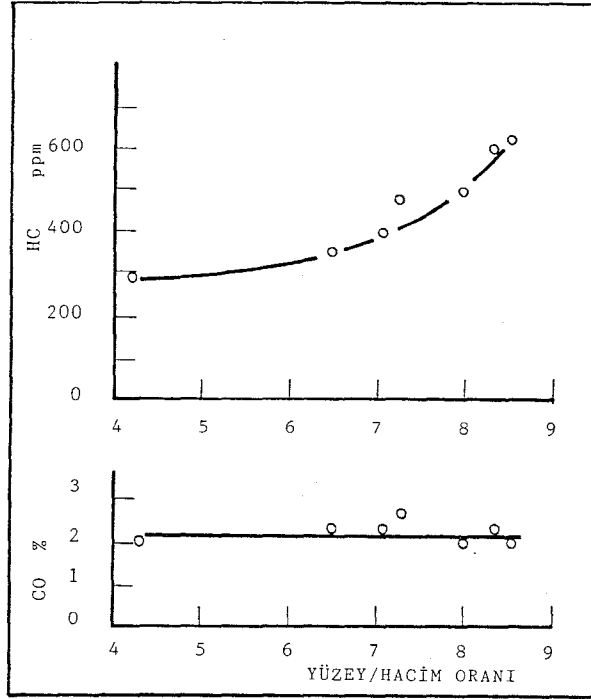


4. MOTOR KONSTRÜKSİYONUNUN EMİSYONA ETKİLERİ

Benzin ve dizel motorlarında, motor konstrüksiyonuna ilişkin çeşitli parametrelerin değişimi de egzoz gazları içerisindeki HC, CO ve NO_x miktarlarını önemli ölçüde etkilemektedir.

4.1 Yanma Odası Yüzey/Hacim Oranı

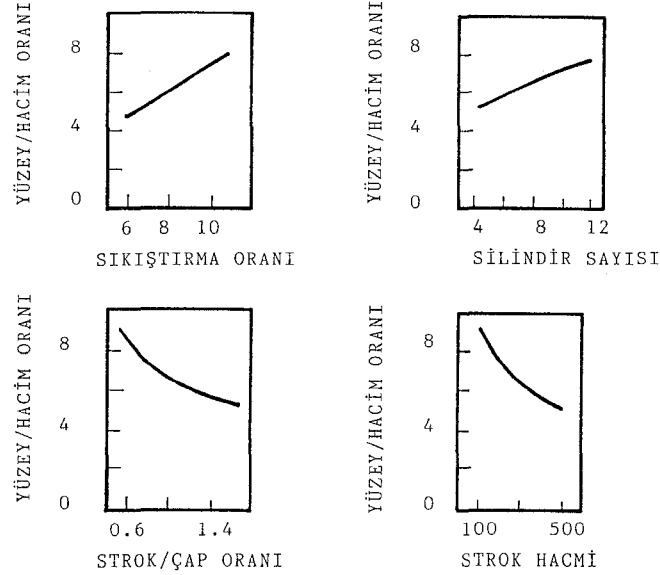
Yanma odası yüzeyi ve hacmi pistonun ÜÖN'da bulunduğu konumdaki değerlerdir. Yanma odası cidarlarının alanı büyüdükçe, cidarlara yakın bölgede bulunan alev sönme bölgesi de büyüyecektir. Bu bölgelerde yanma tamamlanmadığı için, HC emisyonu alev sönme bölgesindeki artış ile birlikte artış gösterir. Aynı şekilde



Şekil 4.1 Yüzey/Hacim oranının HC ve CO emisyonuna etkisi.

motorun Yüzey/Hacim oranı da büyüdükçe alev sönme bölgesi büyür ve yanmamış HC emisyonu artar. Bu durumdan CO emisyonu etkilenmez (Şekil 4.1). Yüzey/Hacim oranının artırılması ile yanma odasının soğutulması kolaylaştırıldığından, NO_x emisyonu ise bir miktar azalma gösterecektir.

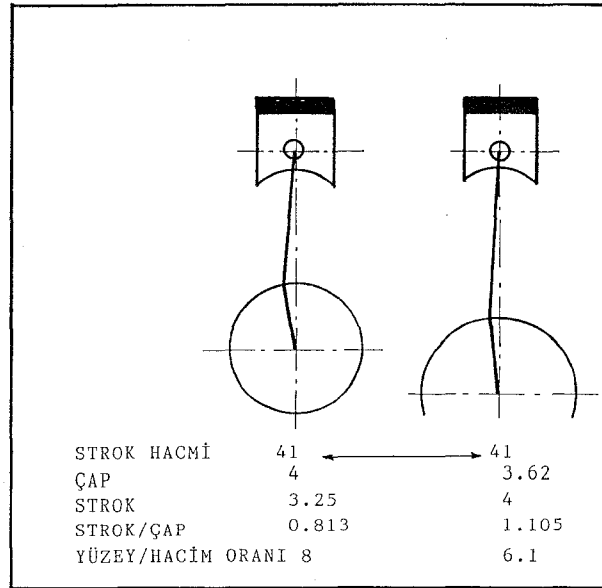
Motora ait çap, strok gibi büyüklüklerin oranları aynı tutularak motor boyutları küçültüldüğünde, Yüzey/Hacim oranı artacaktır. Aynı şekilde sıkıştırma oranının artırılması, silindir sayısının artırılması, strok hacminin azaltılması, Strok/Çap oranının azaltılması durumlarında Yüzey/Hacim oranı artış gösterecektir (Şekil 4.2).



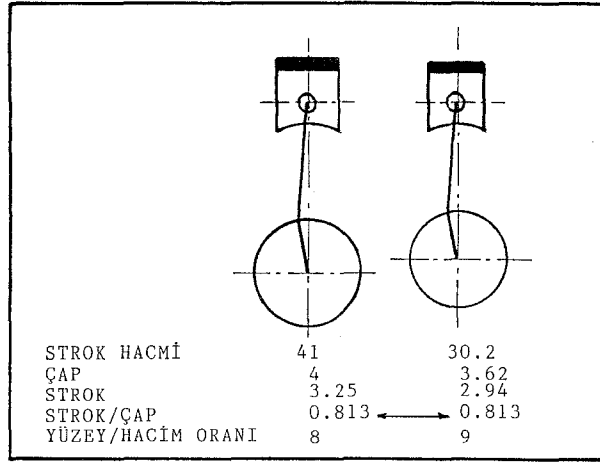
Şekil 4.2 Çeşitli motor parametrelerinin Yüzey/Hacim oranına etkisi.

Motorun Strok/Çap oranının artırılması, Yüzey/Hacim oranını düşürmektedir. Şekil 4.3'ten görüldüğü gibi strokun büyütülmesi ve çapın küçültülmesi sonucu Strok/Çap oranı 0.813'ten 1.105'e çıkarken, Yüzey/Hacim oranı 8.0'dan 6.1'e düşmektedir. Bu durumda HC emisyonları azalacaktır. Ancak son zamanlarda motor tasarımındaki eğilimler strokun kısa tutulması sonucu sürtünme kayıplarının azaltılması, böylece motor gücünün ve yakıt

ekonomisinin artırılması, ve motorun yüksekliğinin azaltılması yönündedir. Uzun stroklu motorlar daha yüksek, ağır ve pahalı olmaktadır. Bu nedenle birim ağırlık başına maksimum güçleri daha az ve yakıt tüketimleri de biraz daha fazladır. Motorun Strok/Çap oranı aynı kalacak şekilde, strok hacmi küçültüldüğünde Yüzey/Hacim oranı artış gösterecektir. Örneğin Şekil 4.4'de Strok/Çap oranı 0.813 değerinde kalacak şekilde motorun strok hacmi 41 cm^3 'den 30.2 cm^3 'e düşürüldüğünde, Yüzey/Hacim oranınının 8'den 9'a arttığı görülmektedir. Bu durumda motorun toplam strok hacmi sabit kalmak üzere, silindir sayısı azaltılarak, silindir başına olan strok hacmi arttırılıp, Yüzey/Hacim oranı da birlikte arttırılabilir ve böylece HC emisyonu azaltılabilir. Diğer taraftan belirli silindir sayısı için strok hacminin büyütülmesi durumunda Yüzey/Hacim oranı azalacak ve HC konsantrasyonu da azalacaktır. Ancak HC debisi, artan sürtünme kayıpları nedeniyle artabilir. Ateşleme avansının değişimi de etkin Yüzey/Hacim oranını değiştirmektedir. Ateşlemenin geç yapılması sonucu yanma geç başlayacak ve yanma süreci ÜÖN civarından, genişleme zamanına kayacaktır. Pistonun ÜÖN'dan daha aşağıdaki konumunda da Yüzey/Hacim oranı oldukça azalmış durumda olacağından HC emisyonları da azalacaktır. Fakat motorun gücü de bu şartlarda düşeceği için, özgül HC emisyonu artacaktır.



Şekil 4.3 Motor strokunun Yüzey/Hacim oranına etkisi.



Şekil 4.4 Strok hacminin Yüzey/Hacim oranına etkisi.

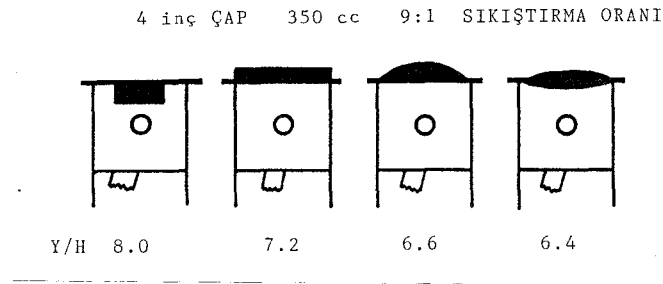
4.2 Sıkıştırma Oranı

Motorun sıkıştırma oranının artırılması, termik verimin artmasına neden olmakta, özgül yakıt tüketimini azaltmakta ve motordan elde edilebilen maksimum gücün de artmasını sağlamaktadır. Ancak benzin motorlarında sıkıştırma oranının artırılması vurutu ile sınırlandırılmıştır.

Sıkıştırma oranının, $(V_c + V_h)/V_c$ azaltılması ile motorun sıkıştırma hacmi önemli ölçüde artarken, ÜÖN'daki yanma odası yüzeyi de bir miktar artacaktır. Böylece yanma odası Yüzey/Hacim oranı azalacağından, HC emisyonu azalacaktır. Ancak bu durumda motor performansı olumsuz etkilenmektedir. Sıkıştırma oranının azaltılması sonucu, ayrıca motorun termik veriminde azalma olacağından egzoz gazları sıcaklığı artacaktır. Bu durumda egzoz sistemindeki reaksiyonlar iyileşecek ve HC emisyonu azalacaktır. Aynı zamanda motor verimi de düştüğünden aynı gücü elde etmek için gerekli dolgu miktarı fazlalştırıldığında özgül HC emisyonu artmış olacaktır. Ayrıca motorun sıkıştırma oranının artışı sonucu sıcaklıkların yükselmesi NO_x emisyonunu da olumsuz etkilemektedir.

4.3 Yanma Odası Şekli

Egzoz gazları emisyonunu ve motor performansını etkileyen en önemli faktörlerden biri yanma odası şeklidir. Motorun sıkıştırma hacmi sabit tutulduğunda, yanma odası şekli değiştirilerek Yüzey/Hacim oranı önemli ölçüde değiştirilebilir (Şekil 4.5). Yanma odası şekli yüzey sıcaklıklarını, alev sönme bölgesinin kalınlığını etkileyerek hem HC ve NO_x emisyonunu, hem de motorun vurunmaya dayanıklılığını etkiler.



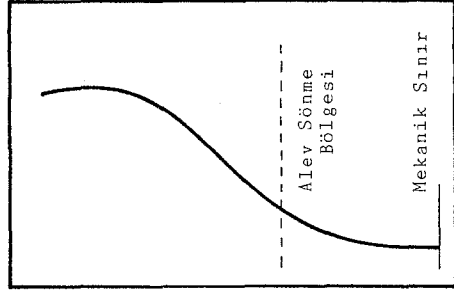
Şekil 4.5 Yanma odası şeklinin Yüzey/Hacim oranına etkisi.

Yanma odası şekli ayrıca türbülans etkilerini belirleyerek karışımın daha iyi oluşmasını, yanma hızının artmasını, alev sönme bölgelerinin azalmasını da sağlamaktadır.

Yanma odasında yanmamış HC oluşumunun kaynaklarından biri de pistonun üst yüzeyi ile kompresyon segmanı arasında kalan piston çevresel boşluğudur. Silindir cidarı ile piston arasındaki açıklığın belirlediği bu hacim alev sönme bölgesi oluşturmaktadır (Şekil 4.6). Bu bölge çok geniş olduğunda pistonun yatay olarak hareketi artacaktır. Bu bakımdan bir mekanik sınır mevcuttur. Alev sönme mesafesinin üzerinde bir uzunluk başlangıçta seçildiğinde, bu mesafe zamanla aşınma sonucu Şekil 4.6'daki eğri üzerinde sağa doğru kayacaktır.

Dizel motorlarında da yanma odasının tipleri ve şekli emisyon miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. HC emisyonları açısından direkt püskürtmeli motorlarla ön yanma odalı motorlar arasında önemli farklılık bulunmaktadır (Şekil 4.7). Düşük yüklerde bu fark

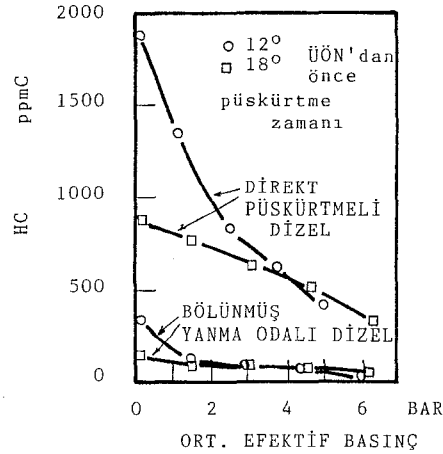
HC



PİSTON İLE SİLİNDİR ARASINDAKİ
AÇIKLIK

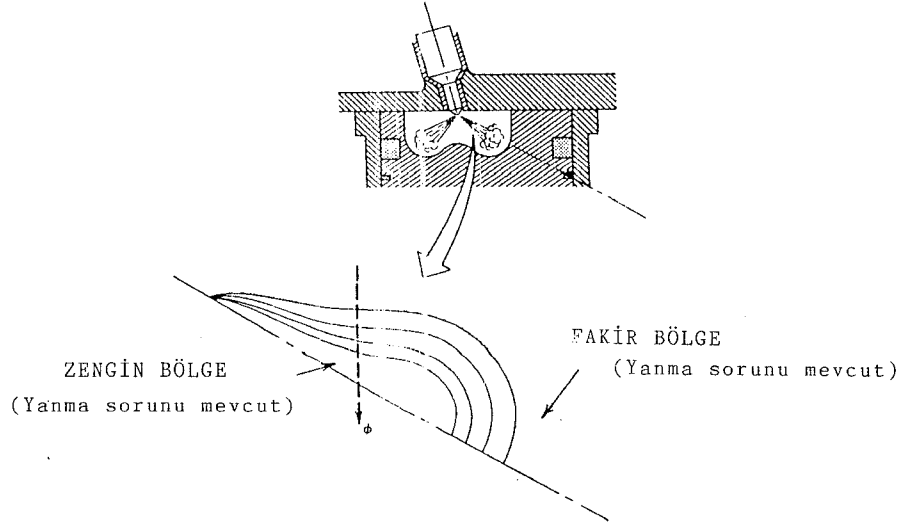
Şekil 4.6 Piston çevresel boşluğunun HC emisyonuna etkisi.

daha da belirgindir. Direkt püskürtmeli motorlarda püskürtmenin yapıldığı, piston içerisindeki çanak şeklindeki oyğun geometrisi ve boyutlarının önemi büyüktür (Şekil 4.8). Bu nedenle yanma odası geometrisine püskürtme sisteminin özelliklerinin uydurulması konusu önem taşımaktadır. Şekil 4.9'da pistondaki oyğun çapının silindir çapına oranının değişimi sonucu HC emisyonunun etkilenişi görülmektedir. Bu değişim motorun özgül yakıt tüketimini ve NO_x emisyonunu da, daha az olmak üzere, etkilemektedir.

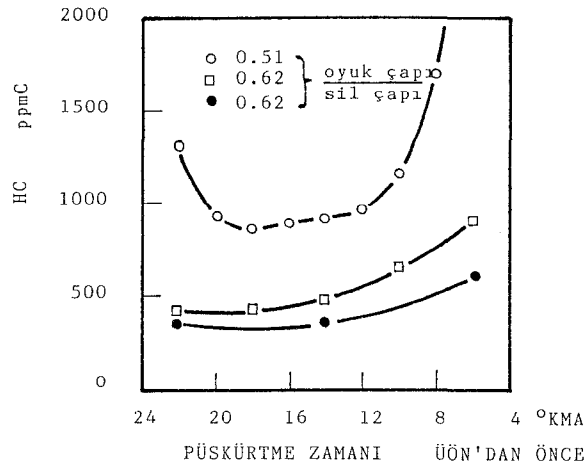


Şekil 4.7 Direkt püskürtmeli ve bölünmüş yanma odalı dizel motorlarında HC emisyonu.

Direkt püskürtmeli dizel motorlarında piston içerisine oyulmuş olan yanma odası yardımıyla ÜÖN civarında hava hareketleri oluşturularak, karışımın oluşumu iyileştirilmekte ve yanmanın

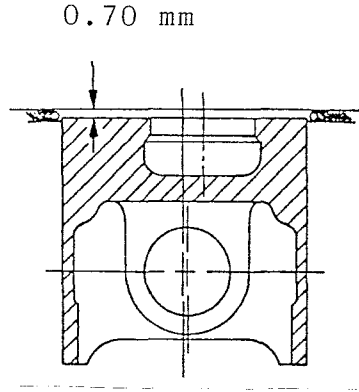


Şekil 4.8 Direkt püskürtmeli dizel motorlarında yakıt demetinin yapısı.



Şekil 4.9 Piston içindeki oyuk çapının HC emisyonuna etkisi.

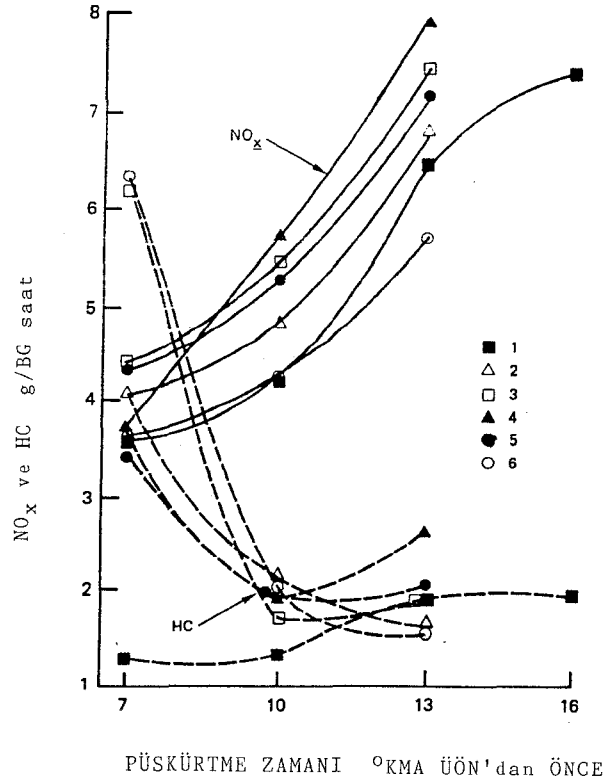
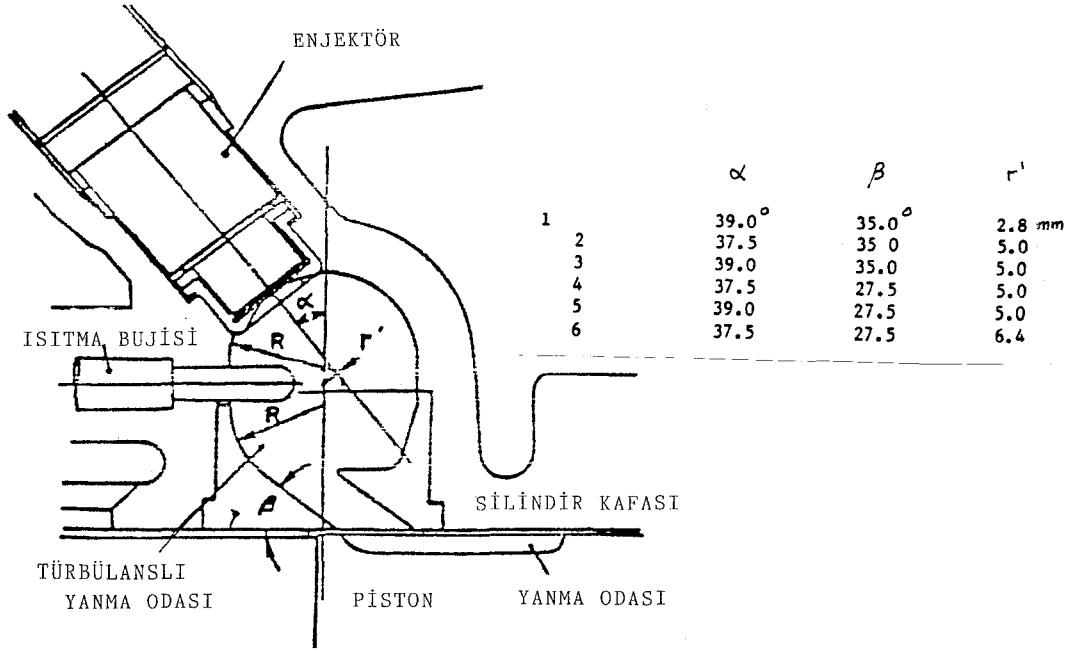
hızlı gerçekleşmesi sağlanmaktadır. Piston içerisindeki çanağın üst kısmındaki daralma da ek çevresel hava hareketleri yaratmaktadır (Şekil 4.10). Pistona oyulmuş çanak hacminin sıkıştırma hacmine oranı K-faktörü olarak tanımlanmaktadır. Bu



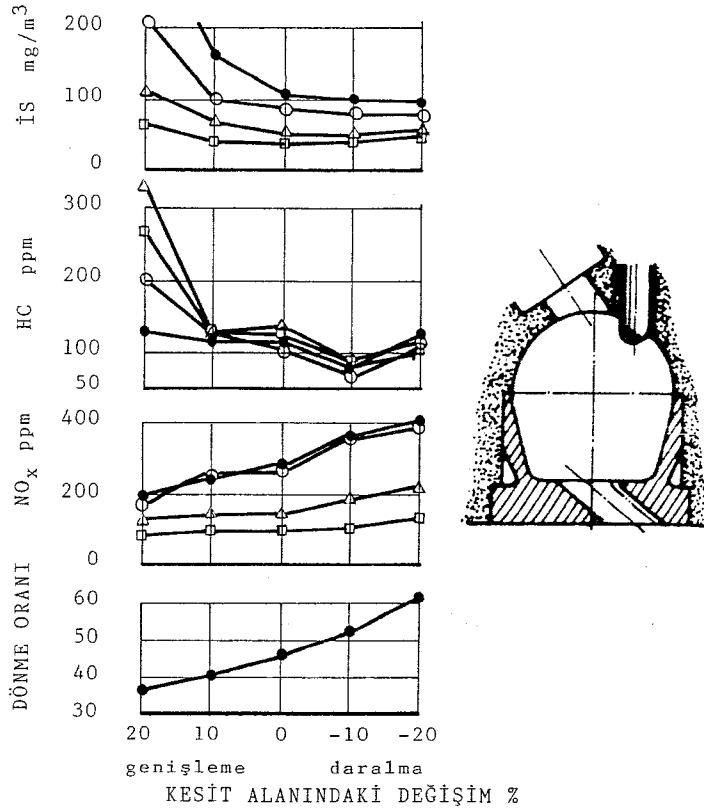
Şekil 4.10 Direkt püskürtmeli dizel motoru pistonu.

değerin küçük olması motorun is emisyonu eğilimini artırmaktadır. Bu nedenle piston üst yüzeyi ile silindir kafası arasındaki açıklığın ve supap yuvalarındaki hacmin azaltılması gerekmektedir. Ancak bu olanak imalat sorunları nedeniyle kısıtlandırılmıştır. Son yıllarda geliştirilen yüksek devirli direkt püskürtmeli dizel motorlarında, yakıtın iyi parçalanması için enjektörden çıkış hızları artırılmaktadır. Bu durum küçük yanma odası hacmine sahip motorlarda, yakıt demetinin karşı cidara çarparak burada bir miktar yakıtın toplanması ile sonuçlanmaktadır. Bu nedenle silindir başına küçük strok hacimli motorlara gidildikçe HC emisyonu artış gösterecektir.

Bölünmüş yanma odalı dizel motorlarında ise ön yanma odası ile ana yanma odası arasındaki kanalın yapısı kirletici egzoz emisyonunu etkilemektedir. Ön yanma odası geometrisine ilişkin çeşitli parametrelerin değerleri ile bunlardaki değişikliklerin HC ve NO_x emisyonunu nasıl etkilediği Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Kanal kesitinin küçültülmesi partikül ve HC emisyonunu azaltırken, NO_x emisyonunun artışına neden olmakta, ayrıca ilk hareket güçlükleri de yaratmaktadır. Bölünmüş yanma odaları arasındaki kanalın kesit alanındaki değişim de aynı şekilde etkili olmaktadır (Şekil 4.12). Şekilden de görüldüğü gibi kanal kesit alanının daralması ile, "çevresel hava hızı/ motor dönme sayısı" olarak tanımlanan Dönme Oranı artmakta, aynı zamanda HC ve partikül emisyonu azalırken, NO_x emisyonu artış göstermektedir.



Şekil 4.11 Ön yanma odalı motorlarda kanal yapısının emisiyona etkisi.



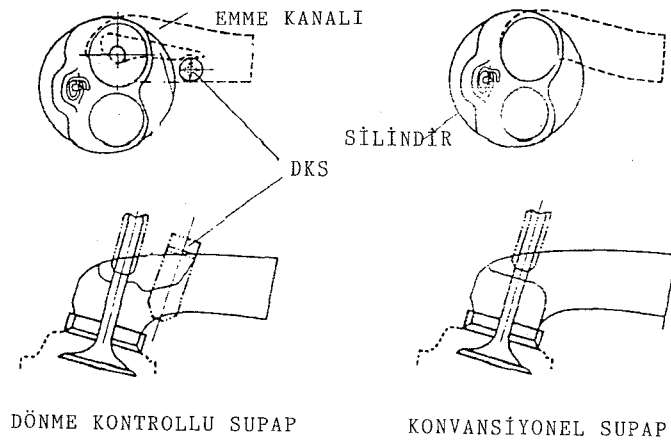
Şekil 4.12 Bölünmüş yanma odalı motorlarda kanal kesit alanının emisyonu etkisi.

4.4 Emme Kanalı Şekli

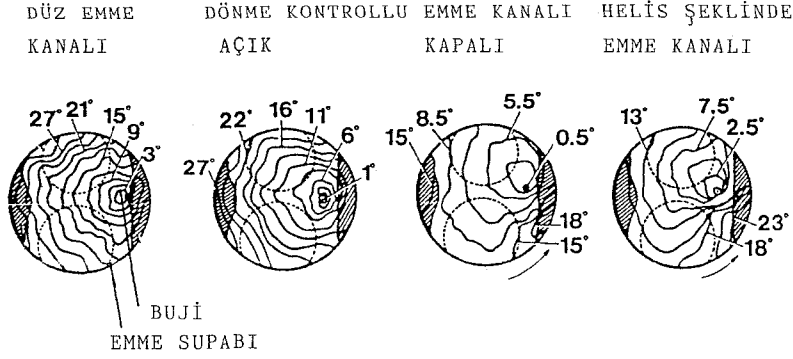
Motorlarda karışım ve yanma olaylarının iyileştirilmesi için yanma odası içerisindeki hava hareketlerinin, silindirdeki çevresel gaz akımının ve türbülansın artırılması istenmektedir. Bunu sağlamanın yollarından biri de emme kanalı şeklinin ayarlanmasıdır. Ancak emme kanalı, yanma odasındaki hava hareketlerini artıracak şekilde tasarlandığında motorun volumetrik verimi bir miktar azalacak ve motorun maksimum gücü düşecektir. Bu nedenle, amaca göre durumun optimize edilmesi gerekmektedir.

Özellikle fakir karışımlı motorlarda emme kanalı helis şeklinde yapılarak giren dolguya bir dönme hareketi verilmesi yanmanın iyileştirilmesi açısından yararlı olmaktadır. Toyota tarafından

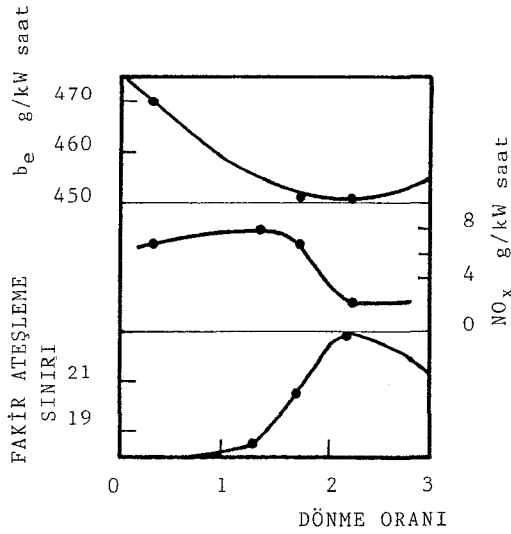
geliştirilen Dönme Kontrollü Süpap mekanizmasında vakuum ile işleyen diyafram kullanılarak, bypass kanalları düşük güçlerde hava hareketi yaratacak şekilde kapanmakta, motordan fazla güç istenildiğinde ise volumetrik verimi artırmak için kanallar açılmaktadır (Şekil 4.13). Böylece Dönme Oranı, DKS mekanizmasının kapalı olduğu durumda 2.3 iken, açık olduğu durumda 0.5'e düşmektedir. Konvansiyonel emme kanalından sağlanan Dönme Oranı ise 0.3 mertebesinde-dir. Buna göre alev ilerleme hızları Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Dönme Oranının artışı ile NO_x emisyonu ve özgül yakıt tüketimi düşmektedir (Şekil 4.15). Dönme oranının 0-1 arasındaki değerlerinde, ısının açığa çıkış hızı daha fazla olmaktadır. Ayrıca bu durumda maksimum sıcaklık yüksek, özgül yakıt tüketimi az, ısıl verim yüksek, ancak NO_x emisyonu da yüksektir. Düşük dönme oranlarında daha fakir karışımlar ile motoru çalıştırmak mümkün değildir. Dönme oranının 1-2 arasındaki değerlerinde, küçük ölçekli çevriler oluşmaya başladığından, yakıt damlalarının parçalanıp tutuşmayı ve yanmayı kolaylaştırması söz konusudur. Böylece ısıl verim artmaktadır. Sıcaklık artışı daha az olduğundan NO_x emisyonu ise düşmektedir. Dönme Oranının 2-3 arasındaki değerlerinde ise tutuşma problemleri oluşmaktadır. Bu durumda karışımın daha zenginleştirilmesi gerekeceğinden, yakıt tüketimi artacak, ancak NO_x emisyonu düşük düzeyde olacaktır.



Şekil 4.13 Dönme Kontrollü Süpap mekanizması.

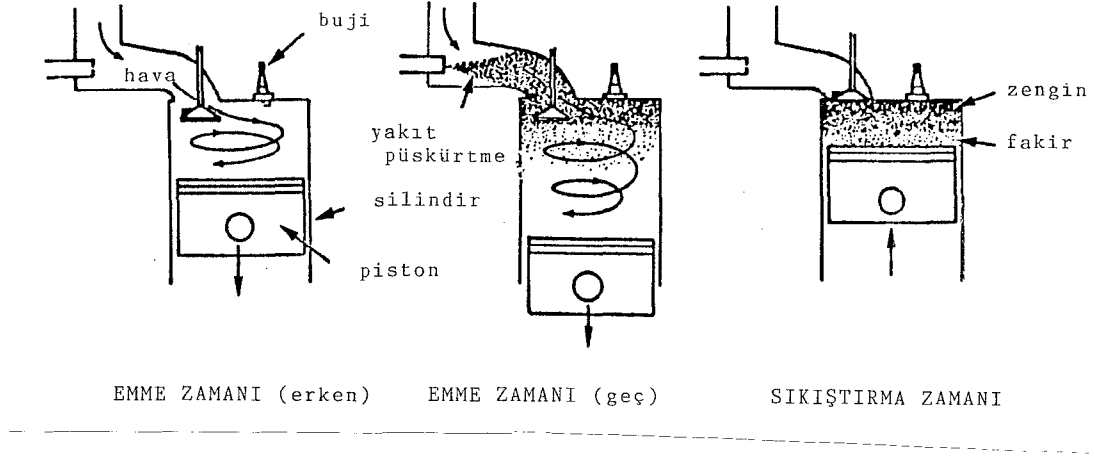


Şekil 4.14 DKS'lı motorlarda alev ilerleme hızları.



Şekil 4.15 Dönme Oranının, tutuşma sınırı, özgül yakıt tüketimi ve NO_x emisyonuna etkileri.

Benzin püskürtmeli sistemlerde, püskürtme zamanı ve emme kanalı şekli ayarlanarak yanma odasında kademeli dolgu elde edilmesi ve emisyon miktarının düşürülmesi, motorun vuruş meyilinin azaltılması ve yakıt tüketimi açısından motor performansının iyileştirilmesi mümkündür (Şekil 4.16). Böylece yanma odasında ortalama olarak sağlanan fakir karışımın avantajları kullanılabilir.

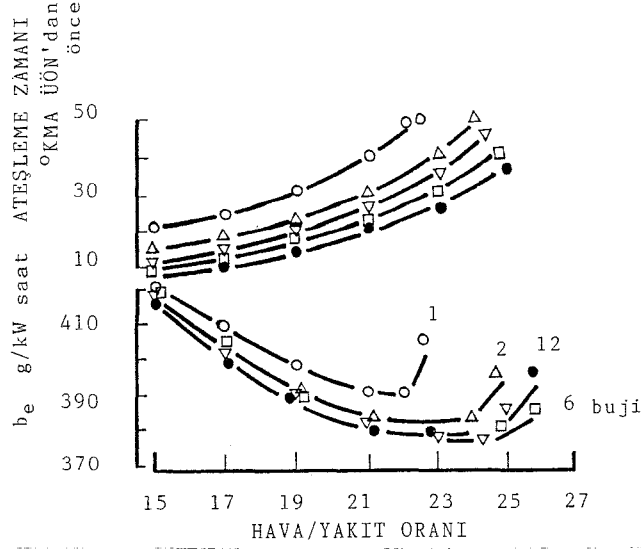


Şekil 4.16 Kademeli dolgu oluşturulması.

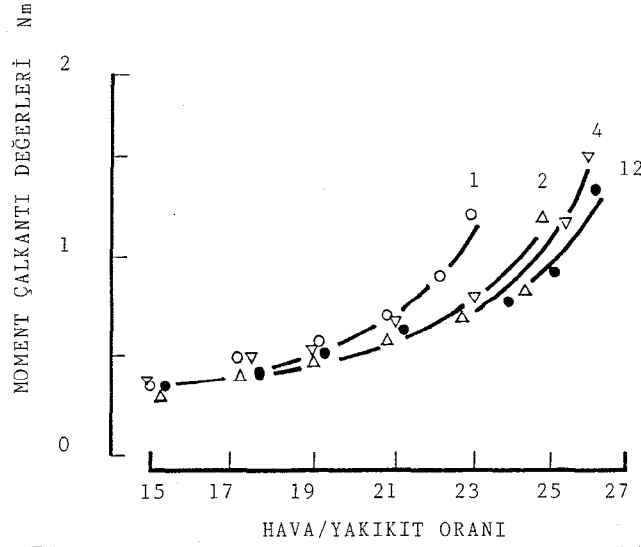
4.5 Ateşleme Sistemi (Buji sayısı, konumu ve çeşitleri)

Benzin motorlarında açığa çıkan enerji miktarının zamana göre değişimi, alev yayılma hızı ile alevin yüzey alanının çarpımı ile orantılıdır. Yakıtın türü, karışımın özellikleri ve önceki bölümlerde açıklanan Dönme Oranı, türbülans gibi etkenler alev yayılma hızını etkilemektedir. Alev cephesinin yüzey alanında artış ise ek buji kullanılması sonucu yanmanın çok merkezden başlatılması ile sağlanabilir. Yapılan deneylerde buji sayısının, tek bujiden başlanarak artırılması sonucunda motorun özgül yakıt tüketiminde önce bir iyileşme görülmekte, ancak buji sayısı 6'yı geçtiğinde yakıt tüketiminde tekrar bir artış olmaktadır (Şekil 4.17). Çünkü bu durumda artık vuruntu şartlarına yaklaşılmakta ve soğutma suyuna giden ısı miktarı da artış göstermektedir.

Buji sayısının değişimi aynı zamanda kararlı yanma durumunu da etkilemektedir. Motor momentindeki çalkantıların rms değerleri buji sayısı arttıkça azalma göstermektedir (Şekil 4.18). Bu durum



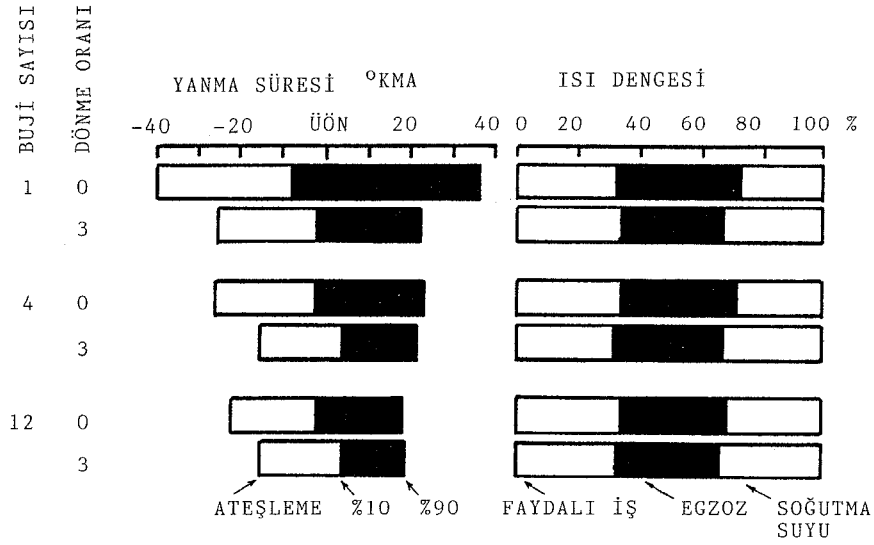
Şekil 4.17 Buji sayısının özgül yakıt tüketimine etkisi.



Şekil 4.18 Buji sayısının kararlı yanmaya etkisi.

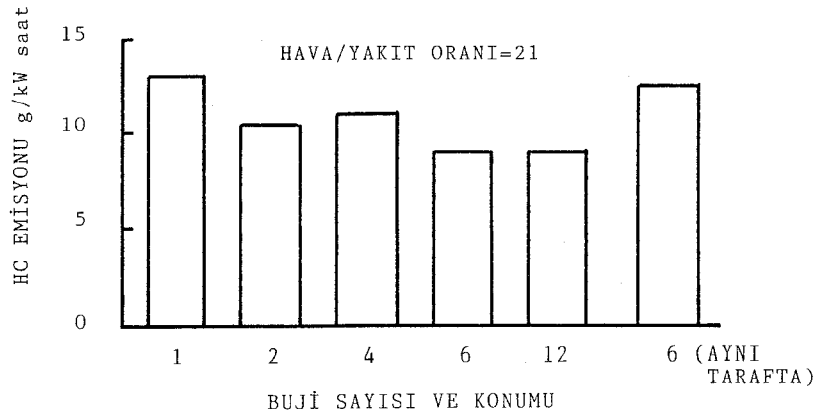
fakir karışımlara doğru gidildikçe daha da belirgin olmaktadır, çünkü fakir karışımlarda yanma hızı düştüğünden pV diyagramı değişmekte ve çevrimden-çevrime olan farklılıklar artmaktadır. Buji sayısının değişmesi yanma süresini ve motorun ısı dengesini de önemli ölçüde etkiler (Şekil 4.19). Dönme Oranının artması da ek olarak yanma zamanını kısaltıcı etki etmekte, ancak soğutma suyuna giden ısı kayıplarını arttırmaktadır. Tek buji kullanılan motorlarda ise Dönme Oranının artışı soğutma suyuna giden ısı kaybını arttırmakta ancak termik verim de birlikte artmaktadır.

Bu değişimler HC emisyonunu da etkilemektedir. Çok sayıda ve



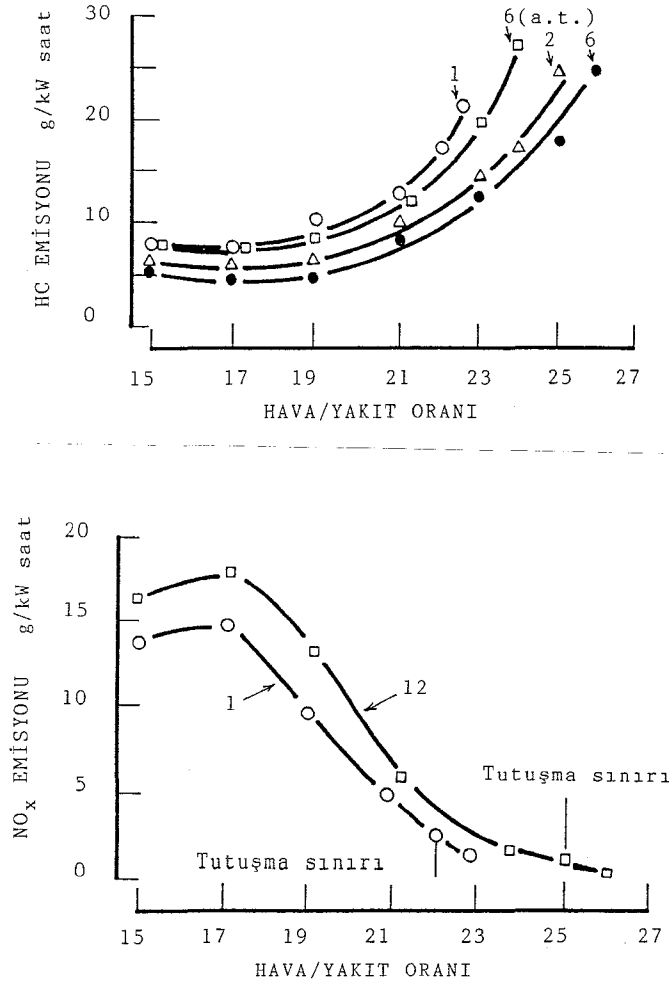
Şekil 4.19 Buji sayısının yanma süresine ve ısı dengesine etkisi.

yanma odasına yayılmış buji kullanıldığında alev sönme bölgesi azalmakta ve HC emisyonu da düşmektedir (Şekil 4.20). Ancak vuruntu dayanıklılığı bakımından bujiler alev sönme bölgesinden uzak konumda bulunmalıdır, çünkü bu bölgede Yüzey/Hacim oranı fazla olduğundan yeterli soğutma zaten yapılmaktadır ve kendi kendine tutuşma tehlikesi yoktur.



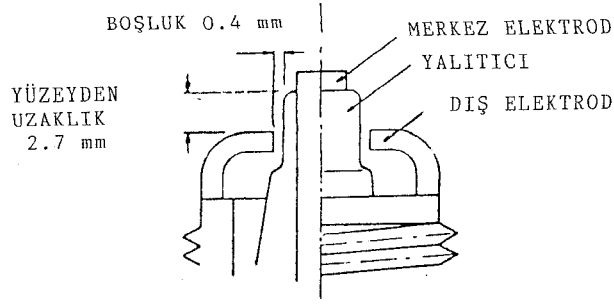
Şekil 4.20 Buji sayısı ve konumunun HC emisyonuna etkisi.

Buji sayısının artırılması HC emisyonunu azaltırken, NO_x emisyonunu da artırmaktadır (Şekil 4.21). Yanmanın iyileşmesi, termik verimin artması ve birim zamanda açığa çıkan ısı miktarının artması motor performansını arttırırken, NO_x emisyonu açısından olumsuz etki yapmaktadır.

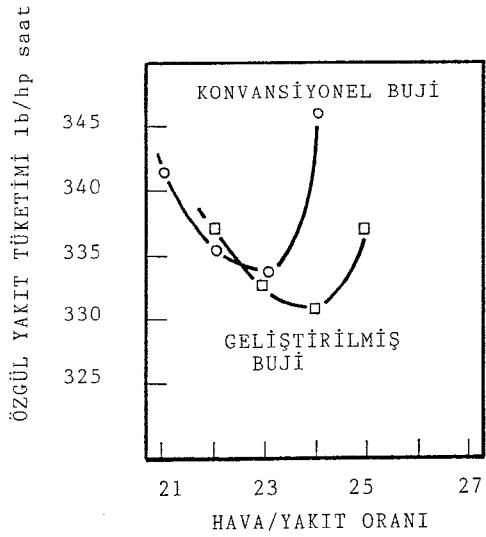


Şekil 4.21 Buji sayısının HC ve NO_x emisyonuna etkisi.

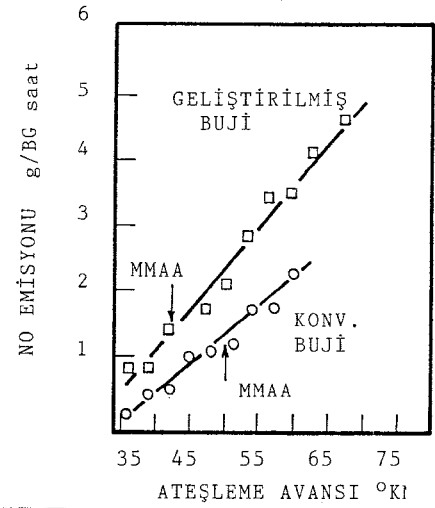
Konvansiyonel buji yerine, geliştirilmiş bir buji denendiğinde tutuşmanın iyileştiği görülmektedir (Şekil 4.22). Bu uygulamada, alevin merkezi yanma odası cidarından uzaklaştırılmakta, cidarlara olan ısı kaybı azalmakta ve tutuşma kolaylaşmaktadır. Bu durum motorun daha fakir karışım ile çalışmasına olanak tanıyacak ve özgül yakıt tüketimini de azaltacaktır (Şekil 4.23). Ancak bu sistemde NO_x emisyonu artış göstermiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.22 Farklı buji uygulaması.



Şekil 4.23 Özgül yakıt tüketiminin etkilenişi.



Şekil 4.24 NO emisyonunun etkilenişi.

4.6 Yakıt Püskürtme Sistemi

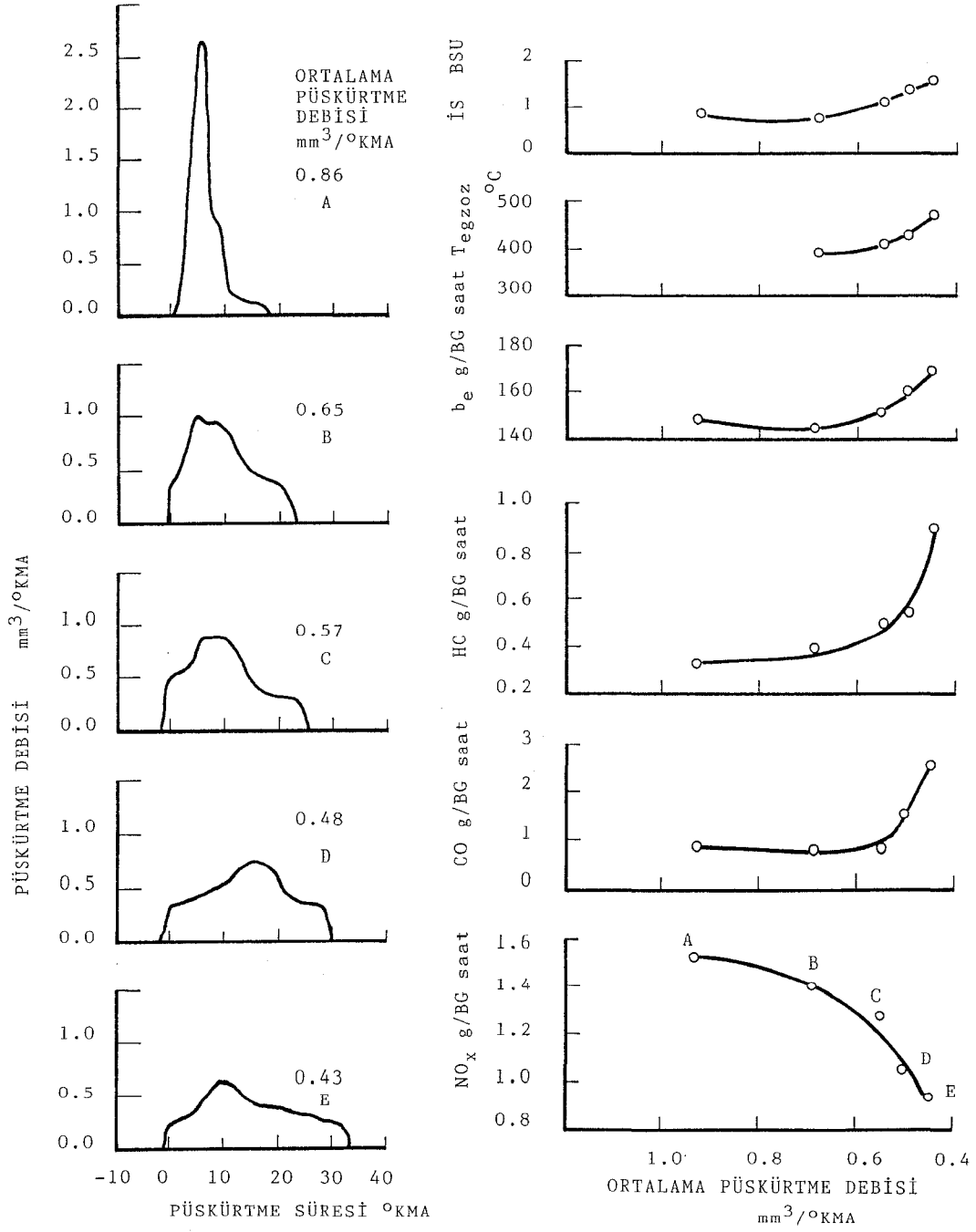
Dizel motorlarında yakıt püskürtme sisteminin yapısı, püskürtme zamanlaması, yanma odasına giren yakıt miktarının debisi vb. özellikler yanma performansını ve kirletici emisyon miktarını önemli ölçüde etkilemektedir. Karışımın iyi oluşmaması ve yakıtın tam yanmaması sonucu oluşan is, motorun çalışmasını etkilediği gibi çevreyi de kirletmektedir. Ayrıca HC, NO_x, CO gibi diğer kirletici bileşenlerin oluşumu da yakıt püskürtme sistemi yapısı ve mevcut motora olan uyumu ile yakından ilgilidir. Yakıt demetinin yapısı ve konumu, püskürtme zamanlaması, püskürtme süresi ve gönderilen yakıt debisi gibi etkenler kirletici emisyon miktarını belirlemektedir. Yanma odasına giren yakıt miktarının azalması NO_x emisyonunu etkilemektedir. Yakıtın debisinin fazla

olması sonucu, hızlı karışım ve yanmanın gerçekleşmesi NO_x miktarını artıracaktır. Püskürtme zamanının geciktirilmesi ile NO_x emisyonu bir miktar düşürülebilir, ancak bu durumda da yanmanın tamamlanmasına ilişkin sorunları ortaya çıkacağından HC emisyonu artış gösterecektir. $^{\circ}KMA$ başına püskürtülen yakıt miktarındaki değişimler ve emisyon üzerindeki etkileri Şekil 4.25'de gösterilmiştir.

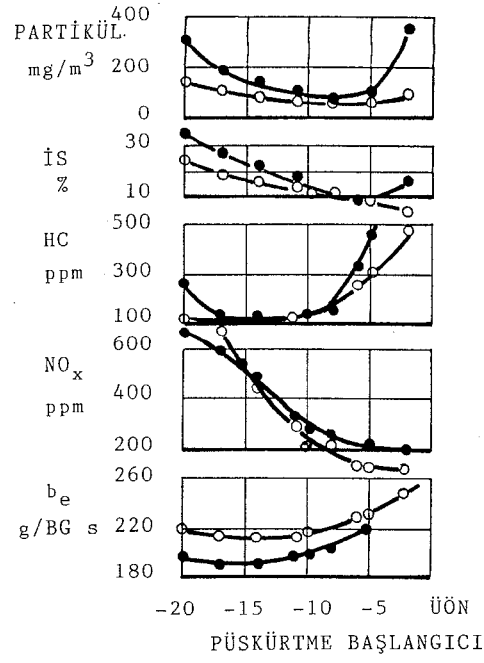
Püskürtülen yakıtın debisi kadar, püskürtme zamanlaması da emisyonları etkilemektedir (Şekil 4.26). HC emisyonunun oluşum nedenlerinden biri yanmanın tamamlanamamasıdır. Bu bakımdan püskürtme başlangıcının geciktirilmesi sonucu, yanma başlangıcının ileriye alınması yanmamış HC miktarını artıracaktır. Ancak bu durumda sıcaklıkların düşmesi sonucu NO_x oluşumunda azalma sağlanır.

Yanmamış HC'ların oluşumundaki nedenlerden biri de püskürtmenin tamamlanmasından sonra yakıtın yanma odasına girmesidir. Bu olayın nedenlerinden bir tanesi, enjektör iğnesinin tekrar hareketi sonucunda yanma odasına bir miktar ek yakıt gönderilmesidir (Şekil 4.27). Sonradan giren bu yakıtın yanması sorunlar yaratacağından HC emisyonu ve is miktarı artış gösterecektir (Şekil 4.28). Yakıt sistemindeki basınç dalgalarının yansması sonucu oluşan bu durum, püskürtme basıncı, yakıt boruları uzunluğu ve çapı, enjektör iğnesi yayının sertliği vb. etkenlerin düzenlenmesi ile önlenabilir. Enjektör iğnesinin altında bulunan hacmin büyük olması da, enjektör iğnesi kapandıktan sonra yanma odasına giren yakıt miktarını arttırarak, HC ve is oluşumunu da arttırmaktadır (Şekil 4.29). Bu bakımdan, iğnenin altındaki hacmin şekli de ayrıca etkili olmaktadır.

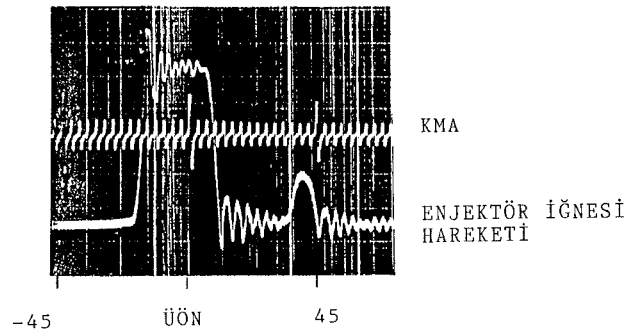
Yakıt püskürtme sisteminin konstrüksiyonu ve yanma odası geometrisine uyumu emisyonu ve yanma performansını önemli ölçüde etkiler. Motorlarda kullanılan konvansiyonel enjektörler, günümüzde (1980'lerden sonra) kullanılan küçük motorlara (0.4 - 0.7 litre/silindir) uygun şekilde daha küçük boyutlara indirilememektedir. Halbuki motor kafasındaki sınırlı yer



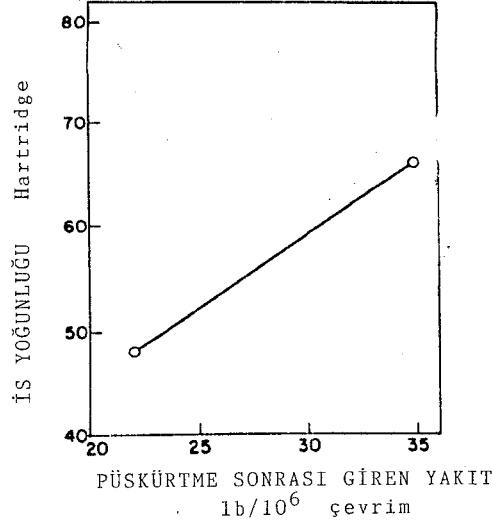
Şekil 4.25 Yakıt püskürtme hızının etkileri.



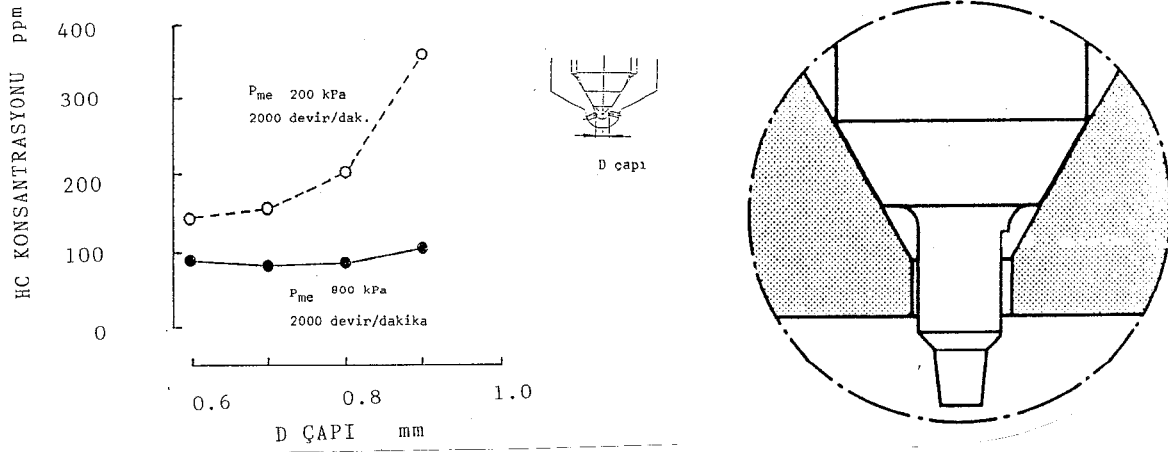
Şekil 4.26 Yakıt püskürtme zamanının emisyonu etkileri.



Şekil 4.27 Enjektör iğnesinin hareketi.

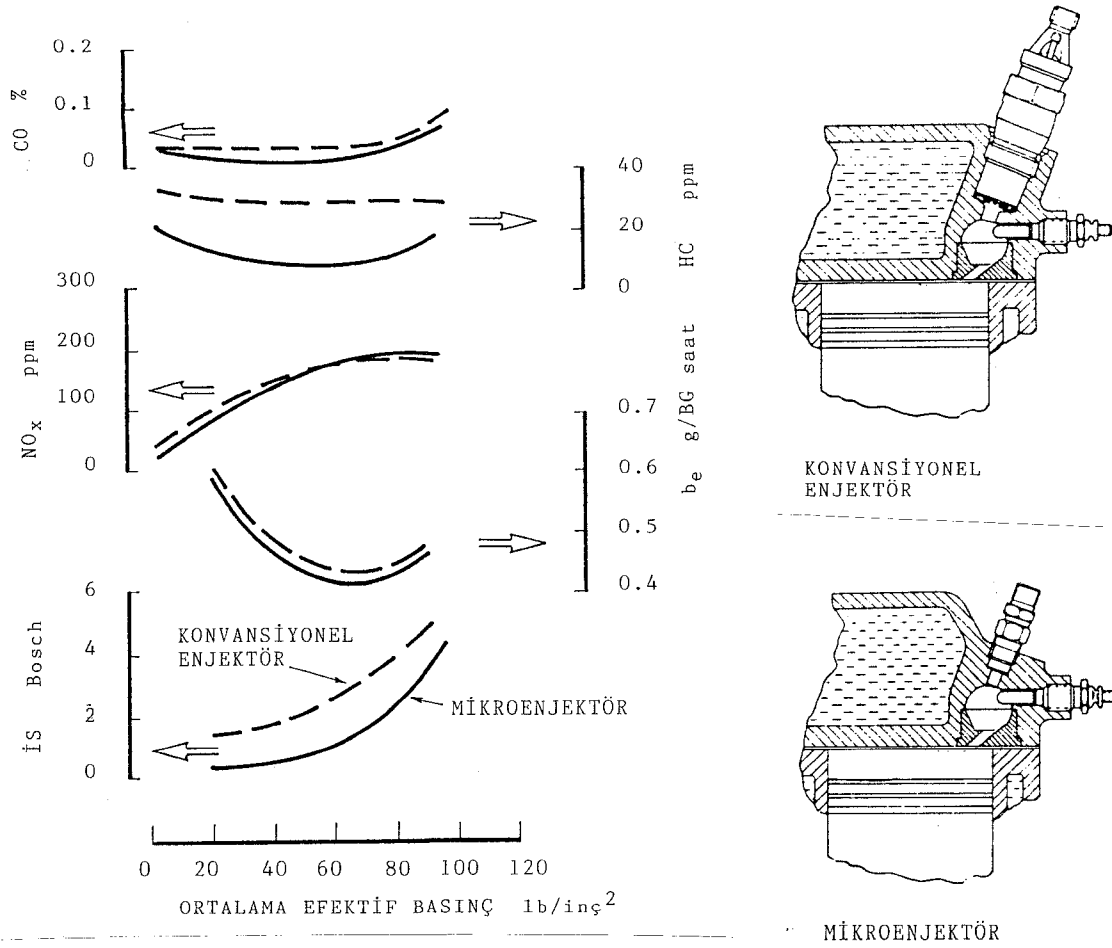


Şekil 4.28 Püskürtme sonrası gönderilen yakıtın is oluşumu üzerindeki etkisi.



Şekil 4.29 Enjektör iğnesi altındaki hacmin HC emisyonuna etkisi.

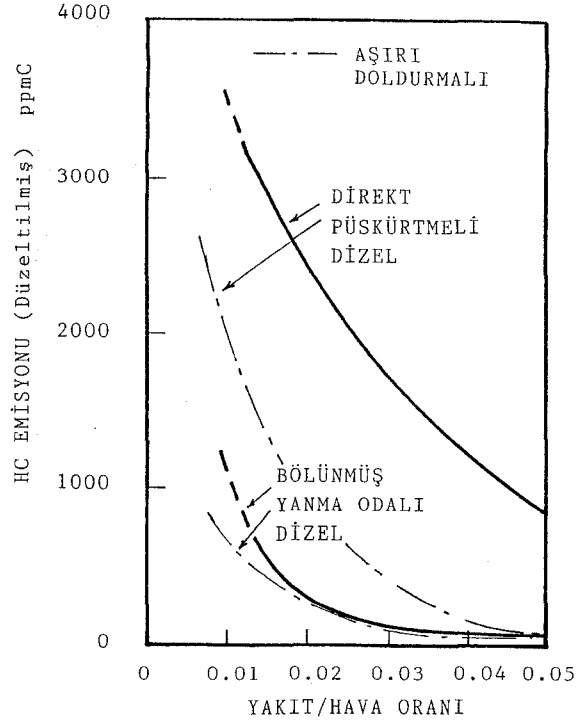
nedeniyle enjektör çaplarının küçültülmesi istenilmektedir. Örneğin, bölünmüş yanma odalı bir motorda kullanılmak üzere geliştirilmiş olan mikroenjektör, hem motor üzerinde az yer kaplamakta, hem de emisyonlar açısından yarar sağlamaktadır (Şekil 4.30).



Şekil 4.30 Mikroenjektörün emisyonu etkileri.

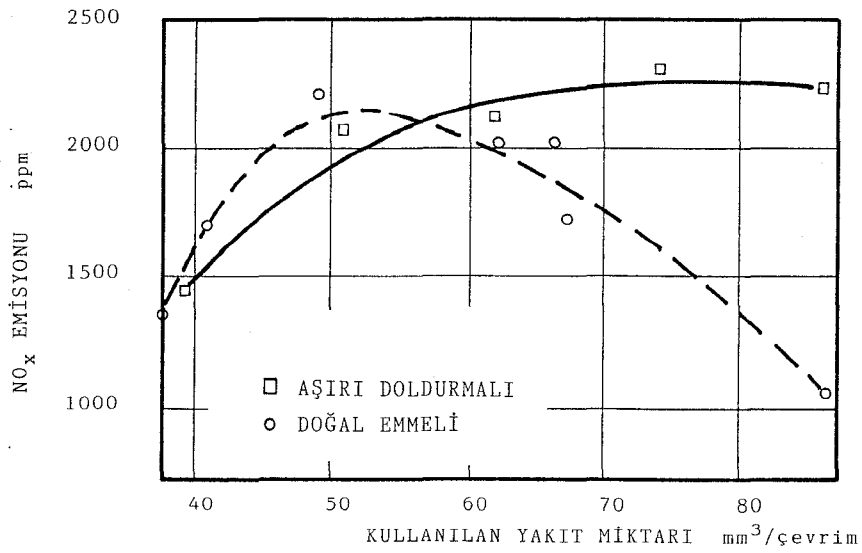
4.7 Aşırı Doldurma

Tüm karışım oranlarında, aşırı doldurma bütün çevrim boyunca sağlanan ortalama gaz sıcaklığını artırmaktadır. Aynı oksijen konsantrasyonu için, sıcaklıkların yükselmesi, yanmanın daha iyi olmasına ve yanmamış HC emisyonunun azalmasına, buna karşın NO_x emisyonunun artmasına neden olmaktadır. Ayrıca aşırı doldurma sonucunda egzoz gazı sıcaklıkları da artmakta, egzoz sürecindeki oksidasyon reaksiyonları için zaman uzamaktadır. Aşırı doldurma sonucunda, yanma odasındaki karışımın da iyileştirilmesi ile yanma da iyileşmektedir. Sonuç olarak hem direkt püskürtmeli dizel motorlarında, hem de bölünmüş yanma odalı dizel motorlarında aşırı doldurma sonucunda HC emisyonu azalacaktır (Şekil 4.31).



Şekil 4.31 Aşırı doldurmanın HC emisyonuna etkisi.

NO_x oluşumunda, sıcaklık ile birlikte oksijen konsantrasyonu da etkili olduğu için, aşırı doldurma sonucundaki sıcaklık yükselişi yakıt/hava oranının yüksek olduğu durumlarda etkin olmaktadır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32 Aşırı doldurmanın NO_x emisyonuna etkisi.

KAYNAKLAR

1. Patterson, D.J. ve N.A. Henein, Emissions From Combustion Engines and Their Control, Ann Arbor Science Pub. Inc., Michigan, 1979.
2. Springer, G.S. ve D.J. Patterson, Engine Emissions - Pollutant Formation and Measurements, Plenum Press, New York, 1974.
3. Ferguson, C.R., Internal Combustion Engines, John Wiley & Sons, New York, 1986.
4. Swain, M., Exhaust Emission Control, Ders Notları, University of Miami, 1987.
5. Diesel Technology, National Research Council, National Academic Press, Washington DC, 1982.
6. Matsushita, S., T. Inoue, K. Nakanishi, K. Kato, ve N. Kobayashi Development of the Toyota Lean Combustion System, SAE Paper No. 85 0044, 1985.
7. Matsushita, S., T. Inoue, K. Nakanishi, T. Okumura ve K. Isogai, Effects of Helical Port with Swirl Control Valve on the Combustion and Performance of SI Engine, SAE Paper No. 85 0046, 1985.
8. Takeuchi, K., K. Kubota, M. Konagai, M. Watanabe ve R. Kihara, The new Isuzu 2.5 Liter and 2.8 Liter 4-Cylinder Direct Injection Diesel Engine, SAE Paper No. 85 0261, 1985.
9. Wade, W.R., T. Idzikowski, C.A. Kukkonen ve L.A. Reams, Direct Injection Diesel Capabilities for Passenger Cars, SAE Paper No. 85 0552, 1985.
10. Quader, A.A., The Axially Stratified Charge Engine, SAE Paper No. 82 0131, 1982.