SAÜ Fen Bil Der 20. Cilt, 3. Sayı, s. 463-471, 2016

Direkt enjeksiyonlu bir dizel motoruna buhar ve farklı yöntemlerle su gönderiminin performans ve NOx emisyonlarına etkilerinin incelenmesi

Vezir Ayhan*

06.06.2016 Geliş/Received, 29.06.2016 Kabul/Accepted

doi: 10.16984/saufenbilder.71773

ÖZ

Bu çalışmada, direk enjeksiyonlu bir dizel motorunda buhar ve suyun yanma odasına farklı şekillerde gönderiminin motor performans parametreleri ve NOx emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Su yanma odasına; farklı oranlarda stabilize emülsife yakıt (E10, E15, E20), 20 ºC sıcaklıkta emme manifolduna sıvı fazda (S10, S15, S20) enjeksiyonu ve 133 ºC sıcaklıkta buhar fazında emme manifolduna farklı oranlarda (B10, B15, B20) püskürtülmesi suretiyle 3 farklı şekilde gönderilmiştir. Buhar, egzoz devresine bağlanan bir eşanjör ile egzoz kayıp ısısından üretilmiştir. Emülsife yakıtların hazırlanmasında, faz ayrışmasını önlemek için surfaktan (yüzey aktif madde) kullanılmıştır. Deneyler tek silindirli, su soğutmalı, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda tam yük şartlarında gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda farklı su gönderme yöntemleriyle elde edilen veriler standart motor verileri ile performans parametreleri ve NOx emisyon değerleri açısından karşılaştırılmıştır. Motorda kullanılan tüm su gönderme yöntemlerinde NOx emisyonlarında standart motor verilerine göre dikkate değer oranda azalmaların meydana geldiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: buhar enjeksiyonu, su enjeksiyonu, emülsife yakıt, motor performansı, NOx

Investigation of the effects of steam and different water introduction methods to a direct injection diesel engine on performance and NOx emissions

ABSTRACT

In this study, the effects of steam and different water introduction methods to a direct injection diesel engine on performance and NOx emissions experimentally investigated. Water was introduced combustion chamber, different ratios stabilized emulsified fuels, at 20 ºC temperature liquid phase and 133 ºC temperature gas phase (water steam) was injected inlet manifold, with three different methods. Water steam was produced from waste energy of exhaust gas stream. For the preparation of emulsified fuels, to stabilize the emulsified fuels, a 2% by mass surfactant mixture was used. The tests were conducted on a single-cylinder water cooled direct injection (DI) diesel engine under full load conditions. As a result of experiments, the data was obtained with different water introduction method, based on the standard engine data were compared in terms of performance parameters and NOx emissions. It was observed that there were remarkable decreases of NOx emissions for all of the water introduction methods compared to the standard engine values.

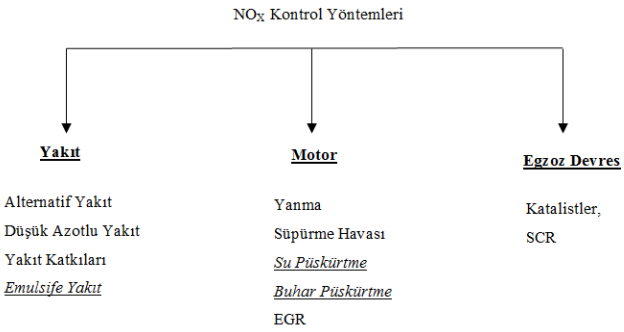
Keywords: steam injection, water injection, emulsified fuels, engine performance, NOx

* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İçten yanmalı motorlarda azot oksit (NOx) emisyonlarının oluşma nedeni silindir içerisinde ulaşılan yüksek sıcaklıklardır. Özellikle yanma odası sıcaklığı 1800 ºC' yi geçtiği anda NOx oluşum hızı artmaktadır. Dolayısıyla NOx emisyonunu azaltmanın ana mekanizması yanma odası sıcaklığının düşürülmesine dayanır. Ancak, NOx emisyonunun azaltılması motor performansını ve diğer emisyonları olumsuz şekilde etkileyebilmektedir. Normalde teorik ve gerçek dizel çevrimlerinde verim, silindir içerisindeki yanma sıcaklığının yükselmesi ve egzozla atılan kayıp ısının azlığının göstergesi olarak egzoz sıcaklığının düşmesi ile artar. NOx emisyonlarını tetikleyen ana mekanizma ise verim artışına neden olan silindir içindeki yüksek sıcaklıktır. NOx emisyonlarını tetikleyen mekanizmalar CO, HC ve is emisyonlarının oksidasyon reaksiyonlarını hızlandıran mekanizmalardır. Dolayısıyla NOx emisyonları azaltılırken aynı zamanda HC, CO ve is emisyonlarının da kontrol altında tutulması zorunludur. Bütün bunlara ilave olarak motor performansının ve yakıt sarfiyatındaki değişimlerin de göz ardı edilmemesi gerekir [1].

Azot oksit emisyonlarının azaltılması için pek çok yöntem mevcuttur. Bu yöntemler yanma öncesi (yakıt), yanma esnasında (motor) ve yanma sonrası (egzoz devresi) alınan önlemler olarak üç ana başlık altında incelenmektedir. Şekil 1' de dizel motorlarında NOx emisyonlarının azaltılması için kullanılan yöntemler verilmiştir.



Şekil 1. NOx emisyonunu kontrol etmek için uygulanan yöntemler (NOx emission's control methods) [1,2]

Şekil 1' den de görüldüğü gibi, emulsife yakıt yanma öncesi, su ve buhar püskürtme ise yanma esnasında alınan NOx azaltma yöntemlerindendir. Katı emisyon sınırlarını aşabilmek için günümüzde özellikle gemilerde manifolda ve yanma odasına direkt su püskürtme yöntemleri yaygınlaşmaya başlamıştır. Literatürde NOx emisyonlarının azaltılması için suyun içten yanmalı motorlarda farklı yöntemlerle kullanıldığı görülmektedir. Bunlar;

1- Emülsife yakıt: Su yakıtın içerine belirli kütlesel veya hacimsel oranlarda karıştırılarak elde edilmektedir. Emülsife yakıtlar iki farklı şekilde hazırlanmaktadırlar. Bunlardan birincisi; stabilize emülsife yakıttır. Bu yöntemde yakıt ve su yoğunluk farkından dolayı faz ayrışması meydana gelmemesi için yüzey aktif bir kimyasal madde ile karıştırılarak hazırlanmaktadır. İkincisi ise direkt su ve yakıtın bir birine karıştırıldığı emülsife yakıtlardır [3,4].

2- Direkt yanma odasına su püskürtme: Yanma odasına ikinci bir enjektörün konumlandırılması veya yakıt enjektöründen yakıt-su veya yakıt-su-yakıt şeklinde suyun ve yakıtın kademeli olarak silindir içine direkt olarak püskürtüldüğü yöntemedir [5].

3- Püskürtme yoluyla (fumigasyon): Fumigasyon yönteminde, su emme supabı yakınından emme manifolduna gönderilmektedir [3],

Kaynaklarda içten yanmalı motorların yanma odasına suyun gönderilmesi durumunda yanma sonu ulaşılan sıcaklıklarda düşme meydana gelmesinden dolayı NOx emisyonlarında ciddi oranda azalmanın sağlandığı belirtilmektedir [6-9]. Bunun yanı sıra yanma veriminde artma meydana geldiğinden motor performansında da iyileşmelerin olduğu bildirilmektedir. Lif ve ark.[10], emülsife yakıt kullanarak yapmış oldukları çalışma sonucunda, su yakıt karışımlarının kullanılması durumunda yakıt hava karışımının standart duruma göre daha iyi gerçekleştiğini belirmişlerdir. Wang ve ark.[11] ise emülsife yakıt kullanımında reaksiyon hızlarının standart yakıtlara göre arttığını vurgulamışlardır. Hang ve ark. [12] emülsife yakıt kullandıkları çalışmada silindir içi hava karışım olaylarını yüksek hızlı kamera ile incelemişlerdir. Çalışma sonucunda emülsife yakıtların dizel yakıta göre daha iyi atomize olduğunu saptamışlardır.

Bu çalışmada, direkt enjeksiyonlu su soğutmalı bir dizel motorunda farklı su gönderme yöntemlerinin ve buhar enjeksiyonun NOx ve motor performans parametrelerine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalar motor standart değerlerinin elde edilebilmesi için ilk olarak dizel yakıtı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra stabilize emülsife yakıt, emme manifolduna su enjeksiyonu ve buhar enjeksiyonu için deneyler tekrarlanmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen veriler standart motor verileri ile karşılaştırılarak meydana gelen değişimler, standart motor verileri baz alınarak karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL STUDIES)

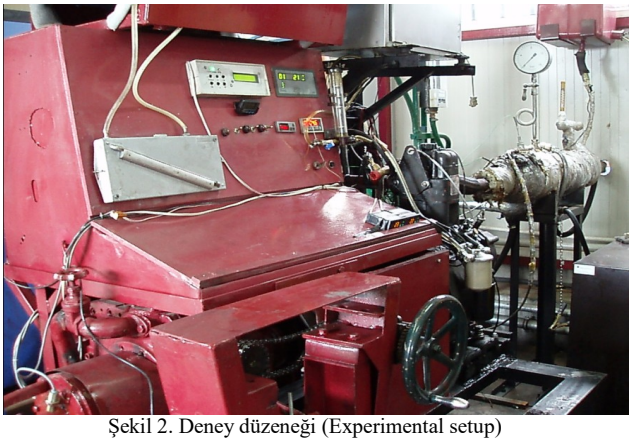
Deneylerde tek silindirli, direkt püskürtmeli, doğal emişli, dört zamanlı, su soğutmalı ve çanak pistonlu Süper Star marka bir dizel motor kullanılmıştır. Tablo 1' de deney motoru teknik özellikleri ve şekli, Şekil 2' de ise deney düzeneğinin şekli verilmiştir.

Deneyler esnasında motor 50 kg yük yutma kapasitesine sahip bir hidrolik dinamometre ile yüklenmiştir. Motor tarafından üretilen gücün tespiti için dinamometre koluna 0,1 kg hassasiyetinde S tipi Loadcell bağlanmıştır. Yakıt sarfiyatı 0,1 gr hassasiyetinde kütlesel debimetre ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında ortam sıcaklığı, soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklığı, egzoz gaz sıcaklığının ölçülebilmesi için NiCr-Ni tip termokupullar kullanılmış ve bunlar Elimko 680 marka 8 kanallı bir sıcaklık göstergesine bağlanmıştır. Emisyon ölçümünde MRU Delta 1600 L marka egzoz gaz analiz cihazı kullanılmıştır. Deneyler 35 derece püskürtme avansı değerinde gerçekleştirilmiştir. Su debisi rotometre vasıtasıyla ölçülmüştür. Deneyler tam yük şartlarında 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200 ve 2400 d/d' da motor hızlarında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Deney motoru ve teknik özellikleri (Test engine and technical specifications)

Motor Tipi	Süper Star
Piston Çapı [mm]	108
Strok [mm]	100
Silindir Sayısı	1
Strok Hacmi [dm^3]	0,92
Güç, 1500 d/d, [kW]	13
Enjektör Açma Basıncı [bar]	175
Püskürtme Avansı [Krank Açısı]	35
Sıkıştırma Oranı	17
Maksimum Devir [d/d]	2500
Soğutma Tipi	Su
Püskürtme Tipi	Direkt Enjeksiyon
Piston Tipi	Çanak Piston

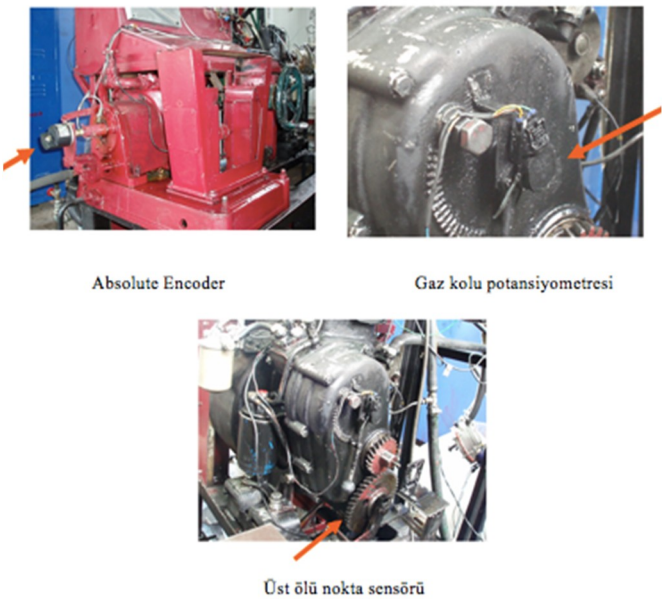




Şekil 2. Deney düzeneği (Experimental setup)

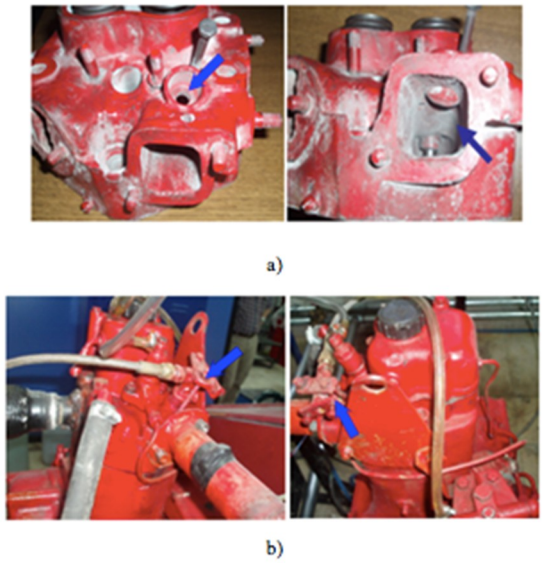
Çalışmada %10, % 15, %20 kütlesel oranlarda stabilize emülsife yakıtlar kullanılmıştır. Emülsife yakıt hazırlanmasında yüzey aktif madde olarak % 2 kütlesel oranda Span 80 ve Tween 80 olarak isimlendirilen surfaktanlar kullanılmıştır. Yüzey aktif maddeler farklı yoğunluğa sahip sıvıların birbirilerine bağlanması için kullanılan yüzey gerilmesini azaltıcı ve karışım sonucunda faz ayrışmasını engelleyen özel kimyasallardır. Yakıtlar 40 ^oC sıcaklıkta su banyosunda ve 1600 d/d dönen mekanik karıştırıcı ile 1 saat karıştırılarak elde edilmiştir. Karışımdaki yakıt, su ve surfaktan kütleleri 0,01 g hassasiyetinde hassas terazi kullanılarak ölçülmüştür. Emülsife yakıt testlerinde yakıt ölçüm sistemi tankına hazırlanan yakıt konularak standart şartlarda gerçekleştirilen deney koşulları için deneyler tekrarlanmıştır.

Çalışmada diğer su gönderme tekniği olarak fumigasyon deneyleri yapılmıştır. Fumigasyon yönteminde su sıvı ve buhar fazlarında motor emme manifolduna emme zamanında ve emme supabı açık durumda iken püskürtülmüştür. Püskürtme işleminin hassas olarak kontrol edilebilmesi için elektronik kontrollü püskürtme (EKPS) sistemi kullanılmıştır. Püskürtme sisteminin yapısının gereği olarak motor devir bilgisi, gaz kolu konumu (gaz kolu potansiyometresi), açı bilgisi (encoder) ve üst ölü nokta konum bilgisi (üst ölü nokta sensörü) değerlerinin sisteme girdi olarak verilmesi gerekmektedir. EKPS için deney düzeneğine gerekli algılayıcı ve sensörlerin bağlantısı yapılmıştır. Şekil 3' de motora bağlantısı yapılan EKPS algılayıcıların şekilleri görülmektedir.



Şekil 3. Motora bağlantısı yapılan EKPS algılayıcıları (Connected on test engine ECIS' s sensors)

Su ve buhar enjeksiyonu işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için selanoid kontrollü enjektör kullanılmıştır. Enjektör, emme manifolduna, tam olarak emme supabı arkasına püskürtme yapacak şekilde konumlandırılmıştır. Şekil 4' de silindir kapağına açılmış enjektör yuvası (a) ve enjektör yuvasına takılmış buhar enjektörü (b) görülmektedir.

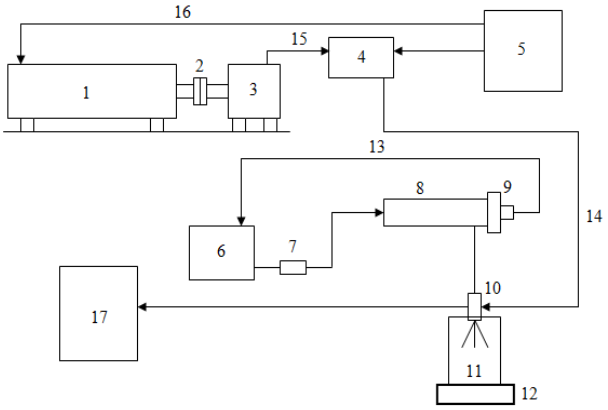


Şekil 4. Silindir kapağına açılmış enjektör yuvası (a) ve enjektör yuvasına takılmış buhar enjektörü(b) (Injector slot opened on cylinder head(a) and mounted on injector slot steam injector(b)

EKPS' de püskürtülecek su veya buhar oranın hassas olarak gerçekleştirilebilmesi için püskürtme işleminde kullanılan enjektörün çalışma parametrelerinin doğru bir şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Bu parametreler enjektör açılma/kapanma gecikmesi ve sistemin çalışma basıncında (3 bar) birim zamanda püskürttüğü su miktarıdır. Bunların tespit edilebilmesi için biri dizi ön çalışma yapılmıştır. Şekil 5' de enjektör parametrelerinin tespit edilmesi amacı ile kurulmuş deney düzeneğinin şematik şekli verilmiştir.

Su enjeksiyonu 3 bar sabit basınç altında belirlenen enjektör parametreleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla su tankı, su pompası, ayarlanabilir basınç regülatörü ve basınç göstergesinden oluşan ilave bir sistem deney düzeneğine eklenmiştir. Su motor emme havası içerisine emme zamanında ve piston üst ölü noktayı geçtikten 5 ^{o}KMA sonrasında, motorun tükettiği yakıtın %10, %15 ve %20 kütlesel oranlarında püskürtülmüştür.

Çalışmalarda kullanılan buhar egzoz kayıp ısısından üretilmiştir. Egzoz kayıp ısısından buhar elde etmek amacı ile motorun egzoz devresine Şekil 6' da görülen karşıt akışlı ısı değiştiricisi bağlanmıştır. Buhar 3 bar basınç ve 133 ^{o}C sıcaklıkta motor yakıt tüketiminin %10, %15 ve %20 kütlesel oranında emme havası içerisine emme zamanında ve piston üst ölü noktayı geçtikten 5 ^{o}KMA sonrasında püskürtülmüştür. Buharın sabit basınç ve sıcaklıkta enjeksiyonun sağlanabilmesi için sisteme basınç regülatörü, termokupl ve basınç göstergesi bağlantısı yapılmıştır. Şekil 6'da bu elamanlar görülmektedir.



1. Elektrik motoru, 2. Bağlantı kaplini, 3. Encoder, 4. Mikrodenetleyici, 5. Ayarlana bilir güç kaynağı, 6. Depo, 7. Pompa, 8. Ortak hat, 9. Regülatör, 10.Enjektör, 11. Ölçme kabı, 12. Hassas terazi, 13. Su geri dönüş hattı, 14. Enjektör kontrol bağlantısı, 15. Encoder- mikrodenetleyici bağlantısı, 16. Elektrik motoru güç bağlantısı, 17. Osiloskop

Şekil 5. Enjektör parametrelerinin tespiti için kurulmuş deney düzeneğinin şematik şekli (For determining parameters of the injector schematic shape of the test device)



Şekil 6. Atık ısı kazanı ve üzerindeki ekipmanlar (Waste heat boiler and equipment)

Karşılaştırma açısından deneyler ilk önce dizel yakıtı ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra aynı deney şartlarında ve motor devirlerinde oranlarda emülsife yakıtlar, su ve buhar enjeksiyonu yapılarak motor deneyleri tekrarlanmıştır. Elde edilen veriler motor performans parametreleri ve NOx emisyonlarına etkileri açısından standart motor verileri ile karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

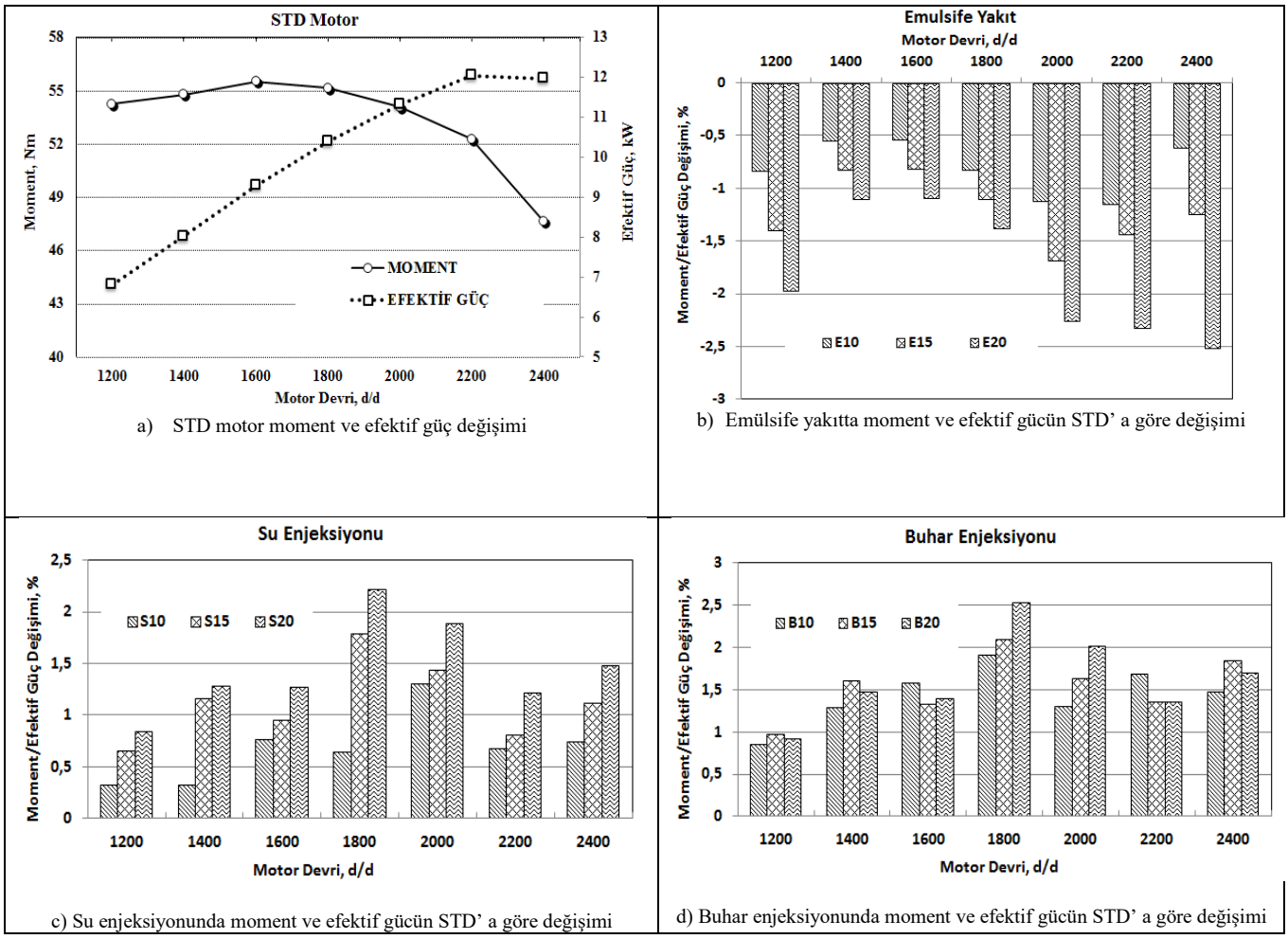
3. SONUÇ VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

4.

3.1. Motor Performans Parametreleri (Engine Performance Parameters)

Direkt enjeksiyonlu bir dizel motoruna farklı yöntemlerle su gönderilmesi durumunda motor döndürme momenti ve efektif gücünde standart motor verilerine göre meydana gelen değişimler Şekil 7-b,c,d' de, Şekil 7-a' da ise standart motor moment ve efektif güç karakteristik eğrilerini göstermektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi, motorda yakıt olarak emülsife yakıt kullanıldığında motor döndürme momenti ve efektif gücünde standart motor verilerine göre değişen tüm deney devirlerinde bir miktar azalmaların olduğu görülmektedir. Emülsife yakıtın içerisindeki su oranı arttıkça motora gönderilen dizel yakıt debisi de su oranı kadar azalmakta dolayısıyla standart duruma göre motor daha az yakıtla çalışmaktadır. Maksimum azalma E20 yakıtında meydana gelmiş ve standart motora göre maksimum azalma miktarı 2400 d/d' da %2,5 olarak tespit edilmiştir.

Motor emme manifolduna su fumigasyonunda tüm motor devirlerinde ve gönderilen su oranlarında standart verilere göre motor döndürme momenti ve efektif güçte artmaların olduğu tespit edilmiştir. Maksimum artma miktarı 1800 d/d' da % 2,3 olarak saptanmıştır.
Motor emme manifolduna farklı oranlarda buhar enjeksiyonu yapılması durumunda ise, test edilen tüm motor devirlerinde standart motor değerlerine göre artmaların olduğu gözlemlenmiştir. Maksimum artma miktarı 1800 d/d' da %2,5 olarak tespit edilmiştir.



a) STD motor moment ve efektif güç değişimi

b) Emülsife yakıtta moment ve efektif gücün STD' a göre değişimi

c) Su enjeksiyonunda moment ve efektif gücün STD' a göre değişimi

d) Buhar enjeksiyonunda moment ve efektif gücün STD' a göre değişimi

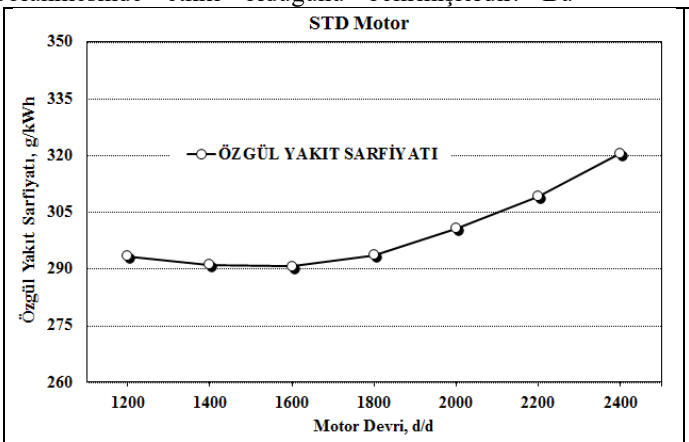
Şekil 7. Motor moment ve efektif güç değişimleri (Engine torque and brake power variations)

Su enjeksiyonuna göre buhar enjeksiyonunda artma oranlarının daha yüksek olduğu şekillerden de görülmektedir. Motora gönderilen buhar egzoz kayıp enerjisinden elde edilmekte olup 133 ºC' de motora gönderilmektedir. Bu sayede motor kayıp enerjisinin bir miktarı geri kazılmakta ve motora buhar enjeksiyonu ile birlikte ilave entalpi girişi meydana gelmektedir. Su enjeksiyonuna göre moment ve efektif güç değerinde meydana gelen artmanın buhar ile entalpi girişinden sağlandığı düşünülmektedir.

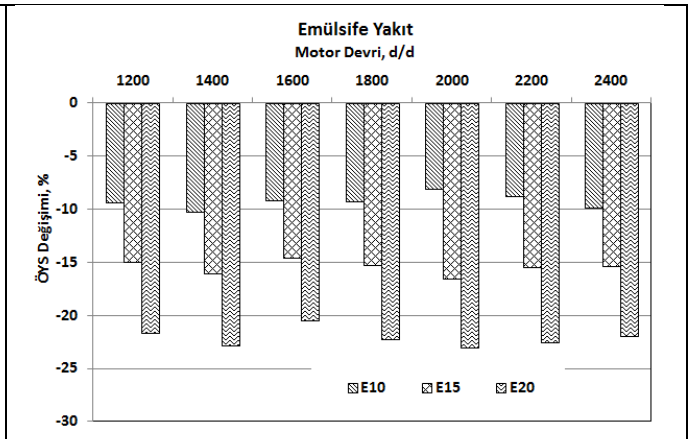
Literatürde motora farklı şekillerde su gönderilmesi durumunda yanma veriminin arttığı vurgulanmaktadır. Lif ve ark.[10] ve Wang ve ark.[11] suyun yüzey gerilmesinin yakıttan küçük olması nedeniyle suyun silindir içerisinde yakıtı daha küçük parçalara bölünmesinde etkili olduğunu belirmişlerdir. Bu sebepten dolayı yanmaya katılan yüzey alanına bağlı olarak yanma veriminde artmaların meydana geldiğini belirmişlerdir. Yanma veriminde meydana gelen artmanın motor momenti ve gücünde iyileşmelere neden olduğunu söylenebilir.

Emülsife yakıt kullanımında da bu etkilerin görüldüğü açıktır. Çünkü E20 yakıtında motor standart duruma göre % 80 dizel yakıtı ile çalışmasına rağmen güçte meydana gelen azalma miktarı maksimum %2,5 olmuştur.

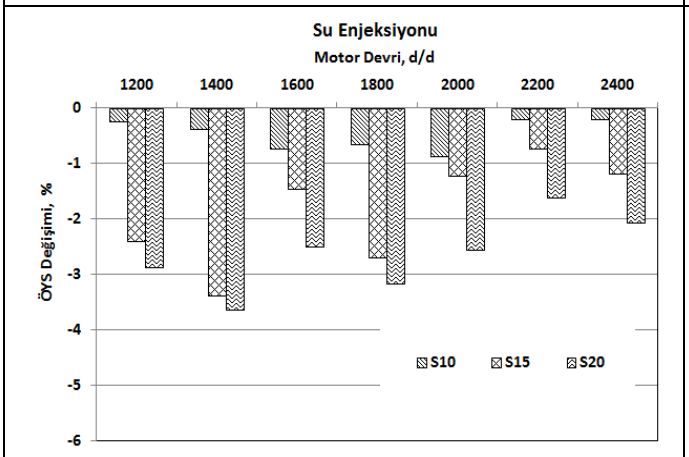
Şekil 8-a,b,c,d' de standart motor özgül yakıt sarfiyatı (ÖYS) karakteristik eğrisi ve motora farklı şekillerde su gönderimi durumunda ÖYS' da standart duruma göre meydana gelen farklar görülmektedir.



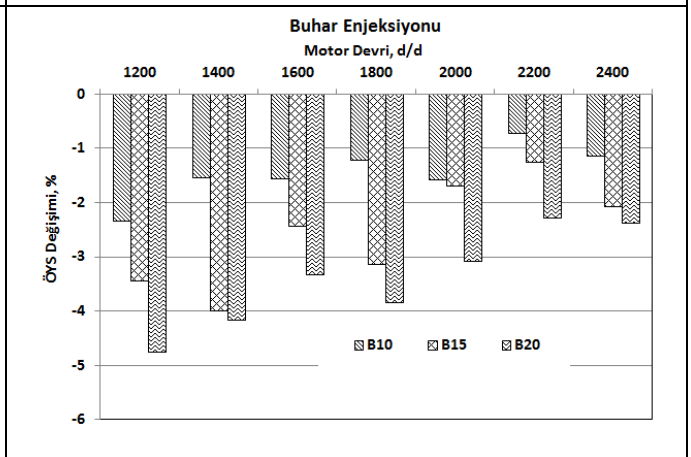
c) STD motor ÖYS değişimi



d) Emülsife yakıtta ÖYS' nın STD' a göre değişimi



c) Su enjeksiyonunda ÖYS' nın STD' a göre değişimi



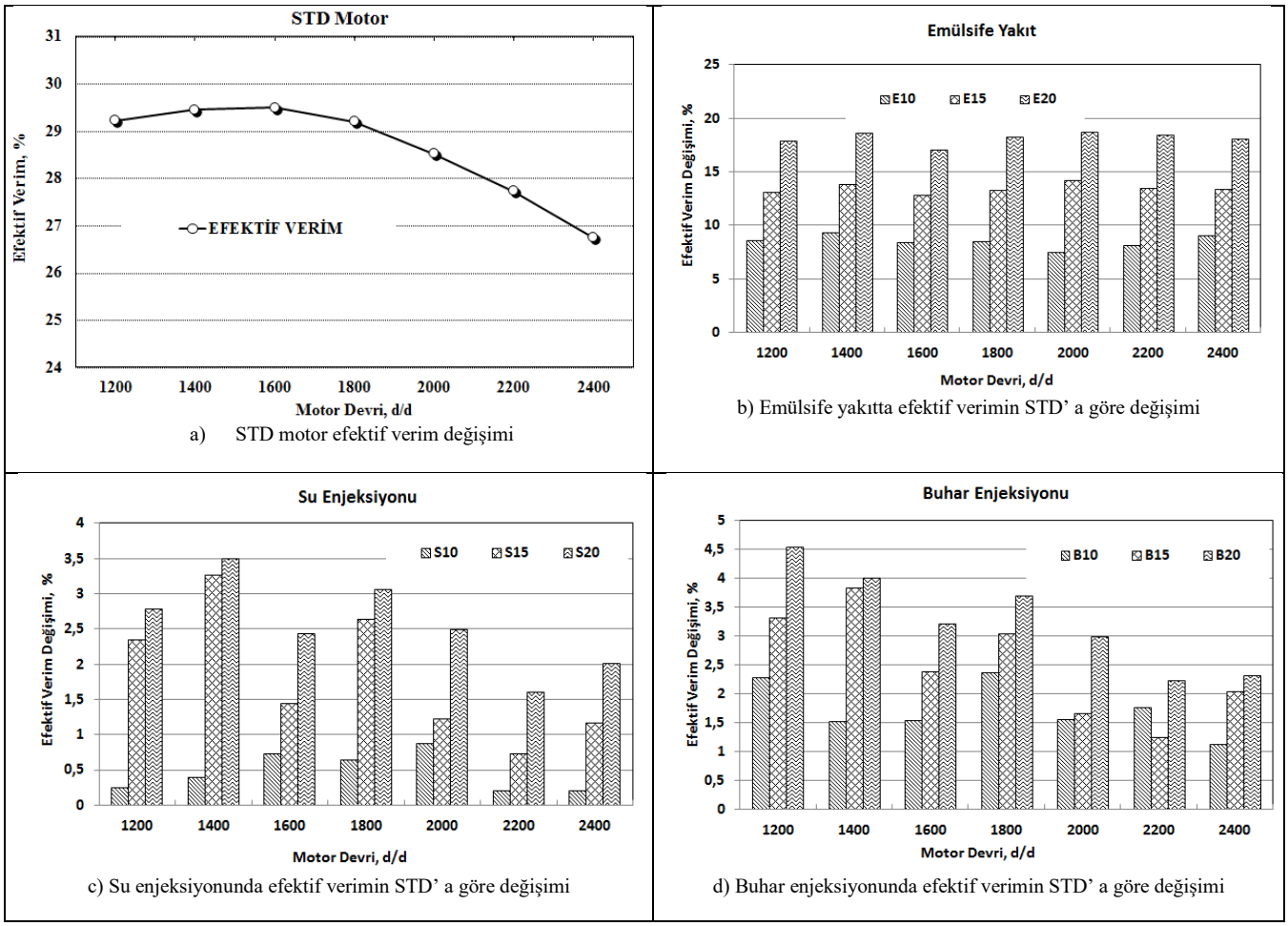
d) Buhar enjeksiyonunda ÖYS' nın STD' a göre değişimi

Şekil 8. Motor ÖYS değişimleri (Engine SFC variations)

Şekiller incelendiğinde ÖYS' da motorda kullanılan farklı su gönderme teknikleri ve buhar enjeksiyonu durumunda tüm motor devirlerinde ve su – buhar gönderme oranlarında standart motor değerlerine göre azalmaların olduğu görülmektedir. Maksimum azalma oranları emülsife yakıt kullanımında gerçekleşmiş ve maksimum azalma oranı E20' de %23 olarak kaydedilmiştir. Azalma oranı dikkate alındığında emülsife yakıt kullanımında güçte meydana gelen azalma miktarına karşılık ÖYS' tı değişimi oldukça yüksektir. Bu durum literatürde de vurgulandığı gibi yanma veriminin motorda su kullanılması durumunda artmasının göstergesidir.

Motora farklı oranlarda buhar enjeksiyonu durumunda aynı oranlardaki su enjeksiyonu durumlarına göre genel olarak ÖYS' da daha fazla azalmaların elde edildiği saptanmıştır. Standart duruma göre ÖYS' da meydana gelen maksimum azalma miktarları B20' de 1200 d/d' da % 4,6 iken S20' de 1400 d/d' da %3,6 olarak tespit edilmiştir.

Şekil 9-a,b,c,d' de ise standart motor efektif verim karakteristik eğrisi ve motora farklı şekillerde su gönderimi durumunda efektif verimde standart duruma göre meydana gelen farklar görülmektedir. Motorda kullanılan farklı su gönderme teknikleri ve buhar enjeksiyonun tüm oranlarında efektif verim değerlerinde standart motora göre iyileşmelerin olduğu görülmektedir. Standart duruma göre meydana gelen maksimum değişimler E20' de 1400 d/d' da %17, S20' de 1400 d/d' da %3,5 ve B20 de ise, 1200 d/d' da %4,6 olduğu tespit edilmiştir.



a) STD motor efektif verim değişimi

b) Emülsife yakıtta efektif verimin STD' a göre değişimi

c) Su enjeksiyonunda efektif verimin STD' a göre değişimi

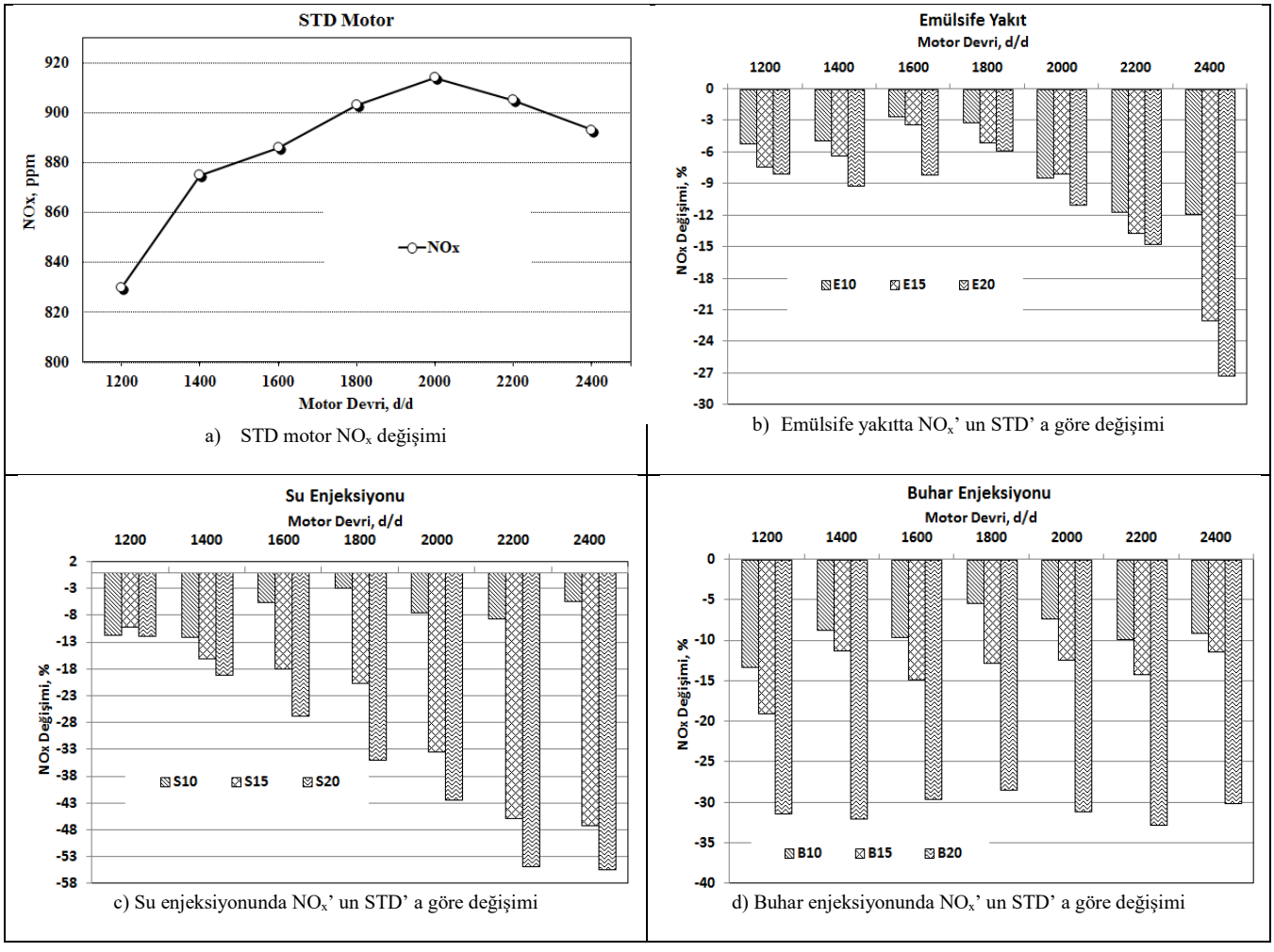
d) Buhar enjeksiyonunda efektif verimin STD' a göre değişimi

Şekil 9. Motor efektif verim değişimleri (Engine brake thermal effective efficiency variations)

3.2. NOx Emisyonları (NOx Emissions)

Şekil 10-a,b,c,d' de standart motor NOx emisyon karakteristik eğrisi ve motorda farklı su gönderme yöntemleri durumunda standart duruma göre NOx emisyonlarında meydana gelen azalma oranları görülmektedir. Şekillerden de görüldüğü gibi, tüm su gönderme tekniklerinde ve buhar enjeksiyonu durumunda NOx emisyonlarında dikkate değer oranda azalmaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Maksimum azalma miktarları, E20' de 2400 d/d' da %27, S20' de 2400 d/d' da % 55 ve B20' de 2200 d/d' da %33 olarak kaydedilmiştir. NOx emisyonlarında maksimum azalma miktarı su enjeksiyonu durumunda görülmüştür.

İçten yanmalı motorlarda NOx emisyonlarının oluşumunu etkileyen en önemli faktör silindir içerisinde ulaşılan yüksek sıcaklıklardır[13]. Sıcaklığın artması NOx oluşumunu hızlandırmaktadır. Motora su gönderildiğinde ise NOx emisyonlarının azalmasının sebebi suyun ısıl kapasitesinin yüksek olmasına bağlı olarak standart duruma göre silindir içi maksimum sıcaklığın azalmasından kaynaklandığı açıktır. Suyun özgül ısısı yaklaşık olarak havanın özgül ısısından dört kat yüksektir. Silindire su veya buharın gönderilmesi durumunda yanma ürünleri karışımının standart duruma göre özgül ısılarına bağlı olarak ısıl kapasiteleri atmaktadır. Yanma ürünlerinin ısıl kapasitesinin artması motor silindir içi maksimum yanma sıcaklığının düşmesine neden olmaktadır. Yanma sonu maksimum sıcaklığın düşmesi NOx emisyonu oluşum hızını yavaşlattığından dolayı motordan salınan NOx emisyon değerlerinde azalmalar görülmüştür.



a) STD motor NO_x değişimi

b) Emülsife yakıtta NO_x' un STD' a göre değişimi

c) Su enjeksiyonunda NO_x' un STD' a göre değişimi

d) Buhar enjeksiyonunda NO_x' un STD' a göre değişimi

Şekil 10. NOx emisyonları değişimleri (NO_x emissions variations)

4.DEĞERLENDİRME (CONCLUSION)

Bu çalışmada, dizel motorlarından kaynaklanan NOx emisyonlarının azaltılması üzerinde durulmuştur. Bu amaçla, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda farklı su gönderme yöntemleri ve emme havası içerisine su buharı püskürme yönteminin etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir.

1. Motorda emülsife yakıt kullanımında; motor döndürme momenti ve efektif gücünde bir miktar azalmaların, ÖYS, efektif verim ve NOx' da ise dikkate değer oranlarda iyileşmelerin olduğu tespit edilmiştir. Ancak, emülsife yakıt içerisindeki su oranı arttıkça motorun ilk hareket zorluğu artmıştır. Ayrıca yakıta %20 den fazla su katılması durumunda motor çalışmasında düzensizliklerin başladığı gözlemlenmiştir.

2. Motor emme havasına su enjeksiyonu durumunda; NOx emisyonlarında dikkate değer oranda azalmanın yanında motor performans parametrelerinde de iyileşmelerin olduğu saptanmıştır. Ancak, su enjeksiyonlu deneyler sonrasında emme supabı ve emme manifoldunda korozyon probleminin meydana geldiği gözlemlenmiştir.

3. Buhar enjeksiyonu durumunda, NOx emisyonlarında dikkate değer oranda azalma ile birlikte motor performans parametrelerinde de su enjeksiyonundan daha yüksek oranda iyileşme değerlerinin elde edildiği belirlenmiştir. Emülsife yakıt ve su enjeksiyonunda görülen olumsuzluklar buhar enjeksiyonu durumunda gözlemlenmemiştir.

Sonuç olarak emülsife yakıt ve su enjeksiyonuna göre buhar enjeksiyon uygulamasının NOx emisyonlarının azaltılmasında önemli ve etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

[1] Ayhan, V. Bir dizel motoruna buhar enjeksiyonunun NOx ve İs emisyonlarına etkisinin araştırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi, Doktora Tezi, 2009.

[2] Haşimoğlu, C., Dizel motorlarında egzoz gazları resirkülasyonunun (EGR) motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel olarak incelenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2000.

[3] Canfiel C. A., Effects of diesel-water emulsion conbastion on diesel engine NOx emission, Master of Science, University of Florida, 1999.

[4] Greg R. and Norman M. A study of the effects of multiple emissions reduction technologies on the exhaust emissions of marine diesel engines, Marine Vessel Exhaust Emission Program, Transportation Development Center, April, Canada, 2003.

[5] Bedford F., Rutland C., Dittrich P., Raab A. and Wirbeleit F., Effects of direct water injection on DI diesel engine combustion, SAE paper 2000-01-2938, 2000.

[6] Mello J.P., Mellor A.M., NOx emissions from direct injection diesel engines with water/steam dilution, SAE paper 1999-01-0836, 1999.

[7] Christensen M., Johansson B., Homogeneous charge compression ignition with water injection, SAE paper 1999-01-0182, 1999.

[8] Duffy K.P., Mellor A.M., Further developments on a characteristic time model for NOx emissions from diesel engines, SAE paper 982460, 1998.

[9] Psota M.A., Easley W.L., Fort T.H., Mellor A.M., Water injection effects on NOx emissions for engines utilizing diffusion flame combustion, SAE Trans. J. Engines 106 (1997) 1835–1843 (SAE 971657, Section 3).

[10] Lif A. and Holmberg K., Water-in-diesel emulsions and related sytems, Advanges in colloid and interface science, 231-239, 2006.

[11] Wang, C. H., Chen J. T., An experimental investigation of the burning characteristics of water-oil emulsions, Int. Commun Hcat Mass Tranfer 1996;23(6):823-34.

[12] Hang, X., Yunbia, O.S., Chongji, Z., Yuanji, M., Proceeding of the 5th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Natl Inst of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, p. 307, USA, 1991.

[13] Karabektaş M., Ergen G., Soya yağı metil esterinin motor performans karakteristikleri ve NOx emisyonları üzerindeki etkisinin incelenmesi, SAÜ. Fen Bilin1leri Dergisi, 11. Cilt, 1. Sayı, s. 21-26, 2007.