)

Sistemde kullanılan vuruntu sensörünün özellikleri Çizelge 3.2 de verilmektedir.

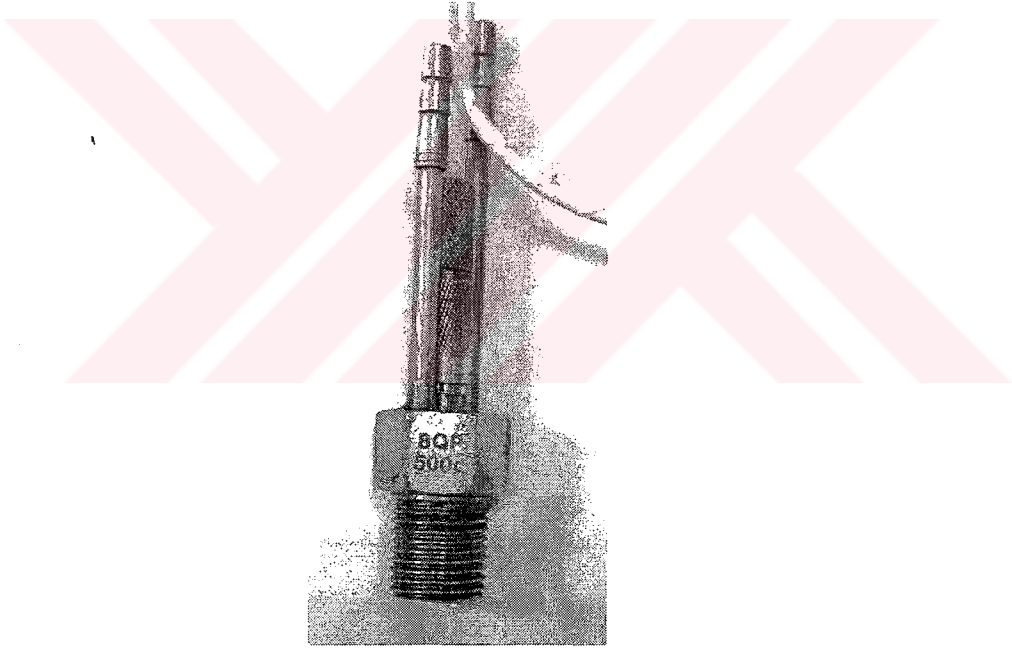
Çizelge 3.2 Vuruntu sensörünün özellikleri

Frekans aralığı	1...20 kHz
Ölçüm aralığı	~ 0.1...400 g
Duyarlılık (5 KHz de)	26 ±8 mV/g
Doğrusallık (rezonansta 5-15 kHz arası)	(15...41 mV/g)
Sıcaklığın duyarlığa etkisi	≤ 0.06 mV/(g · °C)
Çalışma sıcaklığı aralığı	-40...+150 °C
Müsaade edilen osilasyon (Sürekli)	≤ 80 g
(Kısa süreli)	≤ 400 g

### 3.1.1.3 Basınç sensörü

Sistemde kullanılan basınç sensörü AVL firmasının ürettiği dinamik tip basınç sensörüdür. Dinamik basınç sensörleri, bir kristalin üzerine etki eden basıncın elektriksel etki üretmesi esına göre çalışırlar. 400 kHz gibi çok yüksek bir frekans aralığında doğrusal çıkış verebilirler. Büyük statik basınç değerlerinin üzerindeki yüksek frekanslı fakat küçük genlikli dalgalanmaları ölçebilirler. Kuvars yada seramik kristaller bir kuvvet altında kaldığında picocoulomb seviyesinde elektrik yükü üretirler. Bu elektrik yükünün kristal üzerindeki değişimi yer çekimi ivmesinin değişimi ile doğru orantılıdır. sensörlerdeki sismik kütlenin ivme altında maruz kaldığı atalet kuvveti piezo elektrik kristale etkir ve ivme ile doğru orantılı bir elektrik sinyali çıkışı verir.

Çalışmada kullanılan basınç sensörü Şekil 3.2 de, ve özellikleri de Çizelge 3.3 te görülmektedir.



Şekil 3.2 Basınç sensörü

Çizelge 3.3 Piezo elektrik basınç sensörünün özellikleri

Tip	8QP 500c
Dinamik Ölçüm aralığı	0-100 bar
Duyarlılık	11 pC/bar
Çözünürlük	0.004 bar
Kapasitans	3.1 pF
Doğal Frekans	100 kHz
İvme Duyarlılığı	0.002 bar/g
Doğrusallık	<±% 0.6

#### 3.1.1.4 İntegral Alıcı ve Kuvvetlendirici (Charge Amplifier)

Deneyde kullanılan basınç sensörü , içerisinde dönüştürücü devre olmayan basınç sensörlerindedir. Bu tip sensörler sadece basınç dalgalarındaki değişimleri verirler. Ancak bu basınç değişimlerinin anlık basınç değerlerine dönüştürülmesi ve yükseltilmesi gerekmektedir. Bu nedenle sensörden alınan sinyaller yükseltilir ve integral alıcı bir elektronik devreden geçer.

#### 3.1.1.5 Veri Toplayıcı (Data Logger)

Bu çalışmada , basınç ve vuruş sinyalleri analiz edilebilmeleri ve karşılaştırılabilmeleri amacı ile PC ortamına aktarılmıştır. Bu işlem için 4 adet ADC kullanılmıştır. Basınç sinyali integral alıcı ve yükseltici devreden geçtikten sonra, vuruş sensörleri ise doğrudan ADC lerin girişine bağlanmıştır. Kullanılan ADC ler 16 bit çözünürlüğünde ve saniyede 44100 örnekleme yapmaktadırlar. Bu 4 adet ADC 2 ayrı kart ile sağlanmış olup aralarındaki eş zamanlılık yazılım yolu ile sağlanmıştır. Ölçüm yaptığımız ADC lerin örnekleme frekansları 44100 kHz dir bu da vuruş veya basınç sensöründen saniyede 44100 adet veri geleceği anlamına gelmektedir. Kaydedilen iki veri değeri arasındaki süre;

$$\frac{1}{44100} = 0,0226757 \text{ ms dir.}$$

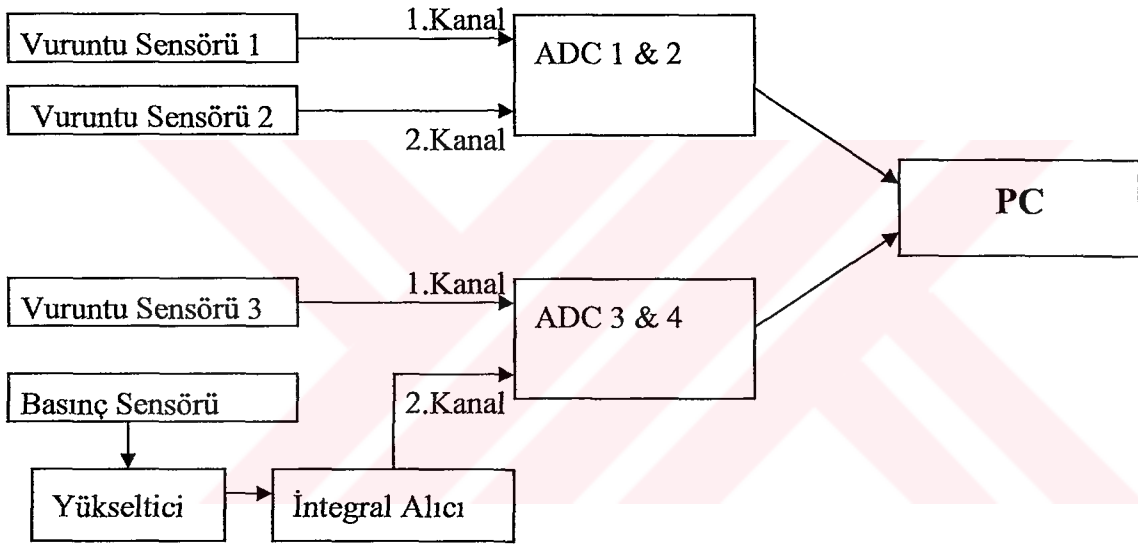
Örnek olarak 2000 d/d da çalışan motor için

$44100/(2000/60) = 1323$  ölçüm / devir yapılabilmektedir

Her devir 360 KMA olduğuna göre ;

$360 / 1323 =$  yaklaşık 0,2721 KMA nda bir basınç değeri ölçülebilmektedir bu da yaklaşık olarak her KMA değerinde 3,6 adet ölçüm yapılabildiği anlamına gelmektedir.

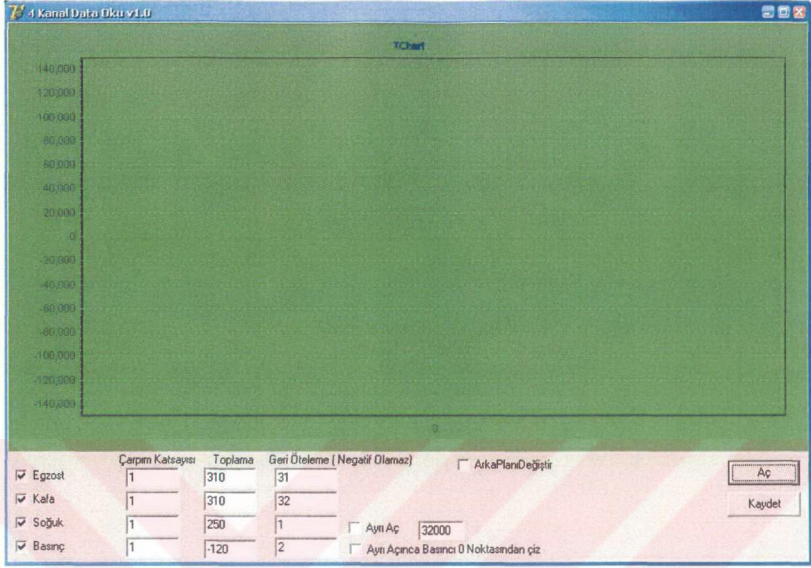
Veri toplayıcı sistemin ve PC nin sensörler ile bağlantısı şekil 3.3 te görülmektedir.



Şekil 3.3 Vuruntu ve basınç sensörlerinden alınan verilerin PC ye aktarılması

### 3.1.1.6 Yazılım

Kaydedilen verilerin gösterimi, delphi programlama dili ile geliştirilen verioku adlı yazılım ile yapılmaktadır. Bu yazılım 4 ayrı kanaldan okunan verilerin işlenmesi ve irdelenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu yazılımın kaynak kodları Ek 1 de verilmiştir.



Şekil 3.4 Veri okuma programı

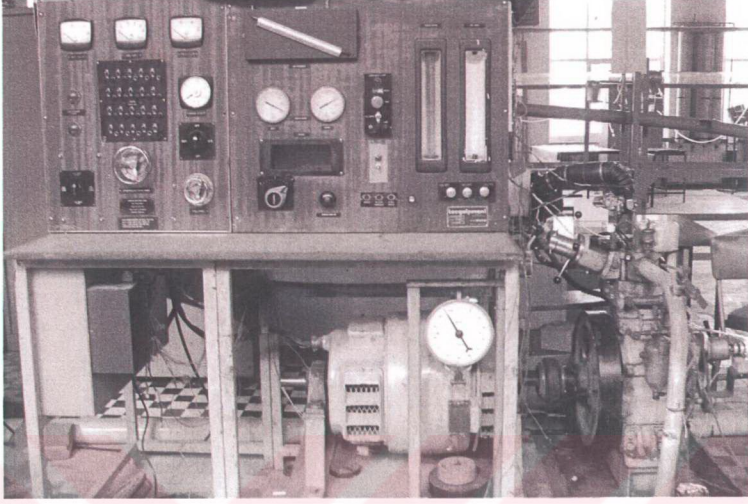
Ayrıca vuruntulu çevrimerin incelenmesi, sensörlerden gelen bilgilerin ayrı ayrı ortalamalarının ve maksimum değerlerinin her çevrim için hesaplanması amacıyla. Vuruntu analiz adında bir program daha geliştirilmiştir. Bu program ayrıca bu verileri bir tabloya atarak excel ortamına da aktarabilmektedir. Bu programın kaynak kodları Ek 2 de verilmiştir.



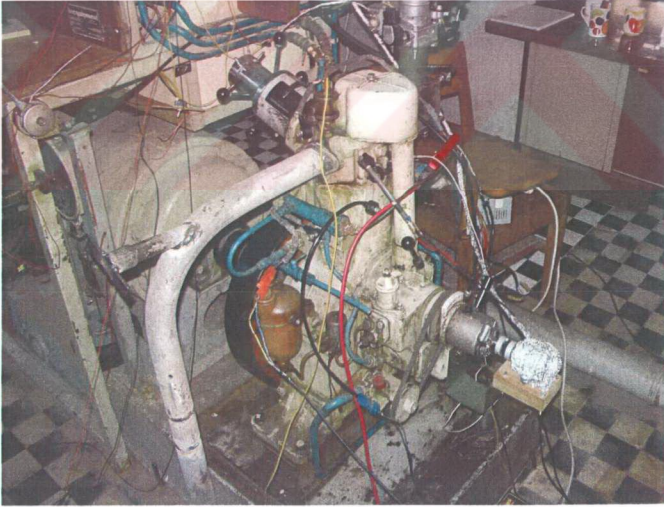
Şekil 3.5 Vuruntu Analiz Programı.

### 3.1.2 Deney düzeneği

Motor performans değerlerinin ölçümünde mevcut sistem üzerinde bulunan ve motora esnek kavrama ile direkt bağlı 9 BG güc üretebilen bir DC motor kullanılmıştır. Yükleme düzeneği olarak ta yine sistem üzerinde mevcut bulunan 20 adet yassı tip yük dirençleri kullanılmıştır. DC motor içten yanmalı motoru ilk harekete geçirdikten sonra devre dışı bırakılmakta ve performans değerlerinin ölçümü için de, bir komutator vasıtasıyla jeneratör pozisyonuna alınıp elde edilen elektrik enerjisi yükleme dirençleri vasıtasıyla ısı şeklinde dışarıya atılarak içten yanmalı motorun yüklenmesi yapılmaktadır. Şekil 3.6 da deneyde kullanılan yükleme ünitesi görülmektedir. Şekil 3.76 de ise deney motorunun resmi yer almaktadır.



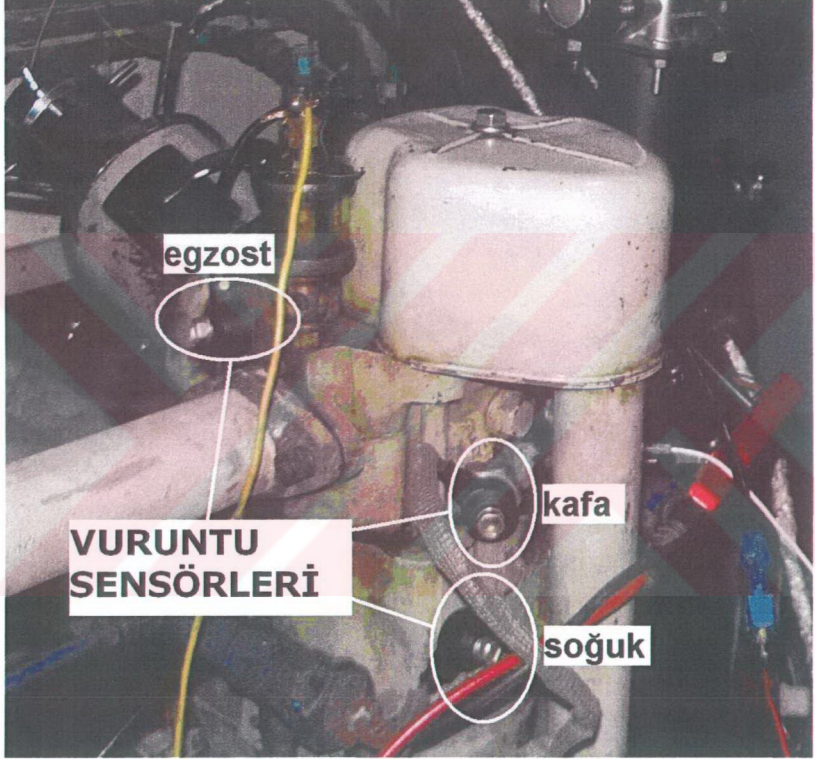
Şekil 3.6 Deneý düzeneğinde kullanılan yüklem üñitesinin görünümü



Şekil 3.7 Deneý motorunun resmi.

### 3.1.2.1 Vuruntu Sensörlerinin Konumlandırılması

Deneyde vuruntu sensörleri motor üzerinde 3 farklı yere yerleştirilmiştir. Bu sensörlerden biri egzost manifoldunun yakınına , bir diğeri yanma odasına yakın sıcak bir noktaya diğeri ise motor bloğunda görece soğuk bir yere yerleştirilmiş ve bu sensörlere egzost, kafa, soğuk isimleri verilmiştir. Bu sensörlerin yerleşimi şekil 3.8 de görülmektedir.



Şekil 3.8 Vuruntu sensörlerinin yerleşimi

### 3.2 Deneyin Yapılışı

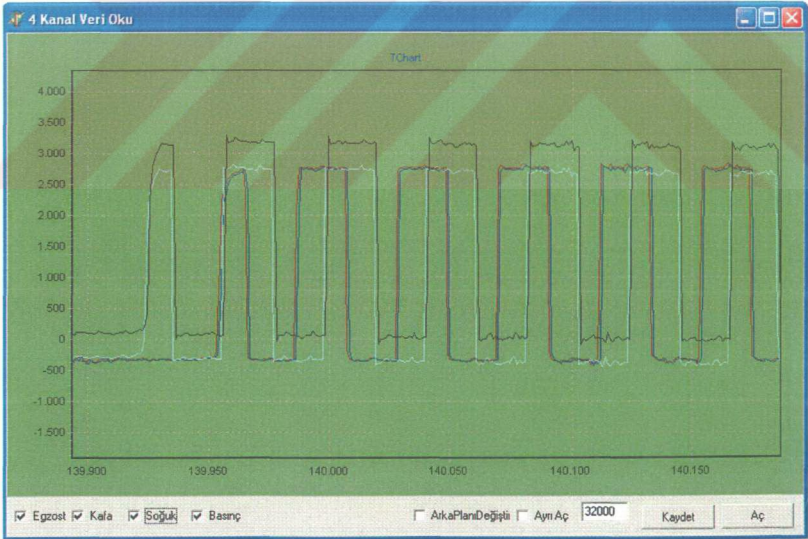
Motorun ilk hareketi deney düzeneğinde bulunan DC motor ile yapılmaktadır. DC motor içten yanmalı motoru ilk harekete geçirdikten sonra devre dışı bırakılmaktadır.

Motor harekete geçtikten sonra rejim sıcaklığına ulaşması için bir süre beklenmektedir.

Performans değerlerinin ölçümü için DC motor, bir komutator vasıtasıyla jeneratör pozisyonuna alınıp elde edilen elektrik enerjisi yüklemeye dirençleri vasıtasıyla ısı şeklinde dışarıya atılarak içten yanmalı motorun yüklenmesi yapılmaktadır. Deney sırasında motor nafta ile çalıştırılmış ve değişik devir ve yük koşullarında vurutuya sokulmuştur. Bu sırada toplanan veriler daha sonra incelenmek üzere PC ortamına aktarılmıştır.

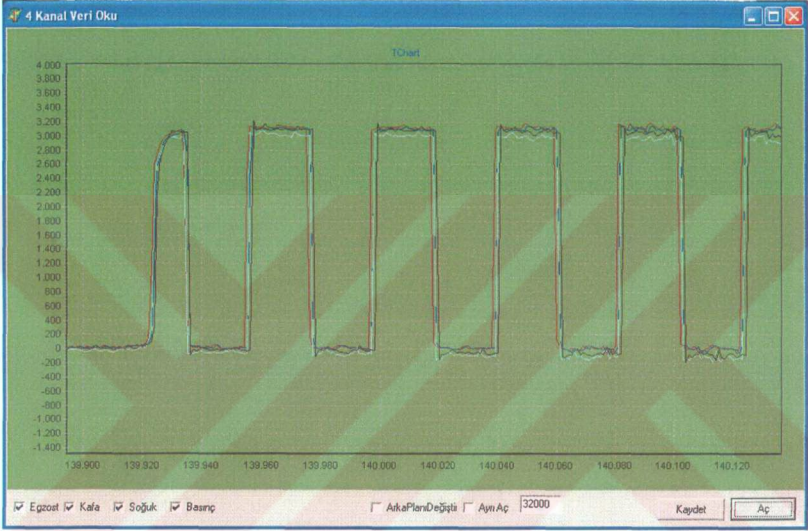
#### 3.2.1 Kalibrasyon ve Senkronizasyon

Her ne kadar kullanılan ADC ler birbirinin aynı olsalar da referans voltajları ve bileşenlerinin toleransları nedeniyle birbirleri ile kalibre edilmeleri gerekmektedir. Bu kalibrasyon işlemi her 4 kanala 1khz frekansında ve 0.5 V genliğinde aynı sinyalin verilmesiyle yapılmıştır. Kalibrasyon ve senkronizasyon verileri daha sonra okurken yazılım yolu ile yapılmıştır.



Şekil 3.9 Ham kalibrasyon verisi.

Şekil 3.9 da görülen veriler kalibrasyon ve senkronizasyon işleminden geçmemiş verilerdir. Görüldüğü gibi ADC ler arasında örnekleme zamanı farkı vardır. Egzost ve kafa vuruğu sensörleri 1. ADC ye , soğuk vuruğu sensörü ve basınç sensörü de 2. ADC ye bağlanmıştır. Veriler okunurken sonra başlayan ADC verileri ötelenerek senkronizasyon sağlanmıştır. Senkronizasyon ve kalibrasyon yapıldıktan sonra program tarafından okunarak gösterilen veriler şekil 3.10 da gösterilmiştir.

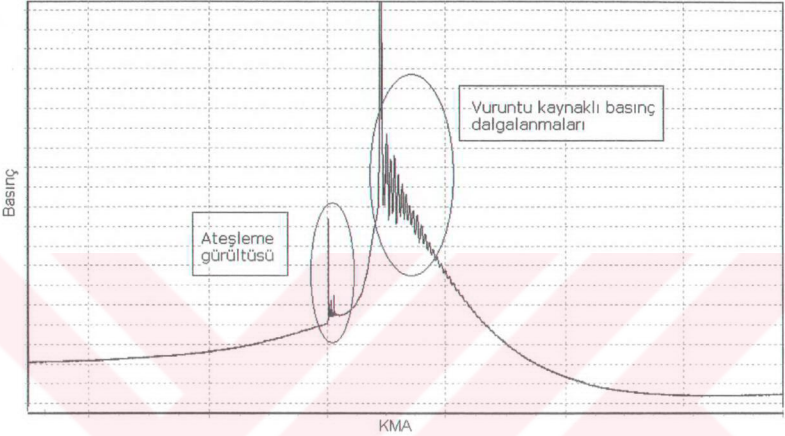


Şekil 3.10 Senkronize edilmiş ve kalibrasyondan geçirilmiş veriler.

Görüldüğü gibi şekil 3.10 daki veriler birbirlerinin aynısı olup kare dalga görüntüleri aynı anda yukarı veya aşağı dönüşlerini yapmaktadırlar. Bu işlemden sonra veri okuma programı bu halde bırakılacak ve diğer bütün datalar bu şekilde kalibrasyonu ve senkronizasyonu yapılmış halde açılacaklardır.

#### 4. Ölçüm Sonuçları

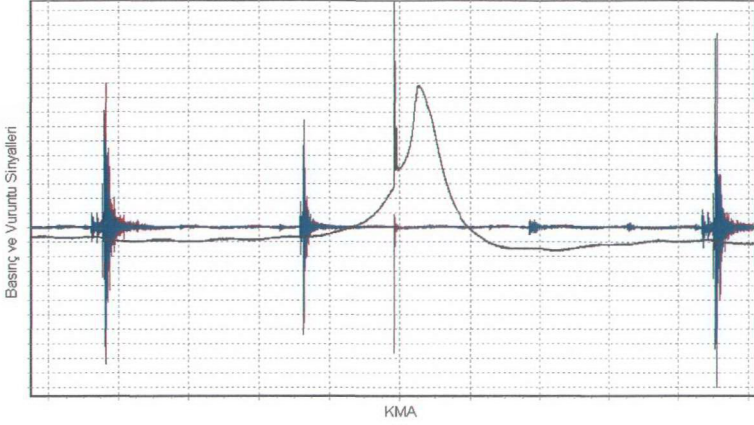
Şekil 4.1 de vurutulu bir çevrimin basınç diyagramı görülmektedir. Şekilde görülen basınç dalgalanmaları vurutunun karakteristik özelliğidir ve vurutu oluştuğunda bu tip dalgalanmalar görülmektedir.



Şekil 4.1 Vurutulu bir çevrimin basınç diyagramı

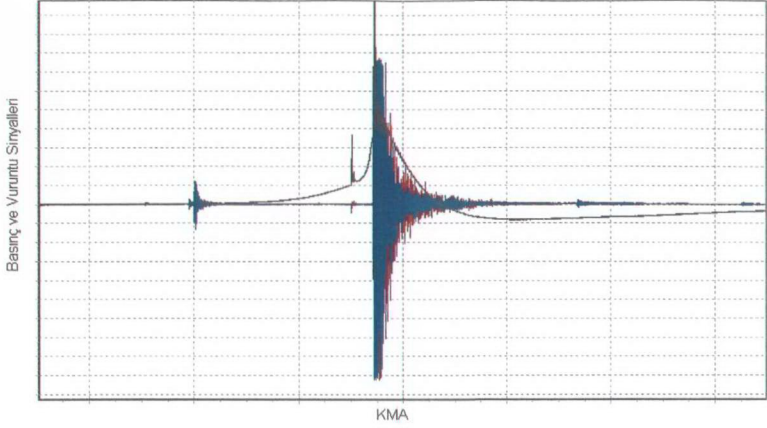
#### 4.1 Vurutulu ve Vurutusuz Bir çevrimin Basınç ve Vuruntu Sinyalleri Karşılaştırması

Şekil 4.2 de ise vurutusuz bir çevrimin basınç ve vurutu sensörlerinden alınan veriler görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi vurutu sensörlerinden sinyaller alınmaktadır fakat bu sinyaller, basıncın yükseldiği ÜÖN yakınlarında olmayıp motorun normal çalışma sırasında ürettiği titreşimlerdir.

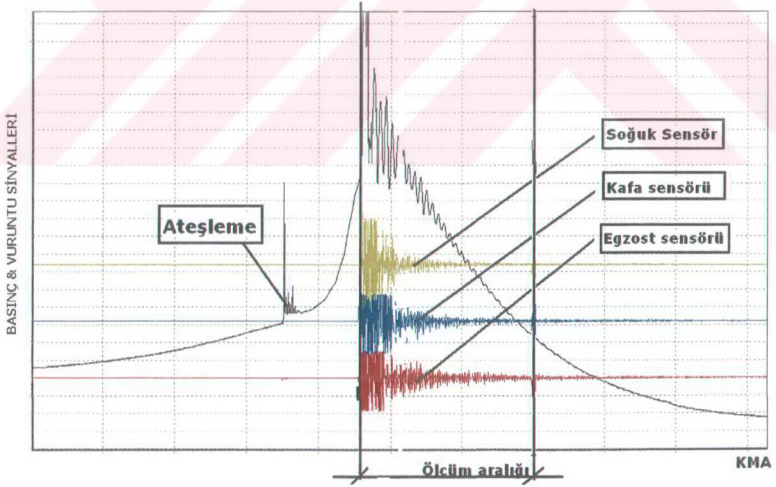


Şekil 4.2 Vuruntusuz bir çevrimin basınç ve vuruş sinyalleri diyagramı.

Şekil 4.3 de ise vuruntulu bir çevrimin diyagramı basınç ve vuruş sensörlerinden alınan sinyaller çizdirilmiştir. Görüldüğü gibi vuruş oluştuğunda maksimum basınç normal değerinden çok yükselmekte, vuruş sensörlerinden sinyal alınmakta ve basınçta maksimum basınca eriştikten sonra düzensiz dalgalanmalar görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi vuruş oluştuğunda, vuruntusuz çevrimde olduğundan farklı yerlerde ve daha yüksek genlikte sinyaller alınmaktadır. Bu durumda motorun diğer gürültülerinin yanında ÜÖN ya yakın yerlerde sinyaller algılanmakta, ateşlemeden sonra basınç dalgalanmaları, maksimum basınçta aşırı yükselme ve vuruş sensörlerinden gelen sinyallerde artış gözlemlenilmektedir.



Şekil 4.3 Vuruntulu bir çevrimin basınç ve vuruntu sinyalleri diyagramı.

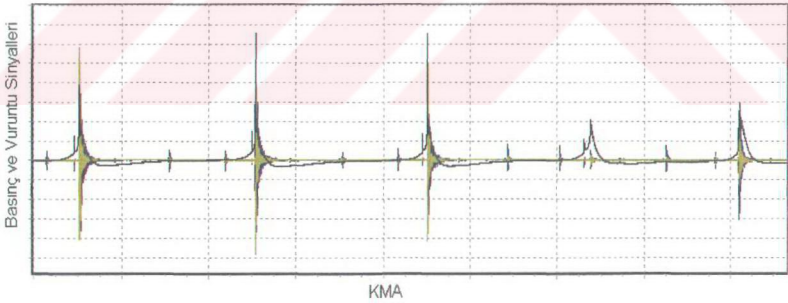


Şekil 4.4 Basınç ve vuruntu sinyallerinin ayrı ayrı gösterilmesi.

Şekil 4.4 te vuruntu ve basınç sinyalleri ayrı ayrı gösterilmiştir. Ayrıca vuruntu sensörlerinden gelen sinyaller de ayrı ayrı gösterilmiş olup bu sinyallerin genlikleri de birbirleriyle karşılaştırılmaları için üst üste ve ayrı renklerde çizdirilmiştir. Bu çalışmada değişik yüklerde ve devirlerde vuruntu sinyalleri alınarak, ateşlemeden sonra vuruntu sinyallerinin başladığı nokta vuruntu başlangıç noktası olarak algılanacak ve basıncın ateşleme sırasındaki değerine düşmesi ile vuruntu sensörünün verilerinin okunması sona erecektir. Bu aralığa ölçüm aralığı adı verilmiştir. Bu ölçüm aralığı içerisinde her sensörden gelen verilerin ortalama genlikleri ve maksimum genlikleri bir bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmış ve elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak, önceden belirlenen yerlere yerleştirilen sensörlerin hangisinin vuruntuyu daha iyi algıladığı araştırılmıştır. Bu işlemlerin yapılabilmesi için vuruntu analiz programı kullanılmıştır.

#### 4.2 Elde Edilen Veriler

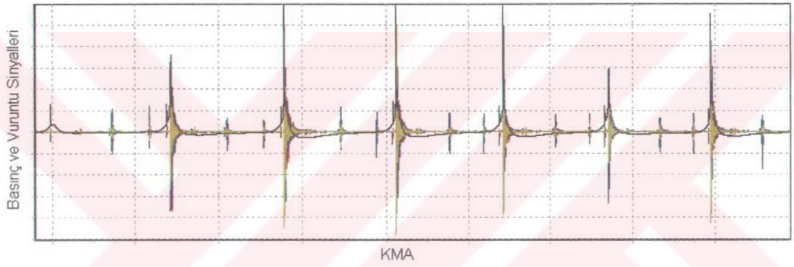
Elde edilen veriler çizelgelerde gösterilmiştir. Bu veriler ADC lerin kalibrasyondan geçtikten sonra okudukları verilerdir. Çalışmanın amacı karşılaştırma olduğundan sadece bu verileri hesaplayarak işlemleri yapmak yeterlidir.



Şekil 4.5 Motor 620 d/d da Vuruntulu çevrimler

Çizelge 4.1 Motor 620 d/d da alınan veriler

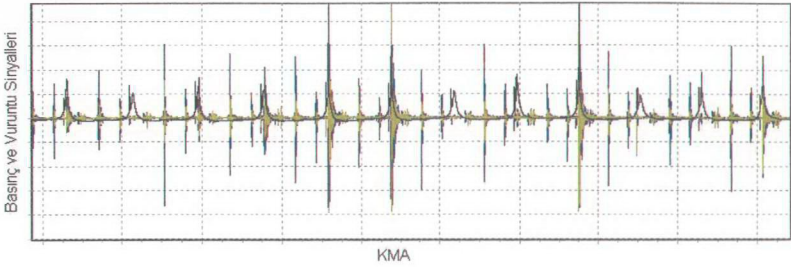
Vuruntulu Çevrimler	Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
1	4269	3625	3231	18483	18419	28932
2	3952	3876	3219	18467	18467	29956
3	3815	3657	2927	18659	18602	27908
4	1206	1195	693	12830	15395	11652
Ortalamalar	3310,5	3088,25	2517,5	17109,75	17720,75	24612



Şekil 4.6 Motor 920 d/d da Vuruntulu çevrimler

Çizelge 4.2 Motor 920 d/d da

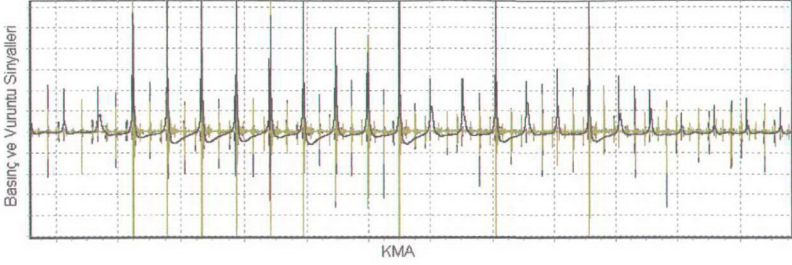
Vuruntulu Çevrimler	Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
1	3197	3141	1993	18251	18243	17988
2	5352	5419	4264	18531	18531	28932
3	5121	4586	3834	18563	18435	24836
4	3428	3171	2040	18243	18211	19325
5	1877	2032	1262	12067	16643	9580
6	3301	3237	2552	18275	18599	25092
7	1231	1223	707	6750	8670	4812
Ortalamalar	3358,1429	3258,43	2378,8571	15811,429	16761,7	18652,143



Şekil 4.7 Motor 1400 d/d da Vuruntulu çevrimler

Çizelge 4.3 Motor 1400 d/d da

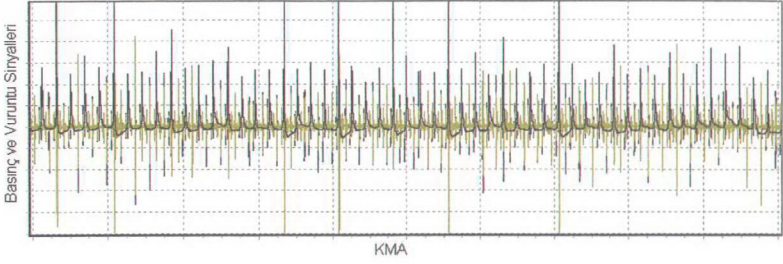
Vuruntulu Çevrimler	Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
1	810	868	642	3748	2680	2717
2	770	556	455	4246	2538	3661
3	1592	2143	1538	7966	7714	5728
4	6352	6681	4254	18363	18467	19453
5	6003	5784	4425	18371	18379	25348
6	6096	6714	4612	18403	18563	19492
7	2112	2045	1519	12814	12267	11333
8	877	855	723	3711	3422	3245
9	531	602	455	2668	3895	3364
10	6840	6992	6071	18499	18492	25380
Ortalamalar	3198,3	3324	2469,4	10878,9	10641,7	11972,1



Şekil 4.8 Motor 1190 d/d da yüklü durumda vuruntulu çevrimler

Çizelge 4.4 Motor 1190 d/d da yüklü durumda

Vuruntulu Çevrimler	Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
1	4266	4272	6739	18511	18617	33027
2	1112	1085	1161	2703	3115	3645
3	4414	4437	6468	18531	18647	33027
4	4896	4544	7204	18659	18619	33027
5	3954	3927	5984	18515	18640	33027
6	3137	3146	4248	18403	18371	33024
7	3989	3686	5862	18708	18227	33027
8	1218	1477	1787	12254	18083	16445
9	2118	2271	2975	15326	15022	23300
10	3312	2977	4447	18507	18635	33027
11	3038	2500	3270	18243	18307	28932
12	58	54	95	1478	1424	7933
13	3802	3579	5429	18371	18467	33027
14	68	49	48	1143	150	3837
Ort.	2813	2714,57	3979,78	14239,42	14594,57	24878,92



Şekil 4.9 Motor 1500 d/d da yüklü durumda vuruntulu çevrimler

Çizelge 4.5 Motor 1500 d/d da yüklü durumda

Vuruntulu Çevrimler	Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
1	1761	1613	2220	9731	18147	11709
2	377	352	808	2730	2434	4349
3	3206	3628	4513	17955	18371	18365
4	5702	5191	7308	18243	18627	33027
5	4936	5470	7706	18371	18499	33027
6	67	52	83	1598	588	2276
7	72	63	87	1827	1723	7933
8	91	67	81	1850	1422	7933
9	1126	1268	1893	7013	10995	11517
10	1287	1218	1525	13726	11251	12227
11	2175	1957	2572	18467	16835	30212
12	106	56	89	2088	877	3048
13	3297	3400	4637	18499	18611	33027
14	1256	1133	1326	10051	12126	9981
15	3103	3261	4394	18339	18419	33027

16	791	898	1195	6546	13011	7276
17	129	66	84	2378	657	2623
18	5158	5065	7067	18403	18644	33027
19	726	910	1268	4638	6534	12420
20	115	56	106	2416	2884	7933
21	308	322	500	2959	4071	5013
22	149	145	259	838	595	2231
23	222	195	564	652	746	2960
24	56	63	123	553	715	3122
25	196	230	776	679	889	3933
Ortalamlar	1404,92	1413,34	1972,30	7807,46	8420,76	12924,34

## 5. Sonuç

Hesaplanan veriler bir önceki bölümde çizelgelerde verilmiştir. Bu verilerin alındığı durumlar aşağıdaki gibidir.

- 1.Durum : Motor 620 d/d da yüksüz çalışmaktadır.
- 2.Durum : Motor 920 d/d da yüksüz çalışmaktadır.
- 3.Durum : Motor 1400 d/d da yüksüz çalışmaktadır.
- 4.Durum : Motor 1530 d/d da çalışırken yüklenerek devir sayısı 1190 d/d ya düşürülmüş veriler bu şekilde alınmıştır.
- 5.Durum : Motor 2000 d/d da çalışırken yüklenerek devir sayısı 1500 d/d ya düşürülmüş veriler bu şekilde alınmıştır.

1.Durum :

Çizelge 5.1 (1.Durum Sonuçları)

Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
3310,50	3088,25	2517,50	17109,75	17720,75	24612,00

Bu durumda algılanan sinyallerin genliklerinin ortalamasında,

Egzost > Kafa > Soğuk sıralaması görülmüştür.

algılanan sinyallerin maksimumdeğerleri arasında,

Soğuk > Kafa > Egzost sıralaması ortaya çıkmıştır.

2.Durum :

Çizelge 5.2 (2.Durum Sonuçları)

Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
3358,14	3258,43	2378,86	15811,43	16761,71	18652,14

Bu durumda algılanan sinyallerin genliklerinin ortalamasında,

Egzost > Kafa > Soğuk sıralaması görülmüştür.

algılanan sinyallerin maksimumdeğerleri arasında,

Soğuk > Kafa > Egzost sıralaması ortaya çıkmıştır.

3.Durum :

Çizelge 5.3 (3.Durum Sonuçları)

Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
3198,30	3324,00	2469,40	10878,90	10641,70	11972,10

Bu durumda algılanan sinyallerin genliklerinin ortalamasında,

Kafa > Egzost > Soğuk sıralaması görülmüştür.

algılanan sinyallerin maksimumdeğerleri arasında,

Soğuk > Egzost > Kafa sıralaması ortaya çıkmıştır.

4.Durum :

Çizelge 5.4 (4.Durum Sonuçları)

Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
2813,00	2714,57	3979,79	14239,43	14594,57	24878,93

Bu durumda algılanan sinyallerin genliklerinin ortalamasında,

Soğuk > Kafa > Egzost sıralaması görülmüştür.

algılanan sinyallerin maksimumdeğerleri arasında,

Soğuk > Egzost > Kafa sıralaması ortaya çıkmıştır.

5.Durum :

Çizelge 5.5 (5.Durum Sonuçları)

Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
1404,92	1413,35	1972,31	7807,46	8420,77	12924,35

Bu durumda algılanan sinyallerin genliklerinin ortalamasında,

Soğuk > Kafa > Egzost sıralaması görülmüştür.

algılanan sinyallerin maksimumdeğerleri arasında,

Soğuk > Kafa > Egzost sıralaması ortaya çıkmıştır.

Çizelge 5.6 (Toplam Sonuçların Ortalamaları)

	Egzost Ort.	Kafa Ort.	Soguk Ort.	EgzostMax	KafaMax	SogukMax
1.Durum	3310,50	3088,25	2517,50	17109,75	17720,75	24612,00
2.Durum	3358,14	3258,43	2378,86	15811,43	16761,71	18652,14
3.Durum	3198,30	3324,00	2469,40	10878,90	10641,70	11972,10
4.Durum	2813,00	2714,57	3979,79	14239,43	14594,57	24878,93
5.Durum	1404,92	1413,35	1972,31	7807,46	8420,77	12924,35
Ortalamalar	2816,97	2759,72	2663,57	13169,39	13627,90	18607,90

Çizelge 5.6 da bütün durumlar için maksimum basınçların ve sinyal genliklerinin ortalamalarının her durum için nihayi ortalamaları alınmıştır. Bu sonuçlara göre , vuruntu sinyallerinin genliklerinin toplamalarının ortalaması alındığında sensörlerin vuruntuyu

algılama sıralamaları;

Egzost > Kafa > Soğuk olarak görülmüştür. Bu da kullanılan motorda egzost tarafına yerleştirilen diğer sensörlerden daha duyarlı olarak vuruntu algılamasında kullanılabileceği sonucu çıkartılabilir. Maksimum genliklerin ortalamalarında ise ;

algılanan sinyallerin maksimum değerleri arasında,

Soğuk > Kafa > Egzost sıralaması ortaya çıkmıştır. Bu durumda soğuk tarafta anlık olarak vuruntunun oluşturduğu titreşimlerin daha yüksek olduğu söylenebilir. Ancak bu durum algılamanın duyarlılığı konusunda soğuk sensöre bir ayrıcalık sağlamamaktadır.

**KAYNAKLAR**

C.F. Taylor; The Internal Combustion Engine in Theory and Practice; 1968.

J.G. Proakis, D.G. Manolakis; *Introduction to Digital Signal Processing*; Macmillan Publishing; 1988.

T. A. Fauzi Soelaiman, D.B. Kittelson, Detecting Knock in Noisy Spark Ignition Engines SAE 931900

Yun Young Ham ve Kwang Min Chun, Jae Hyung Lee ve Kwang Soo Chang , Spark-Ignition Engine Knock Control and Threshold Value Determination SAE 960496

Seok-Hyung Jang, Yong-Gil Lee, Taek-yul Oh ve Kyoung-Suk Park, An Experimental Study on Knock Sensing for a Spark Ignition Engine SAE 931902

Charles Calvert , Delphi Programming Unleashed , 2000

**INTERNET KAYNAKLARI**

[1]www.epanorama.net

[2]www.antrak.org.tr/gazete

[3]www.delhipages.com

**EKLER**

- Ek 1 Verioku programının kaynak kodları.  
Ek 2 Vuruntuanaliz programının kaynak kodları.



### Ek 1 Verioku programının kaynak kodları.

type

```
TWaveFormat = packed record
  RIFF: array[1..4] of Char;
  FILE_LENGTH: LongWord;
  CHUNK_WAVE: array[1..4] of Char;
  CHUNK_FMT: array[1..4] of Char;
  FMT_LENGTH: LongWord;
  WAVE_ENCODING_TAG: Word;
  CHANNELS: Word;
  SAMPLE_RATE: LongWord;
  BYTES_PER_SECOND: LongWord;
  BLOCK_ALIGN: Word;
  BITS_PER_SAMPLE: Word;
  CHUNK_DATA: array[1..4] of Char;
  SAMPLE_DATA_SIZE: LongWord;
end;
```

```
TWaveData = packed record // 16 bit
  LeftData: Smallint;
  RightData: Smallint;
end;
```

```
TForm1 = class(TForm)
  Button1: TButton;
  Chart1: TChart;
  Series1: TFastLineSeries;
  Series2: TFastLineSeries;
  Series3: TFastLineSeries;
  Series4: TFastLineSeries;
  OpenFileDialog1: TOpenDialog;
  OpenFileDialog2: TOpenDialog;
  CheckBox1: TCheckBox;
  CheckBox2: TCheckBox;
  CheckBox3: TCheckBox;
  CheckBox4: TCheckBox;
  CheckBox5: TCheckBox;
  CheckBox6: TCheckBox;
  Edit1: TEdit;
  Button2: TButton;
  cbxStereo: TCheckBox;
  SaveDialog1: TSaveDialog;
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
  procedure CheckBox1Click(Sender: TObject);
  procedure CheckBox2Click(Sender: TObject);
  procedure CheckBox3Click(Sender: TObject);
  procedure CheckBox4Click(Sender: TObject);
  procedure CheckBox5Click(Sender: TObject);
  procedure CreateWavFile(FileName: string);
```

```

procedure CloseWavFile;
procedure Button2Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
  fswavFile,fsMainFile: TFileStream;
  dat1: array[1..10000000] of SmallInt;
  dat2: array[1..10000000] of SmallInt;
public
  { Public declarations }
end;

const
  cnstSampleRate = 44100;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.dfm}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var
  FileStream1, FileStream2: TFileStream;
  I: integer;
  s1,s2,s3,s4: integer;
  intData: integer;
begin
  s1 := 0;
  s2 := 0;
  s3 := 0;
  s4 := 0;
  OpenFileDialog1.Execute;
  FileStream1 := TFileStream.Create(OpenDialog1.FileName,fmOpenRead or
    fmShareDenyNone);
  FileStream1.Position := 200;
  FileStream1.Read(Dat1[1],FileStream1.Size - 200);

  OpenFileDialog2.Execute;
  FileStream2 := TFileStream.Create(OpenDialog2.FileName,fmOpenRead or
    fmShareDenyNone);
  FileStream2.Position := 200;
  FileStream2.Read(Dat2[1],FileStream2.Size - 200);

  Series1.Clear;
  Series2.Clear;
  Series3.Clear;
  Series4.Clear;
  if CheckBox6.Checked then
  begin
    s1 := 0;

```

```

s2 := strToint(Edit1.Text) * 1;
s3 := strToint(Edit1.Text) * 2;
s4 := 0;//strToint(Edit1.Text) * 3;
Chart1.LeftAxis.Maximum := strToint(Edit1.Text) * 4;
Chart1.LeftAxis.Minimum := strToint(Edit1.Text) * -1;
end else
begin
  Chart1.LeftAxis.Maximum := 32000;
  Chart1.LeftAxis.Minimum := -32000;
end;
****KALİBRASYON VE SENKRONİZASYON İŞLEMİ YAPILMIŞ VERİLER*****
for I := 231 to FileStream1.position div 4 do
begin
  intData := Dat1[I * 2] + s1 + 350;
  // if ABS(intData) < 1000 then intData := 0;
  Series1.AddY(intData);

  intData := Dat1[I * 2 - 1] + s2 + 350;
  // if ABS(intData) < 1000 then intData := 0;
  Series2.AddY(intData);

end;
for I := 200 to FileStream2.position div 4 do
begin
  intData := Dat2[I * 2] + s3 - 90 + 350;
  // if ABS(intData) < 1000 then intData := 0;
  Series3.AddY(intData);

  intData := Dat2[I * 2 - 1] + s4 - 90;
  // if ABS(intData) < 1000 then intData := 0;
  Series4.AddY(intData * 15);
end;
{****KALİBRASYONSUZ HAM VERİLER*****

for I := 200 to FileStream1.position div 4 do
begin
  Series1.AddY(Dat1[I * 2]);
  Series2.AddY(Dat1[I * 2 - 1]);

end;
for I := 200 to FileStream2.position div 4 do
begin
  Series3.AddY(Dat2[I * 2]);
  Series4.AddY(Dat2[I * 2 - 1]);
end;}

end;

procedure TForm1.CheckBox1Click(Sender: TObject);
begin

```

```
Series1.Active := CheckBox1.Checked;
end;
```

```
procedure TForm1.CheckBox2Click(Sender: TObject);
begin
  Series2.Active := CheckBox2.Checked;
end;
```

```
procedure TForm1.CheckBox3Click(Sender: TObject);
begin
  Series3.Active := CheckBox3.Checked;
end;
```

```
procedure TForm1.CheckBox4Click(Sender: TObject);
begin
  Series4.Active := CheckBox4.Checked;
end;
```

```
procedure TForm1.CheckBox5Click(Sender: TObject);
begin
  if CheckBox5.Checked then
    Chart1.Color := clWhite
  else
    Chart1.Color := clGreen;
end;
```

```
procedure TForm1.CreateWavFile(FileName: string);
var
  splittedFileWaveFormat: TWaveFormat;
begin
  with splittedFileWaveFormat do
  begin
    RIFF[1] := 'R';
    RIFF[2] := 'I';
    RIFF[3] := 'F';
    RIFF[4] := 'F';
    FILE_LENGTH := 0;
    CHUNK_WAVE[1] := 'W';
    CHUNK_WAVE[2] := 'A';
    CHUNK_WAVE[3] := 'V';
    CHUNK_WAVE[4] := 'E';
    CHUNK_FMT[1] := 'f';
    CHUNK_FMT[2] := 'm';
    CHUNK_FMT[3] := 't';
    CHUNK_FMT[4] := #32;
    FMT_LENGTH := 16;
    WAVE_ENCODING_TAG := 1;
    if cbxStereo.Checked then
      begin
        CHANNELS := 2;
```

```

    BYTES_PER_SECOND := cnstSampleRate * 4;
    BLOCK_ALIGN := 4;
end else
begin
    CHANNELS := 1;
    BYTES_PER_SECOND := cnstSampleRate * 2;
    BLOCK_ALIGN := 2;
end;
SAMPLE_RATE := cnstSampleRate;
BITS_PER_SAMPLE:= 16;
CHUNK_DATA[1] := 'd';
CHUNK_DATA[2] := 'a';
CHUNK_DATA[3] := 't';
CHUNK_DATA[4] := 'a';
SAMPLE_DATA_SIZE := 0;
end;
if FileExists(FileName) then
    DeleteFile(FileName);
fsWavFile := TFileStream.Create(FileName,fmCreate);
//fsSplittedFile := TMemoryStream.Create;
fsWavFile.Write(splittedFileWaveFormat, sizeof(splittedFileWaveFormat));
end;

procedure TForm1.CloseWavFile;
var
    splittedFileWaveFormat: TWaveFormat;
begin
    fswavFile.Position := 0;
    fswavFile.Read(splittedFileWaveFormat, sizeof(splittedFileWaveFormat));
    splittedFileWaveFormat.FILE_LENGTH := fswavFile.Size - 8;
    splittedFileWaveFormat.SAMPLE_DATA_SIZE := fswavFile.Size -
        sizeof(splittedFileWaveFormat) - 8; //sample data uzunluğu = header - tüm data
    fswavFile.Position := 0;
    fswavFile.Write(splittedFileWaveFormat, sizeof(splittedFileWaveFormat));
    FreeAndNil(fsWavFile);
end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
var
    WaveData: TWaveData;
    I: integer;
begin
    if SaveDialog1.Execute then
        begin
            CreateWavFile(SaveDialog1.FileName);
            for I := 0 to Series1.YValues.Count - 1 do
                begin
                    WaveData.LeftData := Trunc(Series1.YValues[I]);
                    WaveData.RightData := Trunc(Series2.YValues[I]);
                    fswavFile.Write(WaveData, sizeof(WaveData));
                end
            end;
        end;
end;

```

```
end;  
CloseWavFile;  
ShowMessage('Bitti');  
end;  
end;  
end.
```



## Ek 2 Vuruntuanaliz programının kaynak kodları.

type

```
TWaveFormat = packed record
  RIFF: array[1..4] of Char;
  FILE_LENGTH: LongWord;
  CHUNK_WAVE: array[1..4] of Char;
  CHUNK_FMT: array[1..4] of Char;
  FMT_LENGTH: LongWord;
  WAVE_ENCODING_TAG: Word;
  CHANNELS: Word;
  SAMPLE_RATE: LongWord;
  BYTES_PER_SECOND: LongWord;
  BLOCK_ALIGN: Word;
  BITS_PER_SAMPLE: Word;
  CHUNK_DATA: array[1..4] of Char;
  SAMPLE_DATA_SIZE: LongWord;
end;
```

```
TWaveData = packed record // 16 bit
  LeftData: Smallint;
  RightData: Smallint;
end;
```

```
TForm1 = class(TForm)
  Button1: TButton;
  Chart1: TChart;
  Series1: TFastLineSeries;
  Series2: TFastLineSeries;
  Series3: TFastLineSeries;
  Series4: TFastLineSeries;
  OpenFileDialog1: TOpenDialog;
  OpenFileDialog2: TOpenDialog;
  CheckBox1: TCheckBox;
  CheckBox2: TCheckBox;
  CheckBox3: TCheckBox;
  CheckBox4: TCheckBox;
  CheckBox5: TCheckBox;
  CheckBox6: TCheckBox;
  Edit1: TEdit;
  Button2: TButton;
  cbxStereo: TCheckBox;
  SaveDialog1: TSaveDialog;
  Chart2: TChart;
  FastLineSeries1: TFastLineSeries;
  FastLineSeries2: TFastLineSeries;
  FastLineSeries3: TFastLineSeries;
  FastLineSeries4: TFastLineSeries;
  SG1: TStringGrid;
  Memo1: TMemo;
  procedure Button1Click(Sender: TObject);
```

```

procedure CheckBox1Click(Sender: TObject);
procedure CheckBox2Click(Sender: TObject);
procedure CheckBox3Click(Sender: TObject);
procedure CheckBox4Click(Sender: TObject);
procedure CheckBox5Click(Sender: TObject);
procedure CreateWavFile(FileName: string);
procedure CloseWavFile;
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure SaveSGtoFile(SG: TStringGrid);
private
  { Private declarations }
  fswavFile,fsMainFile: TFileStream;
  dat1: array[1..10000000] of SmallInt;
  dat2: array[1..10000000] of SmallInt;
public
  { Public declarations }
end;

const
  cnstSampleRate = 44100;

var
  Form1: TForm1;

implementation
  {$R *.dfm}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var
  FileStream1, FileStream2: TFileStream;
  I: integer;
  s1,s2,s3,s4: integer;
  intData: integer;
  intVuruntuSampleAdedi: integer;
  booVuruntuBasladi: boolean;
  intVuruntuluCevrim: integer;
  EgzostToplam, KafaToplam, SogukToplam: double;
  EgzostMax, KafaMax, SogukMax: double;
begin
  SG1.Cells[0,0] := 'VuruntuluCevrim';
  SG1.Cells[1,0] := 'Egzost Ort.';
  SG1.Cells[2,0] := 'Kafa Ort.';
  SG1.Cells[3,0] := 'Soguk Ort.';
  SG1.Cells[4,0] := 'EgzostMax';
  SG1.Cells[5,0] := 'KafaMax';
  SG1.Cells[6,0] := 'SogukMax';

  intVuruntuluCevrim := 0;
  s1 := 0;

```

```

s2 := 0;
s3 := 0;
s4 := 0;
OpenDialog1.Execute;
FileStream1 := TFileStream.Create(OpenDialog1.FileName, fmOpenRead or
    fmShareDenyNone);
FileStream1.Position := 200;
FileStream1.Read(Dat1[1], FileStream1.Size - 200);

```

```

OpenDialog2.Execute;
FileStream2 := TFileStream.Create(OpenDialog2.FileName, fmOpenRead or
    fmShareDenyNone);
FileStream2.Position := 200;
FileStream2.Read(Dat2[1], FileStream2.Size - 200);

```

```

Series1.Clear;
Series2.Clear;
Series3.Clear;
Series4.Clear;
if CheckBox6.Checked then
begin

```

```

    s1 := 0;
    s2 := strToInt(Edit1.Text) * 1;
    s3 := strToInt(Edit1.Text) * 2;
    s4 := strToInt(Edit1.Text) * 3;
    Chart1.LeftAxis.Maximum := strToInt(Edit1.Text) * 4;
    Chart1.LeftAxis.Minimum := strToInt(Edit1.Text) * -1;
end else
begin

```

```

    Chart1.LeftAxis.Maximum := 32000;
    Chart1.LeftAxis.Minimum := -32000;
end;

```

```

//****KALİBRASYON VE SENKRONİZASYON İŞLEMİ YAPILMIŞ VERİLER*****

```

```

for I := 231 to FileStream1.Position div 4 do
begin

```

```

    intData := Dat1[I * 2] + s1 + 350;
    // if ABS(intData) < 1000 then intData := 0;
    Series1.AddY(intData);

```

```

    intData := Dat1[I * 2 - 1] + s2 + 350;
    // if ABS(intData) < 1000 then intData := 0;
    Series2.AddY(intData);

```

```

end;
for I := 200 to FileStream2.Position div 4 do
begin

```

```

    intData := Dat2[I * 2] + s3 - 90 + 350;
    // if ABS(intData) < 1000 then intData := 0;
    Series3.AddY(intData);

```

```

    intData := Dat2[I * 2 - 1] + s4 - 90;

```

```

// if ABS(intData) < 1000 then intData := 0;
Series4.AddY(intData);
end;
I := 0;
intVuruntuluCevrim := 0;
while I < Series4.Count - 1 do
begin
booVuruntuBasladi := False;
if ((Series4.YValue[I] > 2000) and (ABS(Series3.YValue[I]) > 2000)) then
begin
booVuruntuBasladi := true;
intVuruntuSampleAdedi := 1;
inc(intVuruntuluCevrim);
EgzostToplam := 0;
KafaToplam := 0;
SogukToplam := 0;
EgzostMax := 0;
KafaMax := 0;
SogukMax := 0;

while (intVuruntuSampleAdedi < 50) or (Series4.YValue[I] > 2000) do
begin
inc(intVuruntuSampleAdedi);
EgzostToplam := EgzostToplam + ABS(Series1.YValue[I]);
KafaToplam := KafaToplam + ABS(Series2.YValue[I]);
SogukToplam := SogukToplam + ABS(Series3.YValue[I]);

if ABS(Series1.YValue[I]) > EgzostMax then
EgzostMax := ABS(Series1.YValue[I]);

if ABS(Series2.YValue[I]) > KafaMax then
KafaMax := ABS(Series2.YValue[I]);

if ABS(Series3.YValue[I]) > SogukMax then
SogukMax := ABS(Series3.YValue[I]);

FastLineSeries1.AddY(Series1.YValue[I]);
FastLineSeries2.AddY(Series2.YValue[I]);
FastLineSeries3.AddY(Series3.YValue[I]);
FastLineSeries4.AddY(Series4.YValue[I]);
inc(i);
end;

SG1.Cells[0,intVuruntuluCevrim] := intToStr(intVuruntuluCevrim);
SG1.Cells[1,intVuruntuluCevrim] := FormatFloat('0', EgzostToplam /
intVuruntuSampleAdedi);
SG1.Cells[2,intVuruntuluCevrim] := FormatFloat('0', KafaToplam /
intVuruntuSampleAdedi);
SG1.Cells[3,intVuruntuluCevrim] := FormatFloat('0', SogukToplam /
intVuruntuSampleAdedi);
SG1.Cells[4,intVuruntuluCevrim] := FormatFloat('0', EgzostMax);

```

```
SG1.Cells[5,intVuruntuluCevrim] := FormatFloat('0', KafaMax);
SG1.Cells[6,intVuruntuluCevrim] := FormatFloat('0', SogukMax);
```

```
intVuruntuSampleAdedi := 0;
inc(i);
end;
```

```
inc(i);
end;
```

```
{***KALİBRASYONSUZ HAM VERİLER*****}
```

```
for I := 200 to fileStream1.position div 4 do
begin
Series1.AddY(Dat1[I * 2]);
Series2.AddY(Dat1[I * 2 - 1]);
```

```
end;
for I := 200 to fileStream2.position div 4 do
begin
Series3.AddY(Dat2[I * 2]);
Series4.AddY(Dat2[I * 2 - 1]);
end;}
```

```
end;
```

```
procedure TForm1.CheckBox1Click(Sender: TObject);
begin
Series1.Active := CheckBox1.Checked;
end;
```

```
procedure TForm1.CheckBox2Click(Sender: TObject);
begin
Series2.Active := CheckBox2.Checked;
end;
```

```
procedure TForm1.CheckBox3Click(Sender: TObject);
begin
Series3.Active := CheckBox3.Checked;
end;
```

```
procedure TForm1.CheckBox4Click(Sender: TObject);
begin
Series4.Active := CheckBox4.Checked;
end;
```

```
procedure TForm1.CheckBox5Click(Sender: TObject);
begin
if CheckBox5.Checked then
Chart1.Color := clWhite
```

```

else
  Chart1.Color := clGreen;
end;

procedure TForm1.CreateWavFile(FileName: string);
var
  splittedFileWaveFormat: TWaveFormat;
begin
  with splittedFileWaveFormat do
  begin
    RIFF[1] := 'R';
    RIFF[2] := 'I';
    RIFF[3] := 'F';
    RIFF[4] := 'F';
    FILE_LENGTH := 0;
    CHUNK_WAVE[1] := 'W';
    CHUNK_WAVE[2] := 'A';
    CHUNK_WAVE[3] := 'V';
    CHUNK_WAVE[4] := 'E';
    CHUNK_FMT[1] := 'F';
    CHUNK_FMT[2] := 'm';
    CHUNK_FMT[3] := 't';
    CHUNK_FMT[4] := #32;
    FMT_LENGTH := 16;
    WAVE_ENCODING_TAG := 1;
    if cbxStereo.Checked then
    begin
      CHANNELS := 2;
      BYTES_PER_SECOND := cnstSampleRate * 4;
      BLOCK_ALIGN := 4;
    end else
    begin
      CHANNELS := 1;
      BYTES_PER_SECOND := cnstSampleRate * 2;
      BLOCK_ALIGN := 2;
    end;
    SAMPLE_RATE := cnstSampleRate;
    BITS_PER_SAMPLE := 16;
    CHUNK_DATA[1] := 'd';
    CHUNK_DATA[2] := 'a';
    CHUNK_DATA[3] := 't';
    CHUNK_DATA[4] := 'a';
    SAMPLE_DATA_SIZE := 0;
  end;
  if FileExists(FileName) then
    DeleteFile(FileName);
  fsWavFile := TFileStream.Create(FileName, fmCreate);
  //fsSplittedFile := TMemoryStream.Create;
  fsWavFile.Write(splittedFileWaveFormat, sizeof(splittedFileWaveFormat));
end;

```

```

procedure TForm1.CloseWavFile;
var
  splittedFileWaveFormat: TWaveFormat;
begin
  fswavFile.Position := 0;
  fswavFile.Read(splittedFileWaveFormat, sizeof(splittedFileWaveFormat));
  splittedFileWaveFormat.FILE_LENGTH := fswavFile.Size - 8;
  splittedFileWaveFormat.SAMPLE_DATA_SIZE := fswavFile.Size -
    sizeof(splittedFileWaveFormat) - 8; //sample data uzunluğu = header - tüm data
  fswavFile.Position := 0;
  fswavFile.Write(splittedFileWaveFormat, sizeof(splittedFileWaveFormat));
  FreeAndNil(fsWavFile);
end;

```

```

procedure TForm1.SaveSGtoFile(SG: TStringGrid);
var
  I,J: Integer;
  aStr: String;
begin
  if SaveDialog1.Execute then
  begin
    Memo1.Lines.Clear;
    for I := 0 to SG.RowCount - 1 do
    begin
      aStr := "";
      for J := 0 to SG.ColCount - 1 do
        aStr := aStr + SG.Cells[J,I] + ',';
      Memo1.Lines.Add(aStr);
      Memo1.Lines.SaveToFile(SaveDialog1.FileName);
    end;
  end;
end;

```

```

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  SaveSGtoFile(SG1);
end;

end.

```



**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	25.06.1975	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1991-1994	Özel Saint-Joseph Fransız Lisesi
Lisans	1994-2001	Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2002-2005	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Enerji Makinaları Programı

**Çalıştığı kurumlar**

1996-1998	Bilser A.Ş. (Bilgisayar Programcısı)
1998-2001	Yatırım Araştırma Ltd.Şti (Analist-Programcı)
2001-2002	FinansMedia Ltd. Şti (Analist-Programcı)
2002-	NTV Haber Ajansı (Yayın Teknolojileri Yazılım Uzmanı)