

# BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARDA EMME SUPABI KALKMA MİKTARININ PERFORMANSA ETKİLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

**Can ÇINAR\*, Yakup SEKMEN\*\*, Ali AKBAŞ\*, Perihan ERDURANLI\***

\*Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, 06500/Beşevler/Ankara

\*\*Pamukkale Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, 20017/Kınıklı/Denizli

Geliş Tarihi : 24.02.2003

## ÖZET

Bu çalışmada, emme supabı kalkma miktarı değişiminin motor performansına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla, değişken supap sistemlerine alternatif bir prototip tasarlanmış ve imal edilmiştir. Buji ile ateşlemeli, tek silindirli, dört zamanlı bir motorda, dört değişik emme supabı kalkma miktarı için (6.5 mm, 5 mm, 4 mm ve 3 mm) deneyler yapılmış, volümetrik verim, moment, güç, özgül yakıt tüketimi ile egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** : Emme supabı kalkma miktarı, Buji ile ateşlemeli motor, Motor performansı

## AN INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF INTAKE VALVE LIFT ON THE PERFORMANCE IN SPARK IGNITION ENGINES

### ABSTRACT

In this study, the effects of intake valve lift variation on engine performance have been investigated experimentally. An alternative prototype has been designed and constructed for variable valve systems. A four-stroke, single cylinder, spark ignition engine has been used for experiments. The effects of four different intake valve lift value (6.5 mm, 5 mm, 4 mm and 3 mm) on volumetric efficiency, engine torque, specific fuel consumption and exhaust emissions have been investigated.

**Key Words** : Intake valve lift, Spark ignition engine, Engine performance

## 1. GİRİŞ

Petrol kaynaklarının hızla azaldığı ve hava kirliliğinin tehlikeli boyutlara ulaştığı günümüzde içten yanmalı motorlarda maksimum çıkış gücünü, minimum yakıt tüketimi ve çevreyi kirletmeden alabilmek için yapılan çalışmalar hız kazanmıştır (Fitsos and Harralson, 1999; Hayashi and Wada, 1999; Kreuter et al., 1999; Sher and Kohany, 2002). Bu çalışmaların en önemlilerinden birisi de buji ile ateşlemeli motorlarda emme ve egzoz supaplarının

zamanlama ve kalkma miktarının motorun bütün devir ve yük aralıkları için optimize edilmesidir. Bu amaçla uygulanan değişken supap mekanizmaları ile volümetrik verim, moment, güç, özgül yakıt tüketimi, egzoz emisyonları iyileştirilmekte ve motorun kullanılabilir devir aralığı arttırılmaktadır (Gray, 1988; Dresner and Barkan, 1989; Hara et al., 1989; Moriya et al., 1996; Riley et al., 1997).

Değişken supap mekanizmaları ile hem silindire alınan taze dolgu miktarı, hem de silindirde kalan yanmış gaz miktarı kontrol edilebilir. Bu şekilde

sadece yakıt tüketimi düşürülmekle kalmaz aynı zamanda egzoz emisyonları da en aza indirilebilir. Ayrıca iyi bir sürülebilirlik ve daha düşük relanti hızları sağlanabilir (Kreuter, 1983; Südhaus, 1988). Tam yük çalışma şartlarında değişken supap mekanizmaları geniş bir motor hız aralığında çıkış gücünü iyileştirir. Kısmi yük şartları altında, pompalama kayıplarını azaltarak verimde büyük bir iyileşme sağlanır. Ayrıca kayıplar azaldığından, aynı çıkış gücünü elde etmek için silindire alınan dolgu miktarı azaltılabilir (Hockel, 1982; Endres et al., 1990; Kreuter et al., 1992).

Değişken supap zamanlama mekanizmaları ile ilgili yapılan çalışmalar 4 ana grupta değerlendirilebilir.

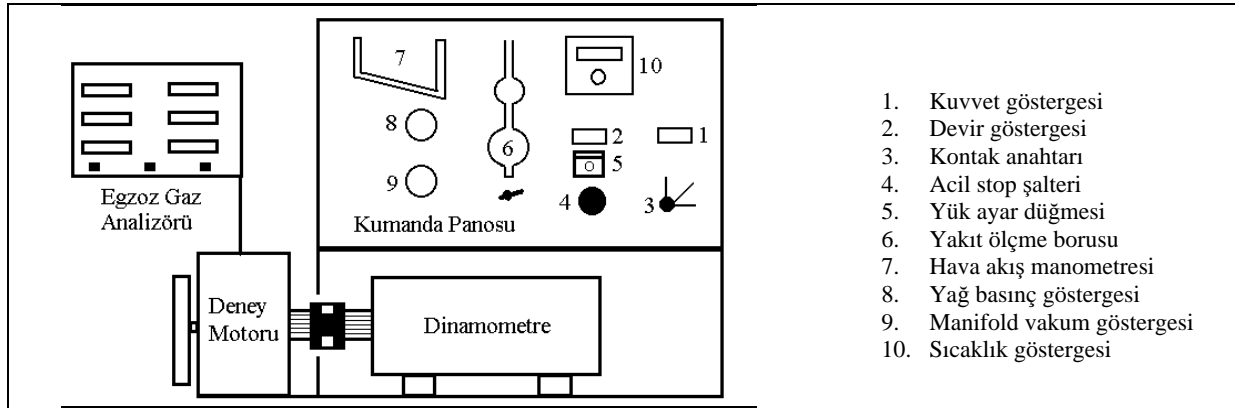
Bunlar;

- Değişken supap açılma ve kapanma zamanlaması,
- Değişken supap kalkma miktarı,
- Değişken supap açılma ve kapanma zamanlaması ve supap kalkma miktarı ve
- Değişken supap bindirme periyodudur (Gray, 1988; Asmus, 1991; Moriya et al., 1996).

Bu çalışmada, emme supabı kalkma miktarının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemek amacıyla, değişken supap mekanizması sistemlerine alternatif bir prototip hazırlanmıştır. Farklı emme supabı kalkma miktarları için yapılan deneylerde, motor devrine bağlı olarak volumetrik verim, moment, güç, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları değişimi incelenmiştir.

## 2. DONANIM VE YÖNTEM

Deneylerde Cussons P8160 marka elektrikli dinamometre ve egzoz gazlarının analizi için Sun MGA-1200 egzoz gaz analizörü kullanılmıştır. Deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1'de verilmiştir. Deneylerde kullanılan tek silindirli, dört zamanlı, buji ile ateşlemeli motorun teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik görünümü

Tablo 1. Deney Motorunun Teknik Özellikleri

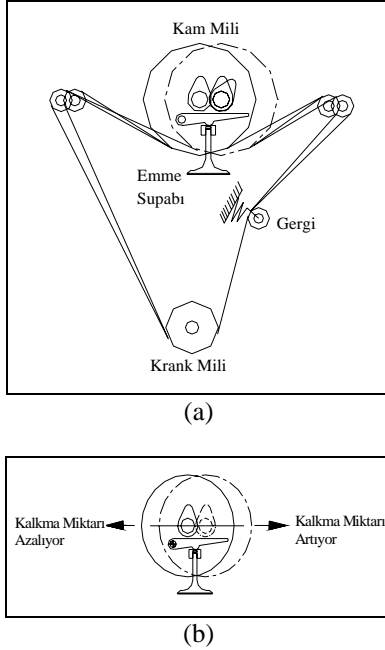
Markası	Briggs and Stratton-Vanguard
Silindir sayısı	1
Silindir hacmi	182 cm <sup>3</sup>
Emme supabı açılma avansı	ÜÖN'den 15° KMA önce
Emme supabı kapanma gecikmesi	AÖN'den 45° KMA sonra
Egzoz supabı açılma avansı	AÖN'den 45° KMA önce
Egzoz supabı kapanma gecikmesi	ÜÖN'den 15° KMA sonra

Yapılan çalışmada, üzerinde emme kamını taşıyan ikinci bir kam mili imal edilerek, motorun emme supabı üstten kontrollü hale getirilmiştir. Deneylerde

kullanılan ve özel olarak imal edilen değişken supap mekanizması Şekil 2a'da görülmektedir. Özel değişken supap mekanizması ile emme supabının açılma-kapanma zamanları ve kalkma miktarı birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmektedir. Egzoz supabı kontrol mekanizmasında herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Şekil 2b'de görüldüğü gibi emme kamını taşıyan milin külbütör parmağı üzerinde sağa veya sola doğru hareketi emme supabı zamanlamasını değiştirmeden, kalkma miktarını kontrol edebilmektedir. Böylece, emme supabı kalkma miktarının motor performansına etkileri supap zamanlaması ve supap bindirmesi değişiminden bağımsız olarak incelenebilmektedir. Ayrıca,

Şekil 2a ve 2b'de görülen düzenele, emme kamının pozisyonu, krank miline göre değişik açı değerlerine ayarlanabilmektedir. Sisteme yerleştirilmiş bir ölçülü tamburdan yararlanılarak emme supabının açılıp kapanma açıları bulunabilmektedir.



Şekil 2. Özel değişken supap mekanizması

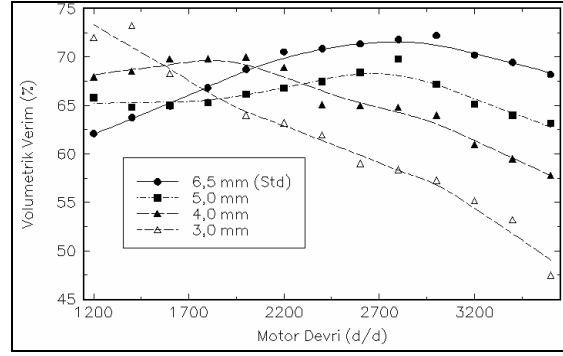
### 3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneyler, 6.5 mm, 5 mm, 4 mm ve 3 mm olmak üzere 4 değişik emme supabı kalkma değerinde yapılmıştır. Gaz kelebeğinin tam açıklığında, 1200 d/d'dan 3600 d/d'ya kadar 200 d/d aralıklarla yapılan deneylerde emme supabı kalkma miktarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir.

#### 3. 1. Volümetrik Verim

Şekil 3'te emme supabının 4 değişik kalkma miktarında, motor devrine bağlı olarak volümetrik verim değişimleri görülmektedir.

Orijinal supap kalkma miktarına (6.5 mm) göre, emme supabı kalkma miktarı azaltıldığında düşük motor devirlerinde volümetrik verim artmakta, devir arttığında ise volümetrik verim giderek azalmaktadır. Bunun sebebi, içeriye giren karışımın piston hızına bağlı olarak gazın akış kesitinden dolayı ses hızına ulaşmasıdır. Ses hızına ulaşan akışkan, supap giriş kesitinde şok dalgası meydana getirir ve içeriye giren karışımı engeller.



Şekil 3. Emme supabı kalkma miktarının motor devrine bağlı olarak volümetrik verim üzerine etkileri

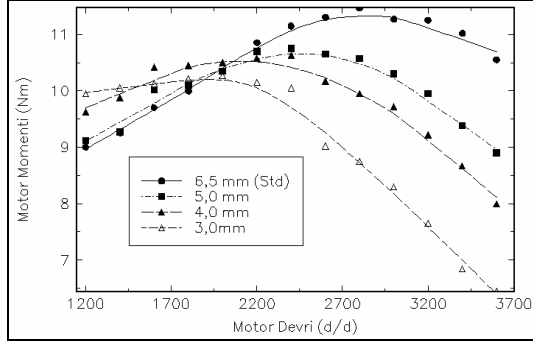
Diğer taraftan düşük devir ve düşük supap kalkma miktarları için akış supap akış yüzeylerine paralel olduğundan akış katsayısı yüksek, dolayısıyla volümetrik verim de yüksektir. Ancak, devir arttıkça akışkan hızı mach indeksi sınırları dışına çıktığından volümetrik verim kötüleşmektedir. Supap kalkma miktarı daha da artırıldığında supap etrafında bir ölü bölge oluşur. Bu yüzden supap akış alanı, supap kalkma miktarı ile orantılı olarak artmaz. Supap açıklığı arttırılmaya devam edildiğinde ise ölü bölge sabit kalacağından akış katsayısı iyileşir, bu da volümetrik verimin artmasına sebep olur. Burada akış hızını etkileyen supap akış alanıdır ve supap kalkma miktarına bağlı olarak değişmektedir.

Şekil 3'te görüldüğü gibi 6.5 mm supap kalkma miktarı için yapılan deneylerde, 1200 d/d'da volümetrik verim % 62.09 iken, supap açıklığı 3 mm'ye düşürüldüğünde % 73.10'a çıkmakta ve % 18'lik bir kazanç sağlanmaktadır. Ancak, motor devri arttıkça yüksek supap kalkma değerlerinde volümetrik verim artış göstermektedir. 3600 d/d'da orijinal supap kalkma miktarı olan 6.5 mm'de volümetrik verim % 68.20 iken 3 mm'de % 46'ya düşmektedir.

#### 3. 2. Motor Momenti

Şekil 4'de motor momentinin motor devrine bağlı olarak değişimi, emme supabının 4 değişik kalkma miktarı için görülmektedir. 1200 d/d motor devrinde 6.5 mm emme supabı kalkma miktarı için moment 9 Nm iken, supap kalkma miktarı 3 mm'ye düşürüldüğünde 10 Nm'ye çıkararak % 11'lik bir artış sağlamaktadır. Motor devrindeki artışa bağlı olarak, supap kalkma miktarının artması ise motor momentinde artış sağlamaktadır. 3600 d/d'da orijinal supap kalkma miktarında moment 10.55 Nm iken, 3 mm supap kalkma miktarında 6 Nm'ye düşmüştür. Ancak, deneylerde motor devri 3600 d/d ile sınırlı olduğundan daha yüksek devirlerde test imkanı olmamıştır. Sonuç olarak, içeri sürülen dolgu

miktarının artmasıyla volümetrik verim ve motor momenti artmaktadır. Şekil 4'te de görüldüğü gibi düşük motor devirlerinde supap kalkma miktarının düşürülmesi, yüksek motor devirlerinde ise supap kalkma miktarının artırılması moment artışı sağlamaktadır.

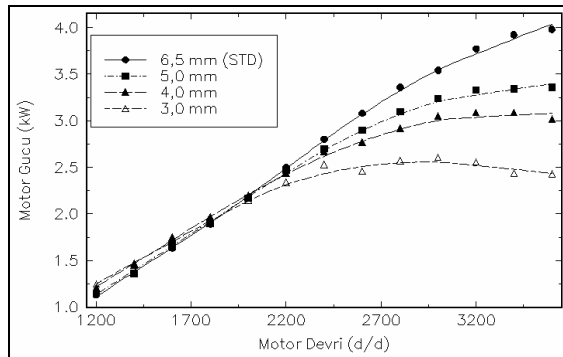


Şekil 4. Emme supabı kalkma miktarının motor devrine bağlı olarak moment üzerine etkileri

### 3. 3. Motor Gücü

Şekil 5'te emme supabının 4 değişik kalkma miktarı için motor devrine bağlı olarak motor gücünün değişimi görülmektedir.

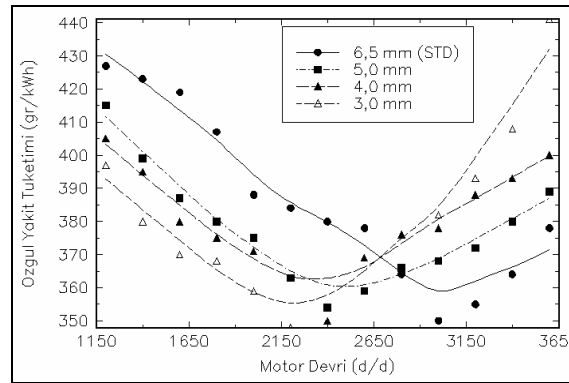
Motor gücü motor devrine bağlı olarak artmaktadır. 1200 d/d'da 6.5 mm kalkma miktarı için yapılan deneylerde motor gücü 1.13 kW iken, emme supabı kalkma miktarı 3 mm'ye düşürüldüğünde 1.269 kW'a çıkararak, % 12.3 artmaktadır. 3600 d/d'da yapılan deneylerde ise motor gücü 6.5 mm supap kalkma miktarı için 3.977 kW iken, 3 mm supap açıklığı için 2.23 kW bulunmuştur. Motor gücünde meydana gelen değişimler tamamen motor momentine dolayısıyla volümetrik verime bağlıdır. Şekil 6'dan da görüldüğü gibi supap kalkma miktarının devir ile doğru orantılı olarak artırılması gerekmektedir.



Şekil 5. Emme supabı kalkma miktarının motor devrine bağlı olarak motor gücüne etkileri

### 3. 4. Özgül Yakıt Tüketimi

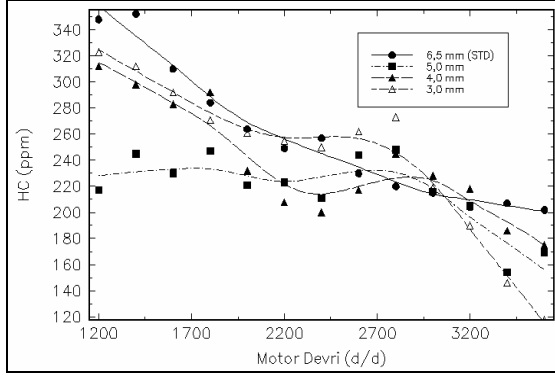
Şekil 6'da emme supabının 4 değişik kalkma miktarı için, motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değişimleri görülmektedir. Orijinal emme supabı kalkma miktarı için yapılan deneyde özgül yakıt tüketimi 1200 d/d'da 427 gr/kWh olup aynı devirde 3 mm supap açıklığında 390 gr/kWh'e düşmektedir. 2200 d/d'da orijinal supap kalkma miktarı için 384 gr/kWh'den, 3 mm açıklık için 347 gr/kWh'e düşmektedir. Düşük motor devirleri için, emme supabı kalkma miktarı kademeli olarak azaltıldığında özgül yakıt tüketimi orijinal emme supabı zamanlaması ve açıklığı için elde edilen özgül yakıt tüketimi eğrisinin altına düşmektedir. Devir arttıkça emme supabı kalkma miktarının azaltulmasıyla elde edilen özgül yakıt tüketimi orijinal supap kalkma miktarı için elde edilen özgül yakıt tüketimi eğrisinin üzerine çıkmaktadır. 3600 d/d'da 3 mm supap açıklığı için özgül yakıt tüketimi 450 gr/kWh'e kadar çıkarak orijinal supap kalkma miktarına göre % 22.2 artış göstermektedir.



Şekil 6. Emme supabı kalkma miktarının motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketimi üzerine etkileri

### 3. 5. Hidrokarbon (HC) Emisyonları

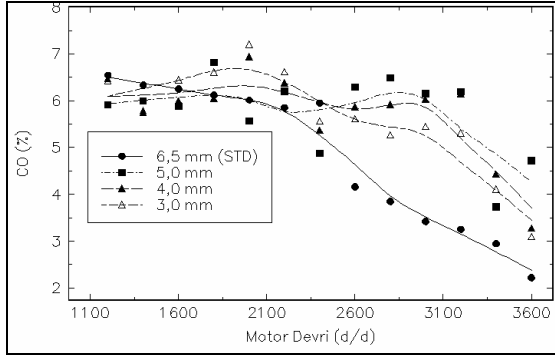
Şekil 7'de 4 farklı emme supabı kalkma miktarı için, motor devrine bağlı olarak HC emisyonlarının değişimi görülmektedir. Emme supabı kalkma miktarı kademeli olarak azaltıldığında, düşük ve orta devirlerde HC emisyonları azalmaktadır. 1200 d/d'da 6.5 mm supap kalkma miktarı için yapılan deneylerde HC emisyonları 348 ppm iken, 5 mm açıklık değerinde 217 ppm'e düşmektedir. Ancak, motorun orta devirlerinde (2000-2800 d/d) emme supabı açıklığı azaltıldığında HC emisyon değerleri önemli ölçüde değişmemektedir. Yüksek devirlerde azaltılmış kalkma miktarları için HC emisyonları hızla düşmekte ve orijinal supap kalkma miktarı ile elde edilen HC emisyonlarının da altına inmektedir.



Şekil 7. Emme supabı kalkma miktarının motor devrine bağlı olarak HC emisyonları üzerine etkileri

### 3. 6. Karbonmonoksit (CO) Emisyonları

Şekil 8'de emme supabının 4 değişik kalkma miktarı için motor devrine bağlı olarak CO emisyonları değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 8. Emme supabı kalkma miktarının motor devrine bağlı olarak CO emisyonları üzerine etkileri

Orijinal supap kalkma miktarı için CO emisyonları orta ve yüksek devirlerde azaltılan supap kalkma miktarına göre daha düşük seviyede görülmektedir. Ancak düşük devirlerde düşük kalkma miktarı için CO emisyonu orijinal kalkma miktarındaki değerlerin altına düşmektedir.

Orijinal emme supabı kalkma miktarı için 1200 d/d'da CO emisyonları % 6.54 iken 5 mm açıklık değerinde % 5.91'e düşmektedir. 3600 d/d'da ise orijinal supap kalkma miktarı için CO emisyonu % 2.22 iken 3.5 mm supap kalkma miktarında % 3.88'e yükselmektedir.

## 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deney sonuçlarından görüldüğü gibi, emme supabı kalkma miktarının azaltılması düşük devirlerde motor performansını arttırmaktadır. Bunun sebebi,

düşük devirlerde supap etrafından geçen akışkanın akış yüzeylerine paralel olması sebebiyle akış katsayısının yüksek olmasıdır. Ayrıca supap akış alanından geçen akışkan hızı yüksek olacağından silindir içindeki türbülans da yanmayı olumlu yönde etkileyecektir. Yüksek devirlerde ise bunun tam tersi oluşmaktadır. Silindire alınan dolgunun hızı supap giriş kesitinde şok dalgası meydana getirmekte ve içeri dolgunun alınmasını engellemektedir. Bu yüzden motor devri arttıkça supap kalkma miktarı artırılmalıdır. Böylece içeri alınan dolgu artırılarak aynı hacimli motordan daha yüksek güç elde edilebilecektir. Sonuç olarak, emme supabı kalkma miktarının motor devrine bağlı olarak dinamik bir şekilde değiştirilmesi motor performansını önemli derecede iyileştirmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

Asmus, T. G. 1991. Perspectives on Application of Variable Valve Timing, SAE Paper, No: 910445.

Dresner, T., Barkan, P. 1989. A Review and Classification of Variable Valve Timing, SAE Paper, No: 890674.

Endres, H., Schulte, H. and Krebs, R. 1990. Combustion System Development Trends for Multi-Valve Gasoline Engines, SAE Paper, No: 900652.

Fitsos, P. and Harralson, J. 1999. Valve Timing by Means of a Rotary Actuator, SAE Paper, No: 1999-01-0330.

Gray, C. 1988. A Review of Variable Engine Valve Timing, SAE Paper, No: 880386.

Hara, S., Kumagai, K., Matsumoto, V. 1989. Application of a Valve Lift and Timing Control System to An Automotive Engine, SAE Paper, No: 890681.

Hayashi, A. and Wada, Y., 1999. Development of a High Performance Lean Burn Engine with a 3-Stage Variable Valve Timing Mechanism, JSAE Review, Page 435, Volume: 17, Issue: 4.

Hockel, K., 1982. Untersuchung Zur Laststeuerung Beim Ottomotor, Dissertation, TU München, Mai.

Kreuter, P., 1983. Untersuchungen Zur "Leistungssteuerung Für Otto-Ottomotoren", Dissertation, TH Aachen, April.

Kreuter, P., Heuser, P. and Schebitz, M., 1992. Strategies to Improve SI-Engine Performance by

Means of Variable Intake Lift, Timing and Duration, SAE Paper, No: 920449.

Kreuter, P., Heuser, P., Murmann, J., Erz, R. and Peter, U., 1999. The Meta VVH System-The Advantages of Continuously Mechanical Variable Valve Timing, SAE Paper, No: 1999-01-0329.

Moriya, Y., Watanabe, A., Uda, H., Kawamura, H., Yoshioka, M. and Adachi, M., 1996. A Newly Developed Intelligent Variable Valve Timing System-Continuously Controlled Cam Phasing as Applied to a New 3-Liter In-line-6 Engine, SAE Paper, No: 960579.

Riley, M. B., Mc Elwee, M. and Wakeman, R., 1997. A Mechanical Valve System With Variable Lift, Duration and Phase Using a Moving Pivot, SAE Paper, No: 970334.

Sher, E. and Kohany, T. B., 2002. Optimization of Variable Valve Timing for Maximizing Performance of an Unthrottled SI Engine a Theoretical Study, Energy, Volume: 17, Issue: 8, August.

Südhaus, N., 1988. Möglichkeiten und Grenzen der Inertgassteuerung für Ootomotoren mit Variablen Ventilsteuerzeiten, Dissertation, Th Aachen, Juli.