

T.C.
HİTİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAM PETROL KÖKENLİ PARAFİNİK ESASLI MİNERAL BAZ
YAĞLARIN (SN-80, SN-100, SN-150, SN-350 SN-500) FARKLI
KARIŞIMLARININ KARAKTERİZASYONU

Habib AKYAZI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Erdal KARADURMUŞ

ARALIK 2015
ÇORUM

Habib AKYAZI tarafından hazırlanan HAM PETROL KÖKENLİ PARAFİNİK ESASLI MİNERAL BAZ YAĞLARIN (SN-80, SN-100, SN-150, SN-350, SN-500) FARKLI KARIŞIMLARININ KARAKTERİZASYONU adlı tez çalışması 04/12./2015 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği/ oy çokluğu ile Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. A. Mehmet YÜCEER



Yrd. Doç. Dr. Erdal KARADURMUŞ



Yrd. Doç. Dr. İbrahim BİLİCİ



Hitit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 09.12/2015 tarih ve 2015./208. sayılı kararı ile Habib AKYAZI'nın Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.



Prof. Dr. ALİ KILIÇARSLAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.

TEZ BEYANI

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını beyan ederim.

**Habib AKYAZI**

**HAM PETROL KÖKENLİ PARAFİNİK ESASLI MİNERAL BAZ
YAĞLARIN (SN-80, SN-100, SN-150, SN-350, SN-500) FARKLI
KARIŞIMLARININ KARAKTERİZASYONU**

Habib AKYAZI

HİTİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2015

ÖZET

Madeni yağ, günümüz dünyasında mekanik ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak insanoğlunun en büyük yardımcılarında olan makinelerin ihtiyaç duyduğu en önemli maddelerden biridir. Madeni yağlar, petrol türevinden geliştirilmiş olan ve birbiri ile sürtünen katı yüzeylerde film oluşturan, katı yüzeyleri birbirinden ayrı tutan, sürtünme etkisini azaltan, sürtünme sonucu oluşacak aşınma ve ısınmayı önleyen, sızdırmazlık sağlayan, güç iletimini kolaylaştıran maddelerdir. Ayrıca bu maddelerin metal yüzeylerin sürtünmesi sonucu oluşan katı parçacıkları, makinaların çalışma koşullarına bağlı olarak bünyesine almış olduğu toz, kir, çapak vb. kirletici maddeleri temizleme özelliği de vardır. Madeni yağlar, motor yağlaması, hidrolik sistemlerin yağlanması, dişlilerin yağlanması, kalıpların yağlanması, metal kesme işlemleri, ısıl işlem yağları (ısıtma-soğutma) gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Her cihazın kendine özgü çalışma prensibi, çalışma şartı, çalışma amacı ve makine parçası olması yağların çok çeşitli olmasını sağlar ve bu durum yağların insanlar için önemli bir madde olduğunu kanıtlar. Madeni yağlar insanlar için bu kadar önemli olmasına rağmen bu konuda yapılan akademik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu yüzden yapılan bu tez çalışmasında distilasyon sonucu elde edilen ve ticari olarak yaygın olarak kullanılan bazı baz yağların (SN-80, SN-100, SN-150, SN-350, SN-500) belirli oranlarda hacimsel olarak hazırlanan ikili karışımlarının karakteristik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla hazırlanan ikili karışımların 40 °C ve

100 °C'deki kinematik viskoziteleri (mm^2/s), viskozite indeksleri, parlama noktaları (°C), akma noktaları (°C) ve 20 °C'de yoğunluk (g/mL) ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar yapay sinir ağları (YSA) ile modellenmiş ve geliştirilen modeller test edilmiştir. Her bir ikili yağ karışımının herhangi bir karakteristik özelliğinin belirlenmesi için (örneğin 40 °C'deki Kinematik Viskoziteleri (mm^2/s)) toplam 88 veri kullanılmış ve bu 88 veriden 61 tanesi ağı eğitmek için geriye kalan 27 tanesi ise test işlemi için kullanılmıştır. Verilerin eğitim ve test kümelerine ayrılması gelişigüzel (*'random'*) yöntemle yapılmıştır. Ağın Yapısı: Girdi katmanı: 3 nöron, Ara Katman: 5 nöron, Çıktı Katmanı: 1 nöron şeklindedir. Geliştirilen modellerin, 40 °C ve 100 °C'deki kinematik viskozitelerin (mm^2/s), parlama noktalarının (°C), ve 20 °C'de yoğunluk (g/mL) ölçümleri için oldukça doğru sonuçlar ürettiği ancak viskozite indeksleri ve akma noktaları (°C) için daha düşük oranda öngörüle buldukları tespit edilmiştir.

Yapay sinir ağı modellerinin düşük RMSE ve MAPE (%) değerlerine ve yüksek (1'e yakın) R değerlerine sahip olması modelin başarı değerlendirmesinde belirleyici kriterlerdir. Bu bakımdan bu çalışmada 40 °C ve 100 °C'deki kinematik viskozite (mm^2/s), parlama noktaları (°C) ve 20 °C'de yoğunluk (g/mL) ölçümleri için geliştirilen modellerin başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu modeller, düşük hata yüzdesi ile öngörüle bulunduğundan ilgili değişkenleri öngörmede rahatlıkla kullanılabilir niteliktedir.

Bu tez çalışmasında geliştirilen modeller sayesinde günlük hayatta yaygın olarak kullanılan birçok endüstriyel, motor ve otomotiv dişli yağlarının ve ayrıca birçok alanda kullanılan yağlama müstahzarlarının hazırlanması oldukça kısa ve pratik şekilde sağlanabilecektir.

Anahtar kelimeler: Baz yağ, Mineral Yağ, Viskozite, Viskozite İndeksi, Parlama Noktası, Akma Noktası, Yoğunluk, Karışım, Modelleme, Yapay Sinir Ağları (YSA)

THE CHARACTERIZATION OF VARIOUS MIXTURES OF PARAFFINIC MINERAL BASED OILS ORIGINATED FROM UNREFINED PETROLEUM

Habib AKYAZI

HITIT UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2015

ABSTRACT

Mineral oils are one of the most essential ingredients for machines of which mankind's most trusted aides depending on mechanical and technological developments in today's world. Mineral oils which are derived from petrol derivation and form a film on solid surfaces by scraping each other and by this way keep solid surfaces separate, reduce the scraping effects that include increased heat and deprecation and also prevent liking and facilitate the conductivity. Furthermore, these agents have cleaning properties for the solid particles and contaminants as a result of the friction of the metal surface. Mineral oils have been used for various areas such as lubrication of the engine, lubrication of hydraulic systems, gear lubrication, lubrication of molds, metal cutting operations, heat treatment oil (heating - cooling). Different mineral oils are blended in different proportions and are used in many areas. Mineral oils are largely varied since each vehicle has its own working principle, working conditions, working purpose and also has its unique components. Despite of this importance, there exist so limited number of academic studies. In this study, we aimed to determine characteristics of some commercially used oils (base oils) (SN-80, SN-100, SN-150, SN-350, SN-500) which were obtained by distillation and mixed with some certain proportions. For this purpose, binary mixtures were prepared and measurements were done for determination of kinematic viscosities (mm^2/s) at 40 °C and 100 °C, viscosity indexes, flash points (°C), pour points (°C)

and also density (g/mL) values at 20 °C. Obtained results were modelled with Artificial Neural Networks (ANN) method and the model was tested. The obtained data was used for Artificial Neural Networks (ANN) modelling and the developed models were tested. For determination of each binary oil mixtures characteristics (for instance kinematic viscosity (mm^2/s) at 40 °C), 88 data sets were used. 61 of these data sets were used for training of the network, the remaining 27 were used for testing. Grouping of data into training and testing sets were done randomly. The structure of the network was as follows: Input layer: 3 neurons, Intermediate layer: 5 neurons, Output layer: 1 neuron. Successful results were obtained for kinematic viscosities (mm^2/s) at 40 °C and 100 °C, flash points (°C) and also density (g/mL) at 20 °C. However modelling results for the viscosity indexes and pour points (°C) were predicted to be found lower results were determined.

Having lower RMSE and MAPE (%) values and higher R values (~ 1) are determining criteria for evaluating the success of ANN models. From this aspect, most of our developed models for kinematic viscosities (mm^2/s) values at 40 °C and 100 °C, flash point (°C) and also density (g/mL) values at 20 °C seem successful. Developed models could be conveniently used for estimating related variables since they showed estimations with lower percentage errors.

In conclusion, mineral oil blends which are widely used in everyday life in many industrial, engine and automotive gear lubricants can be prepared shortly and quickly by using the developed models in this study.

Keywords: Base oil, Mineral oil, Viscosity, Viscosity Index, Flash Point, Pour Point, Density, Blending, Modelling, ANN

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren kıymetli Hocam Yrd. Doç. Dr. Erdal KARADURMUŞ'a yine yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Mehmet YÜCEER'e, ayrıca deneysel çalıőmalarımı yürüttüğüm Özpetrom Madeni Yağ, Kimya, Gres, San. Tic. Ltd. Şti sahiplerine ve çalıőmalarım süresince benden maddi, manevi desteklerini esirgemeyen eőim Rukiye AKYAZI, annem Fatma AKYAZI, babam Mustafa AKYAZI ve kızım Fatma Ilgın AKYAZI'ya teőekkürü borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Petrol.....	3
2.2. Petrol Rafinasyonu.....	4
2.2.1. Mineral baz yağı rafinerileri.....	4
2.3. Yağlar ve Yağların Sınıflandırılması.....	6
2.3.1. Madeni yağlar (mineral esaslı yağlar).....	7
2.3.1.1. Madeni yağların sınıflandırılması.....	7
2.3.2. Sentetik yağlar.....	10
2.3.3. Yarı sentetik yağlar.....	10
2.4. Yağlama Yağı.....	10
2.5. Yağlama ve Yağlama Yağının Görevleri.....	10
2.5.1. Sürtünme.....	11
2.5.2. Viskozite.....	12
2.5.3. Viskozite indeksi.....	14

2.5.4. Parlama (alevlenme) noktası (flash point).....	14
2.5.5. Akma (donma) noktası (pour point).....	14
2.5.6. Yoğunluk (özgül ağırlık).....	15
2.6. Baz Yağlara İlave Edilen Kimyasal Katkı Maddeleri (Katıklar).....	15
2.6.1. Korozyon önleyici katıklar.....	16
2.6.2. Oksidasyon önleyici katıklar.....	16
2.6.3. Deterjan katıklar.....	16
2.6.4. Dispersan katıklar.....	16
2.6.5. Köpük önleyici katıklar.....	17
2.6.6. Hayvansal ve bitkisel yağlar.....	17
2.6.7. Pas engelleyici katıklar.....	17
2.6.8. Akma noktası düşürücü katıklar.....	17
2.6.9. Viskozite indeksi geliştirici katıklar.....	18
2.6.10. Katkı maddeleri paketi.....	18
2.6.10.1. Akışkanlık özelliklerini geliştirici katkı maddeleri paketi.....	18
2.6.10.2. Performans geliştirici katkı maddeleri paketi.....	18
2.7. Yapay Sinir Ağları.....	19
2.7.1. Yapay sinir ağlarının tanımı.....	19
2.7.2. Yapay sinir ağlarının işlevi.....	19
2.7.3. Yapay sinir ağlarının özellikleri.....	20
2.7.4. Yapay sinir ağlarının avantaj ve dezavantajları.....	21
2.7.5. Yapay sinir ağlarının uygulama alanları.....	22
2.7.6. Yapay sinir ağlarının elemanları ve sınıflandırılması.....	23
2.7.6.1. Biyolojik sinir hücresi yapısı.....	23

2.7.6.2. Yapay sinir ağlarının yapısı.....	24
2.7.6.3. Yapay sinir ağlarında öğrenme, adaptif öğrenme ve test etme.....	25
2.7.6.4. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması.....	26
2.7.7. Yapay sinir hücresinin (proses elemanı, yapay nöron) yapısı.....	28
2.7.8. Öğrenme Algoritmaları.....	31
2.7.8.1. Geri yayılım algoritması (BP).....	31
2.7.8.2. Levenberg-Marquardt metodu (LMM).....	31
3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	32
4. MATERYAL ve YÖNTEM.....	36
4.1. Kinematik Viskozite Ölçümleri.....	36
4.2. Viskozite İndeksi Hesaplama.....	37
4.2.1. Viskozite indeksi 100 ve daha küçük olan petrol ürünleri için Hesaplama.....	37
4.2.2. Viskozite indeksi 100 veya daha büyük olan petrol ürünleri için hesaplama.....	38
4.3. Parlama Noktası Ölçümleri.....	39
4.4. Akma Noktası Ölçümleri.....	39
4.5. Yoğunluk Ölçümleri.....	40
4.6. YSA ile Modelleme Çalışmaları.....	40
5. SONUÇLAR.....	42
6. DEĞERLENDİRME.....	68
KAYNAKLAR.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. SN 80 - SN 100 Karışımlarına yapılan deney sonuçları.....	43
Çizelge 5.2. SN 80 - SN 150 Karışımlarına yapılan deney sonuçları.....	44
Çizelge 5.3. SN 80 - SN 350 Karışımlarına yapılan deney sonuçları.....	45
Çizelge 5.4. SN 80 - SN 500 Karışımlarına yapılan deney sonuçları.....	46
Çizelge 5.5. SN 100 - SN 150 Karışımlarına yapılan deney sonuçları.....	47
Çizelge 5.6. SN 100 - SN 350 Karışımlarına yapılan deney sonuçları.....	48
Çizelge 5.7. SN 100 - SN 500 Karışımlarına yapılan deney sonuçları.....	49
Çizelge 5.8. SN 150 - SN 350 Karışımlarına yapılan deney sonuçları.....	50
Çizelge 5.9. SN 150 - SN 500 Karışımlarına yapılan deney sonuçları.....	51
Çizelge 5.10. SN 350 - SN 500 Karışımlarına yapılan deney sonuçları.....	52
Çizelge 5.11. YSA ile elde edilen istatistiksel sonuçlar.....	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ham petrolden madeni yağ üretimi akım şeması.....	6
Şekil 2.2. Biyolojik sinir hücresinin yapısı.....	24
Şekil 2.3. Yapay sinir ağı katmanlarının birbirleri ile etkileşimi.....	25
Şekil 2.4. Yapay sinir hücresinin yapısı.....	29
Şekil 4.1. Seçilen yapay sinir ağı yapısı.....	40
Şekil 5.1. Karışım oranı (%) - 40 °C kinematik vizkozite grafiği.....	53
Şekil 5.2. Karışım oranı (%) - 100 °C kinematik vizkozite grafiği.....	54
Şekil 5.3. Karışım oranı (%) - vizkozite indeksi grafiği.....	55
Şekil 5.4. Karışım oranı (%) – parlama noktası grafiği.....	56
Şekil 5.5. Karışım oranı (%) – akma noktası grafiği.....	57
Şekil 5.6. Karışım oranı (%) – 20 °C yoğunluk grafiği.....	58
Şekil 5.7. Yapay sinir ağı 40 °C’ deki kinematik viskozite (mm ² /s) eğitim sonuçları.....	60
Şekil 5.8. Yapay sinir ağı 40 °C’ deki kinematik viskozite (mm ² /s) test sonuçları...60	60
Şekil 5.9. Yapay sinir ağı 100 °C’ deki kinematik viskozite (mm ² /s)eğitim sonuçları.....	61
Şekil 5.10. Yapay sinir ağı 100 °C’ deki kinematik viskozite (mm ² /s) test sonuçları.....	61
Şekil 5.11. Yapay sinir ağı viskozite indeksi eğitim sonuçları.....	62
Şekil 5.12. Yapay sinir ağı viskozite indeksi test sonuçları.....	62
Şekil 5.13. Yapay sinir ağı parlama noktası (°C) eğitim sonuçları.....	63
Şekil 5.14. Yapay sinir ağı parlama noktası (°C) test sonuçları.....	63
Şekil 5.15. Yapay sinir ağı akma noktası (°C) eğitim sonuçları.....	64
Şekil 5.16. Yapay sinir ağı akma noktası (°C) test sonuçları.....	64

Şekil 5.17. Yapay sinir ağı 20 °C’de yoğunluk (g/mL) eğitim sonuçları.....65

Şekil 5.18. Yapay sinir ağı 20 °C’de yoğunluk (g/mL) test sonuçları.....65



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
A	Yapay sinir ağı hücresine etki eden ağırlıklar
C	Viskozite ölçüm tüpü kalibrasyon sabiti
cp	Centipoise (santipuz)
cSt	Centistoke (santi stok), mm^2/s
G	Yapay sinir ağı hücresine etki eden girdiler
H	Viskozite indeksi hesaplanacak olan petrol ürününü ile 100°C 'de aynı kinematik viskoziteye sahip olan 100 viskozite indeksli bir petrol ürününün 40°C 'deki kinematik viskozitesi, mm^2/s 'dir
L	Viskozite indeksi hesaplanacak olan petrol ürününü ile 100°C 'de aynı kinematik viskoziteye sahip olan 0 viskozite indeksli bir petrol ürününün 40°C 'deki kinematik viskozitesi, mm^2/s 'dir.
n	Yapay sinir ağı hücresine gelen toplam girdi
NET	Yapay sinir ağı hücresine gelen net girdi
R	Korelasyon Katsayısı
U	Viskozite indeksi hesaplanacak olan petrol ürününün 40°C 'deki kinematik viskozitesi, mm^2/s
v	Kinematik viskozite
Y	Viskozite indeksi hesaplanacak olan petrol ürününün 100°C 'deki kinematik viskozitesi, mm^2/s

Kısaltmalar**Açıklama****ASTM**

Amerikan Test ve Materyal Derneği

ISO

Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu

ITK

İzmir Teknik Kimya

LPG

Sıvılaştırılmış Petrol Gazı

MAPE

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi

MEK

Metil Etil Keton

PDA

Propanla Asfalt Giderme

RMSE

Ortalama hata kareleri toplamının karekökü

SAE

Otomativ Mühendisleri Derneği

TS

Türk Standardı

TSE

Türk Standartları Enstitüsü

UMS

Uzmanlar Metroloji Servisi Kalibrasyon Lab.

VI

Viskozite İndeksi

YSA

Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Günden güne modernleşen dünyamızda, bilim, sanayi ve teknoloji alanındaki gelişmelere bağlı olarak madeni yağlara duyulan ihtiyaç önem kazanmaktadır. Madeni yağlar, motor yağlaması, hidrolik sistemlerin yağlanması, dişlilerin yağlanması, kalıpların yağlanması, metal kesme işlemleri, ısıl işlem yağları (ısıtma-soğutma) gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu kadar çok alanda kullanılan madeni yağlar, küresel ekonominin küçük ancak önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Anonim, 2008). Ülkemizde madeni yağ üretimi ve tüketimi ortalama 400000 ton/yıl civarındadır. Petrol Sanayi Derneğinin verilerine göre bu rakam 2013 yılında 416000 ton olarak gerçekleşmiştir. 2013 yılı verilerine göre tüketilen toplam yağ miktarının %50'sini taşıt yağları, %38'ini endüstriyel yağlar, %6'sını deniz yağları ve %6'sını ise gresler oluşturmaktadır. Tüketim miktarının ortalama olarak 375000 tonunu baz yağlar, 40000 tonunu ise kimyasal katkı maddeleri (katıklar) oluşturmuştur. Kullanılan baz yağların %90'lık kısmı Tüpraş İzmir Rafinerisi tarafından karşılanmış, geri kalan %10'luk kısmı ise ithal edilmiştir. Katkı maddelerinin ise hemen hemen tamamı ithal edilmiştir (Anonim, 2013). Madeni yağ üretiminde genellikle, spindle oil (SN-80, SN-100), light neutral (SN-150), heavy neutral (SN-350, SN-500), bright stock gibi parafenik esaslı baz yağlar ile naftenik esaslı baz yağlar ve ekstraktlar kullanılmaktadır (Anonim, 2000).

Bu tez çalışmasında, distilasyon sonucu elde edilen ve ticari olarak yaygın olarak kullanılan bazı baz yağların (SN-80, SN-100, SN-150, SN-350, SN-500) ikili karışımlarının sistematik olarak artırılan oranlarda, yapılan karışımlarının bir takım karakteristik özellikleri belirlenmeye çalışılmış, elde edilen sonuçlar yapay sinir ağları (YSA) ile modellenmiş ve modellerin geçerliliği test edilmiştir. Modellemede, ikili yağ karışımlarının kullanılması ile uygun karakteristik özelliklere sahip istenilen madeni yağın özelliklerini öngörmek amaçlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan ikili karışımların 40 °C ve 100 °C sıcaklıklardaki Kinematik Viskoziteleri (mm^2/s), Viskozite İndeksleri, Parlama Noktaları (°C), Akma Noktaları (°C) ve 20 °C'deki Yoğunluk (g/mL) ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar yapay sinir ağları (YSA) ile modellenmiş ve modelin geçerliliği test edilmiştir. Çalışmada sadece baz yağlar ile çalışılmış, herhangi bir kimyasal katkı maddesi kullanılmamıştır. Elde

edilen sonuçların, sonraki aşamalarda kullanılacak katkı maddelerinin (katıkların), türünün ve miktarının belirlenmesine ışık tutacağı ve hazırlanacak ikili baz yağ karışımlarına katıklar (viskozite geliştirici, performans geliştirici, akma noktası düşürücü, akışkanlık özelliklerini geliştirici vb.) ilave edilerek daha verimli sonuçlar elde edilebileceği düşünülmüştür.



2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Petrol

Petrol; bitkiler, deniz hayvanları ve plankton gibi organizmalara ait çökeltilerin, göl, bataklık, deniz veya okyanus diplerinde, kum içinde yavaş yavaş mayalanmasından oluşmuş, siyah renkli, yağimsı bir maddedir. Birkaç milyon yıl sonra, bu yağimsı madde, yer tabakalarının yer değiştirmesiyle oluşan basınç sonucunda, yerini karbon ve hidrojenle oluşan karmaşık yapılı bir karışıma bırakmıştır. İşte bu karmaşık yapıdaki karışım, sıvı halde iken ham petrolü, gaz halde iken ise doğal gazı oluşturmaktadır. Milyonlarca yıl boyunca yer kabuğunda meydana gelen sarsıntılar, petrolün olduğu deniz kayaçlarından dışarı çıkmasına yol açmış ve komşu kayaçlardan açık havaya ulaşan petrol sızıntıları, bitüm örtülerini oluşturmuştur. Ama genellikle geçirimsiz sert kayaçlarla karşılaşan petrol sızıntıları, alttaki tabakalara geçerek kararlı bir hal almış ve yoğunluk sırasına göre, sünger gibi gözenekli kayaçların içine yerleşerek, 'petrol yatakları' nı oluşturmuşlardır.

Karbon ve hidrojen atomlarının kimyasal bağlarla, bağlanması sonucu oluşan bileşiklerin genel adına hidrokarbon denilmektedir. En genel anlamıyla yapısında karbon (C) ve hidrojen (H) atomları ile beraber az miktarda kükürt (S), azot (N), oksijen (O) ve çeşitli mineraller içeren doğal maddelere petrol denilmektedir.

Petrol, sıvı birikimleri halinde bulunursa ham petrol (*Crude Oil*), gaz birikimleri halinde bulunursa doğal gaz (*Natural Gas*) ve katı birikimler halinde bulunursa, bileşimine göre asfalt, mum veya bitüm olarak adlandırılır. Ham petrol sıvı olarak bulunmasına rağmen yapısında petrol endüstrisinin ham maddeleri olan, katı ve gaz birikimlerini de bulundurmaktadır.

2.2. Petrol Rafinasyonu

Petrolün rafinasyon işlemi ilk olarak 1860 yılında “*batch*” sistem ile Amerika’da gaz yağı üretiminde kullanılmıştır. Günümüzde ise modern prosesler ile rafinerilerde istenilen özellikte ürünler elde edilebilmektedir (Toprak, 2007).

2.2.1. Mineral baz yağı rafinerileri

Mineral baz yağ üretiminde aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır.

1. Vakum distilasyonu
2. Propanla asfalt giderme
3. Solvent rafinasyonu işlemi
 - a. Furfurol ile
 - b. Kükürt dioksit ile
4. Wax’tan (mumdan) arıtma
 - a. Solvent ile
 - b. Santrifüj ile
 - c. Kompleks metodu ile
5. Arıtma
 - a. Sülfirik asit ile
 - b. Hidrojen ile
6. Kil ile filtrasyon
 - a. Süzme (perkülasyon)
 - b. Temas (kontak)

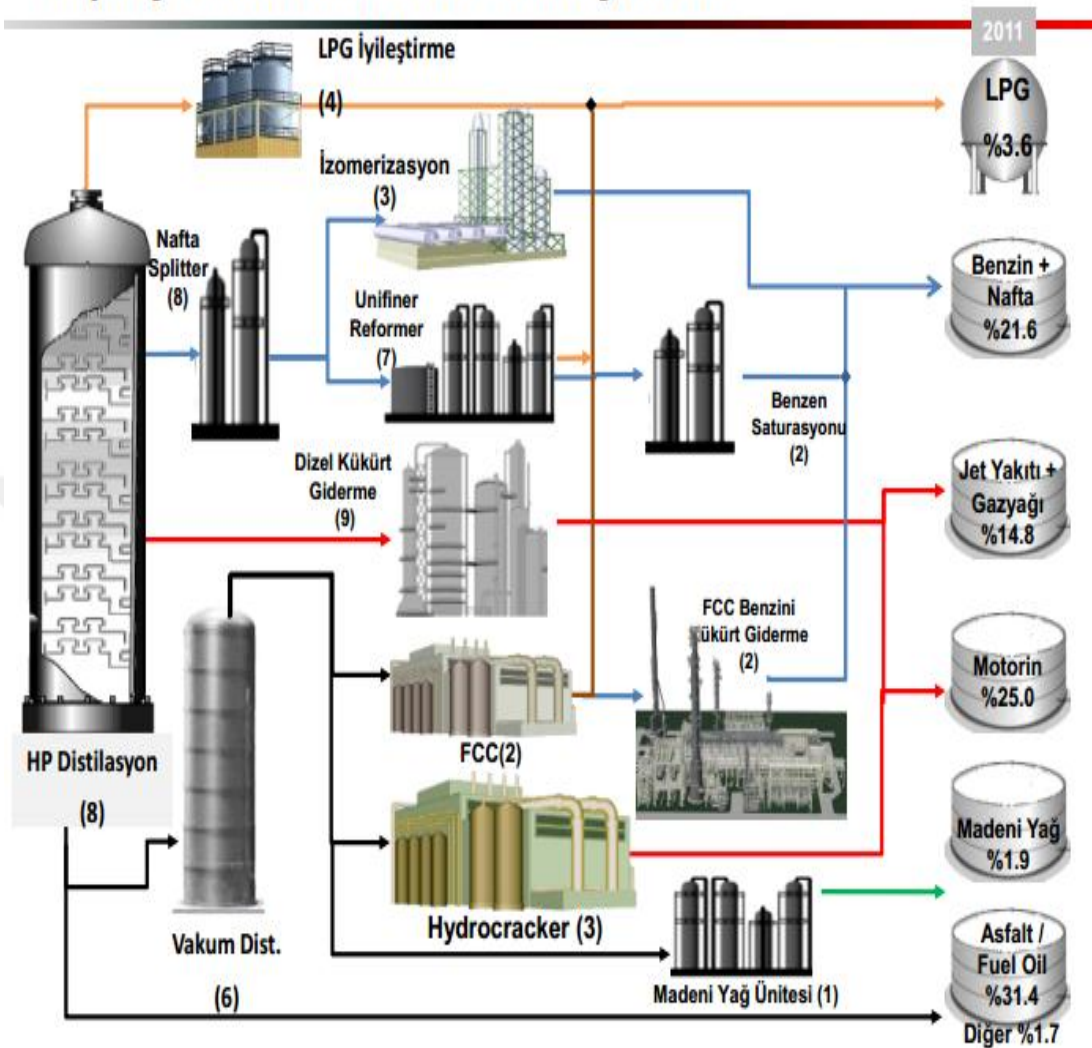
Herhangi bir madeni yağ üretim prosesinde bu proseslerin hepsinin kullanılmasına gerek yoktur. Elde edilmek istenen yağın özelliğine ve cinsine göre bu proseslerden uygun olan prosesler seçilebilir. Örnek olarak bir baz yağın rafinasyon işlemi için aşağıdaki üretim prosesleri sırası ile seçilebilir.

- Başlangıçta kaynama noktası çok yüksek olarak, atmosferik distilasyon ünitesinden gelen dip ürün, vakum ünitesine alınarak burada arıtılır.

- Vakum distilasyonu sonrasında; gaz yağı, spindle oil, light neutral, medium neutral, vakum rezidyum (dip ürün) ürünleri elde edilir.
- Vakum ünitesinden çıkan ürünler propan ile asfalt giderme (PDA) ünitesine gönderilir. Bu üniteye yağda bulunan parafinik hidrokarbonlar propan ile asfalt olarak çöktürülürler.
- Asfalt çöktürme işlemi sonrasında mineral yağ arıtma ünitesine alınır ve mineral yağların içinde bulunan, istenmeyen kükürtlü bileşikler; reçine ve renkli maddelerle oksijen kararlılığı olmayan petrol ürünleri furfurool ile çözülmektedir. Elde edilen bu ürünler ekstrakt olarak adlandırılmaktadırlar.
- MEK (Metil Etil Keton)/Toluen karışımıyla mumlar filtre edilerek, baz yağlardan uzaklaştırılır. Bu işlem ile mineral baz yağların düşük sıcaklıktaki akıcılık özellikleri geliştirilmektedir.
- En son işlem olarak hidrojenle arıtma yapılmaktadır. Bu üniteye mineral baz yağların oksidasyon dayanıklılığı artırılmakta, istenmeyen maddeler uzaklaştırılmakta ve yağ rengi açılmaktadır (Toprak, 2007).

Ülkemizde mineral baz yağ üretimi sadece Tüpraş İzmir Rafinerisinde gerçekleştirilmektedir. Ham petrolden madeni yağ üretimi akım şeması Şekil 2.1'de verilmiştir.

Tüpraş Rafinerileri Basit Akım Şeması



Şekil 2.1. Ham petrolden madeni yağ üretimi akım şeması (Erkut, 2012)

2.3. Yağlar ve Yağların Sınıflandırılması

Birbiri ile sürtünen katı yüzeylerinde film oluşturarak katı yüzeylerinin birbirinden ayrılmasını sağlayan, sürtünme etkisini azaltan, sürtünmeye bağlı olarak oluşacak aşınma ve ısınmayı engelleyen, güç iletimini kolaylaştıran ve sızdırmazlık sağlayan maddelere “yağ” ya da “yağlayıcı” denilmektedir. Ayrıca yağların bu görevlere ilaveten, metal yüzeylerin birbirlerine sürtünmesi sonucu oluşan katı parçacıkları temizleme özelliğide vardır. Madeni yağlar, genel olarak motor yağlaması, hidrolik sistemlerin yağlanması, dişlilerin yağlanması, metal kesme işlemleri, ısıl işlem yağları (ısıtma-soğutma) gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Yılmaz, 2004).

2.3.1. Madeni yağlar (mineral esaslı yağlar)

Ham petrolün atmosferik distilasyon ile damıtılması sonucu elde edilen dip ürünün, vakum altında tekrar damıtılması sonucu elde edilirler. Petrolün damıtılması sonucu elde edilen baz yağlara, viskozite geliştirici, deterjan, donma noktası düşürücü, performans geliştirici, aşınma önleyici gibi, bir takım katkı maddeleri eklenerek üretilirler. Baz yağların motor yağı üretimindeki oranı % 85 civarında olup geriye kalan kısmını katkı maddeleri oluşturmaktadır (Fine ve Beall, 1990).

2.3.1.1. Madeni yağların sınıflandırılması

Madeni yağlar kimyasal yapılarına göre, alifatik, aromatik ve karışık (alifatik ve aromatik) yapıda olmak üzere 3 gruba ayrılırlar.

a. Alifatik yapılı madeni yağlar: Bu yağlar, uzun karbon ve hidrojen zincirleri veya uzun karbon ve hidrojen halkalarından oluşur. Alkan, alken, alkin ve onların *alicyclic* analoglarını kapsarlar. En önemli alifatik hidrokarbon grubu alkan serisidir. Alkan grubu, doymuş yapısından dolayı alken ve alkinlere oranla hidrojen ile reaksiyona girmedi daha zayıf bir yapıya sahiptir. Genel olarak C_nH_{2n+2} şeklinde formülize edilirler (Fine ve Beall, 1990). Kimyasal yapılarında karbon hidrojen zincir uzunluğu arttıkça moleküler ağırlık, viskozite, erime ve kaynama noktaları da artar. Parafin, orta ve yüksek moleküler ağırlıktaki alkanların karışımından oluşmaktadır. Alkanların dışında diğer alifatik hidrokarbon grubu üyelerinden alkenler C_nH_{2n} şeklinde, alkinler ise C_nH_{2n-2} şeklinde formülize edilirler. Alifatik yapılı olan madeni yağlar, yapılarına istinaden parafinik ve naftanik esaslı yağlar olmak üzere iki gruba ayrılırlar;

Parafinik esaslı yağlar: Yüksek parlama noktası, yüksek donma noktası, yüksek API (*American Petroleum Institu*) derecesi ve viskozite indeksi geliştirme özelliklerine sahiptirler. Bu yağlar oksidasyon stabilitesinin önemli olduğu makine yağlarının üretiminde hammadde olarak kullanılırlar.

Naftanik esaslı yağlar: Bu yapıdaki yağlarda karbon hidrojen grupları bir zincir yerine bir halka grubundan oluşmaktadır. Parafinik ve aromatik yağlar arasında ortalama özelliklere sahiptirler. Çok düşük donma noktası, düşük parlama noktası, düşük API (*American Petroleum Institu*) derecesi ve parafinik esaslı baz yağlardan daha düşük viskozite indeksi geliştirme özelliklerine sahiptirler. Çok düşük sıcaklık koşullarında kullanılacak bazı özel yağların üretiminde kullanılırlar (Taşkiran, 1992).

b. Aromatik yapılı madeni yağlar: Aromatik hidrokarbonlar, yapılarında bulunan değişken yapılu tek ve çift bağa sahip benzen halkalarının durumuna göre karakterize edilirler. Aromatik terimi bu bileşiklerin hoş kokulu olmaları sebebiyle kullanılır. Bu gruptaki hidrokarbonlar benzen (C_6H_6) ve türevleri olarak tanımlanırlar. Benzen halkasında bulunan karbon atomları sürekli titreşim halindedirler ve tek ve çift bağlar sürekli yer değiştirirler. Aromatikler, doymamış yapıda bulunan hidrokarbonlardır ve bu yapılarından dolayı kolayca oksidasyona uğrarlar. Bu durum yağın kalitesinin kısa sürede bozulmasına sebep olmaktadır. Makinenin çalıştırılma periyoduyla orantılı olarak oksitlenme nedeniyle alifatik fraksiyonda düşme görülmekte bununla birlikte polar ve aromatik fraksiyonda artış görülmektedir. Dizel makinelerin benzinlilere oranla oksidasyon ve kinematik viskozite oranları çok daha yüksek olmasına rağmen dizel makine yağları alifatik yapılarından birşey kaybetmezler. Ancak aromatik fraksiyonda artış olması tortu oluşumunun başladığını belirtir (Taşkiran, 1992).

c. Alifatik ve aromatik (karışık) yapılı madeni yağlar: Hem doymuş hem de doymamış hidrokarbon moleküllerinden oluşurlar.

Madeni yağlar genel olarak yapısında bulunan hidrokarbonlara göre aşağıdaki özellikleri gösterirler:

1- Düz parafin zincirli yağlar

- a. Yüksek viskozite indeksi
- b. Yüksek oksidasyon stabilitesi
- c. Yüksek akma noktası

2- Dallanmış parafin zincirli yağlar

- a. Yüksek viskozite indeksi
- b. Yüksek oksidasyon stabilitesi
- c. Molekül uzunluğuna bağlı olarak düşük akma noktası

3- Naftanik halka, kısa parafin zincirli yağlar

- a. Düşük viskozite indeksi
- b. Yüksek oksidasyon kararlılığı
- c. Düşük akma noktası
- d. Soğukta plastik hale gelme

4- Naftanik halka, uzun parafin zincirli yağlar

- a. Yüksek viskozite indeksi
- b. Yüksek oksidasyon stabilitesi
- c. Molekül yapısına bağlı olarak düşük akma noktası

5- Aromatik halka, kısa parafin zincirli yağlar

- a. Düşük viskozite indeksi
- b. Düşük oksidasyon kararlılığı
- c. Yüksek termal kararlılık
- d. Molekül yapısına bağlı olarak düşük akma noktası

6- Aromatik halka, uzun parafin zincirli yağlar

- a. Düşük viskozite indeksi
- b. Aromatik halka nispeti azaldıkça yüksek oksidasyon stabilitesi
- c. Molekül yapısına bağlı olarak düşük akma noktası (Toprak, 2007).

2.3.2. Sentetik yağlar

Sentetik yağlar, laboratuvar ortamında bir takım kimyasal işlemler sonucunda üretilen özel yağlardır. Fiyatları madeni yağlara oranla daha pahalı olmasına rağmen daha iyi performans ve daha uzun süreli kullanım imkânı sunarlar. Yağlama görevlerini madeni yağlara oranla daha uzun süre yerine getirirler ve çok daha fazla termal dayanıklılığa sahiptirler (Rudnick ve Shubkin, 1999).

2.3.3. Yarı sentetik yağlar

Madeni yağlara sentetik katkı maddeleri ilave edilmesiyle elde edilen yağlardır. Fiyatları ve sundukları performans açısından özellikleri, madeni yağlar ile sentetik yağlar arasındadır. Genellikle %70-80 oranındaki madeni yağa %20-30 oranında sentetik yağ ilavesi ile elde edilirler.

2.4. Yağlama Yağı

Genel olarak yağlama yağı, iki katı cisim arasındaki sürtünmeyi minimuma indirerek kolay hareket sağlamak için kullanılan madde olarak tanımlanabilir. Yağlar, yağlama işini yüzeyleri kayganlaştırarak, yüzeylere asılı kalarak ve sürtünen yüzeyler arasında film oluşturarak yaparlar.

2.5. Yağlama ve Yağlama Yağının Görevleri

Yağlama yağının temel olarak sekiz ana görevi vardır. Bunlar;

- Sürtünmeyi azaltma,
- Aşınmayı önleme,
- Hareketli elemanları soğutma,
- Piston-segman bölgesinde sızdırmazlığın en iyi şekilde sağlanması,
- Piston-segman bölgesindeki katı partiküllerin uzaklaştırılması,
- Motor içyapısının temiz kalmasının sağlanması,

- Yağ bozulmasını önleme ve
- İç korozyonun önlenmesidir (Kaleli, 1995).

Bu görevlere ilaveten yağlama yağlarının, karbon artıklarının birikmesini engellemek, yanma esnasında oluşan asitleri nötürleştirerek etkisiz hale getirmek ve asitlerin sebep olduğu aşınmaları minimuma indirmek gibi görevleri de vardır (Küçükşahin, 2001). Yağlayıcılar bu görevleri, kürecikler halindeki moleküler yapısı sayesinde metal yüzeylerle direkt temasta olan yüzeylerde meydana getirdiği çekme kuvveti olan adhezyon kuvveti, yağ küreciklerinin kendi aralarında oluşturduğu çekim kuvveti olan kohezyon kuvveti ve metal yüzeyler üzerindeki asperite adı verilen mikroskobik boyuttaki girinti ve çıkıntılardan oluşan yüzeyler üzerinde film tabakası oluşturarak yaparlar (Hani, 2002). Yağlama yağları, adhezyon ve kohezyon kuvvetleri ile yağ filmi oluşturarak yüzeyler arasında yayılma ve yapışma özelliği göstererek yağlama görevini yerine getirirler (Kaleli, 1995). Yağlama yağının viskozitesi azalır veya yatak yağ basıncı artarsa yağ filmi inceler, ancak ana yükün yağ katmanı tarafından taşınması devam eder. Bu durumda kalın yağ filminin azalma miktarı ile orantılı olarak metal yüzeylerde sürtünmeye bağlı aşınmalar oluşmaya başlayacaktır (Küçükşahin, 2001). Yapılan deneysel çalışmalar ve araştırmalar makine içindeki yağlama yağı kayıplarının %70-75 'lik kısmının silindir içindeki yanma sürecinde, %25-30'luk kısmının ise egzoz subap mekanizması içinde olduğunu göstermektedir (Dursunkaya, 2000). Sonuç olarak yağlamada en önemli unsurun sürtünme olduğu sonucuna ulaşılabilir.

2.5.1. Sürtünme

Sürtünme kuvveti, bir cismin harekete karşı göstermiş olduğu direnç, sürtünme ise cismin hareket yönünden ters yönde hareket etme eğilimi olarak ifade edilebilir. Sürtünme kuvveti yükü doğru orantılı olup, metal yüzeyinin pürüzlü olup olmamasıyla ve metal yapısıyla ilgilidir.

2.5.2. Viskozite

Viskozite, biri sabit diğeri sabit hızla hareket eden iki düzlem alanı arasındaki viskoz akışkanın hızının, tabakalar arası kayma sonucunda kademe kademe azalması ve böylece hareketli yüzeyin hareketinin daha sonraki tabakalara iletilmesi özelliği olarak tanımlanabilir (Hani, 2002). Viskozite yağlama yağının en önemli karakteristik özelliği olup yağın akışa karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Herhangi bir motor için ideal viskozite yoktur. Bu durum yağlama yağının temel görevleri ve yağlanmış olan kısımlara bağlıdır. Örneğin; karter yağı için yüksek viskozite değeri istenir. Düşük sıcaklıklarda düşük viskozite, yüksek sıcaklıklarda ise yüksek viskozite istenilen bir durumdur. Böylelikle farklı sıcaklıklarda çalışan makine parçalarında yeterli film kalınlığının sağlanması amaçlanmaktadır. Çok yüksek değerlerdeki viskozite yağ tüketimini azaltır ancak yağ filminde yaşanan sürtünme olayında artış olur. İlk hareket sırasında yağlama yağının kolay sirkülasyonu ile daha iyi bir dağılım söz konusudur. Yağların ortam sıcaklığına göre kalınlaşması veya incilmesi sebebiyle viskozite seçiminde değişiklikler yapılmıştır. Daha önce yaz ve kış aylarına göre aynı makinede yazlık ve kışlık olmak üzere farklı yağlar kullanılıyorken günümüzde viskozite indeksi arttırıcı katkı maddeleriyle bu sorun ortadan kalkmıştır (Kaleli, 1998). Bunun yanında yalnızca yüksek basınç durumlarında basınç, viskoziteyi arttırıcı yönde etki eder. Bu ilişki tamamen akışkanın kimyasal yapısına bağlıdır. Yağlama yağı viskozite özelliği seçiminde birçok endüstriyel standart mevcut olmasına rağmen bunlar içinde en geniş kullanım alanına sahip olanı, SAE (*Society of Automotive Engineers*) sınıflandırmasıdır. Bu sistem, yağlama yağlarının hem 40 °C hem de 100 °C sıcaklıklarda viskozite özelliklerini tespit eder. Düşük sıcaklık viskozitesi gerektiren yağlar sınıflandırma sayısından sonra “W” ile belirtilir (SAE 10 W gibi). Yüksek sıcaklık viskozitesi gerektiren yağlama yağlarının ise sadece sınıflandırma numaraları (SAE 30 gibi) belirtilir. Hem yüksek hem de alçak sıcaklıklarda multigrade yağlarda ise her iki şekilde (SAE 10 W 30 gibi) belirtilir (Anonim, 2005). En çok kullanılan viskozite birimleri; Centistoke (cSt (santi stok), mm²/s), Engler derecesi, Centipoise (cp (santipiaz)), Redwood Seconds, Saybolt Seconds’dır. Yağ üreticileri ve kullanıcıları viskozite ölçüsü olarak Centistoke (cSt (santi stok), mm²/s) cinsinden 40 °C ve 100

°C sıcaklıklardaki kinematik viskozite ölçülerini dikkate alırlar. Her ikisi de beraber ele alındığında genel olarak viskozite indeksindeki değişimlerin takibinde dikkate alınır (Kennedy ve ark., 1999). Yağlama yağının viskozitesinin azalma nedenleri genel olarak yağa yakıt karışması, viskoziteyi artırmak için kullanılan katkı maddelerinin yanması veya motora yağ ilavesinde, ilave edilen yağın viskozite katkı maddelerinin, motor içinde bulunan yağın viskozite katkı maddelerinden çok daha düşük olması olarak sıralanabilir. Viskozitenin artma sebepleri; uzun süre kullanılmış motor yataklarında eskiden kalan kurum ve diğer atıkların bulunması, motorun yüksek ısıda veya uzun süre çalışmasından kaynaklı oluşmuş oksitli atıklar, yağın su karışmasından dolayı emülsiyonlaşması ve yağa yağ ilavesinde, ilave edilen yağın motor içinde bulunan yağdan daha yüksek viskozitede olması olarak sıralanabilir. Çalışma sırasında viskozitede gözlenen artış, yağın kısmen bozulduğunun belirtisi olabilir.

40 °C viskozite ölçümleri:

- Yağ oksidasyonu ve termal yorgunluğun erken teşhis edilmesinde,
- Su, yakıt ve kirliliğin viskozitede değişim etkisinin belirlenmesinde,
- Yanlış kullanılan yağın tespit edilmesinde,
- Kullanılan yağın düşük maliyetli analizinde avantaj sağlar.

100 °C viskozite ölçümleri ise:

- Viskozite İndeksi (VI) geliştirici katkı maddesindeki azalmanın tespit edilmesinde,
- Yüksek çalışma sıcaklıklarında faaliyet gösteren makinelerin yağ analizlerinin takibinde avantaj sağlamaktadır.

2.5.3. Viskozite indeksi

Viskozite indeksi, yağların viskozite değerlerinin, sıcaklık değişiminden ne kadar etkilendiğini gösteren değerdir. Yağların 40 °C'deki kinematik viskoziteleri ve 100 °C'deki kinematik viskoziteleri kullanılarak hesaplanır. Bir yağın viskozite indeksi ne kadar yüksek ise, o yağ sıcaklık değişimlerinden daha az etkilenir. Birimsizdir.

Viskozite indekslerine göre yağlar;

- Alçak viskozite indeksine sahip yağlar ($VI < 40$)
- Orta viskozite indeksine sahip yağlar ($40 < VI < 80$)
- Yüksek viskozite indeksine sahip yağlar ($80 < VI < 100$)
- Multigrade viskozite indeksine sahip yağlar ($VI > 100$)

olmak üzere dört grupta sınıflandırılmaktadırlar (Kara, 2007).

2.5.4. Parlama (alevlenme) noktası (*flash point*)

Bir petrol ürünü için parlama noktası (*flash point*), o ürünün en küçük kıvılcım ile alev alabileceği hava-yakıt buharı karışımının olduğu sıcaklıktır. Parlama noktası, hem açık, hemde kapalı kaplarda depolanan, kullanılan ve taşınan sıvı petrol ürünleri için azami sıcaklıkların belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. Bir ürünün parlama noktası değerinin, standart parlama noktası değerinden çok daha düşük çıkması, o ürüne daha uçucu bir maddenin karışmış olabileceğini göstermektedir. Birimi: °C'dir.

2.5.5. Akma (donma) noktası (*pour point*)

Akma noktası belirli koşullarda bir sıvının akabileceği en düşük sıcaklık değeri olarak tanımlanmaktadır. Yağlar için akma noktası, o yağ ile çalışılabilecek en düşük sıcaklık hakkında bilgi verir. Akma noktası genellikle yanlış algılanmakla birlikte,

bahsi geçen petrol ürününün makine veya teçhizatda kullanılabileceği en düşük ortam sıcaklığı anlamına gelmemektedir. Birimi: °C 'dir.

2.5.6. Yoğunluk (özgül ağırlık)

Bir maddenin yoğunluğu, birim hacminin kütlesi yani belli bir sıcaklıkta kütlesinin hacime bölünmesi sonucu bulunur. Sıvıların hacimleri, sıcaklık değişimlerinden önemli ölçüde etkilendikleri için yoğunluk tayini 20 °C veya 15 °C gibi belirli bir sıcaklıkta yapılmalıdır. Petrolün yoğunluğu onun kimyasal bileşimi hakkında bilgi vermektedir. Petrol içerisinde bulunan hidrokarbon yüzdesi, sülfür oranı, gaz miktarı, reçine ve asfalt gibi ağır hidrokarbon oranları ve sıcaklık faktörü petrol yoğunluğuna etki eden parametrelerdendir. Yoğunluk Avrupa'da Baume derecesi, Amerika'da ise API derecesi ile ifade edilmektedir (Uysal, 2006).

2.6. Baz Yağlara İlave Edilen Kimyasal Katkı Maddeleri (Katıklar)

Baz yağlar günümüz koşullarında tek başlarına bir yağlama yağından beklenen görevleri yerine getirememektedirler. Günümüzde, yüksek sıcaklıklarda özelliklerini koruyan, üstün performans gösterecek, yağlama ve güç iletimini yerine getirecek ve uzun süre kullanılabilecek yağlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu istenen özelliklerin tümünün petrolün rafinasyonu sonucu elde edilmiş bir baz yağda bulunması mümkün değildir. Bu yüzden baz yağlara yukarıda bahsi geçen özellikleri kazandırmak için bazı kimyasal katkı maddeleri (katıklar) eklenmektedir. Katıkların görevlerini kısaca tanımlayacak olursak, yağlarda istenmeyen bazı özellikleri azaltmak veya yok etmek, mevcut özellikleri bozunmaya ve çeşitli kimyasal etkilere karşı geliştirerek korumak, yağ ile birlikte veya yağın görevini yerine getiremediği durumlarda motoru korumak ve yağlara istenen bazı fiziksel özellikleri kazandırmak olarak sıralanabilir. Bir katıktan istenen özellikler ise, baz yağ içinde tamamen çözünmesi, farklı oranlarda kullanılabilir olması ve yağlama sisteminin çalışma sıcaklığında bozulmaması olarak sıralanabilir. Yağlama yağında bulunması istenen özelliklere göre çok çeşitli türde ve çok çeşitli cinsteki katık kullanılabilmektedir. Bu katıklardan bazıları aşağıda verilmiştir.

2.6.1. Korozyon önleyici katıklar

Metal yüzeylerinde koruyucu bir film tabakası oluşturarak, yanma reaksiyonları sonucu oluşan asitlerden (koroziv maddelerden) koruyarak, metal yüzeylerinin korozyona uğramasını engelleyerek ve kimyasal maddelerin motor parçaları üzerindeki aşınmaları önleyerek metali korurlar.

2.6.2. Oksidasyon önleyici katıklar

Bu katıklar, yağların havayla teması sonucunda yağda oluşabilecek kalınlaşma ve yağın tortulaşmasına sebep olabilecek oksidasyon sürecini engellemek için ilave edilirler. Motorda oluşacak oksidasyon reçineli, laklı ve cilalı tortuların oluşmasına neden olabilir (Toprak, 2007). Bu katıkların içerisinde yağın ömrünü uzatan modifiye edilmiş aromatik bileşikler bulunmaktadır (Anonim, 2010).

2.6.3. Deterjan katıklar

Bu katıklar metal yüzeyini yüksek sıcaklıkta tutmak için kullanılır. Motorun önemli parçaları arasında oluşabilecek kir, tortu, pas, çapak, kül ve karbon birikintilerini parçaların yüzeylerinden alarak yağın bünyesine katarlar (Toprak, 2007). Bu katıklar sülfonatlardan meydana gelmektedirler (Anonim, 2010).

2.6.4. Dispersan katıklar

Yağların içerisinde oluşan birikinti ve tortuları yağın değiştirilmesine kadar yağ bünyesinde tutarak çökmesini önlerler. Hareketli parçalar arasındaki oluşabilecek tortu küllerinin parçalanmasını ve ayrık halde tutulmalarını sağlamaktadırlar, ayrıca metal yüzeylerinde ki aşınmayı önlemektedirler (Toprak, 2007). Bu katıklar yapılarında metal bulundurmayan, külsüz azot ve fosfor bulunduran katkı maddeleridir (Anonim, 2010).

2.6.5. Köpük önleyici katıklar

Köpüklenme çalışma esnasında yağlara hava girişiyle meydana gelir. Tortu, birikinti ve hatta katıklar dahi köpük oluşumuna sebep olabilirler. Bu katıklar yağların pürüz olmayan düz bir yüzey oluşturmaları için oluşan baloncukları patlatarak köpük oluşumunu önlerler (Toprak, 2007). Bu tür katıklar silisyum kopolimer vb. bileşiklerini içermektedirler (Anonim, 2010).

2.6.6. Hayvansal ve bitkisel yağlar

Baz yağlar yüksek sıcaklık ve basınç altında bazen tek başına yetersiz kalabilirler. Hayvansal ve bitkisel yağlar baz yağlara ilave edilerek kesme yağları ve gresler elde edilirler. Yapılarında, karbon, hidrojen ve oksijen atomları bulundurlar. Kararlılıklarının az olması (çabuk bozunmaları) ve kısa süre içerisinde oksitlenmelerine rağmen, madeni yağlardan daha fazla yapışma özelliği göstermeleri, sürtünmeyi daha fazla azaltmaları ve daha iyi yüzey filmi oluşturmaları sebebiyle mineral yağlara ilave edilirler. Madeni yağlardan daha iyi özelliklere sahip olmalarına rağmen tek başlarına yağlayıcı özelliği bulunmadığı için hayvansal ve bitkisel yağlar, yağlayıcı olarak kullanılamazlar.

2.6.7. Pas engelleyici katıklar

Motorun yakıtı yakması ile enerji ile birlikte suda açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan su nem oluşumuna dolayısıyla paslanmaya sebep olmaktadır. Pas önleyici katıklar metal yüzeylerinde film tabakası oluşturarak nemlenmeyi engeller ve pas oluşumunu önlerler.

2.6.8. Akma noktası düşürücü katıklar

Akma noktası yağ moleküllerinin birbirleri üzerinden kayma özelliğinin hemen hemen yok olduğu noktadır. Akma noktası düşürücü katıklar, yağın normalden daha düşük sıcaklıklarda akmasına devam etmesini sağlarlar. Böylelikle yağ daha düşük

sıcaklıklarda işlevini gerçekleştirmeye devam edebilmektedir (Toprak, 2007). Bu tür katıklar polimerik maddeler içermektedirler (Anonim, 2010).

2.6.9. Viskozite indeksi geliştirici katıklar

Sıcaklık değişimlerinde viskozite değeri çok değişmeyecek yağlar istenmektedir çünkü bu yağların hem soğukta hem de sıcakta kullanılması istenmektedir. Sıcaklık değişimine bağlı olarak, aşırı derecede viskozitesi değişen bir yağ büyük problemlere sebep olabilir. Viskozite geliştirici katıklar bu problemi ortadan kaldırmak için kullanılmaktadırlar. Motor yağına akışkanlık özelliklerinin geliştirilmesi için ilave edilirler (Toprak, 2007). Bu katıklar kopolimerleri içermektedirler.

2.6.10. Katkı maddeleri paketi

Bu paketler, katkı maddesi üreticileri tarafından hazırlanan farklı özelliklere sahip katıkların bir arada bulunduğu paketlerdir.

2.6.10.1. Akışkanlık özelliklerini geliştirici katkı maddeleri paketi

Yağlama yağlarının akışkanlık özelliklerini geliştirmek amacı ile akma noktası düşürücü ve viskozite indeksi geliştirici katıkların belirli oranlarda karıştırılması sonucu elde edilen hazır karışımlardır.

2.6.10.2. Performans geliştirici katkı maddeleri paketi

Yağlama yağlarının performans özelliklerini artırmak amacı ile aşınma ve korozyon önleyici, akma noktası düşürücü, dispersan, köpük önleyici ve oksidasyon önleyici katıkların belirli oranlarda karıştırılması sonucu elde edilen hazır karışımlardır (Anonim, 2010).

2.7 . Yapay Sinir Ağları

2.7.1. Yapay sinir ağlarının tanımı

Yapay sinir ağları en karmaşık ve gizemli hesaplayıcı olan insan beyninin çalışma prensibini örnek alarak öğrenme yolu ile yeni bilgiler üretme, türetme, oluşturma ve keşfetme gibi yetenekleri gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Üretme, türetme, oluşturma ve keşfetme yeteneklerini geleneksel yöntemler kullanarak gerçekleştirmek zor veya imkânsızdır. Bu yüzden, klasik yöntemlerle çözümü çok zor veya mümkün olmayan problemlerin çözümünde, yapay sinir ağlarının etkin olarak kullanılabilmesi söylenebilir.

2.7.2. Yapay sinir ağlarının işlevi

Yapay sinir ağları, düşünme ve öğrenme yetenekleri ile örnekleri kullanarak çevreden gelen uyarılara, nasıl tepkiler vereceğini yaşayarak ve deneyerek belirleyebilirler. Örneklerden elde ettikleri bilgileri kullanarak kendi deneyimlerini oluşturabilir ve sonrasında benzer olaylarda, benzer problemlerin çözümünde, benzer kararlar verebilirler. Yapay sinir ağları, öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme, optimizasyon gibi konularda etkin şekilde kullanılabilmektedirler (Öztemel, 2003).

Yapay sinir ağları, öğrenme yeteneği, genelleme yapabilme yeteneği, farklı problemlere kolayca uyarlanabilme yeteneği, paralel yapılarından dolayı hızlı çalışabilme yeteneği ve giriş ile çıkış arasındaki ilişkiyi tarif etme mecburiyetinin olmayışından dolayı kolaylıkla kullanılabilirler (Haykin, 1999; Sağiroğlu ve ark., 2003).

Yapay sinir ağları, geleneksel yöntemlerle modelleri oluşturulamayan veya modelleri çok zor oluşturulabilen problemlerin çözümünde tercih edilir. Yapay sinir ağları proses elemanlarının bir ağ yapısı oluşturacak şekilde birbirlerine bağlanmaları, beyin hücrelerinin birbirine bağlanmaları taklit edilerek gerçekleştirilmiştir.

Yapay sinir ağlarında bulunan nöronların fazla olması, insan beyninde bulunan her bir nöronun bir üst katmanda bulunan nöronların çoğu veya bir kısmı ile bağlantılı olmasına benzer şekildedir. Bu durum yapay sinir ağlarının, insan beyninin hasarlara karşı gösterdiği esnekliği kazanmasını sağlar.

Yapay sinir ağları, kendisine örnekler yardımıyla öğretilen bir girdi setine karşılık bir çıktı seti üretirler. Bir sisteme tanımlanan tek veya çoklu parametrelere bağlı giriş verileri ile sistemden çıkan yine tek veya çoklu parametrelere bağlı çıkış verileri arasında bağlantı kurabilme özelliğine sahiptirler. Bu bağlantının doğrusal olması zorunlu değildir. Ancak yapay sinir ağlarının bunu gerçekleştirebilmesi için öncelikle örneklerle eğitilmeleri ve deneyim kazandırılarak genelleme yapabilmeleri sağlanmalıdır. Yapay sinir ağları böylelikle elde ettikleri deneyimlerden yola çıkarak benzer olaylara karşı, benzer sonuçlar verebilirler (Öztemel, 2003; Sağıroğlu ve ark., 2003).

2.7.3. Yapay sinir ağlarının özellikleri

Yapay sinir ağları geleneksel programlara benzer şekilde makine öğrenmesi ile öğrenirler ve çalışmaları, programlamaları, klasik yöntemlere benzemektedir. Ancak uygulanan ağ modeline göre karakteristik özellikleri değişir. Yapay sinir ağlarının örnekler kullanılarak önce eğitilmeleri, daha sonra eğitilen modellerin performansları test edilmelidir. Yapay sinir ağları, örüntü tamamlama, örüntü ilişkilendirme, örüntü sınıflandırma ve algılama gerçekleştirebilirler. Yapay sinir ağları öğrenebilme ve kendi kendilerini organize etme yeteneklerine ayrıca hata toleransına sahiptirler. Eksik bilgiler ile rahatlıkla çalışabilmekte ve tam olmayan, belirsiz bilgileri işleyebilme yeteneklerine sahiptirler. Yapay sinir ağları sadece nümerik bilgileri kullanarak çalışmaktadırlar. Dağıtık belleğe sahiptirler ve dereceli bozulma ('*Graceful degradation*') gösterirler. Tüm bu özelliklerin yanında her modelin kendine has özellikleri olabilmektedir.

Yukarıda verilen özellikler incelendiğinde yapay sinir ağlarının bilgisayar bilimine önemli katkılar sağladığı ve klasik yazılımlar ile çözülemeyecek birçok problemi yapay sinir ağlarının kolaylıkla çözebileceği açıkça görülmektedir. Yapay sinir ağlarının, tam olmayan, belirsiz bilgilerle çalışabilen, güçlü bir problem çözme tekniğine sahip olduğu söylenebilir. Belirsiz bilgi işlemek için bulanık önermeler mantığı (*fuzzy logic*) gibi teknikler olsada eksik bilgiler ile çalışan tekniklerin bulunması oldukça güçtür (Öztemel, 2003).

2.7.4. Yapay sinir ağlarının avantaj ve dezavantajları

Yapay sinir ağlarının geleneksel sistemlere göre avantajları; lineer olmamaları, öğrenebilmeleri, algılayabilmeleri, genelleme yapabilmeleri, adaptasyon, veri işleyebilmeleri, hata ve gürültüye karşı duyarlı olmaları ve tolerans olarak sıralanabilir (Sağıroğlu ve ark., 2003).

Yapay sinir ağlarının yukarıda sıralanan avantajlarının yanında bazı dezavantajları da mevcuttur. Bunlar; problemin çözümü için uygun ağ yapısının deneme yanılma yolu ile bulunması, donanıma bağımlı çalışmaları, ağlarda ağ parametre değerlerinin (örneğin öğrenme katsayısı, katmanlarda gerekli proses elemanlarının (yapay hücreler) sayıları, katman sayıları vb.) belirlenmesi için herhangi bir kuralın olmaması, ağa öğretilen problemin ağa tanıtılması, ağ eğitiminin ne zaman bitirilmesi gerektiği kararı için geliştirilmiş herhangi bir yöntemin olmayışı ve ağ davranışlarının açıklanamaması olarak sıralanabilir.

Bütün bu dezavantajlara rağmen yapay sinir ağları ile birçok probleme çözümler üretilebilmekte ve başarılı uygulamalar gerçekleştirilebilmektedir. Ağların bu dezavantajlarını bertaraf etmek için ağların oluşturulması sırasında titiz davranılması gerekmektedir. Yapay sinir ağları ve çözüm bulunmak istenen problemler hakkında yeteri kadar bilgiye sahip olmak başarılı ve verimli sonuçların elde edilmesini sağlayabilir (Öztemel, 2003).

2.7.5. Yapay sinir ağlarının uygulama alanları

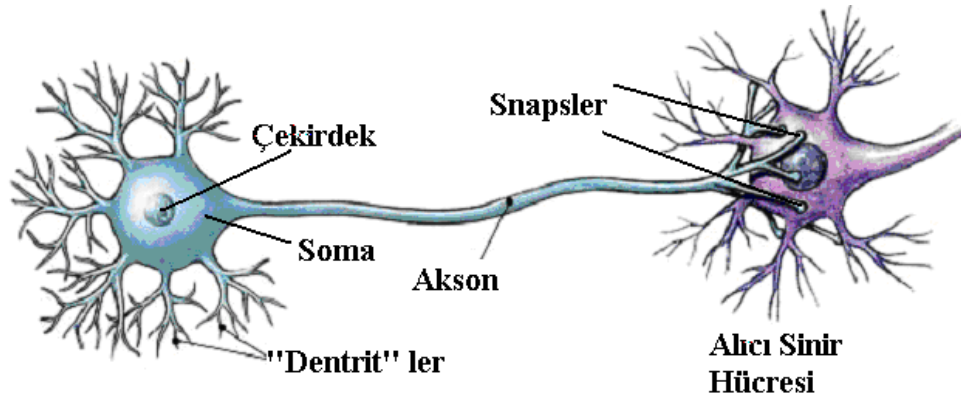
Yapay sinir ağlarının uygulamaları, tahmin, veri ilişkilendirme, sınıflandırma, sinyal filtreleme, lineer olmayan sinyal işleme, zaman serileri analizleri, veri sıkıştırma, örüntü tanıma, lineer olmayan sistemlerin modellenmesi, optimizasyon, kontrol ve veri yorumlama olarak sınıflandırılabilir. Yapay sinir ağları, hava ve uzay teknolojisi alanında; otomatik pilot geliştirme çalışmaları, uçuş kontrol sistemleri geliştirmede, komponentlerin hata denetimlerinde ve uçuş simülasyonlarında kullanılmaktadır. Otomotiv alanında; otomatik yol izlenmesi, oto-rehberlik uygulamalarının geliştirilmesinde ve yol koşullarına göre sürüş analizlerinde kullanılmaktadır. Bankacılık alanında; kredi ve risk analizlerinin değerlendirilmesinde, bütçe yatırımlarının tahmin edilmesinde, kontrol ve dokümanların okunması çalışmalarında, müşteri analizleri ve kredi müracetlerinin değerlendirilmesi işlemlerinde kullanılmaktadır. Savunma sanayi alanında; hedef seçme, hedef tanıma ve hedef izlemede, silah oryantasyonları, sayısal görüntülerin işlenmesi, verilerin kodlanması ve sıkıştırılmasında, bilgisayar desteğiyle görme çalışmalarında, ses tanınması ve analizinde, sensör sonar sistemlerinde, görüntü işlenmesi, sinyallerin işlenmesi ve filtrelenmesinde kullanılmaktadır. Sağlık alanında; teşhis konulması ve bioistatistiksel ilişkilerin araştırılmasında, ilaç etkileri analizinde, kan analizi sınıflandırmalarında, kanserin erken teşhisi ve tedavisinde, kalp krizi erken teşhisi ve tedavisinde ve beyin modelleme çalışmalarında kullanılmaktadır. Robotikte; robot hareketlerinin kontrol edilmesi çalışmalarında, mekanik parça ömrünün ve kırılma zamanlarının tahmininde, yüzey modelleme çalışmalarında, yol tahmini ve hız tahmini çalışmalarında, görsel sistemlerde, uzaktan kumandalı sistemlerde, yörünge kontrolü ve optimum rota belirlenmesinde kullanılmaktadır. Coğrafi bilgi sistemlerinde; hareket eden cisimleri izlemede ve konum, durum tahminlerinde kullanılmaktadır. CAD/CAM uygulamalarında; yüzey interpolasyonu, yüzey izlemesi ve yüzey modellemesi çalışmalarında kullanılmaktadır. Meteoroloji alanında; hava tahmini algoritması geliştirmede ve yağmur yüklerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Veri madenciliğinde; optik karakter tanıma, ürünlerin pazar performanslarının tahmininde kullanılmaktadır. Güvenlik sistemi uygulamalarında; kredi kartı hilelerini saptama, retina taraması, yüz eşleştirme,

konuşma ve parmak izi tanınmasında kullanılmaktadır. Üretim alanında; üretim planlama ve iş çizelgeleri oluşturmada, kalite kontrol işlemlerinde, üretim işlem kontrollerinde, ürün tasarımı işlemlerinde, makine yıpranmalarının tespit edilmesinde, dayanıklılık analizlerinde ve iş sıralaması yapılmasında kullanılmaktadır. Telekomünikasyon alanında; iletişim kanallarında istenmeyen eko ve gürültülerin söndürülmesi işleminde, ses ve görüntü işlemede, görüntü ve data karşılaştırılması işlemlerinde, iletişim kanallarında trafik yoğunluğu kontrolü ve anahtarlama işlemlerinde kullanılmaktadır (Öztemel, 2003). Yapay sinir ağları önemli mühendislik uygulamalarında da kullanılmaktadır. Kimya mühendisliği alanında, reaktör seçilmesi, dinamik işlemlerde hata belirleme, polimerizasyon işleminde eritme akış indisinin tahmininde, mayalama işlemi modelleme çalışmalarında, biyokimya alanında mikrobik konsantrasyon tahminlerinde uygulanmıştır.

2.7.6. Yapay sinir ağlarının elemanları ve sınıflandırılması

2.7.6.1. Biyolojik sinir hücresi yapısı

Biyolojik sinir ağları beynin işlevlerini gerçekleştiren temel yapı taşlarından biridir. İnsan tüm davranış ve çevre algılamasını bu ağlar sayesinde gerçekleştirir. Bu ağlar duyu organlarından alınan bilgileri algılayarak ve anlayarak öğrenirler. Duyu organlarından alınan sinyaller sinir sistemimiz tarafından merkezi sinir sistemimize (beyine) aktarılır ve merkezi sinir sistemimiz (beyin) tarafından alınıp yorumlanan sinyaller ise yine sinir sistemimizin tepki sinyalleri aracılığı ile vücuttaki organlara eylem şeklinde aktarılır. Şematik olarak bir sinir hücresi Şekil 2.2'de gösterilmiştir (Öztemel, 2003).

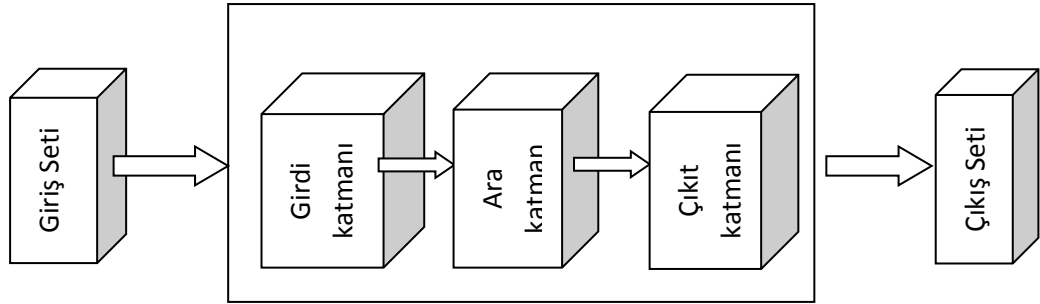


Şekil 2.2. Biyolojik sinir hücresinin yapısı

Biyolojik sinir hücreleri nöron olarak bilinirler ve nöronlar sinir sistemimizin temel birimidirler. Şekil 2.2’de görüldüğü üzere bir sinir hücresi dört ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar; dentrit, akson, soma ve snapslerdir. Dentritler, sinir hücresinin uç kısmında bulunurlar ve ağaç kökü gibi görünüşleri vardır. Görevleri ise bağlı buldukları diğer sinir hücrelerinden veya duyu organlarından gelen sinyalleri çekirdeğe iletmektir. Başka hücrelerin snapslerinden alınan sinyaller dentritler sayesinde somaya iletilirler. Soma, dentritlerden alınan sinyalleri işler ve elektrik sinyali oluşturur. Soma biyolojik olarak çekirdek olarakta bilinir. Soma da oluşturulan bu sinyaller akson vasıtasıyla snapslere iletilerek diğer nöronlara iletilir. Snapsler, nöronlar arasındaki bağlantılardır. Bu bağlantılar fiziki olmayıp bir hücreden diğer hücreye elektrik sinyalleri iletimini sağlarlar. İki nöron arasındaki bilgi alış-veriş snaptik bağlantılar yardımı ile sağlanır. Yukarıda Şekil 2.2’de görüldüğü gibi her bir akson ucu diğer hücrelerle bağ oluşturmaktadır.

2.7.6.2. Yapay sinir ağlarının yapısı

Yapay sinir ağları, yapay sinir hücrelerinin bir araya gelmesi sonucu oluşurlar. Bu sinir hücreleri rastgele bir araya gelmezler. Yapay sinir hücreleri 3 katmandan meydana gelirler. Bunlar; girdi, ara ve çıktı katmanlarıdır. Bu katmanların paralel şekilde bir araya gelerek oluşturmuş oldukları yapay sinir ağı yapısı Şekil 2.3’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.3. Yapay sinir ağı katmanlarının birbirleri ile etkileşimi

Girdi katmanı: Yapay sinir ağlarına dış dünyadan verilerin geldiği katmandır. Bu katmanda bulunan proses elemanları dış dünyadan alınan bilgileri ara katmanlara iletirler. Bazı ağlarda bu katmana gelen girdi verileri hiçbir işleme uğramadan alt katmanlara iletilir.

Ara katmanlar: Bu katmanda girdi katmanından alınan bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilirler. Yapay sinir ağlarına gelen bilgilerin işlenmesi bu katmanlarda gerçekleştirilir. Ara katmanda bir ağ için birden fazla katman bulunabildiği gibi bazı ağlarda birden fazla ara katmanda bulunabilmektedir. Bu katmanda bulunan nöron sayısı giriş değişkenleri ve çıkış değişkenlerinden bağımsızdır.

Çıktı katmanı: Bu katmanda bulunan proses elemanları ara katmanlardan alınan bilgileri işleyerek ağın girdi katmanında sunulan girdi seti (örnek) için üretilmesi beklenen çıkış setini üretirler. Üretilen çıkış seti dış dünyaya aktarılır (Öztemel, 2003).

2.7.6.3. Yapay sinir ağlarında öğrenme, adaptif öğrenme ve test etme

Yapay sinir ağlarında öğrenme, dış ortamdan alınan girdilerin, aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek bir tepki çıkışı üretmesiyle gerçekleşmektedir. Ağlarda proses elemanlarına ait bağlantıların ağırlık değerlerinin belirlenmesine “*ağın eğitilmesi*” denilmektedir. Başlangıç olarak ağırlık değerleri rastgele seçilir. Yapay

sinir ağı kendisine örnek gösterildikçe ağırlık değerlerini değiştirir. Örnekler ağı defalarca gösterilir ve ağ en doğru ağırlık değerlerini bulana kadar bu işleme devam edilir. Burdaki amaç ağı gösterilen örneklere en doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerinin bulunmasıdır. Ağın doğru ağırlık değerlerini bulması örneklerin temsil ettikleri olay hakkında genellemeler yapabilme özelliğine kavuştuğu anlamına gelmektedir. Bu genelleme yeteneğine kavuşma işlemine “*ağın öğrenmesi*” denilmektedir. Ağırlık değerlerinin değişme işlemleri bazı kurallara göre yapılmaktadır. Bu kurallara “*öğrenme kuralları*” denilmektedir. Ağlarda kullanılan öğrenme stratejisine göre farklı öğrenme kuralları geliştirilmiştir.

2.7.6.4. Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması

Yapay sinir ağları, nöronlardan veya proses elemanlarından yada başka bir ifadeyle birbirlerine bağlı işlemci birimlerinden meydana gelirler. Yapay sinir ağlarının yapısını, yapay sinir hücreleri (nöron) arasında bulunan bağlantıların yapıları belirlemektedir. Yapay sinir ağları ile istenilen sonuca ulaşmak için bağlantıların nasıl değiştirileceğini, öğrenme algoritması belirler. Yapay sinir ağları, yapı bakımından içerdiği nöronların birbirlerine bağlantı şekillerine göre ileri ve geri beslemeli olarak ikiye ayrılır.

İleri Beslemeli Ağlar: İleri beslemeli ağlarda nöronlar girişten çıkışa doğru düzenli katmanlar şeklindedir. Yapay sinir ağlarına gelen bilgiler, giriş katmanından ara katmanlara, ara katmanlardan sonra ise çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılar ile işlenerek dış dünyaya çıkar. İşlemci elemanlar bir katmandan diğerine bağlantı kurarken, aynı katman içinde başka bağlantıları yoktur. Çok katmanlı perseptronlar (*‘multilayered perceptrons-MLP’*) ve öğrenen vektör nicemlemesi (*‘Learning Vector Quantization- LVQ’*) ağları ileri beslemeli ağlara örnek olarak verilebilir. Bu yapay sinir ağları statik ağlar olarak bilinmektedirler (Sağiroğlu ve ark., 2003).

İleri beslemeli ağlardan çok katmanlı perseptron sinir ağı (MLP) modeli, Eşitlik 2.1’de verilmiştir. Bir MLP modeli, bir giriş katmanı, bir veya daha fazla ara katman

ve bir de çıkış katmanından oluşmaktadır. Bu katmanlardan herbirinde bir veya daha fazla proses elemanı veya nöron bulunabilir. MLP'deki herhangi bir nöron çıkışı

$$y_k = f\left(\sum_k w_k x\right) \quad (2.1)$$

Eşitlik 2.1 ile hesaplanır. Bir katmanda bulunan bütün proses elemanları bir üst katmanda bulunan bütün proses elemanlarına bağlı durumdadır. Ağdaki bilgi aktarımı ileri yönlü olup geri besleme bulunmamaktadır. Bu yüzden bu ağlar ileri beslemeli sinir ağı modeli olarak adlandırılmaktadır. Giriş katmanında hiçbir bilgi işlemesi yapılmamaktadır. Buradaki proses elemanı sayısı uygulanan problemlerin değişken sayısına bağlı olarak belirlenmektedir. Ara katmanlarda bulunan katman sayısı ve proses elemanı sayısı ise deneme-yanılma yolu ile bulunmaktadır. Çıkış katmanında bulunan proses elemanı sayısında yine çözümlenecek probleme bağlı olarak belirlenmektedir.

Bu ağ modeli özellikle mühendislik problemlerinin çözümünde ve uygulamalarında yaygın olarak kullanılan sinir ağı modeli olmuştur. Bunun temel sebebi birçok öğretim algoritmasının bu ağın eğitiminde kolaylıkla kullanılabilir olmasından kaynaklanmaktadır. MLP ağlarında, yapay sinir ağlarında olduğu gibi ağa bir örnek öğretilir ve nasıl bir sonuç üretmesi gerektiği ağa bildirilir. Örnekler, giriş katmanında uygulanır, ara katmanlarda işlenerek çıkış katmanında ise çıktılar elde edilir. Ağın eğitilmesinde kullanılan eğitim algoritmasına göre, ağın çıktıları ile istenen çıktılar arasındaki hata minimuma indirilene kadar geriye yayılarak ağın ağırlıkları değiştirilebilir. İleri beslemeli ağlar, kısaca giriş uzayı ile çıkış uzayı arasında statik haritalama yapmaktadırlar. Bir andaki çıkış, yalnızca o andaki girişin bir fonksiyonudur. Çok katmanlı perseptron sinir ağı modeli literatürde en çok tercih edilen ve uygulanan yapay sinir ağı modellerinden biridir (Öztemel, 2003).

Geri Beslemeli Ağlar: Geri beslemeli sinir ağları, çıkış katmanı ve ara katman çıkışlarının, giriş katmanına veya önceki ara katmanlara geri beslemenin yapıldığı bir ağ yapısına sahiptirler. Böylelikle giriş verileri hem ileri doğru hem de geri doğru

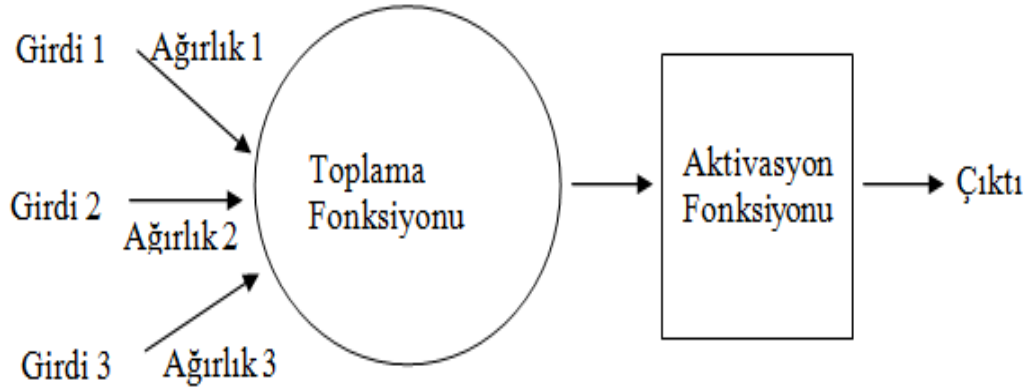
aktarılabilmektedirler. Bu yapısı ile bu ağlar lineer olmayan dinamik bir davranış göstermektedirler. Bu ağlar dinamik hafızalara sahiptirler ve bir andaki çıktı hem o andaki hem de daha önceki girişleri yansıtmaktadır. Bu yüzden, bu ağlar özellikle önceden tahmin yapılacak uygulamalar için uygundur. Geri beslemeli ağlar ile farklı türdeki zaman serilerinin tahmininde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu ağlara Jordan ağları, Elman ağları ve Hopfield kuralı örnek olarak verilebilir (Sağiroğlu ve ark., 2003).

2.7.7. Yapay sinir hücresinin (proses elemanı, yapay nöron) yapısı

Biyolojik sinir ağlarındaki sinir hücreleri gibi yapay sinir ağlarında da yapay sinir hücreleri veya yapay nöronlar bulunmaktadır. Yapay nöronlar mühendislikte proses elemanı olarak da adlandırılmaktadır. Her nöronun beş ana elemanı bulunmaktadır. Bunlar; girdi değerleri, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı değerleridir. Yapay bir sinir hücresi Şekil 2.4'te gösterilmiştir.

Girdi Değerleri: Yapay bir nörona (proses elemanına) dış dünyadan gelen verilerdir. Bu veriler ağı öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenmektedir. Yapay nöronlara dış dünyadan olduğu gibi başka hücreler veya nöronun kendisinden de veriler gelebilir.

Ağırlıklar: Ağırlıklar bir nörona etki eden girdilerin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterirler. Aynı zamanda ağırlıklar bir nörona etki eden girdilerin matematiksel katsayılarıdır. Şekil 2.4'de ağırlık 1, girdi l'in nöron üzerindeki etkisini göstermektedir. Ağırlıkların büyük veya küçük olması o ağırlığın önemli ya da önemsiz olduğunu göstermez. Bir ağırlık değerinin sıfır olması o ağırlığın en önemli olayı olabilir. Eksik değerler önemsiz anlamına gelmemektedir. Bu nedenle ağırlık değerlerinin artı veya eksi olması ağı üzerindeki etkisinin pozitif veya negatif olduğunu göstermektedir. Ağırlık değerinin sıfır olması ise herhangi bir etkinin olmadığı anlamına gelmektedir. Ağırlıklar değişken veya sabit değerler olabilir.



Şekil 2.4. Yapay sinir hücresinin yapısı

Toplama Fonksiyonu: Bu fonksiyonun görevi, bir nörona gelen girdileri toplayarak nöronun net girdisini hesaplamaktır. Bu işlem için farklı fonksiyonlar kullanılmasına rağmen en yaygın olarak kullanılanı, nörona gelen girdilerin ilgili bağlantıların ağırlıkları ile çarpılarak toplanması sonucu elde edilen net girdiyi belirleyen toplam fonksiyondur. Toplam fonksiyonu eşitlik 2.2’de verildiği gibidir.

$$NET = \sum_i^n G_i A_i \quad (2.2)$$

Burada G girdileri, A ağırlıkları, n ise bir nörona gelen girdilerin (proses elemanlarının) toplam sayısını göstermektedir. Ancak yapay sinir ağlarında her zaman bu formülün kullanılması şart değildir. Kullanılan bazı yapay sinir ağı modellerinde kullanılacak toplama fonksiyonu belirlenebilmektedir. Yapılan literatür araştırmalarında toplama fonksiyonu için değişik formüller kullanılmaktadır. Bazı durumlarda fonksiyona gelen girdilerin sayısı önemli iken bazı durumlarda ise fonksiyona gelen girdilerin değeri dikkate alınmaktadır. Bir problemin çözümünde en uygun toplama fonksiyonunun belirlenmesi için kullanılan herhangi bir formül yoktur. En uygun toplama fonksiyonunun belirlenmesi için genellikle deneme-yanılma yolu kullanılmaktadır. Yapay bir sinir ağında proses elemanlarının hepsinin aynı toplama fonksiyonuna sahip olmalarına gerek yoktur. Her proses elemanı aynı toplama fonksiyonuna sahip olabilecekleri gibi hepsi bağımsız olarak farklı bir proses elemanına da sahip olabilirler.

Aktivasyon Fonksiyonu: Bu fonksiyon, yapay bir sinir ağında yapay sinir hücresinin çıkış genliğini istenilen değerler arasında sınırlar. Bu değerler genellikle (0,1) ya da (-1,1) arasında değişmektedir. Aktivasyon fonksiyonu, nörona gelen net girdileri işler ve sinir hücresinin bu girdilere karşılık ürettiği çıktıları belirlemektedir. Yapay sinir ağlarının özelliklerinden olan “doğrusal olmama” özelliği yapay sinir ağında kullanılan aktivasyon fonksiyonlarının doğrusal olmama özelliğinden kaynaklanmaktadır. Aktivasyon fonksiyonları yapı olarak doğrusal olabilecekleri gibi, karmaşık ve doğrusal olmayan problemlerin çözümü için doğrusal olmayan yapıda da olabilirler. Yapay sinir ağlarında kullanılacak olan aktivasyon fonksiyonunun türevi kolay hesaplanabilir olması ve süreklilik arz etmesi gerekmektedir.

Toplama fonksiyonundaki gibi aktivasyon fonksiyonunda da ağdaki proses elemanlarının tümünün aynı fonksiyonu kullanmasına gerek yoktur. Ağdaki bazı elemanlar aynı fonksiyonu kullanırken diğer elemanlar farklı fonksiyonları kullanabilirler. Herhangi bir problemin çözümü için en uygun aktivasyon fonksiyonu deneme yanılma yolu ile en iyi sonucu verecek şekilde seçilmelidir. En uygun fonksiyonu belirleyecek bulunmuş bir formül yoktur. Uygulamalarda, aktivasyon fonksiyonu olarak genellikle tek ve çift kutuplu basamak fonksiyonları, doğrusal ve simetrik parçalı doğrusal fonksiyonlar, sigmoid fonksiyonu, tanjant sigmoid veya tanjant hiperbolik fonksiyonları kullanılmaktadır.

Çıktı Değerleri: Aktivasyon fonksiyonundan çıkan değer nöronun çıktı değeridir. Bu çıktı değerini yapay sinir ağının çıktısı olarak dış dünyaya veya başka bir hücreye gönderilerek tekrardan ağın içinde kullanılabilir. Bir yapay sinir hücresinin birden fazla girdisi olmasına rağmen tek bir çıktısı vardır. Bu çıktı istenilen sayıda yapay sinir hücresine girdi olarak bağlanabilmektedir (Öztemel, 2003).

2.7.8. Öğrenme algoritmaları

2.7.8.1. Geri yayılım algoritması (BP)

Bu öğretim algoritması, çok katmanlı yapay sinir ağları (MLP) için uygulamalarda en yaygın olarak kullanılan ve tercih edilen algoritmadır. Algoritmanın tercih edilme sebepleri kolay anlaşılır olması ve kolay ispatlanabilir, çok güçlü bir matematiksel esasa dayanması olarak sıralanabilir. Bu algorithmada, hatalar çıkıştan girişe doğru, geriye olarak azaltılmaya çalışıldığından geri yayılım algoritması adı verilmiştir. Bu algoritma, çok sayıda başarılı ve güçlü uygulamanın üretilmesine imkan vermiştir (Sağiroğlu ve ark., 2003).

2.7.8.2. Levenberg-Marquardt Metodu (LMM)

Bu metod, genel olarak maksimum komşuluk fikri üzerine kurulmuş bir en küçük kareler metodudur. Levenberg-Marquardt Metodu Gauss-Newton ve Steepest-Descent metodlarının en iyi özelliklerini almıştır ve bu iki algoritmanın kısıtlarını ortadan kaldırmıştır. Bu algoritma, ileri beslemeli ağlarda en hızlı öğrenme metodudur ve bu özelliğinden dolayı yavaş yakınsama problemlerinden etkilenmeyen bir metottur (Sağiroğlu ve ark., 2003).

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Konu ile ilgili yapılan çalışmalar oldukça sınırlı olmakla birlikte yapılan bazı çalışmalar aşağıdaki gibidir;

Basu ve ark. (1998), yapay sinir ağlarını kullanarak mineral bazlı yağların vizkozite, vizkozite indeksi ve kimyasal bileşimleri üzerinde biyobozunurluklarını tahmin edebilmek için bir matematiksel model geliştirmişlerdir. Bu çalışmada CEC-L-33-A-93 (Coordinating European Council) birbirinden farklı 31 çeşit mineral bazlı yağın kimyasal bileşimleri NMR veya kütle spektroskopisi kullanılarak belirlenmiş ve bu matematiksel model yağların biyobozunurluklarını görüntüleme de faydalı olarak kullanılmıştır (Basu ve ark., 1998).

Haus ve ark. (2001), çeşitli üretim proseslerinden elde edilen parafinik kökenli 32 çeşit mineral bazlı yağın biyobozunurluklarını fiziksel ve kimyasal özellikleri kullanılarak incelemişler, biyobozunurluk oranlarını %15–75 arasında belirlemişlerdir. Biyobozunurluk değerlerini, mineral bazlı yağların fiziksel özelliklerini ve kimyasal bileşimlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak biyobozunurluk oranının vizkozite indeksi ile arttığını fakat kinematik viskozite ile azaldığını gözlemlemişlerdir (Haus ve ark., 2001).

Haus ve ark. (2002), 38 çeşit mineral baz yağları fiziksel ve kimyasal parametreler kullanılarak karakterize etmeye çalışmışlardır. Fiziksel parametre olarak kinematik vizkozite, vizkozite indeksi, akma noktası, parlama noktası ve yoğunluk değerleri kullanılmıştır. Ayrıca fiziksel özelliklerden olan anilin noktaları, ASTM standard D611 (ASTM, 2001c)'e göre tespit edilmiştir. Primer biyobozunurluk, CEC L-33-A-93 testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Biyobozunurluk ile fiziksel veya kimyasal özellikler arasındaki ilişkinin belirlenmesi için MLR analizi kullanılmıştır. Fiziksel, kimyasal veya her iki tip parametre sıra ile bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Toplam 63 yağın %80'inde, her bir model tarafından biyobozunurlukla ilgili yapılan tahminin mutlak hata yüzdesi oranı %20'den daha

düşük çıkmıştır. Kinematik vizkosite, her iki modelde de en etkili parametre olarak ortaya çıkmıştır (Haus ve ark., 2002).

Dereli (2011), betonarme kirişlerin yapay sinir ağları ile modellenmesi konusunda iki farklı yapay sinir ağı modeli önermiş ve önerilen yapay sinir ağı modellerini geniş aralıklı deneysel veri tabanlarına dayandırmıştır. Tasarım kodlarının sonuçları ile karşılaştırılan yapay sinir ağı modellerinin doğruluğunun oldukça memnuniyet verici olduğunu gözlemlemiştir (Dereli, 2011).

Savruk (2010), mineral yağlarının tribolojik özelliklerinin Sorbitan monostearat ve çinko borat katkısı ile geliştirilmesi konusunda yaptığı çalışmada çinko borat sentezi ve bu malzemenin triboloji alanında uygulanmasını araştırarak çinko boratın sadece çöktürme ile değil, aynı zamanda özel bir üretim yöntemi olan ters emülsiyon tekniği ile de üretilebileceğini göstermiştir. Kaydırıcılar bölümünde ise, sentezlenen parçacıkların mineral yağ içinde sürtünmeyi ve aşınmayı önleyici özellikler sağlayıp sağlamadığı araştırılmıştır. Kaydırıcılarda dispersiyon ajanı, farklı çinko borat türlerinin ve yüzey aktif madde derişiminin etkileri tribolojik özellikleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmiş ve sorbitan monostearatın sadece dispersiyon ajanı olarak değil aynı zamanda aşınma önleyici katkı olarak da kullanılabilineceğini kanıtlamıştır (Savruk, 2010).

Uçar (2004), kullanılmış lastiklerin ve atık mineral yağların hidrokarbon kaynağı olarak değerlendirilmesi konusunda yapmış olduğu çalışmada, iki adımlı proses (piroliz ve hidrojenleme) ile kullanılmış lastiklerin (otomobil ve otobüs lastiği) ve atık mineral yağların sıvı yakıtlara dönüştürülmesi ile ilgili ilk adımda (piroliz) kullanılmış lastikler ve kullanılmış lastik-atık mineral yağı karışımı 550, 650 ve 800°C'de pirolizini ve elde edilen sıvı ürünlerin (piroliz yağlarının) fiziksel ve kimyasal özelliklerini tespit ederek, kullanılmış otomobil lastiği pirolizinden elde edilen piroliz yağının diğer atıklardan elde edilen piroliz yağlarından daha fazla aromatik hidrokarbon içerdiğini saptamıştır (Uçar, 2004).

Şen (2012), madeni yağla çeşitli oranlarda kirlenmiş bir toprakta çeşitli azot formlarının zamana bağlı değişimini inceleyerek mineral yağ içeren topraklarda

toplam azot konsantrasyonunun inkübasyon süresince azaldığını tespit etmiştir (Şen, 2012).

Aşir (2009), bazı kaliksaren türevlerinin atık madeni yağların geri kazanımında kullanımını incelediği çalışmada, öncelikle kaliksarenler sentezleyerek, kaliksarenler hidroksil gruplarından fonksiyonlandırarak, yeni türevler sentezlemiştir. Elde edilen makromoleküler bileşikler, otomotiv servislerinden alınan atık yağlar, tekstil ve metal endüstrisinden elde edilen atık yağlar ile muamele edilerek, atık yağlar içerisindeki metalik safsızlıkların giderilmesindeki etkinliğini araştırmıştır (Aşir, 2009).

Toprak (2007), koruyucu yağların (SAE 30, SAE 40, 10W/40, 20W/50, HD 68, HD 46) alüminyum, bakır, çelik, kurşun ve pirinç metallerine etkisini incelemiştir. Yağların zamanla değişen uçucu madde miktarları, viskoziteleri, yoğunlukları, pH değişimleri, denge potansiyelleri belirlenmiştir. Ayrıca %3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki potansiyel değişimleri ile metallerin yağlar içerisindeki zamanla değişen korozyon hızları ölçülmüştür. Yağlarda 10 gün bırakılan metal örnekler daha sonra %3,5 NaCl çözeltisi içerisine bırakılıp korozyon davranışlarının değişimleri belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada koruyucu yağların korozyona engel olduğu görülmüştür (Toprak, 2007).

Fan ve ark. (2004), ağır yağın aquathermolysisindeki minerallerin katalitik etkilerini çalışmışlardır. Yapılan çalışmada ağır yağların sıcaklıkla ortalama molekül ağırlığı ve viskozite değişimi, içerdiği su miktarı ve reaksiyon zamanı incelenmiştir. Ağır yağların, buhar enjeksiyonu şartlarında aquathermolyse dayanıklı olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçlar ağır yağın aquathermolysisini minerallerin hızlandırabileceğini, viskozitesini ve ortalama moleküler ağırlığını azaltabileceğini göstermiştir. Yapısında su bulduran mineraller ağır yağın aquathermolysisine katalitik etki yapmış, reaksiyon sistemine yapısında su bulduran mineraller ağırlıkça %10 oranında eklendiğinde ağır yağın viskozitesini %36,9 oranında azaltarak 88,5 ten 55,8 Pas indirdiği gözlenmiştir. Ortalama molekül ağırlığını %19,1 oranında düşürerek 587 den 475'e indirdiği gözlenmiştir (Fan ve ark., 2004).

Uysal (2006), yapmış olduğu çalışmada petrol fraksiyonlarının bakterilerle etkileştirilip biyolojik bozunmasını incelemiş ve bu değışimlerin petrolün fiziksel ve kimyasal özelliklerini nasıl etkilediğini gözlemlemiştir. 4 farklı petrol numunesi ve biyodizel numunesi ile bakterilerin 4 haftalık inkübasyonu sonunda yapılan kimyasal analizler, petrol fraksiyonlarının yapısında, özellikle n-parafinlerde, değışiklikler olduğunu göstermiştir. Petrolün yapısındaki bu değışimin, viskozite, yoğunluk ve kırıma indisine etkileri incelenmiştir (Uysal, 2006).

Siekmann ve ark. (1982), iyot numarası 128 olan soya yağı metil esteri (SYME) ve iyot numarası 17 olan babassu yağı metil esterini (BYME), yağlama yağına %5, %10 ve %20 oranlarında ilave ederek laboratuvar motor testleri gerçekleştirmiştir. Deneyler esnasında Toplam Baz Sayısı (TBN) azalmış ve SYME'nin daha büyük karışımlarında TBN değeriindeki düşüş oranlarının daha da arttığı görülmüştür. TBN değeri 9,75 mgKOH/g'den 5,5 mgKOH/g'e düşmüştür. Yapılan laboratuvar testleri çift bağ miktarının artan viskozite ve azalan TBN üzerinde önemli etkisinin olduğunu göstermiştir (Siekmann, R.W., ve Ark., 1982).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Tüm deneysel çalışmalar Saray Keresteciler Sanayi Sitesi 1. Cadde No:33 Kazan/Ankara adresinde bulunan Özpetrorom Madeni Yağ, Kimya, Gres, San. Tic. Ltd. Şti. firmasına ait kalite kontrol laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler ve deneylerde kullanılan yöntemler aşağıdaki gibi açıklanmıştır.

4.1. Kinematik Viskozite Ölçümleri

Viskozite ölçümlerinde Nisan 1999 tarihinde yayımlanan TS 1451 EN ISO 3104 Petrol Ürünleri- Saydam ve Opak Sıvılar- Kinematik Viskozite Tayini ve Dinamik Viskozitenin Hesaplanması standardı esas alınmış ve ölçümler standartta belirtildiği gibi yapılmıştır. Ölçüm metodu; tekrarlanabilir bir kolon basıncı altında kontrol edilebilen bir sıcaklıkta, bir sıvının belirli bir hacminin kalibre edilmiş bir viskozimetre tüpünün kapilerinden yerçekimi etkisiyle akması için geçen sürenin (saniye olarak), viskozimetre kalibrasyon sabiti ile çarpımı sonucu bulunur (Anonim, 1999). Ölçümlerde viskozimetre tüpünde 7-10 ml numune kullanılmıştır.

40 °C'deki ölçümlerde, SI Analytcs marka, 200 kapiler numaralı, $C= 0,09392 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ kalibrasyon sabitli, Cannon Fenske routine tipi viskozite ölçüm tüpü, sıcaklık kontrollü banyo olarak 0,1 °C hassasiyette ölçüm yapabilen PID kontrollü İTK marka ısıtıcılı banyo ve sıcaklık kontrolü için civalı ASTM 18C (34-42 °C) termometresi, zaman ölçümü için 0,1 s veya daha küçük değerlerin okunmasına imkan veren zaman ölçme cihazı kullanılmıştır.

100 °C'deki ölçümlerde, SI Analytcs marka, 150 kapiler numaralı, $C= 0,03291 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ kalibrasyon sabitli, Cannon Fenske routine tipi viskozite ölçüm tüpü, sıcaklık kontrollü banyo olarak 0,1 °C hassasiyette ölçüm yapabilen PID kontrollü İTK marka ısıtıcılı banyo ve sıcaklık kontrolü için civalı ASTM 25C (95,5-104,5 °C) termometresi, zaman ölçümü için 0,1 s veya daha küçük değerlerin okunmasına imkan veren zaman ölçme cihazı kullanılmıştır.

$$v = s \cdot C \quad (4.1)$$

Burada;

v = Kinematik viskozite ($\text{mm}^2/\text{s} = \text{cSt}$)

s : Viskozitesi ölçülecek sıvının tüp içerisinde saniye olarak akma süresi

C : Viskozite ölçüm tüpü kalibrasyon sabiti (mm^2/s^2)

4.2. Viskozite İndeksi Hesaplama

Viskozite İndeksi hesaplamalarında Ekim 1997 tarihinde yayınlanan TS 3096 ISO 2909, Petrol Ürünleri - Kinematik Viskoziteden Viskozite İndeksinin Hesaplanması standardı esas alınmıştır. Hesaplama metodu; viskozite indeksi 100 ve daha küçük olan petrol ürünleri için ve viskozite indeksi 100 veya daha büyük olan petrol ürünleri için ayrı ayrı şekillerde yapılmaktadır.

4.2.1. Viskozite indeksi 100 ve daha küçük olan petrol ürünleri için hesaplama

Petrol ürününün 100°C 'deki kinematik viskozitesi $70 \text{ mm}^2/\text{s}$ 'ye eşit veya daha küçük ise çizelgeden bu değere karşılık gelen L ve D değerleri okunur. Ölçülen kinematik viskozite değerleri çizelgede mevcut değilse, fakat çizelgede verilen aralık içinde kalıyorsa, bu durumda lineer interpolasyon yapılarak istenen değerler elde edilir. Bizim yapmış olduğumuz deneylerde 100°C 'deki kinematik viskozitesi $70 \text{ mm}^2/\text{s}$ 'den küçük olduğu için L ve D değerleri tablolardan alınmıştır.

Buna göre viskozite indeksi (VI), aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$VI = \frac{L-U}{D} \cdot 100 \text{ veya } VI = \frac{L-U}{L-H} \cdot 100 \quad (4.2)$$

Burada;

U : Viskozite indeksi hesaplanacak olan petrol ürününün 40°C 'deki kinematik viskozitesi, mm^2/s

$D=L-H$

H: Viskozite indeksi hesaplanacak olan petrol ürününü ile 100 °C’de aynı kinematik viskoziteye sahip olan 100 viskozite indeksli bir petrol ürününün 40 °C’deki kinematik viskozitesi, mm²/s’dir

L: Viskozite indeksi hesaplanacak olan petrol ürününü ile 100 °C’de aynı kinematik viskoziteye sahip olan 0 viskozite indeksli bir petrol ürününün 40 °C’deki kinematik viskozitesi, mm²/s’dir.

4.2.2. Viskozite indeksi 100 veya daha büyük olan petrol ürünleri İçin hesaplama

Viskozite indeksi (VI), aşağıdaki bağlantıdan hesaplanır:

$$VI = \frac{\text{antilog}N-1}{0,00715} + 100 \quad (4.3)$$

$$N = \frac{\log H - \log U}{\log Y} \quad (4.4)$$

Burada;

U: Viskozite indeksi hesaplanacak olan petrol ürününün 40 °C’deki kinematik viskozitesi, mm²/s

Y: Viskozite indeksi hesaplanacak olan petrol ürününün 100 °C’deki kinematik viskozitesi, mm²/s

H: Viskozite indeksi hesaplanacak olan petrol ürününü ile 100 °C’de aynı kinematik viskoziteye sahip olan 100 viskozite indeksli bir petrol ürününün 40 °C’deki kinematik viskozitesi, mm²/s’dir. H değeri çizelgeden okunur (Anonim, 1997).

4.3. Parlama Noktası Ölçümleri

Parlama noktası ölçümleri TS EN ISO 2592 Mart 2006 Petrol Ürünleri-Parlama ve Yanma Noktası Tayini-Cleveland Açık Kap Metodu kullanılarak yapılmıştır.

Ölçüm metodu; işaretleme çizgisine kadar numune ile doldurulmuş numune kabı cihazda yerine konulur ve ölçüm yapacak termometre sadece numune ile temas edecek şekilde cihaza yerleştirilir. Gaz tüpü, dedantör ve gaz muslukları açılarak cihazın alevi yakılır ve alevlenmenin olduğu sıcaklık termometreden okunarak kaydedilir (Anonim, 2006).

Ölçümlerde ısıtıcı olarak İTK marka açık kap alevlenme noktası cihazı ve civalı ASTM 114C (84-376 °C) termometresi kullanılmıştır.

4.4. Akma Noktası Ölçümleri

Akma noktası ölçümleri TS 1233 ISO 3016 Temmuz 1997 Petrol Ürünleri – Akma Noktası Tayini standardı esas alınarak yapılmıştır.

Ölçüm Metodu; ön ısıtmadan sonra numune, işaret çizgisine kadar, akma noktası numune tüpüne alınarak tıpası ve termometresi takıldıktan sonra soğutma cihazına yerleştirilir. Belirli bir hızla soğutulan numunenin akış karakteristikleri 3 °C aralıklarla kontrol edilir. Numune hareketinin gözlenebildiği en düşük sıcaklık akma noktası olarak kaydedilir (Anonim, 1997). Ancak yapmış olduğumuz deneylerde 0,1 °C hassasiyetle ölçüm yapılmaya çalışılmıştır.

Ölçümlerde soğutucu olarak İTK marka hava dolaşımli dijital soğutma cihazı kullanılmıştır. Numune tüpleri ve dijital termometrelerin (-50, +150 °C) Türkak tarafından akredite edilmiş UMS Kalibrasyon Laboratuvarı'nda kalibrasyonları yapılmıştır.

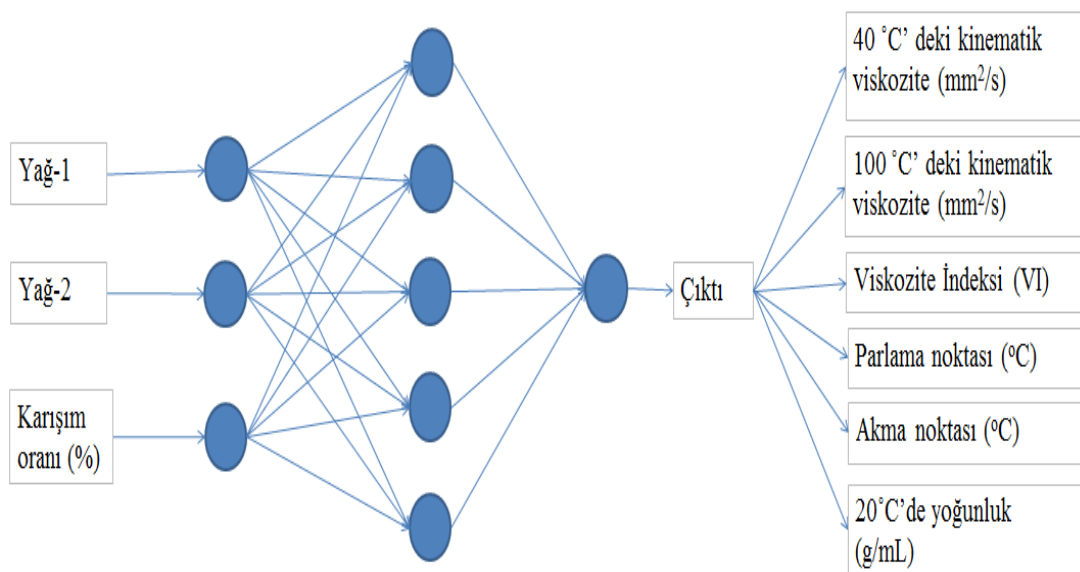
4.5. Yoğunluk Ölçümleri

Yoğunluk ölçümleri TS 1013 EN ISO 3675 Nisan 2002 Ham Petrol ve Sıvı Petrol Ürünleri Yoğunluğun Laboratuvarda Tayini - Hidrometre Metodu kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm Metodu; numune belirli bir sıcaklığa getirilir. Sıcaklığı ayarlanmış uygun hidrometre deney numunesine daldırılır ve dengeye gelmesi beklenir. Sıcaklık dengesine ulaştıktan sonra hidrometre sıkalası okunur. Okunan deney sıcaklığı ve hidrometre değeri standart ölçüm tabloları kullanılarak 15 °C'a çevrilir (Anonim, 2002).

Ölçümlerde kullanılan mezür, termometre ve hidrometrelerin, Türkak tarafından akredite edilmiş UMS Kalibrasyon Laboratuvarı'nda kalibrasyonları yapılmıştır.

4.6. YSA ile Modelleme Çalışmaları

Hazırlanan ikili karışımlardan elde edilen deney sonuçları MATLAB ortamında yapay sinir ağları (YSA) ile modellenmiş ve geliştirilen modeller test edilmiştir. Yapı olarak ileri beslemeli geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Seçilerek kurulan ağ yapısı Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Seçilen yapay sinir ağı yapısı

Öğrenme algoritması olarak Levenberg-Marquardt yöntemi seçilmiştir. Ağ, Şekil 4.1'de de görüldüğü gibi 1 girdi katmanı, 1 ara katman ve 1 çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi katmanında 3, ara katmanda 5 ve çıktı katmanında 1 nöron kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak logaritmik sigmoid, tanjant sigmoid ve lineer fonksiyonlar seçilmiştir. Girdi olarak, karışımdaki 1. yağ, karışımdaki 2. yağ ve hacimsel olarak karışım oranı kullanılmıştır. Çıktılar, karışım sonucu elde edilmek istenen 40 °C kinematik viskozite (mm^2/s), 100 °C' deki kinematik viskozite (mm^2/s), viskozite indeksi (VI), parlama noktası (°C), akma noktası (°C) veya 20 °C'de yoğunluk (g/mL) olarak sıralanabilir. Her bir ikili karışımın elde edilmek istenen herhangi bir özelliğinin belirlenmesi için (örneğin 40 °C' deki Kinematik Viskozitesi (mm^2/s)) toplam 88 veri kullanılmış ve bu 88 veriden 61 tanesi ağı eğitmek için geriye kalan 27 tanesi ise test işlemi için kullanılmıştır. Verilerin eğitim ve test kümelerine ayrılması gelişigüzel (*'random'*) olarak yapılmıştır. Eğitilen ve test edilen modeller ile yapay sinir ağlarından elde edilen sonuçlar Şekil 5.7 – Şekil 5.18'de verilmiştir.

5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında ham petrol kökenli parafinik esaslı mineral baz yağların (SN-80, SN-100, SN-150, SN-350, SN-500) farklı karışımlarının karakterizasyonu konusu ile ilgili olarak karışımlarda, SN-80, SN-100 (*Spindle Oil*), SN-150 (*Light neutral oil*), SN-350 ve SN-500 (*Heavy neutral oil*) baz yağları kullanılmıştır. Karışım oranları %0-%100 arasında %10'luk hacimsel değişimlerle SN80-SN100, SN80-SN150, SN80-SN350, SN80-SN500, SN100-SN150, SN100-SN350, SN100-SN500, SN150-SN350, SN150-SN500 ve SN350-SN500 ikilileri kullanılarak ayarlanmış toplamda 5 tanesi ham yağlar (SN-80, SN-100, SN-150, SN-350, SN-500) olmak üzere toplam 95 adet karışım elde edilmiştir. Elde edilen karışımların 40 °C ve 100 °C' deki kinematik viskoziteleri (mm^2/s), viskozite indeksleri, parlama noktaları (°C), akma noktaları (°C) ve 20 °C'de yoğunluk (g/mL) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen deney sonuçları Çizelge 5.1 - Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.1. SN 80 - SN 100 Karışımlarına yapılan deney sonuçları

DENEYLER	%100- %0	%90- %10	%80- %20	%70- %30	%60- %40	%50- %50	%40- %60	%30- %70	%20- %80	%10- %90	%0- %100
Kinematik Vizkozite 40 °C 'de (mm ² /s)	12,871	13,317	13,794	14,077	14,666	14,948	15,365	15,768	16,259	16,623	17,246
Kinematik Vizkozite 100 °C 'de (mm ² /s)	3,089	3,209	3,209	3,267	3,328	3,382	3,407	3,432	3,487	3,538	3,577
Viskozite İndeksi	96,48	99,91	94,05	97,40	93,63	96,38	90,84	85,80	84,27	85,06	78,22
Parlama Noktası (°C)	175	176	176	176	177	177	178	178	179	179	180
Akma Noktası (°C)	-12,2	-12,3	-10,6	-10,9	-8,3	-8,7	-8,3	-8,1	-7,6	-7,5	-13,0
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	0,838	0,840	0,843	0,846	0,849	0,852	0,855	0,857	0,860	0,862	0,865

Çizelge 5.2. SN 80 - SN 150 Karışımlarına yapılan deney sonuçları

DENEYLER	%100- %0	%90- %10	%80- %20	%70- %30	%60- %40	%50- %50	%40- %60	%30- %70	%20- %80	%10- %90	%0- %100
Kinematik Vizkozite 40 °C 'de (mm ² /s)	12,871	13,464	15,432	16,610	18,041	19,841	21,681	23,838	26,766	27,528	31,578
Kinematik Vizkozite 100 °C 'de (mm ² /s)	3,089	3,188	3,414	3,589	3,748	3,981	4,191	4,398	4,718	4,837	5,271
Viskozite İndeksi	96,48	98,93	90,50	94,03	90,47	92,36	91,56	87,56	89,97	94,22	96,57
Parlama Noktası (°C)	175	181	183	185	187	189	191	193	195	198	203
Akma Noktası (°C)	-12,2	-11,5	-11,9	-11,5	-11,7	-12,2	-11,8	-12,5	-12,9	-13,1	-14,8
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	0,838	0,841	0,845	0,847	0,850	0,854	0,858	0,860	0,864	0,866	0,870

Çizelge 5.3. SN 80 - SN 350 Karışımlarına yapılan deney sonuçları

DENEYLER	%100- %0	%90- %10	%80- %20	%70- %30	%60- %40	%50- %50	%40- %60	%30- %70	%20- %80	%10- %90	%0- %100
Kinematik Vizkozite 40 °C 'de (mm ² /s)	12,871	15,118	17,085	19,237	22,065	25,521	29,456	34,498	40,655	46,363	55,362
Kinematik Vizkozite 100 °C 'de (mm ² /s)	3,089	3,418	3,669	3,952	4,290	4,657	5,140	5,611	6,184	6,714	7,371
Viskozite İndeksi	96,48	98,62	97,13	98,87	98,62	96,98	102,50	99,40	96,83	96,64	91,61
Parlama Noktası (°C)	175	179	184	189	194	198	204	207	210	214	218
Akma Noktası (°C)	-12,2	-11,6	-10,8	-11,5	-11,1	-10,8	-11,2	-10,6	-10,9	-11,4	-11,7
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	0,838	0,841	0,845	0,849	0,852	0,858	0,861	0,866	0,869	0,873	0,877

Çizelge 5.4. SN 80 - SN 500 Karışımlarına yapılan deney sonuçları

DENEYLER	%100- %0	%90- %10	%80- %20	%70- %30	%60- %40	%50- %50	%40- %60	%30- %70	%20- %80	%10- %90	%0- %100
Kinematik Vizkozite 40 °C 'de (mm ² /s)	12,871	15,778	18,463	22,290	26,578	32,361	39,975	48,465	62,164	75,870	97,431
Kinematik Vizkozite 100 °C 'de (mm ² /s)	3,089	3,506	3,932	4,374	4,912	5,502	6,224	7,030	8,173	9,157	10,653
Viskozite İndeksi	96,48	98,45	107,10	104,80	108,20	105,70	101,70	101,40	98,61	94,54	91,07
Parlama Noktası (°C)	175	182	184	187	196	200	203	213	219	227	240
Akma Noktası (°C)	-12,2	-11,2	-11,0	-10,9	-11,0	-11,7	-11,3	-11,5	-11,2	-11,3	-12,8
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	0,838	0,842	0,847	0,850	0,853	0,859	0,863	0,867	0,871	0,876	0,880

Çizelge 5.5. SN 100 - SN 150 Karışımlarına yapılan deney sonuçları

DENEYLER	%100- %0	%90- %10	%80- %20	%70- %30	%60- %40	%50- %50	%40- %60	%30- %70	%20- %80	%10- %90	%0- %100
Kinematik Vizkozite 40 °C 'de (mm ² /s)	17,246	18,297	19,221	20,253	21,216	22,567	24,268	25,666	27,474	29,544	31,578
Kinematik Vizkozite 100 °C 'de (mm ² /s)	3,577	3,732	3,868	4,126	4,254	4,372	4,526	4,687	4,883	5,043	5,271
Viskozite İndeksi	78,22	82,74	86,63	103,80	104,70	101,00	97,29	98,37	98,96	94,64	96,57
Parlama Noktası (°C)	180	182	184	186	189	193	196	197	198	201	203
Akma Noktası (°C)	-13,0	-11,2	-11,1	-11,2	-11,7	-12,0	-12,7	-12,8	-12,8	-14,6	-14,8
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	0,865	0,865	0,866	0,866	0,866	0,867	0,867	0,867	0,868	0,868	0,870

Çizelge 5.6. SN 100 - SN 350 Karışımlarına yapılan deney sonuçları

DENEYLER	%100- %0	%90- %10	%80- %20	%70- %30	%60- %40	%50- %50	%40- %60	%30- %70	%20- %80	%10- %90	%0- %100
Kinematik Vizkozite 40 °C 'de (mm ² /s)	17,246	20,079	21,465	24,027	26,834	29,959	33,107	38,703	44,257	48,929	55,362
Kinematik Vizkozite 100 °C 'de (mm ² /s)	3,577	3,940	4,143	4,474	4,789	5,141	5,467	6,006	6,437	6,863	7,371
Viskozite İndeksi	78,22	81,97	88,35	94,36	96,38	99,10	99,31	97,68	92,56	93,40	91,61
Parlama Noktası (°C)	180	187	190	194	196	198	200	202	208	212	218
Akma Noktası (°C)	-13,0	-7,9	-7,8	-7,7	-7,6	-8,8	-8,9	-9,2	-9,3	-10,9	-11,7
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	0,865	0,867	0,868	0,869	0,870	0,872	0,873	0,874	0,875	0,876	0,877

Çizelge 5.7. SN 100 - SN 500 Karışımlarına yapılan deney sonuçları

DENEYLER	%100- %0	%90- %10	%80- %20	%70- %30	%60- %40	%50- %50	%40- %60	%30- %70	%20- %80	%10- %90	%0- %100
Kinematik Vizkozite 40 °C 'de (mm ² /s)	17,246	20,166	21,550	25,452	30,084	36,238	43,629	54,286	64,617	79,926	97,431
Kinematik Vizkozite 100 °C 'de (mm ² /s)	3,577	3,992	4,228	4,708	5,173	5,766	6,559	7,487	8,243	9,577	10,653
Viskozite İndeksi	78,22	88,28	98,39	102,10	100,40	98,14	100,80	98,71	94,81	96,46	91,07
Parlama Noktası (°C)	180	182	184	191	193	196	199	210	212	223	240
Akma Noktası (°C)	-13,0	-8,7	-8,4	-9,7	-10,5	-10,9	-11,0	-11,2	-12,1	-12,5	-12,8
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	0,865	0,865	0,866	0,867	0,868	0,870	0,871	0,873	0,875	0,877	0,880

Çizelge 5.8. SN 150 - SN 350 Karışımlarına yapılan deney sonuçları

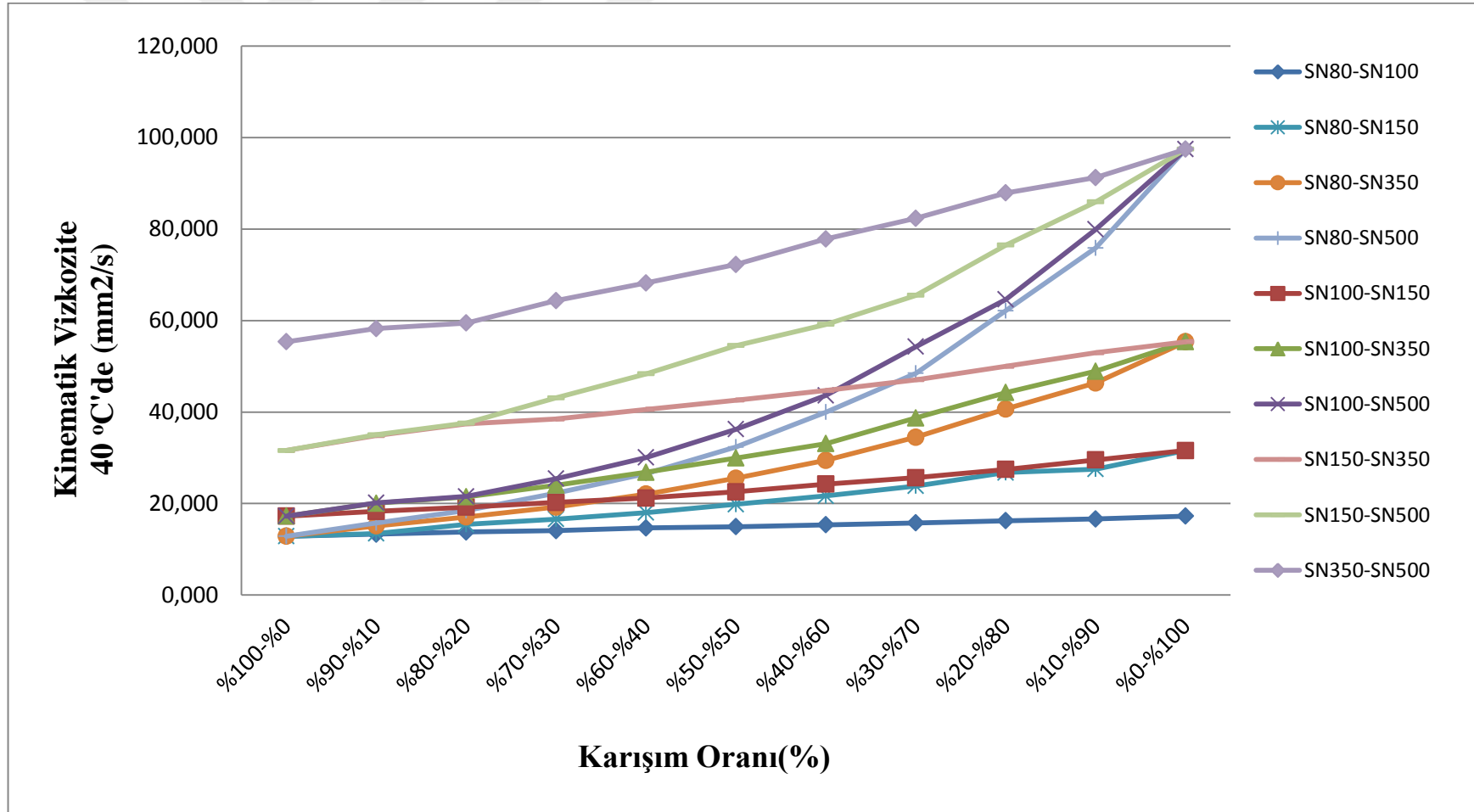
DENEYLER	%100- %0	%90- %10	%80- %20	%70- %30	%60- %40	%50- %50	%40- %60	%30- %70	%20- %80	%10- %90	%0- %100
Kinematik Vizkozite 40 °C 'de (mm ² /s)	31,578	34,842	37,423	38,466	40,574	42,598	44,706	47,051	49,990	52,945	55,362
Kinematik Vizkozite 100 °C 'de (mm ² /s)	5,271	5,521	5,679	5,873	6,134	6,295	6,440	6,649	6,926	7,200	7,371
Viskozite İndeksi	96,57	91,72	86,25	91,90	94,82	93,09	90,79	91,09	92,25	92,87	91,61
Parlama Noktası (°C)	203	205	207	208	211	212	213	214	215	216	218
Akma Noktası (°C)	-14,8	-13,7	-11,9	-13,3	-13,0	-12,9	-11,7	-11,3	-11,2	-11,5	-11,7
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	0,870	0,872	0,873	0,874	0,874	0,875	0,875	0,875	0,876	0,876	0,877

Çizelge 5.9. SN 150 - SN 500 Karışımlarına yapılan deney sonuçları

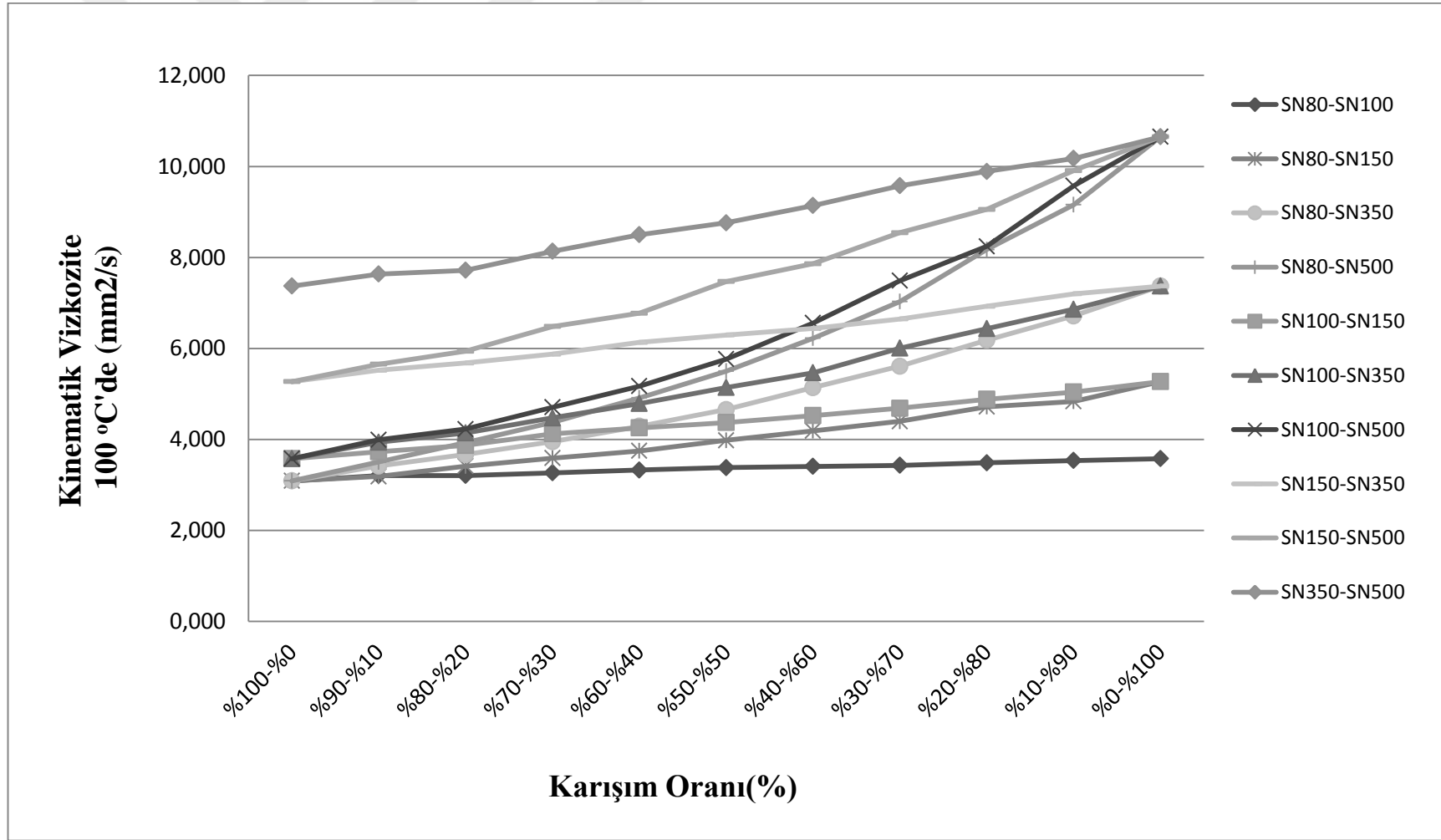
DENEYLER	%100- %0	%90- %10	%80- %20	%70- %30	%60- %40	%50- %50	%40- %60	%30- %70	%20- %80	%10- %90	%0- %100
Kinematik Vizkozite 40 °C 'de (mm ² /s)	31,578	35,016	37,577	43,109	48,359	54,540	59,166	65,521	76,498	85,916	97,431
Kinematik Vizkozite 100 °C 'de (mm ² /s)	5,271	5,653	5,938	6,483	6,774	7,471	7,863	8,545	9,054	9,909	10,653
Viskozite İndeksi	96,57	98,76	100,00	99,58	91,68	97,46	97,07	100,70	90,98	93,50	91,07
Parlama Noktası (°C)	203	207	208	210	211	214	219	220	228	234	240
Akma Noktası (°C)	-14,8	-14,5	-15,5	-15,5	-15,7	-15,5	-15,5	-15,1	-13,9	-12,6	-12,8
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	0,870	0,872	0,872	0,872	0,873	0,874	0,875	0,877	0,878	0,878	0,880

Çizelge 5.10. SN 350 - SN 500 Karışımlarına yapılan deney sonuçları

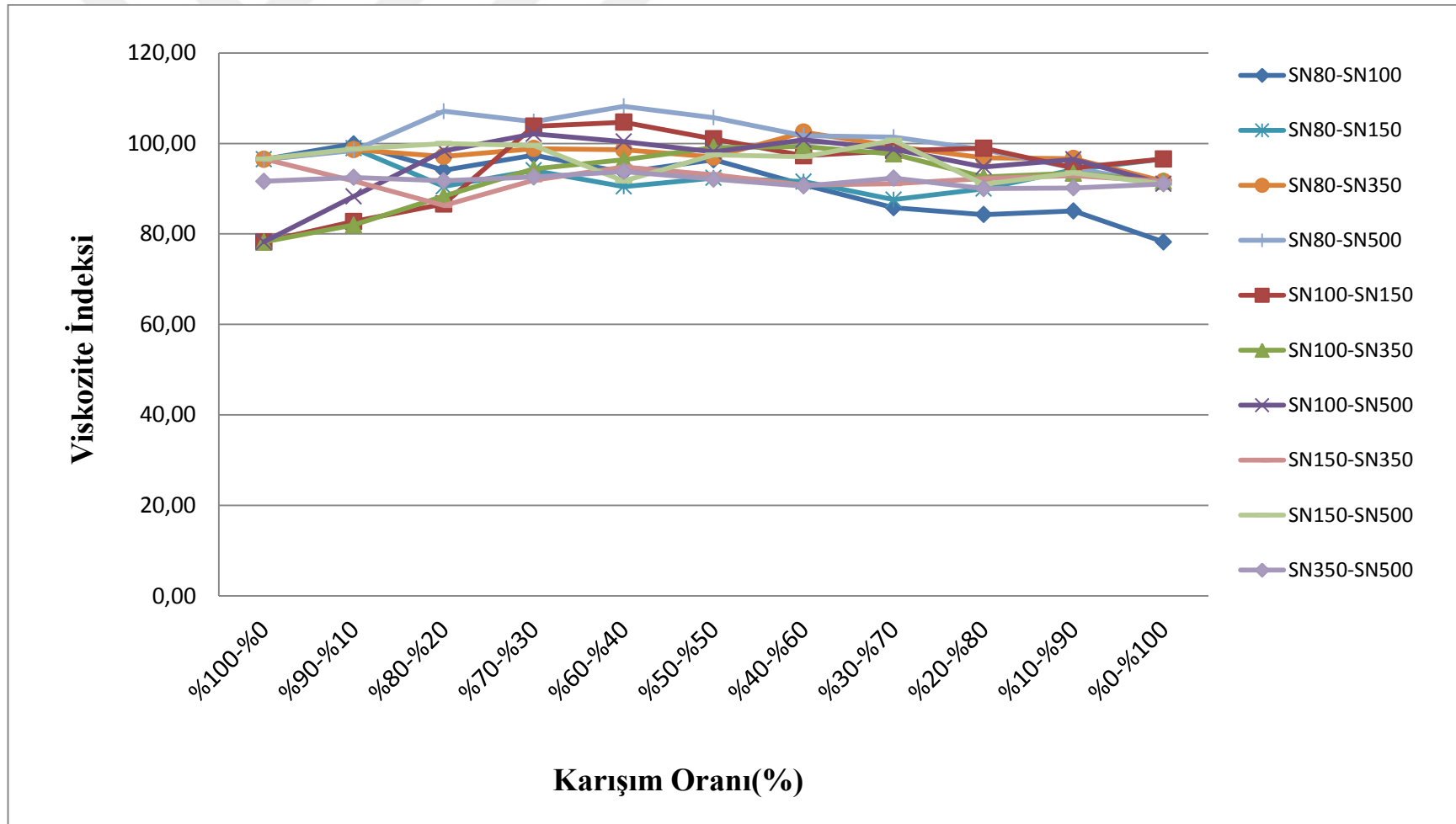
DENEYLER	%100- %0	%90- %10	%80- %20	%70- %30	%60- %40	%50- %50	%40- %60	%30- %70	%20- %80	%10- %90	%0- %100
Kinematik Vizkozite 40 °C 'de (mm ² /s)	55,362	58,240	59,449	64,364	68,209	72,234	77,813	82,342	87,871	91,231	97,431
Kinematik Vizkozite 100 °C 'de (mm ² /s)	7,371	7,635	7,718	8,136	8,501	8,762	9,142	9,575	9,889	10,175	10,653
Viskozite İndeksi	91,61	92,49	91,73	92,58	93,79	92,11	90,59	92,35	90,01	90,17	91,07
Parlama Noktası (°C)	218	222	223	225	226	227	230	233	235	237	240
Akma Noktası (°C)	-11,7	-10,9	-10,2	-11,1	-11,7	-11,7	-11,9	-12,3	-12,6	-12,7	-12,8
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	0,877	0,877	0,877	0,877	0,878	0,878	0,878	0,878	0,879	0,879	0,880



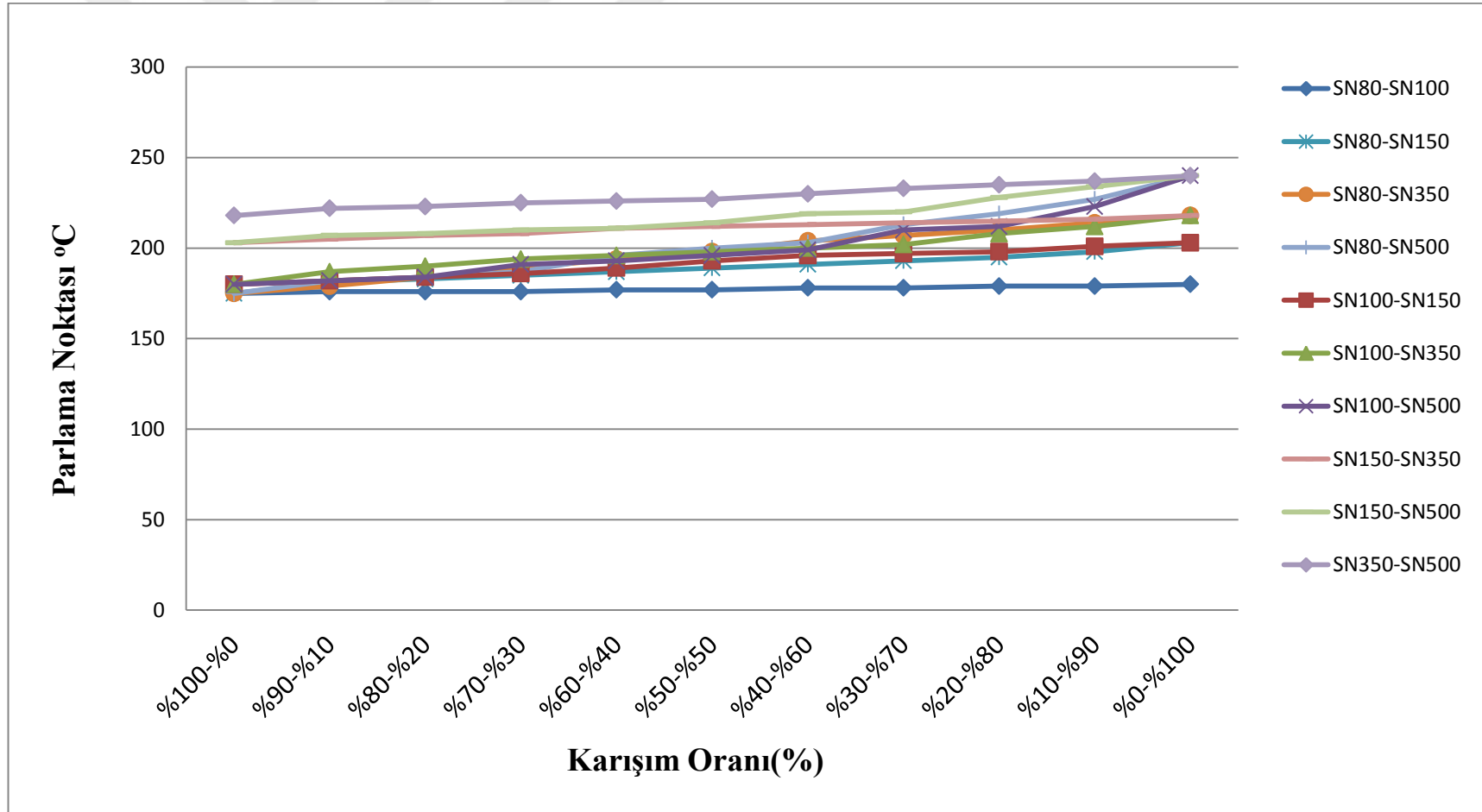
Şekil 5.1. Karışım oranı (%) - 40 °C kinematik vizkozite grafiği



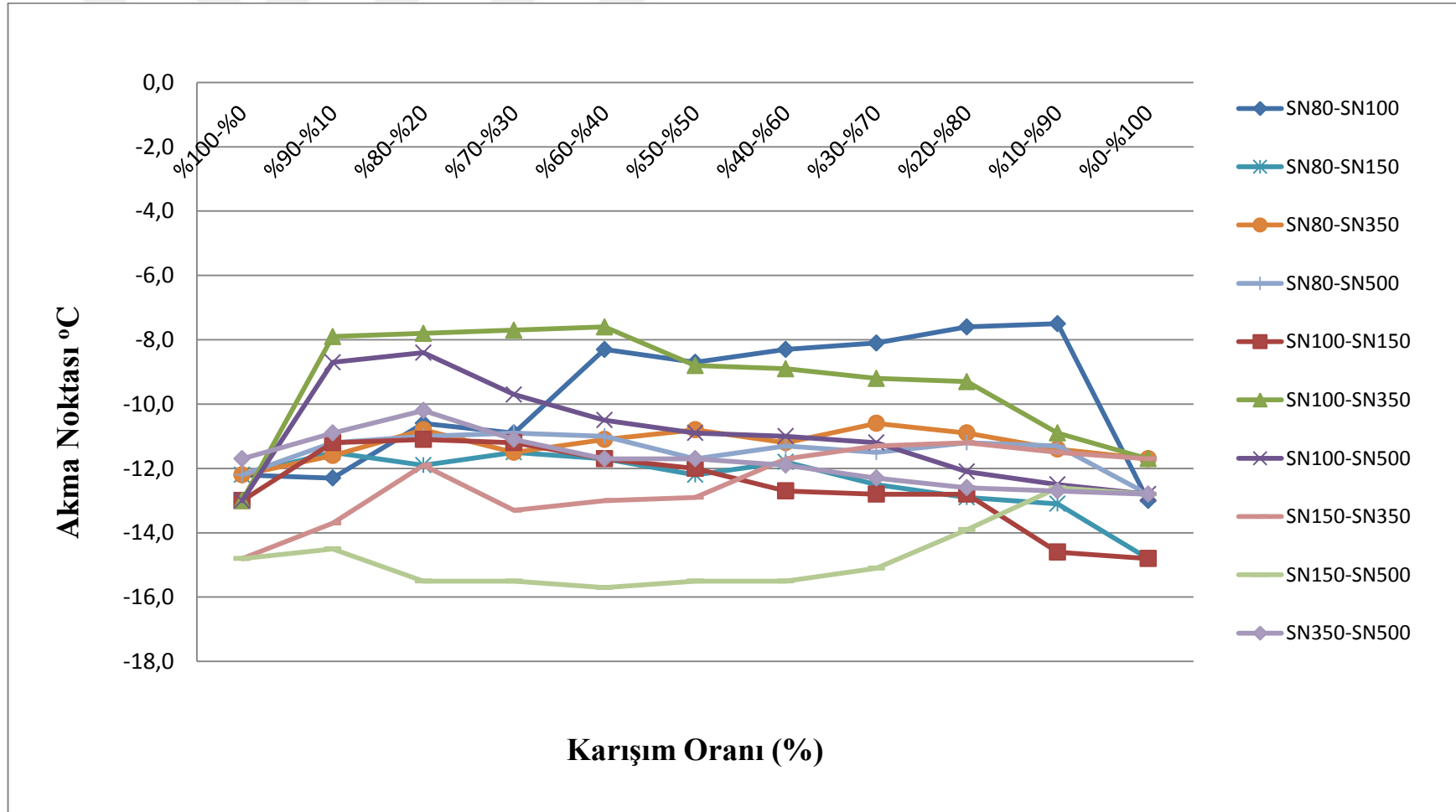
Şekil 5.2. Karışım oranı (%) - 100 °C kinematik vizkozite grafiği



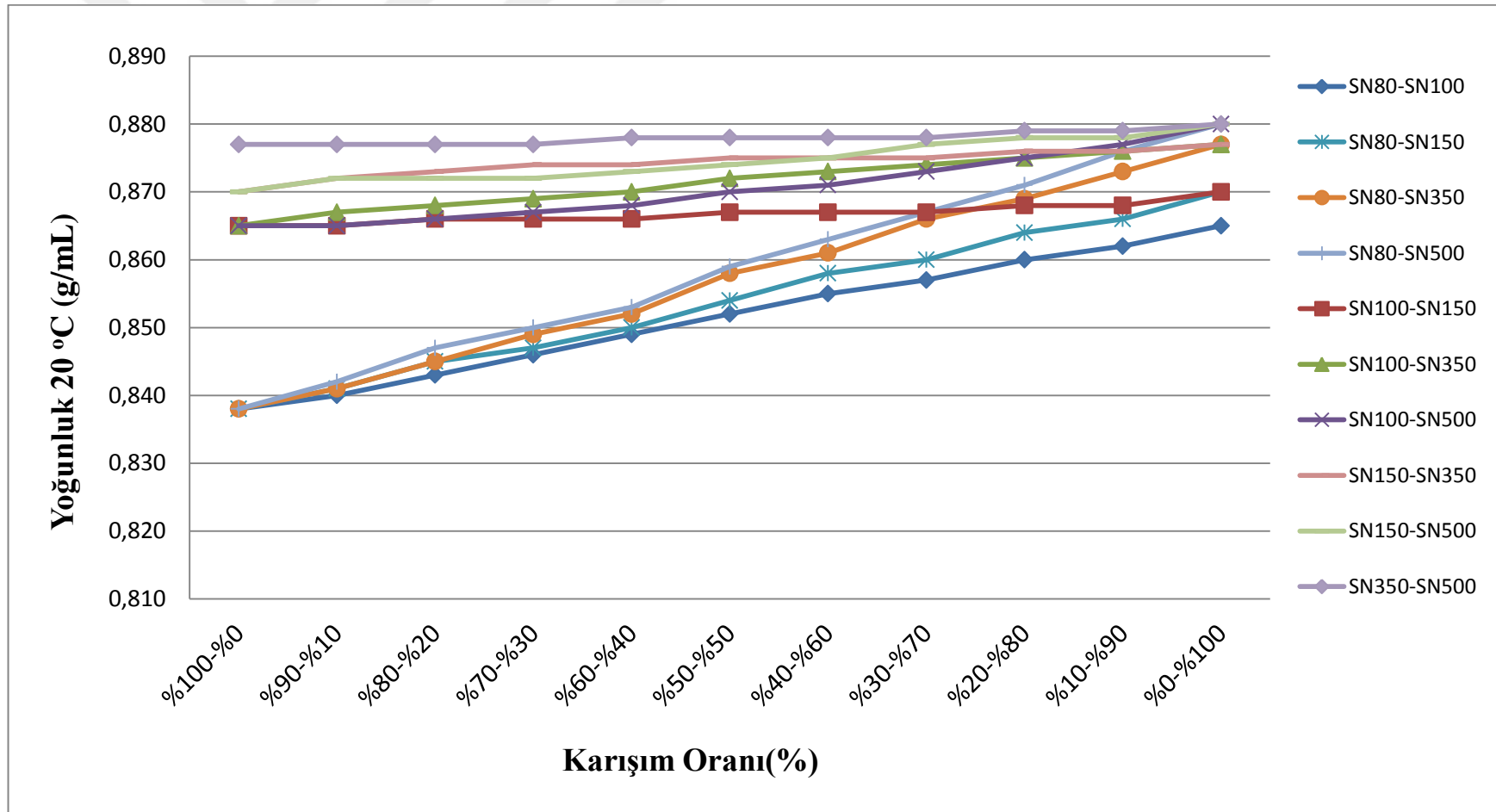
Şekil 5.3. Karışım oranı (%) - vizkozite indeksi grafiği



Şekil 5.4. Karışım oranı (%) – parlama noktası grafiği



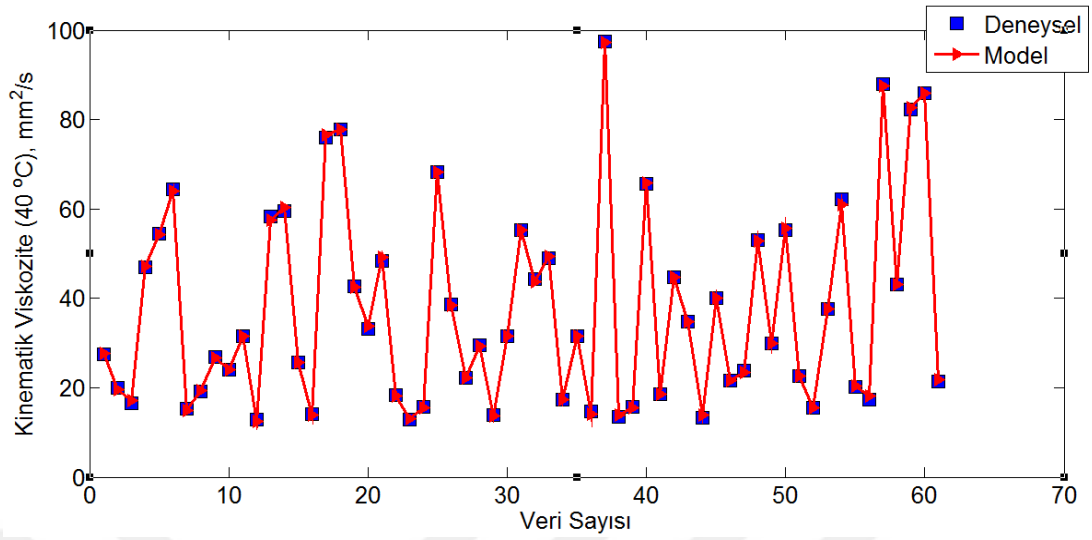
Şekil 5.5. Karişım oranı (%) – akma noktası grafiği



Şekil 5.6. Karışım oranı (%) – 20 °C yoğunluk grafiği

Yukarıda verilen çizelgeler 5.1 – 5.10 ve şekiller (grafikler) 5.1 – 5.6 ayrı ayrı incelendiğinde SN-80'den SN-500'e kadar olan yağların kimyasal yapılarında bulunan karbon sayılarındaki artışa bağlı olarak elde edilen karışımların da fiziksel özelliklerinin nicel değerlerinde sürekli artış olduğu ancak viskozite indeksleri ve akma noktaları ($^{\circ}\text{C}$) özelliklerinin nicel değerlerinde sapmalar olduğu gözlenmiştir. Yapılan ikili karışımlardan elde edilen deney sonuçlarına göre en yüksek değişimler SN-80 ve SN-500 baz yağlarından elde edilen karışımlarda gözlenirken (Örneğin 40°C 'deki kinematik viskozite değerleri 12,871 ile 97,431 arasında değişirken) en düşük değişimler SN-80 ve SN-100 baz yağlarından elde edilen karışımlarda (Örneğin 100°C 'deki kinematik viskozite değerleri 3,089 ile 3,577 arasında değişmiştir) gözlenmiştir. Elde edilen verilerle geliştirilen ağ yapısında da yapılan gözlemlere paralel olarak, 40°C ve 100°C sıcaklıklardaki kinematik viskoziteler (mm^2/s), parlama noktaları ($^{\circ}\text{C}$) ve 20°C 'de yoğunluk (g/mL) ölçümleri için oldukça doğru sonuçlar üretmiş ancak viskozite indeksleri ve akma noktaları ($^{\circ}\text{C}$) için daha düşük seviyede öngörüle bulunabilmiştir.

Elde edilen deney sonuçları matlab ortamında yapay sinir ağları (YSA) ile modellenmiş ve model test edilmiştir. Eğitilen ve test edilen modeller ile yapay sinir ağlarından elde edilen sonuçlar Şekil 5.7 – Şekil 5.18'de verilmiştir.

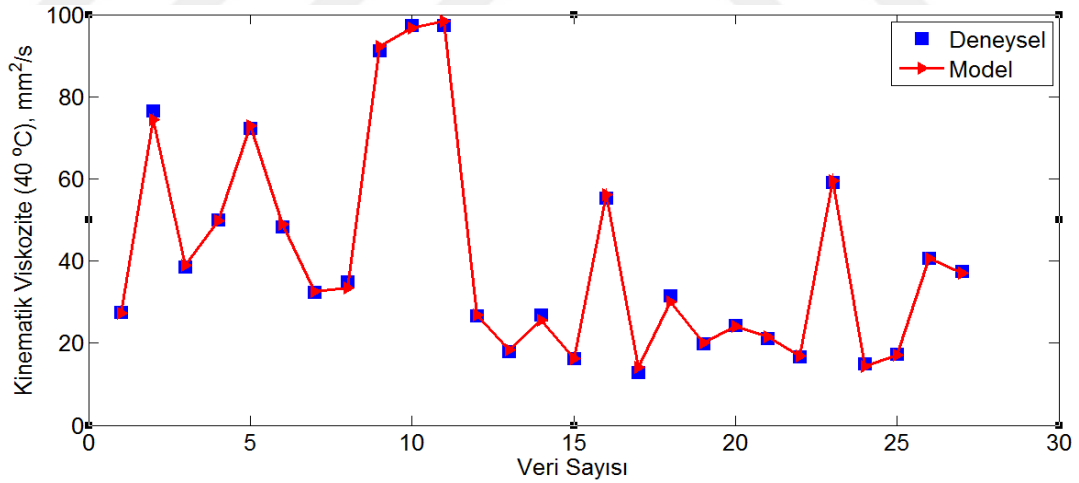


Şekil 5.7. Yapay sinir ağı 40 °C' deki kinematik viskozite (mm^2/s) eğitim sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Eğitim) MAPE = 1,0109

Korelasyon Katsayısı (Eğitim) R = 0,9999

Root Mean Squared Error (Eğitim) RMSE = 0,3776

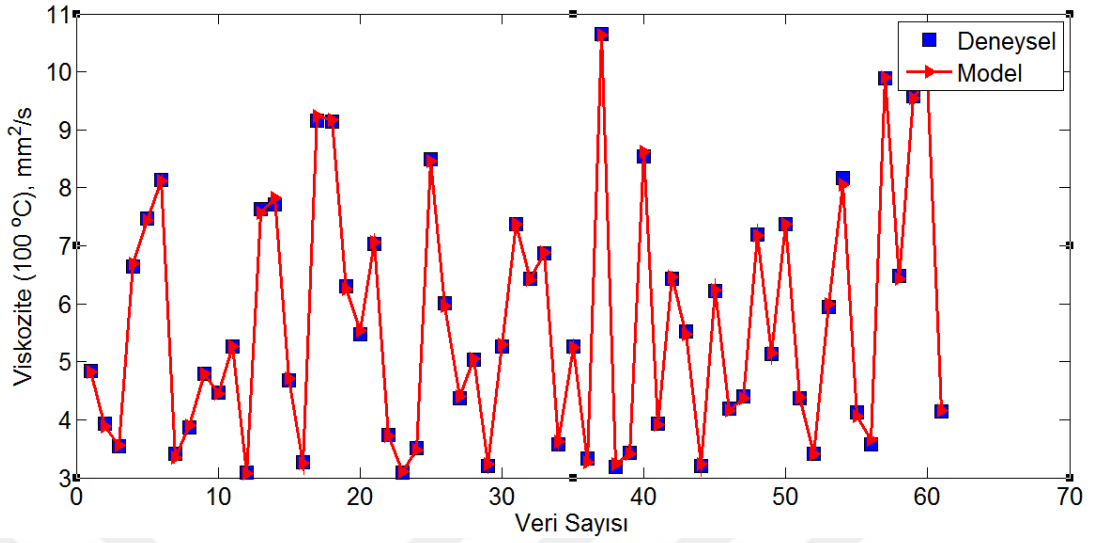


Şekil 5.8. Yapay sinir ağı 40 °C' deki kinematik viskozite (mm^2/s) test sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Test) MAPE = 1,8771

Korelasyon Katsayısı (Test) R = 0,9995

Root Mean Squared Error (Test) RMSE = 0,8097

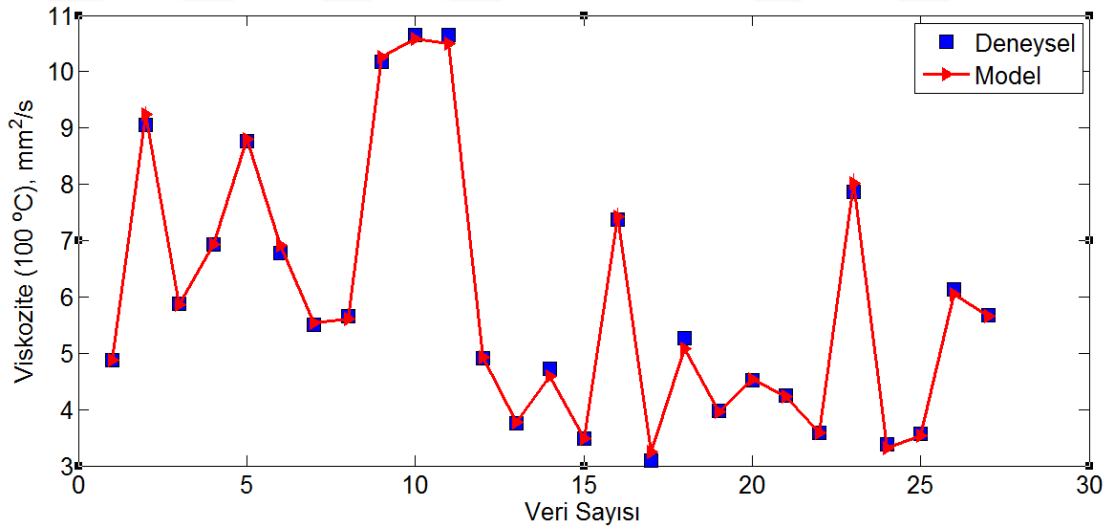


Şekil 5.9. Yapay sinir ağı 100 °C' deki kinematik viskozite (mm^2/s) eğitim sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Eğitim) MAPE = 0,6418

Korelasyon Katsayısı (Eğitim) R = 0,9998

Root Mean Squared Error (Eğitim) RMSE = 0,0419

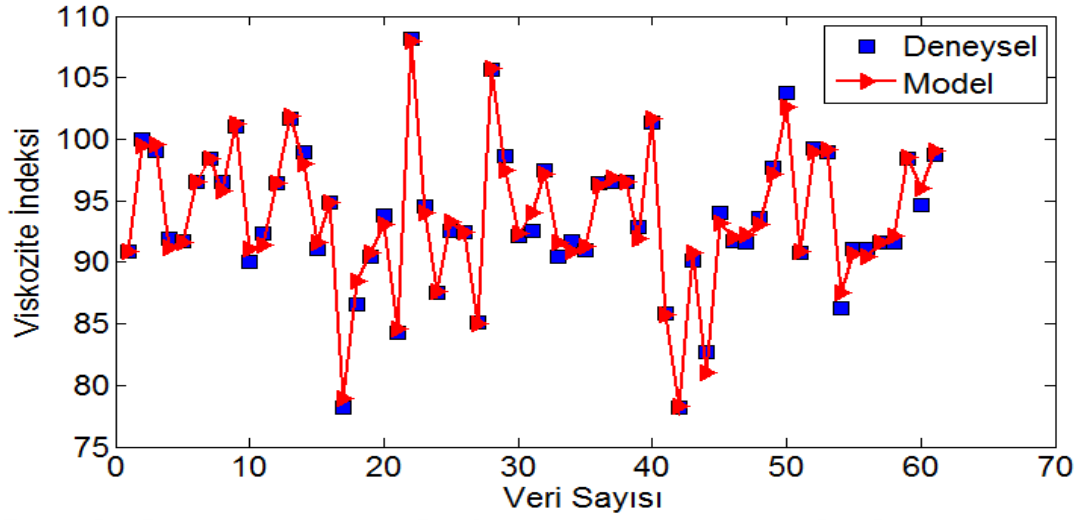


Şekil 5.10. Yapay sinir ağı 100 °C' deki kinematik viskozite (mm^2/s) test sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Test) MAPE = 1,1522

Korelasyon Katsayısı (Test) R = 0,9992

Root Mean Squared Error (Test) RMSE = 0,0896

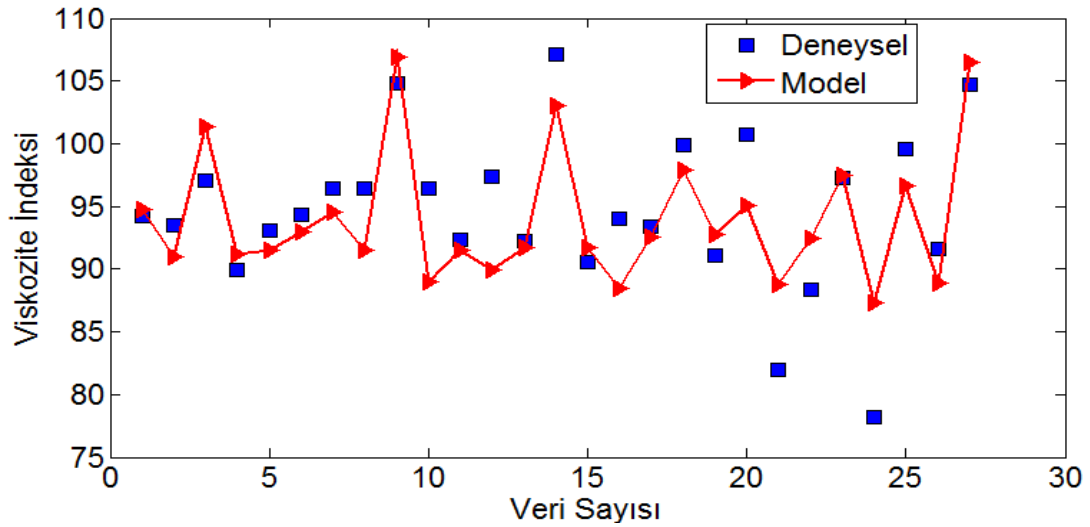


Şekil 5.11. Yapay sinir ağı viskozite indeksi eğitim sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Eğitim) MAPE = 0,5523

Korelasyon Katsayısı (Eğitim) R = 0,9931

Root Mean Squared Error (Eğitim) RMSE = 0,6838

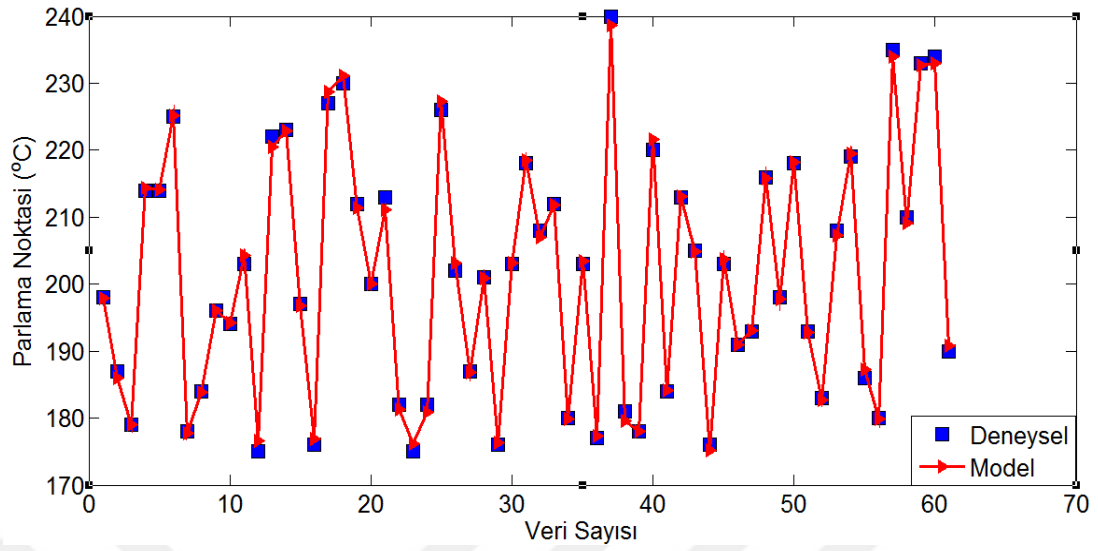


Şekil 5.12. Yapay sinir ağı viskozite indeksi test sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Test) MAPE = 3,4144

Korelasyon Katsayısı (Test) R = 0,7726

Root Mean Squared Error (Test) RMSE = 3,9978

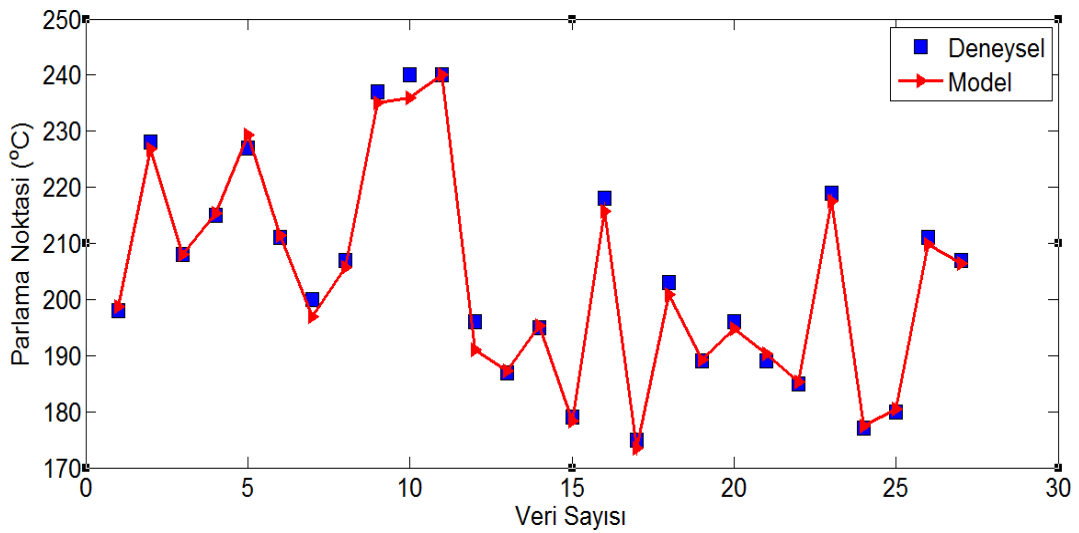


Şekil 5.13. Yapay sinir ağı parlama noktası (°C) eğitim sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Eğitim) MAPE = 0,2917

Korelasyon Katsayısı (Eğitim) R = 0,9991

Root Mean Squared Error (Eğitim) RMSE = 0,7935

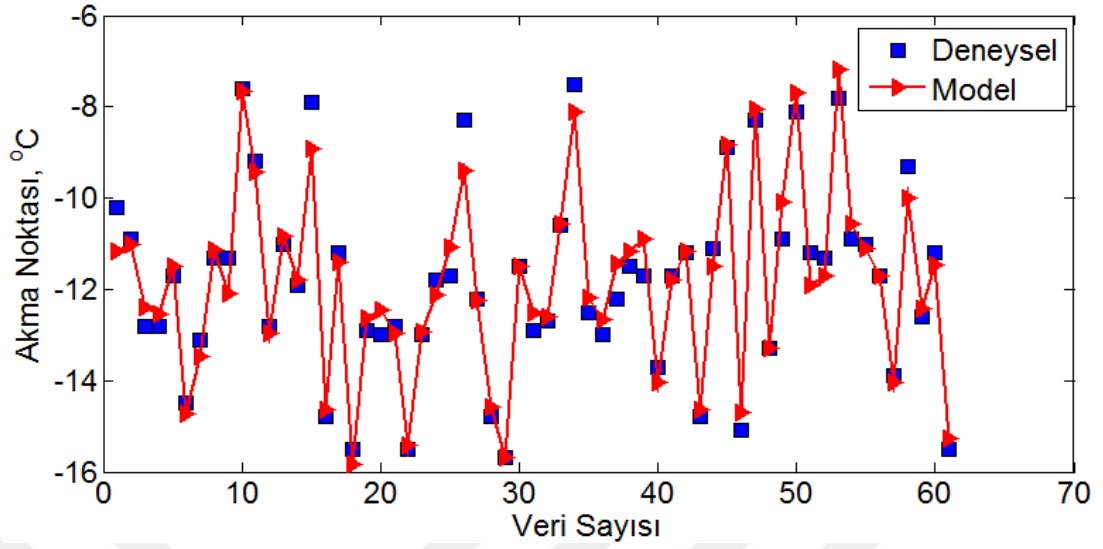


Şekil 5.14. Yapay sinir ağı parlama noktası (°C) test sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Test) MAPE = 0,6228

Korelasyon Katsayısı (Test) R = 0,9965

Root Mean Squared Error (Test) RMSE = 1,7573

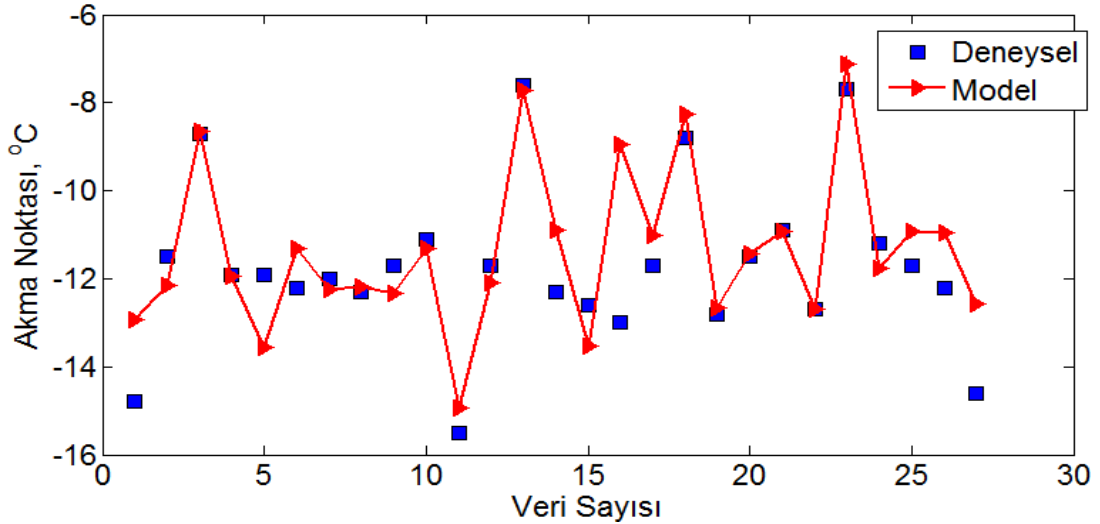


Şekil 5.15. Yapay sinir ağı akma noktası (°C) eğitim sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Eğitim) MAPE = 3,0062

Korelasyon Katsayısı (Eğitim) R = 0,9793

Root Mean Squared Error (Eğitim) RMSE = 0,4215

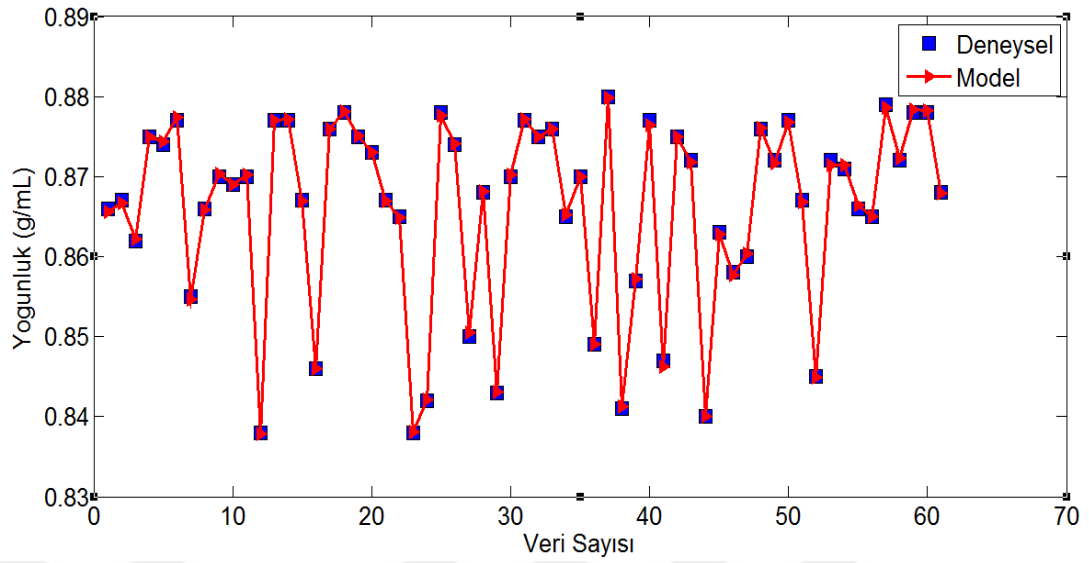


Şekil 5.16. Yapay sinir ağı akma noktası (°C) test sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Test) MAPE = 6,1574

Korelasyon Katsayısı (Test) R = 0,8207

Root Mean Squared Error (Test) RMSE = 1,1459

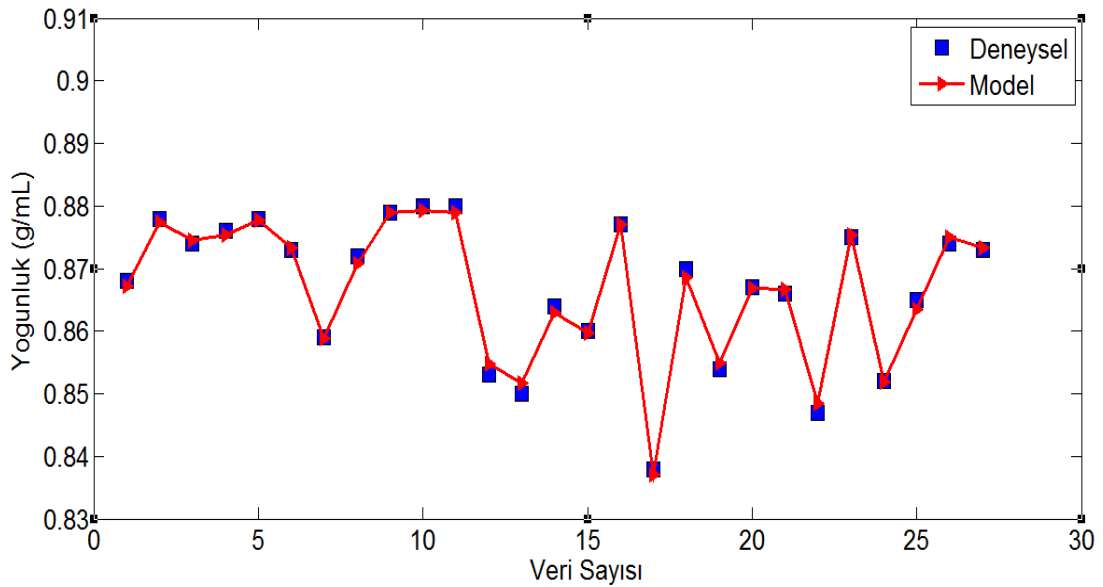


Şekil 5.17. Yapay sinir ağı 20 °C'de yoğunluk (g/mL) eğitim sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Eğitim) MAPE = 0,0234

Korelasyon Katsayısı (Eğitim) R = 0,9998

Root Mean Squared Error (Eğitim) RMSE = 2,5998e-004,



Şekil 5.18. Yapay sinir ağı 20 °C'de yoğunluk (g/mL) test sonuçları

Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (Test) MAPE = 0,0860

Korelasyon Katsayısı (Test) R = 0,9970

Root Mean Squared Error (Test) RMSE = 9,0976e-004

Çizelge 5.11. YSA ile elde edilen istatistiksel sonuçlar

	Sonuçlar	MAPE	R	RMSE
Kinematik Viskozite 40 °C 'de (mm ² /s)	Eğitim	1,0109	0,9999	0,3776
	Test	1,8771	0,9995	0,8097
Kinematik Viskozite 100 °C'de (mm ² /s)	Eğitim	0,6418	0,9998	0,0419
	Test	1,1522	0,9992	0,0896
Viskozite İndeksi (VI)	Eğitim	0,5523	0,9931	0,6838
	Test	3,4144	0,7726	3,9978
Parlama Noktası (°C)	Eğitim	0,2917	0,9991	0,7935
	Test	0,6228	0,9965	1,7573
Akma Noktası (°C)	Eğitim	3,0062	0,9793	0,4215
	Test	6,1574	0,8207	1,1459
Yoğunluk 20 °C (g/mL)	Eğitim	0,0234	0,9998	0,00026
	Test	0,0860	0,9970	0,00091

MAPE: Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi

R: Korelasyon Katsayısı

RMSE: Ortalama hata kareleri toplamının karekökü

Yapay sinir ağı modellerinin düşük, Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) ve Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (MAPE (%)) değerlerine ve yüksek (1'e yakın) Korelasyon Katsayısı (R) değerlerine sahip olması modelin başarı değerlendirmesinde belirleyici kriterlerdir. Bu bakımdan Çizelge 5.11 incelendiğinde geliştirilen modeller arasında 20 °C sıcaklıkta yoğunluk öngörüsü yapanın en düşük Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (MAPE (%)) ve Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) değerlerine sahip olduğu, akma noktası (°C) öngörüsü yapan modelin ise en yüksek Ortalama Mutlak Hata Yüzdesi (MAPE (%)) değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Çizelge 5.11'den geliştirilen modellerin 40 °C ve 100 °C' deki kinematik viskoziteler (mm²/s), parlama noktaları (°C) ve 20 °C'de yoğunluk (g/mL) ölçümleri için oldukça doğru sonuçlar verdiği ancak viskozite indeksleri ve akma noktaları (°C) için daha düşük öngörülü sonuçlar verdiği çıkarılabilir.

MAPE, R ve RMSE değerleri aşağıdaki eşitlikler ile hesaplanmıştır:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5.1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2}{N}} \quad (5.2)$$

$$MAPE (\%) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\left| \frac{y_i - x_i}{x_i} \right| \right) \cdot 100 \quad (5.3)$$

Burada;

x_i : i. deneysel değer,

y_i : i. mode değeri,

N : veri sayısı,

\bar{x} : deneysel değerlerin ortalaması,

\bar{y} : modelden elde edilen değerlerin ortalaması olarak tanımlanır.

6. DEĞERLENDİRME

Yapılan bu tez çalışmasında ham petrolün atmosferik olarak damıtılması ile elde edilen ağır ürünlerin vakum altında tekrar damıtılması ve seçici çözücüler yardımıyla içerisindeki aromatikler, asfaltlenler ve mumlardan arındırılması ve de hidrojenle doyurulmaları sonucu elde edilen parafinik esaslı mineral baz yağların farklı oranlarda hacimsel olarak hazırlanan karışımlarının karakteristik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla ticari olarak yaygın olarak kullanılan bazı baz yağların (SN-80, SN-100, SN-150, SN-350, SN-500) belirli oranlarda hacimsel olarak hazırlanan ikili karışımların 40 °C ve 100 °C' deki kinematik viskoziteleri (mm^2/s), viskozite indeksleri, parlama noktaları (°C), akma noktaları (°C) ve 20 °C'de yoğunluk (g/mL) ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmada sadece baz yağlarla çalışılmış katık kullanılmamıştır. Katık kullanılmadan elde edilen bu sonuçların, daha sonraki aşamalarda kullanılabilecek katkı maddelerinin (katıkların), türünün ve miktarının belirlenmesine ışık tutacağı ve hazırlanacak ikili baz yağ karışımlarına katıklar ilave edilerek daha verimli sonuçlar elde edilebileceği düşünülmüştür.

Baz yağların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneyler sonrasında elde edilen sonuçlar yapay sinir ağları (YSA) ile modellenmiş ve model test edilmiştir. Her bir ikili karışımın herhangi bir karakteristik özelliğinin belirlenmesi için (örneğin 40 °C' deki kinematik viskoziteleri (mm^2/s)) toplam 88 veri kullanılmış ve bu 88 veriden 61 tanesi ağı eğitmek için geriye kalan 27 tanesi ise test işlemi için kullanılmıştır. Verilerin eğitim ve test kümelerine ayrılması gelişigüzel (random) yöntemle yapılmıştır. Ağın yapısı: Girdi katmanı: 3 nöron, ara katman: 5 nöron, çıktı katmanı: 1 nöron şeklindedir. Yapılan çalışmalar sonucunda ağ 40 °C ve 100 °C' deki kinematik viskoziteler (mm^2/s), parlama noktaları (°C) ve 20 °C'de yoğunluk (g/mL) ölçümleri için oldukça doğru sonuçlar vermiş ancak viskozite indeksleri ve akma noktaları (°C) ölçümleri için daha düşük öngörülme sonuçları vermiştir.

Yapay sinir ağı modellerinin düşük RMSE ve MAPE (%) değerlerine ve yüksek (1'e yakın) R değerlerine sahip olması modelin başarı değerlendirmesinde belirleyici kriterlerdir. Bu bakımdan bu çalışmada 40 °C ve 100 °C' deki kinematik viskozite

(mm²/s), parlama noktaları (°C) ve 20°C'de yoğunluk (g/mL) ölçümleri için geliştirilen modellerin hepsi başarılı görülmektedir. Geliştirilen modeller, düşük hata yüzdesi ile öngöründe bulunduğu ilgili değişkenleri öngörmede rahatlıkla kullanılabilir niteliktedir. Yapay sinir ağı modellerinin istatistiksel sonuçları Çizelge 5.11 de verilmiştir. Sonuçlara göre geliştirilen modeller arasında 20°C sıcaklıktaki yoğunluk (g/mL) öngörüsü yapanın en düşük MAPE (%) ve RMSE değerlerine sahip olduğu, akma noktası (°C) öngörüsü yapan modelin ise en yüksek MAPE (%) değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada geliştirilen modeller sayesinde günlük hayatta yaygın olarak kullanılan birçok endüstriyel, motor ve otomotiv dişli yağlarının ve ayrıca birçok alanda kullanılan yağlama müstahzarlarının hazırlanması oldukça kısa ve pratik şekilde sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1997. TS 1233 ISO 3016 Petrol Ürünleri–Akma Noktası Tayini. TSE, Ankara, 9 s.
- Anonim, 1997. TS 3096 ISO 2909 Petrol Ürünlerinin 40 Derece ve 100 Derecedeki Kinematik Viskozitelerinden Viskozite İndeksinin Hesaplanması Metodu. TSE, Ankara, 14 s.
- Anonim,1999. TS 1451 Petrol Ürünleri-Saydam ve Opak Sıvılar-Kinematik Viskozite Tayini ve Dinamik Viskozitenin Hesaplanması. TSE, Ankara, 11 s.
- Anonim, 2000. Devlet Planlama Teşkilatı 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı (OİK-551) Petrol Ürünleri Özel İhtisas Komisyonu Raporu. DPT, Ankara.
- Anonim, 2002. TS 1013 EN ISO 3675 Ham Petrol ve Sıvı Petrol Ürünleri Yoğunluğun Laboratuvarda Tayini - Hidrometre Metodu. TSE, Ankara, 13 s.
- Anonim, 2005. Lubricating oils, greases, specialty lubricants and lubrication systems, Naval air systems, Joint oil analysis program, S9086-H7-STM-010/CH-262R5. 262/1-17, USA.
- Anonim, 2006. TS EN ISO 2592 Petrol Ürünleri-Parlama ve Yanma Noktası Tayini-Cleveland Açık Kap Metodu. TSE, Ankara, 25 s.
- Anonim, 2008. 12. ICIS dünya baz yağları konferansı, türkçe tercümesi. Madeni yağ ve petrol ürünleri sanayicileri derneği (Mapesad), İstanbul, 19 s.
- Anonim, 2010. TS 12330 Yağlama Yağları, Endüstriyel Yağlar ve İlgili Ürünler (Sınıf L) – Grup E: Motor Yağları – Benzinli ve Dizel Motorlarda Kullanılan. TSE, Ankara, 12 s.
- Anonim, 2013. Petrol Sanayi Derneği (PETDER) Sektör Raporu. Petrol Sanayi derneği, İstanbul, 70 s.
- Aşir, M., 2009. Bazı Kaliksaren Türevlerinin Atık Madeni Yağların Geri Kazanımında Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Basu, B., Singh, M.P., Kapur, G.S., Nazakat, A., Sastry, M.I.S., Jain, S.K., Srivastava, S.P., Bhatnagar, A.K., 1998. Prediction of biodegradability of mineral base oils from chemical composition using artificial neural networks. Tribology International, 31 (4), 159–168.

- Dereli, G.M., 2011. Betonarme Kirişlerin Burulma Dayanımının Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.
- Dursunkaya, Z., 2000. Oil loss mechanisms due to in-cylinder components. <http://www.icatconf.com/ICAT2008/icat2000-2006/tr/2000/makaleler/pdf/4-%20zafer%20dursunkaya%20-%20Oil%20loss%20mechanisms%20due%20to%20in-cylinder%20components.pdf> (03.05.2015).
- Erkut, Y., 2012. Tüpraş basın sunumu, <http://www.tupras.com.tr/uploads/izmirbas%C4%B1n20121016.pdf> (03.05.2015).
- Karadurmuş, E., Akyazı, H., Yüceer, M., 2014. Modeling of blending of mineral base oils via artificial neural networks. 21st International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA 2014 Prague, 2014, Czech Republic.
- Fan, H., Zhang, Y., Lin, Y., 2004. The catalytic Effects of Minerals on Aquathermolysis of Heavy Oils. Fuel, 83 (14-15), 2035-2039.
- Hani, İ., 2002. Madeni Yağlar ve Petrol Ürünleri. Petrol Ofisi Yayınevi, Madeni Yağ Direktörlüğü, İstanbul, 16-40.
- Haus, F., German, J., Junter, G.A., 2001. Primary biodegradability of mineral base oils in relation to their chemical and physical characteristics. Chemosphere, 45, 983–990.
- Haus, F., Boissel, O., Junter, G.A., 2003. Multiple regression modelling of mineral base oil biodegradability based on their physical properties and overall chemical composition. Chemosphere, 50, 939–948.
- Haykin, S., 1999. Neural Networks A Comprehensive Foundation. Prentice Hall International, Canada, 842 p.
- Kaleli, H., 1995. Motorların Değişik İşletme Şartlarında Yağların Yapısal Değişimlerinin Aşınmalara Etkilerinin İncelenmesi, Optimum Yağ Değişim Süreçlerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kaleli, H., Khorramian, B., 1998. Used oil analysis and study of oil drain period in gasoline engine. SAE International, 981448, USA, 9-104.
- Kara M.F., 2007. Hatz E-673 Marka Yükleme Düzenekli Diesel motorunda (Megapover MP-3 System) Biodisel'in Kullanılması, Performans Testleri ve Motorine Göre Kıyaslayarak Yağlama Yağına Etkilerinin Deneysel Olarak

- Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Deniz Harp Okulu, Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü, İstanbul.
- Kennedy, E., Booser, E. R., Wilcock, D. F., 1999. Tribology, lubricating and bearing design. CRC Press LLC, USA, 3, 128-169.
- Küçüksahin F., 2001. Denizcilik Kimyası, Yakıtlar-Yağlar Suların Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri. Akademi Yayınları, İstanbul, 88-110.
- Fine, L.W., Beall, H., 1990. Chemistry for Engineers and Scientists. Saunders College Publishing, Columbia University, USA, 863 p.
- Öztemel, E., 2003. Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul, 40-43.
- Rudnick, R., Shubkin, R.L., 1999. Synthetic Lubricants and High-Performance Functional Fluids. Pennsylvania State University Energy Institute, USA, 443-450.
- Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., 2003. Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1: Yapay Sinir Ağları. Ufuk Kitap Kırtasiye-Yayıncılık, Kayseri, 426 s.
- Savruk, S.A., 2010. Mineral Yağların Tribolojik Özelliklerinin Sorbitan Monostearat ve Çinko Borat Katkısı İle Geliştirilmesi. Doktora Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, İzmir.
- Siekman, R.W., 1982. The Influence of Lubricant Contamination by Methylesters of Plants Oils on Oxidation Stability. Proceedings of the International Conference on Plant and Vegetable Oils as Fuels, Asae, CONF-820860.
- Şen, N., 2012. Madeni Yağla Çeşitli Oranlarda Kirlenmiş Bir Toprakta Azot Formlarının Zamana Bağlı Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Taşkıran, Y., 1992. Kullanılmış Motor Yağlarında Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Oluşum Sürecinin İzlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Toprak S., 2007. Malzemeleri (Çelik, Çinko, Kurşun, Pirinç, Alüminyum) Koruyan Koruyucu Yağların Zamanla Değişen Fizikokimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Uçar, S., 2004. Kullanılmış Lastiklerin ve Atık Mineral Yağların Hidrokarbon Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Uysal A., 2006. Ham Petrol Fraksiyonlarının Biyolojik Bozunma Sonrası Fizikokimyasal Özelliklerinin Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

Yılmaz, F., 2004. Nissan (benzinli) Motorunda Optimum Yağ Değişim Sürecinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : AKYAZI, Habib

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 03.05.1985 / Çubuk

Medeni hali : Evli

Telefon : 0 (312) 398 07 88 - 150

Faks : 0 (312) 398 07 90

e-mail : habibakyazi@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi / Kimya Mühendisliği	2007
Lise	Çubuk Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi	2003

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-	İşbir Sünger Sanayi A.Ş	Üretim Müdürü
2011-2013	Öztürk N-F Gres Madeni Yağ Kimya San. Tic.Ltd.Şti	Üretim-Kalite Kontrol Mühendisi
2009-2011	Ko-Bims (Kocalar) Beton ve İnşaat Malz. San. Tic. A.Ş	Üretim-Kalite Kontrol Mühendisi
2008-2009	ABC Dergisi Dershaneleri	Kimya Öğretmeni

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Karadurmuş, E., **Akyazı, H.**, Yüceer, M., 2014. Modeling of blending of mineral base oils via artificial neural networks. 21st International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA 2014 Prague, 23-27 August 2014 Prague, Czech Republic.
2. **Akyazı, H.**, Güzel, İ., Çataklı T., Karadurmuş, E., ‘Açık Kanalarda ve Akarsularda Ultrasonik Yöntemle Debi Ölçümü’. Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi, 16-18 Mayıs 2007, Bildiri Kitabı, sayfa 75-81, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
3. Güzel, İ., Çataklı, T., **Akyazı H.**, Karadurmuş, E., ‘Akarsu Sistemlerinde Lineer Olmayan Parametre Belirleme Teknikleri ve Dinamik Simülasyon’. Üniversite Öğrencileri 2. Çevre Sorunları Kongresi, 16-18 Mayıs 2007, Bildiri Kitabı, sayfa 88-99, Fatih Üniversitesi, İstanbul.

Hobiler

Masa Tenisi, Bilgisayar, Futbol, Sinema