



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ORMANCILIKTA MEKANİK ÜRETİM
ÇALIŞMALARINDA MAKİNE KAYNAKLI BAŞLICA
RİSK FAKTÖRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

İnanç TAŞ

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

TEMMUZ 2022

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ORMANCILIKTA MEKANİK ÜRETİM ÇALIŞMALARINDA MAKİNE
KAYNAKLI BAŞLICA RİSK FAKTÖRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

**İnanç TAŞ
(171082602)
ORCID:**

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY
ORCID:**

TEMMUZ 2022

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: İnanç TAŞ

İmzası :

(Faint, stylized signature watermark)

ÖNSÖZ

Makineli orman ürünleri üretim çalışmaları günümüz koşulları dikkate alındığında dünyada ve ülkemizde önemli bir yere sahiptir. İnsanların odun hammadmesine ihtiyaçlarının günden güne artması makineli üretime yönelmeyi zorunlu kılmıştır. Makineli üretimle birlikte gelen ve makine operatörlerini olumsuz etkileyen çalışma riskler, odun üretim basamağının temelinde çalışan emektarlarımızı sağlık açısından önemli derecede tehdit etmektedir. İş sağlığı ve güvenliği konularında yaşanan önemli gelişmeler dikkate alındığında orman işçilerimizin bu olumsuz durumlardan etkilenmesini önlemek, daha sağlıklı koşullarda görevlerini ifa edebilme yeteneği kazandırmak ve bunları denetlemek büyük bir önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında, odun hammaddeyi üretimi sırasında makine kaynaklı gürültü ve partikül madde risklerinin çok kriterli karar verme yöntemleri ile risk değerlendirmelerinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında Hüyük, Osmangazi, Dağtekke, Çamlıhemşin ve Karçkal Orman İşletme Şefliklerinde yapılan üretim çalışmaları değerlendirilmiştir.

Çalışma sürecinde bana her konuda yol gösteren ve ilgisini eksik etmeyen tez danışmanım Prof. Dr. Abdullah E. AKAY olmak üzere, doktora jürimde yer alan Prof.Dr. H.Hulusi ACAR, Prof.Dr. Temel SARIYILDIZ, Doç.Dr. Burak ARICAK ve Doç.Dr. Sercan GÜLCİ'ye destek ve katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca, arazi çalışmaları sırasında benden yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Halit BÜYÜKSAKALLI ile Furkan ACAR'a ve maddi-manevi desteklerinden dolayı Aileme teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak, OGM bünyesi altında yer alan Hüyük, Osmangazi, Dağtekke, Çamlıhemşin ve Karçkal Orman İşletme Şefliği çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Temmuz 2022

İnanç TAŞ
(Orman Y. Müh.)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xii
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Ormancılıkta Üretim Çalışmaları	1
1.1.1 Kesme ve devirme çalışmaları	2
1.1.1.1 Devirme	3
1.1.1.2 Dal alma	4
1.1.1.3 Kabuk soyma	4
1.1.2 Bölmeden çıkarma	5
1.1.3 Uzak nakliyat	5
1.2 Ormancılık Üretim Faaliyetlerinde Kullanılan Mekanik Araçlar	6
1.2.1 Motorlu testereler	6
1.2.2 Yongalama makineleri	7
1.2.3 Kesme ve boylama makineleri	8
1.2.3.1 Kesici-istifleyici	8
1.2.3.2 Hasatçı	8
1.2.4 Bölmeden çıkarma makineleri	10
1.2.4.1 Sürütücüler	10
1.2.4.2 Taşıyıcılar	12
1.2.4.3 Tarım traktörleri	13
Sürütücü şeklinde kullanılması	13
Yükleyici şeklinde kullanılması	14
Taşıyıcı şeklinde kullanılması	15
Vinçli hava hattı şeklinde kullanılması	15
1.2.4.4 Orman traktörleri	15
1.2.4.5 Taşınabilir vinçle bölmeden çıkarma	16
1.2.4.6 Vinçli hava hatları ile bölmeden çıkarma	17
1.2.4.7 Helikopter	18
1.2.5 Yükleme-boşaltma ve istifleme	18
1.2.5.1 Hidrolik-Kreyn	19
1.2.5.2 Hidrolik kısaçallı yükleyici	19
1.2.6 Uzak nakliyat makineleri	20
1.2.6.1 Traktör-treylerle taşıma	21
1.2.6.2 Tomruk kamyonu ile taşıma	21

1.3 Risk faktörleri.....	22
1.3.1 Gürültü	23
1.3.2 Partikül madde	23
1.3.3 Gaz	24
1.4 Arduino platformu.....	26
1.4.1 Arduino platformunun avantajları.....	26
1.4.2 Arduino IDE.....	27
1.4.3 Arduino tabanlı cihaz geliştirme	27
1.5 Risk Değerlendirme.....	28
1.5.1 Risk	28
1.5.2 Risk değerlendirme yöntemleri	28
1.5.2.1 Fine Kinney yöntemi.....	31
1.5.2.2 Bulanık Mantık yöntemi	33
Bulanıklık.....	33
Bulanık kümeler	34
1.6 Amaç ve Kapsam.....	34
2. LİTERATÜR TARAMASI	36
2.1 Risk Faktörleri.....	36
2.1.1 Gürültü	36
2.1.2 Partikül madde	39
2.2 Arduino Uygulamaları.....	41
2.3 Risk Değerlendirme Çalışmaları	43
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	46
3.1 Çalışma Sahalarına Ait Genel Bilgiler	46
3.1.1 Hüyük Orman İşletme Şefliği	46
3.1.2 Osmangazi Orman İşletme Şefliği	47
3.1.3 Dağteke Orman İşletme Şefliği.....	48
3.1.4 Çamlıhemşin Orman İşletme Şefliği.....	49
3.1.5 Karçkal Orman İşletme Şefliği	50
3.2 Kullanılan donanımlar	51
3.2.1 Endüstriyel ölçüm cihazları	51
3.2.2 Arduino seti.....	53
3.3 Arazi Ölçümleri.....	54
3.3.1 Hüyük OİŞ çalışmaları.....	55
3.3.2 Osmangazi OİŞ çalışmaları.....	58
3.3.3 Dağteke OİŞ çalışmaları	59
3.3.4 Çamlıhemşin OİŞ çalışmaları	60
3.3.5 Karçkal OİŞ çalışmaları	61
3.4 Çoklu Ölçüm Cihazı Geliştirme	63
3.4.1 Arduino Mega 2560 ve kullanılan donanımlar	63
3.4.1.1 Partikül sensörü.....	65
3.4.1.2 Gürültü sensörü	65
3.4.1.3 CO sensörü	66
3.4.1.4 RTC (Real Time Clock) modülü.....	66
3.4.1.5 GPS modülü	68
3.4.1.6 MikroSD kart modülü	68
3.4.1.7 Nextion dokunmatik ekran.....	69
3.4.1.8 Güç kaynağı	69
3.4.2 Yazılım aşaması	70
3.4.2.1 Gürültü değerlerinin hesaplanması	73

3.4.2.2 Partikül değerlerinin hesaplanması	73
3.4.2.3 CO değerlerinin hesaplanması	74
3.4.2.4 GPS modülünün tanımlanması.....	75
3.4.2.5 Veri kayıt işlemleri.....	75
3.4.2.6 SD kart ve saat modülüne ilişkin komutların tanımlanması	76
3.4.2.7 Uyarı sistemlerinin çalıştırılması	78
3.4.2.8 Veri görüntüleme ve kontrol ekranı	79
3.4.3 Çoklu ölçüm cihazının tasarım aşamaları	80
3.5 İstatistiksel Analizler.....	81
3.6 Risk Değerlendirmesi	81
3.6.1 Fine Kinney Yöntemi.....	81
3.6.2 Bulanık Fine Kinney Yöntemi	82
4. BULGULAR	88
4.1 TriSensor 4.0 Çoklu Ölçüm Cihazı	88
4.2 Risk Faktörleri Bulguları.....	90
4.2.1 Gürültü Bulguları	90
4.2.1.1 Hüyük OİŞ gürültü bulguları	90
Endüstriyel ölçüm cihazı gürültü bulguları.....	90
TriSensor 4.0 cihazı gürültü bulguları	90
4.2.1.2 Osmangazi OİŞ gürültü bulguları	91
Endüstriyel ölçüm cihazı gürültü bulguları.....	91
TriSensor 4.0 cihazı gürültü bulguları	91
4.2.1.3 Dağteke OİŞ gürültü bulguları.....	91
Endüstriyel ölçüm cihazı gürültü bulguları.....	91
TriSensor 4.0 cihazı gürültü bulguları	92
4.2.1.4 Çamlıhemşin OİŞ gürültü bulguları.....	92
Endüstriyel ölçüm cihazı gürültü bulguları.....	92
TriSensor 4.0 cihazı gürültü bulguları	92
4.2.1.5 Karçkal OİŞ gürültü bulguları.....	93
Endüstriyel ölçüm cihazı gürültü bulguları.....	93
TriSensor 4.0 cihazı gürültü bulguları	93
4.2.2 Partikül madde bulguları	93
4.2.2.1 Hüyük OİŞ partikül madde bulguları.....	93
Endüstriyel ölçüm cihazı partikül madde bulguları	93
TriSensor 4.0 cihazı partikül madde bulguları.....	94
4.2.2.2 Osmangazi OİŞ partikül madde bulguları.....	95
Endüstriyel Ölçüm Cihazı Partikül Madde Bulguları	95
TriSensor 4.0 Cihazı Partikül Madde Bulguları.....	95
4.2.2.3 Dağteke OİŞ partikül madde bulguları	95
Endüstriyel ölçüm cihazı partikül madde bulguları	95
TriSensor 4.0 cihazı partikül madde bulguları	96
4.2.2.4 Çamlıhemşin oış partikül madde bulguları	96
Endüstriyel ölçüm cihazı partikül madde bulguları	96
TriSensor 4.0 cihazı partikül madde bulguları.....	97
4.2.2.5 Karçkal OİŞ partikül madde bulguları	97
Endüstriyel ölçüm cihazı partikül madde bulguları	97
TriSensor 4.0 cihazı partikül madde bulguları.....	97
4.3 İstatistik Bulgular	98
4.3.1 Gürültü Bulguları	98
4.3.1.1 Hüyük OİŞ gürültü istatistikleri bulguları.....	98

4.3.1.2 Osmangazi OİŞ gürültü bulguları	100
4.3.1.3 Dağtekke OİŞ gürültü bulguları	100
4.3.1.4 Çamlıhemşin OİŞ gürültü bulguları	101
4.3.1.5 Karçkal OİŞ gürültü bulguları	102
4.3.2 Partikül madde bulguları	103
4.3.2.1 Hüyük OİŞ partikül madde bulguları	103
4.3.2.2 Osmangazi OİŞ partikül madde bulguları	104
4.3.2.3 Dağtekke OİŞ partikül madde bulguları	105
4.3.2.4 Çamlıhemşin OİŞ partikül madde bulguları	106
4.3.2.5 Karçkal OİŞ partikül madde bulguları	106
4.4 Risk değerlendirmesi bulguları	107
4.4.1 Fine Kinney Yöntemi bulguları	108
4.4.1.1 Fine Kinney gürültü bulguları	108
Hüyük OİŞ Fine Kinney gürültü bulguları	108
Osmangazi OİŞ Fine Kinney gürültü bulguları	110
Dağtekke OİŞ Fine Kinney gürültü bulguları	110
Çamlıhemşin OİŞ Fine Kinney gürültü bulguları	111
Karçkal OİŞ Fine Kinney gürültü bulguları	112
4.4.1.2 Fine Kinney partikül madde bulguları	112
Hüyük OİŞ Fine Kinney partikül madde bulguları	112
Osmangazi OİŞ Fine Kinney partikül madde bulguları	115
Dağtekke OİŞ Fine Kinney partikül madde bulguları	115
Çamlıhemşin OİŞ Fine Kinney partikül madde bulguları	117
Karçkal OİŞ Fine Kinney partikül madde bulguları	117
4.4.2 Bulanık Fine Kinney Yöntemi bulguları	118
4.4.2.1 Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları	118
Hüyük OİŞ Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları	118
Osmangazi OİŞ Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları	120
Dağtekke OİŞ Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları	121
Çamlıhemşin OİŞ Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları	122
Karçkal OİŞ Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları	122
4.4.2.2 Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları	123
Hüyük OİŞ Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları	123
Osmangazi OİŞ Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları	125
Dağtekke OİŞ Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları	126
Çamlıhemşin OİŞ Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları	128
Karçkal OİŞ Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları	128
4.4.3 Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney yöntemlerinin karşılaştırılması ...	129
5. TARTIŞMA	135
5.1 TriSensor 4.0 Çoklu Ölçüm Cihazı	135
5.2 Risk Faktörlerinin Karşılaştırılması	136
5.2.1 Gürültü riski	136
5.2.2 Partikül madde riski	139
5.3 Ölçüm Cihazlarının Karşılaştırılması	143
5.3.1 Gürültü değerlerinin karşılaştırılması	143
5.3.2 Partikül madde ölçüm cihazlarının karşılaştırılması	144
5.4 Risk Değerlendirme Çalışmalarının Karşılaştırılması	146
5.4.1 Gürültü risk değerlendirme skorlarının karşılaştırılması	146
5.4.2 Risk değerlendirme yöntemlerinin önceki çalışmalarla karşılaştırılması	147
6. SONUÇLAR	149

KAYNAKLAR	152
ÖZGEÇMİŞ.....	159



KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşı Süreci
ÇKKVY	: Çok kriterli karar verme yöntemi
IDE	: Entegre Geliştirme Ortamı
NRC	: Ulusal Araştırma Konseyi
OİŞ	: Orman İşletme Şefliği
IDE	: Entegre Geliştirme Ortamı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

SEMBOLLER

CO	: Karbon monoksit
dBA	: Desibel (A ağırlıklı)
mAh	: Mili amper
µg	: Mikrogram
PM	: Partikül madde
PM2.5	: 2,5 mikron ve daha küçük boyuttaki partikül madde
PM10	: 10 mikron ve daha küçük boyuttaki partikül madde
ppm	: Milyonda bir birime verilen isim
rpm	: Dakikadaki tur sayısı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Gürültünün insan üzerinde olumsuz etkileri (Toprak ve Aktürk, 2004).	23
Çizelge 1.2 : ABD Çevre Koruma Ajansı Hava Kalitesi İndeksi (Url-1).	24
Çizelge 1.3 : CO seviyelerinin insan sağlığı üzerindeki etkileri (Kök, 2020).	25
Çizelge 1.4 : Fine Kinney olasılık değerleri tablosu.	31
Çizelge 1.5 : Fine Kinney frekans değerleri tablosu.	32
Çizelge 1.6 : Fine Kinney şiddet değerleri tablosu.	32
Çizelge 1.7 : Fine Kinney Risk Skorları.	32
Çizelge 3.1 : Hüyük Orman İşletme Şefliği'ne ait orman varlığı (Url-3).	47
Çizelge 3.2 : Osmangazi Orman İşletme Şefliği'ne ait orman varlığı (Url-4).	48
Çizelge 3.3: Dağtekke Orman İşletme Şefliği'ne ait orman varlığı (Url-5).	49
Çizelge 3.4 : Çamlıhemşin Orman İşletme Şefliği'ne ait orman varlığı (Url-6).	50
Çizelge 3.5 : Karçkal Orman İşletme Şefliği'ne ait orman varlığı (Url-7).	51
Çizelge 3.6 : PCE-430 Gürültü ölçer (Url-8).	52
Çizelge 3.7 : PCE-PCO-2 Partikül ölçer (Url-9).	52
Çizelge 3.8 : Arduino setinde yer alan donanım listesi.	53
Çizelge 3.9 : Hidromek HMK 220 Hasatçıya ait teknik özellikler (Url-10).	55
Çizelge 3.10 : Çalışmada kullanılan yükleyicilere ait teknik özellikler (Url-11).	56
Çizelge 3.11: MAN TGA 18-440 model kamyonun teknik özellikleri (Url-12).	57
Çizelge 3.12 : Gürültü ve partikül madde maruziyetlerine ait ölçüm süreleri.	58
Çizelge 3.13 : New Holland TT55B tarım traktörüne ait bilgiler (Url-13).	58
Çizelge 3.14 : Türk-FIAT 80-66 tarım traktörüne ait bilgiler (Url-14).	59
Çizelge 3.15 : BMC PRO 827 tomruk kamyonuna ait bilgiler (Url-15).	60
Çizelge 3.16 : URUS-M III Kablolü hava hattına ait teknik özellikler (Öztürk, 1996).	61
Çizelge 3.17 : Tajfun MOZ500 kablolü hava hattına ait teknik özellikler (Url-16)..	62
Çizelge 3.18 : Arduino Mega 2560'a ait teknik özellikler (Url-17).	64
Çizelge 3.19 : Audiowell DW0001 partikül sensörü özellikleri (Url-18).	65
Çizelge 3.20 : MQ-7 yarı iletken CO sensörüne ait teknik özellikler (Url-19).	67
Çizelge 3.21 : Olasılık üçgen üyelik fonksiyonları.	84
Çizelge 3.22 : Frekans üçgen üyelik fonksiyonları.	84
Çizelge 3.23 : Şiddet üçgen üyelik fonksiyonları.	84
Çizelge 3.24 : Risk skoru üçgen üyelik fonksiyonları.	85
Çizelge 3.25 : Bulanık mantık ile tanımlanan parametrelere ilişkin kısaltmalar.	86
Çizelge 4.1 : Hüyük OİŞ endüstriyel gürültü ölçer ait genel istatistik bilgileri.	90
Çizelge 4.2 : Hüyük OİŞ TriSensor 4.0 (gürültü) genel istatistik bilgileri.	90
Çizelge 4.3 : Osmangazi OİŞ endüstriyel gürültü ölçere ait genel istatistik bilgileri.	91
Çizelge 4.4 : Osmangazi OİŞ TriSensor 4.0 (gürültü) genel istatistik bilgileri.	91
Çizelge 4.5 : Dağtekke OİŞ endüstriyel gürültü ölçere ait genel istatistik bilgileri. .	92
Çizelge 4.6 : Dağtekke OİŞ TriSensor 4.0 (gürültü) genel istatistik bilgileri.	92

Çizelge 4.7 : Çamlıhemşin OİŞ endüstriyel gürültü ölçere ait genel istatistiki bilgiler.	92
Çizelge 4.8 : Çamlıhemşin OİŞ TriSensor 4.0 (gürültü) genel istatistik bilgiler.	93
Çizelge 4.9 : Karçkal OİŞ endüstriyel gürültü ölçere ait genel istatistiki bilgiler.	93
Çizelge 4.10 : Karçkal OİŞ TriSensor 4.0 (gürültü) genel istatistik bilgiler.	93
Çizelge 4.11 : Hüyük OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler (PM2.5).	94
Çizelge 4.12 : Hüyük OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler (PM10).	94
Çizelge 4.13 : Hüyük OİŞ TriSensor 4.0 (PM2.5) genel istatistik bilgiler.	94
Çizelge 4.14 : Hüyük OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler.	95
Çizelge 4.15 : Osmangazi OİŞ TriSensor 4.0 (PM2.5) genel istatistik bilgiler.	95
Çizelge 4.16 : Dağteke OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler (PM2.5).	96
Çizelge 4.17 : Dağteke OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler (PM10).	96
Çizelge 4.18 : Dağteke OİŞ TriSensor 4.0 (PM2.5) genel istatistik bilgiler.	96
Çizelge 4.19 : Çamlıhemşin OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler.	96
Çizelge 4.20 : Çamlıhemşin OİŞ TriSensor 4.0 (PM2.5) genel istatistik bilgiler.	97
Çizelge 4.21 : Karçkal OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler.	97
Çizelge 4.22 : Karçkal OİŞ TriSensor 4.0 (PM2.5) genel istatistik bilgiler.	97
Çizelge 4.23 : Korelasyon Katsayısının Yorumu (Köklü ve diğ., 2006).	98
Çizelge 4.24 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.	99
Çizelge 4.25 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş t-testi sonuçları.	100
Çizelge 4.26 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.	100
Çizelge 4.27 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş t-testi sonuçları.	100
Çizelge 4.28 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.	101
Çizelge 4.29 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş t-testi sonuçları.	101
Çizelge 4.30 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.	102
Çizelge 4.31 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş t-testi sonuçları.	102
Çizelge 4.32 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.	102
Çizelge 4.33 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş t-testi sonuçları.	102
Çizelge 4.34 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.	104
Çizelge 4.35 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş t-testi sonuçları.	104
Çizelge 4.36 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.	104
Çizelge 4.37 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş t-testi sonuçları.	105
Çizelge 4.38 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.	105

Çizelge 4.39 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş t-testi sonuçları.	106
Çizelge 4.40 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.	106
Çizelge 4.41 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş t-testi sonuçları.	106
Çizelge 4.42 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.	107
Çizelge 4.43 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş t-testi sonuçları.	107
Çizelge 4.44 : Fine Kinney Yöntemi Risk Sınıfları.....	107
Çizelge 4.45 : Hidromek HMK 220 Fine Kinney gürültü risk skorları.....	108
Çizelge 4.46 : Volvo EC55 Fine Kinney gürültü risk skorları.	109
Çizelge 4.47 : Kubota U55-4 Fine Kinney gürültü risk skorları.	109
Çizelge 4.48 : Kubota U55-4 Fine Kinney gürültü risk skorları.	110
Çizelge 4.49 : New Holland TT55B Fine Kinney gürültü risk skorları.	110
Çizelge 4.50 : Türk-FIAT 80-66 Fine Kinney gürültü risk skorları.....	111
Çizelge 4.51 : BMC PRO 827 Fine Kinney gürültü risk skorları.....	111
Çizelge 4.52 : Türk-FIAT 80-66 Fine Kinney gürültü risk skorları.....	112
Çizelge 4.53 : Türk-FIAT 80-66 Fine Kinney gürültü risk skorları.....	112
Çizelge 4.54 : Hidromek HMK 220 Fine Kinney partikül madde risk skorları.	113
Çizelge 4.55 : Volvo EC55 Fine Kinney partikül madde risk skorları.....	113
Çizelge 4.56 : Kubota U55-4 Fine Kinney partikül madde risk skorları.....	114
Çizelge 4.57 : MAN TGA 18-440 Fine Kinney partikül madde risk skorları.....	114
Çizelge 4.58 : New Holland TT55B Fine Kinney partikül madde risk skorları.....	115
Çizelge 4.59 : Türk-FIAT 80-66 Fine Kinney partikül madde risk skorları.	116
Çizelge 4.60 : BMC PRO 827 Fine Kinney partikül madde risk skorları.	116
Çizelge 4.61 : URUS MIII Fine Kinney partikül madde risk skorları.....	117
Çizelge 4.62 : MOZ500 Fine Kinney partikül madde risk skorları.....	118
Çizelge 4.63 : Hidromek HMK 220 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.	119
Çizelge 4.64 : Volvo EC55 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.....	119
Çizelge 4.65 : Kubota U55-4 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.....	120
Çizelge 4.66 : MAN TGA 18-440 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.....	120
Çizelge 4.67 : New Holland TT55B Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.....	121
Çizelge 4.68 : Türk-FIAT 80-66 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.	121
Çizelge 4.69 : BMC PRO 827 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.....	122
Çizelge 4.70 : Türk-FIAT 80-66 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.	122
Çizelge 4.71 : Türk-FIAT 80-66 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.	123
Çizelge 4.72 : Hidromek HMK 220 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.	123
Çizelge 4.73 : Volvo EC55 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.	124
Çizelge 4.74 : Kubota U55-4 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları. ..	125
Çizelge 4.75 : MAN TGA 18-440 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.	125
Çizelge 4.76 : New Holland TT55B Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.	126
Çizelge 4.77 : Türk-FIAT 80-66 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.	127
Çizelge 4.78 : BMC PRO 827 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.	127
Çizelge 4.79 : URUS MIII Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.....	128

Çizelge 4.80 : MOZ500 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.	129
Çizelge 4.81 : Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney gürültü risk değerlendirme sonuçları (Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı).	130
Çizelge 4.82 : Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney gürültü risk değerlendirme sonuçları (TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı).	131
Çizelge 4.83 : Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney partikül madde (PM2.5) risk değerlendirme sonuçları (Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı).	132
Çizelge 4.84 : Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney partikül madde (PM10) risk değerlendirme sonuçları (Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı).	133
Çizelge 4.85 : Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney partikül madde (PM2.5) değerlendirme sonuçları (TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı).	134
Çizelge 5.1 : Ortalama gürültü ölçüm değerleri (dBA).	137
Çizelge 5.2 : Ortalama PM2.5 ölçüm değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).	139
Çizelge 5.3 : Ortalama PM10 ölçüm değerleri.	141
Çizelge 5.4 : Gürültü ölçüm cihazlarının karşılaştırılmasına ilişkin test sonuçları.	143
Çizelge 5.5 : Partikül madde (PM2.5) ölçüm cihazlarının karşılaştırılmasına ilişkin test sonuçları.	145

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Örnek bir motorlu testere.	6
Şekil 1.2 : Doppstadt DH 910 yonga makinesiyle yonga üretimi (Çanakkale).....	7
Şekil 1.3 : WoodCracker CD450 Kesici-İstifleyici (Çanakkale).....	9
Şekil 1.4 : Doosan DX 300 LC Hasatçı ile ağaç kesimi (Bursa).....	9
Şekil 1.5 : TigerCAT 635D Sürütücü ile bölmeden çıkarma çalışması (Çanakkale).11	
Şekil 1.6 : John Deere 648L Sürütücü (Oregon, ABD).	12
Şekil 1.7 : Malwa Taşıyıcı (KWF, Almanya).....	13
Şekil 1.8 : Tarım traktörü ile sürütme (Büyükorhan, Bursa).	14
Şekil 1.9 : Tarım traktörü ile yükleme (Keles, Bursa).....	14
Şekil 1.10 : Traktöre entegre Tajfun MOZ 500 GR hava hattı (Artvin).....	15
Şekil 1.11 : Orman traktörü kullanılarak kablo çekimi ile bölmeden çıkarma.....	16
Şekil 1.12 : Taşınabilir vinçle bölmeden çıkarma (Tavşanlı, Kütahya).	17
Şekil 1.13 : Urus MIII hava hattı (Çamlıhemşin, Rize).....	18
Şekil 1.14 : Lastik tekerlekli hidrolik kreyn ile yükleme.	19
Şekil 1.15 : Hidrolik kıskaçlı yükleyici (Giresun).....	20
Şekil 1.16 : Traktör-treylerle taşıma (Austrofoma, Avusturya).	21
Şekil 1.17 : Tomruk kamyonu ile taşıma (KWF, Almanya).	22
Şekil 3.1 : Arazi çalışmalarının yürütüldüğü sahalarda.....	46
Şekil 3.2 : Hüyük Orman İşletme Şefliği.	47
Şekil 3.3 : Osmangazi Orman İşletme Şefliği.	48
Şekil 3.4 : Dağtekköy Orman İşletme Şefliği.	49
Şekil 3.5 : Çamlıhemşin Orman İşletme Şefliği.	50
Şekil 3.6 : Karçkal Orman İşletme Şefliği.	50
Şekil 3.7 : PCE-430 Gürültü ölçer (sol) ve PCE-PCO-2 Partikül ölçer (sağ).	51
Şekil 3.8 : Arduino setinde yer alan donanımlar.	53
Şekil 3.9 : Ölçüm cihazlarının operatör yakasına konumlandırılması.....	54
Şekil 3.10 : Hidromek HMK 220 Hasatçı.	55
Şekil 3.11 : Volvo EC55 model yükleyiciler.....	56
Şekil 3.12 : Kubota U55-4 model yükleyiciler.....	57
Şekil 3.13 : MAN TGA 18-440 model tomruk kamyonu.....	57
Şekil 3.14 : New Holland TT55B tarım traktörü.	59
Şekil 3.15 : Türk-FIAT 80-66 tarım traktörü.	60
Şekil 3.16 : BMC PRO 827 tomruk kamyonu.....	60
Şekil 3.17 : URUS-M III Kablolu hava hattı.	61
Şekil 3.18 : Tajfun Skyline MOZ 500 kablolu hava hattı.....	63
Şekil 3.19 : Arduino Mega 2560.	64
Şekil 3.20 : Audiowell DW0001 partikül sensörü.....	65
Şekil 3.21 : Ses sensörü.	66
Şekil 3.22 : MQ-7 Karbon monoksit sensörü.	67
Şekil 3.23 : RTC (Gerçek Zamanlı Saat) modülü.	68
Şekil 3.24 : Cihaza eklenen GPS modülü (GY-GPS6MV2).	68
Şekil 3.25 : MikroSD kart modülü.	69

Şekil 3.26 : Nextion dokunmaya duyarlı programlanabilir ekran.	69
Şekil 3.27 : Sunix PB-37 model taşınabilir mini batarya.	69
Şekil 3.28 : Arduino IDE ara yüzü.	70
Şekil 3.29 : Arduino Mega 2560 bağlantı pinleri.	72
Şekil 3.30 : Analog verinin okunması.	72
Şekil 3.31 : Dönüşüm denklemi.	72
Şekil 3.32 : Gürültü değerlerinin hesaplanması.	73
Şekil 3.33 : Partikül değerlerinin hesaplanması.	74
Şekil 3.34 : CO değerlerinin hesaplanması.	74
Şekil 3.35 : GPS modülü komutları.	75
Şekil 3.36 : Veri dosyası (Ham veri ve Excel’de gösterimi).	76
Şekil 3.37 : Uyarı sayfası.	77
Şekil 3.38 : SD kart kontrolü, dosya yazdırma ve kapatma komutları.	77
Şekil 3.39 : SD kart modülünü kontrol etme işlemine ait komutlar.	77
Şekil 3.40 : Dosyanın kaydı ve kapatılmasını sağlayan komutlar.	78
Şekil 3.41 : Nextion kütüphanesini Arduino içerisine dahil eden komutlar.	79
Şekil 3.42 : Nextion üzerinde metin kutusu, numara ve butonların adreslenmesi. ...	79
Şekil 3.43 : Sensörlerden gelen değerlerin görüntülenmesini sağlayan komutlar.	79
Şekil 3.44 : TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazının tasarım aşamasından görüntüler..	80
Şekil 3.45 : Fine-Kinney yöntemi.	82
Şekil 3.46 : Fine kinney ile bulanık mantık entegrasyonu.	83
Şekil 3.47 : Bulanık mantık yönteminde kural girilerek risk skorunun belirlenmesi.	85
Şekil 3.48 : Üyelik fonksiyonları (a-Olasılık, b-Frekans, c-Şiddet) ve risk aralığı (d).	86
Şekil 3.49 : Üçgen üyelik fonksiyonları sonucu üretilecek risk skorları.	87
Şekil 4.1 : Sensör ünitesini oluşturan donanımlar.	88
Şekil 4.2 : Kontrol ve görüntü ünitesini oluşturan donanımlar.	88
Şekil 4.3 : Plastik kasalara yerleştirilen cihazın son halinin görüntüsü.	89
Şekil 4.4 : TriSensor 4.0 ölçüm cihazının üniteleri.	89
Şekil 5.1 : Gürültü verilerinin karşılaştırılması.	137
Şekil 5.2 : MOZ500 (sol) ve URUS MIII (sağ)’de operatör konumları.	137
Şekil 5.3 : PM2.5 verilerinin karşılaştırılması.	140
Şekil 5.4 : PM10 verilerinin karşılaştırılması.	141
Şekil 5.5 : Gürültü ölçüm cihazlarının karşılaştırılmasına ilişkin test sonuçları.	144
Şekil 5.6: Partikül madde (PM2.5) ölçüm cihazlarının karşılaştırılmasına ilişkin test sonuçları.	145
Şekil 5.7 : Gürültü risk skorlarının karşılaştırılması.	147
Şekil 5.8 : Partikül madde risk skorlarının karşılaştırılması.	147

ORMANCILIKTA MEKANİK ÜRETİM ÇALIŞMALARINDA MAKİNE KAYNAKLI BAŞLICA RİSK FAKTÖRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Ormancılık, çalışma koşulları nedeniyle tehlikeli iş sınıfları arasında yer almaktadır. Özellikle üretim faaliyetleri sırasında ortaya çıkabilecek ölümcül kazalar bu konuda önemli bir yer almaktadır. Ormancılıkta iş kazaları üzerine çalışmalar bulunmakta olup, kazaların önlenmesi için çözümler aranmaktadır. Bununla birlikte iş kazalarının yanı sıra çoğunlukla dikkate alınmayan ve sürekli tekrarlanması halinde uzun süreçlerde ciddi sağlık problemlerine yol açabilecek riskler (fiziksel, kimyasal, biyolojik, ergonomik vb.) bulunmaktadır. Özellikle ormancılık alanındaki artan makineleşme, beraberinde çeşitli riskleri de getirmiştir. Diğer taraftan, bu konuda yürütülen bilimsel araştırmalar ve çalışmaların sayısı sınırlıdır.

Odun hammaddesi üretimi sırasında kullanılan mekanik araçlar üretim hızı ve verimlilik üzerinde olumlu etkiler sağlasa da çalışma ortamında yol açtığı potansiyel riskler nedeniyle operatör ve işçi sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Makineye dayalı üretim işlerinin temelinde motor gücünden yararlanılması söz konusudur. Motor gücü ise büyük oranda fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Dolayısıyla çalışma sırasında atık gazların ortama salınması gibi durumlarla karşılaşmaktadır. Buna ek olarak, motor hareketlerinden kaynaklı gürültü ve makineli üretimde odun hammaddesi veya zemin etkileşiminden kaynaklı partikül madde maruziyeti önemli bir durumdur. Bu konuda yapılan çalışmalar da dikkate alındığında temel risk faktörleri, gaz, gürültü ve partikül madde olarak sınıflandırılabilir. Kısa süreli operasyonlarda bu faktörlerin insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olmamakla birlikte, uzun süreli çalışmalarda özellikle makine operatörleri üzerinde ciddi sağlık sorunları doğurmaktadır. Bu açıdan, iş sağlığı ve güvenliği açısından bu risk faktörlerinin incelenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada, ormancılık faaliyetleri sırasında kullanılan üretim makinelerine bağlı bazı risk faktörlerinin (gürültü ve partikül madde) ölçülmesi, açık kaynaklı Arduino platformu kullanılarak çoklu ölçüm cihazı (TriSensor 4.0) geliştirilmesi ve ilgili faktörlerin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle (Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney) risk değerlendirmelerinin yapılması amaçlanmaktadır.

Çalışma kapsamında çeşitli bölgelerde yürütülen ormancılık çalışmalarında kullanılan mekanik araçlar (hasatçı, yükleyici, hava hattı, tarım traktörü, tomruk kamyonu) üzerinde gürültü ve partikül madde ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler endüstriyel ölçüm cihazları ve çalışmada geliştirilen TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazıyla yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. GPS ünitesine sahip TriSensor 4.0 cihazı aynı anda gürültü, partikül madde ve CO ölçümleri yapabilmekte ve ölçüm değerleriyle birlikte konum bilgilerini de kaydetmektedir.

Risk değerlendirme çalışmaları pek çok alanda yaygın olarak yapılmaktadır. Özellikle tehlikeli iş kollarında bu çalışmaların yapılması ölümcül kazaların engellenmesi açısından kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu çalışmada ise kısa vadede ölümcül riskleri bulunmayan ancak uzun vadede önemli sağlık problemlerine neden olabilecek makine

kaynaklı gürültü ve partikül faktörlerinin risk değerlendirmesinin yapılması planlanmıştır. Risk değerlendirme çalışmaları pek çok iş kolunda uygulanmakta ve oldukça farklı risk değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır. Buna bağlı olarak risk değerlendirme yöntemi çalışma ortamı, yapılan iş vb. durumlar gözden geçirilerek seçilmektedir. Bu çalışmada, temel olarak Fine Kinney Yöntemi ve bununla birlikte Bulanık Mantık Yönteminin entegre edilerek risk değerlendirme çalışmasının yapılmıştır.

Sonuçlara göre her iki cihazda da üretim makinelerinden elde edilen ortalama gürültü değerlerinin insan sağlığına 2. derecede etkili olan 66-90 dBA aralığında yer aldığı görülmektedir. Sonuçlara bakıldığında en düşük ortalama değerler MOZ500 kablolu hava hattından elde edilirken en yüksek değerler ise URUS MIII kablolu hava hattından kaynaklıdır. Diğer üretim araçlarının çalışma ortamı koşullarının benzerliği ve operatör kabinlerinin bulunması gibi durumlardan dolayı değerler daha düşük ve birbirlerine yakın çıkmıştır. Partikül madde riski (PM2.5) açısından değerlendirildiğinde, en yüksek maruziyet değeri ($>200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) New Holland TT55B model tarım traktörü ölçümlerinde elde edildiği ve çalışma ortamının partikül madde açısından çok sağlıksız olduğu belirlenmiştir. MAN TGA tomruk kamyonu, URUS MIII kablolu hava hattı ve Türk-FIAT 80-66 tarım traktörünün kullanıldığı çalışmalarda operatörlerin maruziyet değerlerinin sağlıksız ($65,5-150,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kategorisinde yer aldığı bulunmuştur. Diğer mekanik üretim araçlarında ise PM2.5 maruziyet değerleri insan sağlığı açısından önemli tehlikeler taşımayan ve hassas gruplar için sağlıksız olarak değerlendirilen grupta yer almıştır. Çalışmada geliştirilen TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile endüstriyel ölçüm cihazları ölçüm değerleri karşılaştırıldığında, gürültü ve partikül madde ölçüm değerleri arasında büyük oranda önemli bir fark olmadığı, geliştirilen cihazın kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir. Gürültü ve partikül verileri ile yapılan risk değerlendirme çalışmalarından elde edilen risk skorları karşılaştırıldığında, Fine Kinney risk değerlendirme sonuçlarının genel olarak Bulanık Fine Kinney sonuçlarından düşük olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Ormancılıkta mekanik üretim, risk faktörleri, çoklu ölçüm cihazı, risk değerlendirme, Fine Kinney, Bulanık Mantık.

EVALUATION OF MACHINE-BASED MAJOR RISK FACTORS DURING MECHANIZED HARVESTING OPERATIONS IN FORESTRY

SUMMARY

Forestry is among the dangerous work classes due to its working conditions. Especially fatal accidents that may occur during production activities take an important place in this regard. There are studies on occupational accidents in forestry and solutions are sought for the prevention of accidents. However, in addition to occupational accidents, there are risks (physical, chemical, biological, ergonomic, etc.) that are often ignored and can cause serious health problems in long periods if repeated. Increasing mechanization, especially in the field of forestry, has brought with it various risks. On the other hand, the number of scientific researches and studies on this subject is limited.

Although the mechanical tools used during the production of wood raw materials provide positive effects on production speed and efficiency, they may adversely affect the health of the operator and worker due to the potential risks it causes in the working environment. The basis of machine-based production works is the use of engine power. Engine power is mostly derived from fossil fuels. Therefore, situations such as the release of waste gases to the environment during operation are encountered. In addition, noise caused by motor movements and particle and dust exposure caused by wood raw material or ground interaction in machine production are important conditions. Considering the studies on this subject, the main risk factors can be classified as noise, particulate matter and gas. Although these factors do not have significant effects on human health in short-term operations, they cause serious health problems especially on machine operators in long-term operations. In this respect, it is very important to examine these risk factors in terms of occupational health and safety. In this study, measurement of some risk factors (noise and particulate matter) related to production machines used during forestry activities, development of a multi-measuring device (TriSensor 4.0) using open source Arduino platform and related factors with Multi-Criteria Decision Making Methods (Fine Kinney and Fuzzy Fine Kinney). risk assessments are intended.

Within the scope of the study, noise and particulate matter measurements were made on mechanical vehicles (harvester, loader, overhead line, agricultural tractor, logging truck) used in forestry works carried out in various regions. Measurements were made with industrial measuring devices and TriSensor 4.0 multi-measuring device developed in the study, and the results were compared. TriSensor 4.0 device with GPS unit can simultaneously measure noise, particulate matter and CO and record location information along with measurement values.

Risk assessment studies are widely carried out in many areas. Especially in dangerous business lines, it becomes inevitable to carry out these studies in order to prevent fatal accidents. In this study, it is planned to make a risk assessment of noise and dust factors originating from machinery, which do not have fatal risks in the short term but may

cause significant health problems in the long term. Risk assessment studies are applied in many business lines and there are quite different risk assessment methods. Accordingly, the risk assessment method is based on the working environment, the work done, etc. situations are reviewed and selected. In this study, the risk assessment study was carried out by integrating the Fine Kinney Method and the Fuzzy Logic Method.

According to the results, it is seen that the average noise values obtained from the production machines in both devices are in the range of 66-90 dBA, which is 2nd degree effective on human health. Looking at the results, the lowest average values are obtained from the MOZ500 skyline, while the highest values are from the URUS MIII skyline. The values were lower and close to each other due to the similarity of the working environment conditions of other production vehicles and the presence of operator cabins. When evaluated in terms of particulate matter risk (PM_{2.5}), it was determined that the highest exposure value ($>200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) was obtained in New Holland TT55B model agricultural tractor measurements and the working environment was very unhealthy in terms of particulate matter. In studies where MAN TGA logging truck, URUS MIII skyline and Turkish-FIAT 80-66 agricultural tractor were used, it was found that the exposure values of the operators were in the category of unhealthy ($65.5\text{-}150.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In other mechanical production tools, PM_{2.5} exposure values are included in the group that does not pose significant hazards to human health and is considered unhealthy for sensitive groups. When the measurement values of the TriSensor 4.0 multi-measuring device developed in the study and industrial measurement devices were compared, it was determined that there was no significant difference between the measurement values of noise and particulate matter, and that the developed device was functional. When the risk scores obtained from risk assessment studies with noise and particle data were compared, it was seen that the Fine Kinney risk assessment results were generally lower than the Fuzzy Fine Kinney results.

Keywords: Mechanical production in forestry, risk factors, multiple measuring device, risk assessment, Fine Kinney, Fuzzy Logic.

1. GİRİŞ

Ormancılık, en ilkel çalışma yöntemlerinden en modern çalışma yöntemlerine kadar farklı çalışma metotlarını içerisinde barındıran önemli bir sektördür. İlk başlarda insan gücü ile üretim yapılırken ilerleyen zamanlarda teknoloji odaklı üretim yöntemleri bu sektöre entegre edilmiştir. Mevcut çalışma yöntemlerinin karmaşık olması nedeniyle, ormancılık çalışmaları sırasında insan veya makine kaynaklı pek çok kaza veya kazaya yol açacak riskli durumların oluşması kaçınılmaz hale gelmektedir. Örneğin makineli üretim sırasında çevrede insan gücüne dayalı çalışmaların devam etmesi iş kazaları, yaralanmalar, meslek hastalıkları, iş gücü kaybı vb. etkilerin oluşmasını tetiklemektedir (Acar ve diğ., 2002). Diğer yandan makineli üretim işlerinde çalışan uzman kişiler veya operatörlerin de makine kaynaklı risklerden etkilenmeleri kaçınılmazdır. Bu etkilerin tamamı dikkate alındığında ormancılık çalışmaları için risk değerlendirme çalışmalarının ciddi olarak araştırılması gerekliliği söz konusu olmaktadır.

Ormancılık üretim çalışmalarında geçmişten günümüze birçok farklı teknik ve yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler incelendiğinde iş gücü, verimlilik, kaza riskleri vb. durumlar teknolojik ilerlemeye bağlı olarak değişmektedir. Üretim çalışmalarında ormandan elde edilen ürünün kesim ile başlayan ve depolara taşınmasına kadar geçen süreçte çeşitli aşamalar izlenmektedir. Bu yöntemler kesim aşamaları, bölmeden çıkarma ve uzak nakliyat şeklinde sıralanabilir. Söz konusu aşamalar incelenecek olursa her aşama içerisinde farklı çalışma yöntemleri kullanılmaktadır.

1.1 Ormancılıkta Üretim Çalışmaları

Günümüzde orman kaynaklarından oldukça fazla yararlanan insanların dikkatli ve planlı bir faydalanmaya yönelmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu durumun en önemli sebebi ormanları meydana getiren elemanların doğal yapı ve dengesinin korunması ile devamlılığının sağlanmasıdır (Yıldırım, 1989). Gün geçtikçe artan odun hammaddesi talebini karşılamak için odun hammaddesinde gerçekleşen üretim miktarı aynı oranda artış göstermemektedir. Doğal veya yapay yollarla yetiştirilmiş ve kesilecek çağa

ulaşmış ağaçların, bilimsel ve teknik müdahaleler ışığında insan hizmetine sunulması çalışmaları odun hammaddesi üretimi olarak tanımlanabilir (Dinç, 1999). Odun hammaddesi üretimi, kesim ve taşıma aşamaları olarak ikiye ayrılmaktadır. Kesim aşamasında; kesme-devirme, tepe ve dalların alınması, ölçme, işaretleme, boylama ve kabuk soyma çalışmaları yer almaktadır. Taşımada ise; bölmeden çıkarma ve rampadan depolara taşıma işlemleri bulunmaktadır (Karaman, 1997).

Odun hammaddesi üretilirken üretim alanının özellikleri, makine-ekipman durumu ve iş gücü gibi etmenlere bağlı olarak farklı üretim metotları kullanılır (Erdaş, 1986). Bu metotlardan tomruk metodu, kalan meşcerenin korunması konusunda en uygun ve en çok kullanılan yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Aykut, 1984).

1.1.1 Kesme ve devirme çalışmaları

Orman ürünleri üretiminde kesim işleri Türk Standartları 1214 dikkate alınarak yapılmaktadır. Burada kesim çalışmalarında uyulması gereken standartlar ve kurallar ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Kesim çalışmalarında uyulması gereken bazı önemli kurallar aşağıdaki gibidir (Acar ve Eroğlu, 2016):

- Kesim yapılan sahaların 50-100 m uzağında bulunan yollarda, giriş ve çıkış bölgelerine “kesim alanıdır” levhaları yerleştirilmelidir.
- Yamaç aşağısında kalan yollar, kesimden kaynaklanabilecek önemli bir tehlike varsa kapatılmalıdır.
- Yolun kapatılması mümkün değilse, tehlike başlangıç ve bitiş bölgelerine ikaz için birer işçi yerleştirilmelidir.
- Kesim sırasında yerleşim yerleri, ana yollar veya demir yolları gibi bölgeler tehlike altında kalıyorsa; diğer kamu ve güvenlik kurumları ile görüşülmeli ve gereken tedbirler alınmalıdır.
- Kesimlerde doğal tehlikeler (tomruk yuvarlanması, dal düşmesi, basılan yerin güvenliği, ağaç gövdesindeki basınç ve çekme bölgeleri vd.) dikkate alınmalı ve gerekli uyarılar yapılmalıdır.
- Şiddetli don ve rüzgârlarda işin devam edip etmeyeceğine yöneticiler karar vermelidir.

- Hava sıcaklığının -10 °C veya altında olması durumunda kesimler durdurulmalıdır.
- Donmuş dal ve gövdelerin birbirine tutunması, hava sıcaklığının değişmesi sonucu birbirinden kurtulup tehlike oluşturabilir.
- Karanlıkta ve sisli havalarda iki ağaç boyundan daha kısa görüş mesafesi varsa kesim yapılmamalıdır.

1.1.1.1 Devirme

Kesim yapılırken ağacın devirme yönüne devrilmesi, mümkün olduğunca fazla ürün elde edilmesi ve tehlikelere karşı dikkatli olunması gerekmektedir. Kesim sırasında ağacın kök merkezinden itibaren iki ağaç boyu yarıçapa sahip bir çember düşünüldüğünde, bu alan 1. derecede tehlikeli sayılmaktadır. Sadece kesim işçilerinin bu alanda bulunması söz konusudur. Dağlık bölgelerde ise yamaç boyu bir doğrultuda kesim işçileri çalıştırılmamaktadır.

Kesilecek olan ağaçlar belirlendikten sonra devirme yönünün ters istikametine gidilerek aletler bu alana bırakılır. Gerekli durumlarda aletlere erişim kolay olmalı, tehlike oluştuğunda ise işçinin kaçmasını engellemelidir. Devirme yönü belirlenirken (Acar ve Eroğlu, 2016):

- Kesilecek ağacın yetiştirme şekline (eğri, düz),
- Diğer ağaçlara takılma durumuna,
- Dalların yapısına,
- Kar yükü ve rüzgâr durumuna,
- İç çürüklüğe,
- İkiz dalların bulunmasına,
- Bölmeden çıkarma yönü ve yöntemine,
- Devirme yönündeki gençlik, kayalık ve uçurum

gibi durumlara dikkat edilmelidir.

Yukarıdaki hususlar dikkate alınıp devirme yönü tespit edildikten sonra, kesilecek ağacın etrafı temizlenir. Varsa eğer kök şişkinlikleri alınır. Sonrasında devirme yönüne dik olarak ve olabildiğince toprağa yakın bir noktadan devirme oyuğu açılır. Diğer adımda ise devirme kesişi yapılarak ağacın devrilmesi sağlanır.

1.1.1.2 Dal alma

Dal alma çalışmalarında dalların durumu dikkate alınarak ekonomik ve ergonomik olarak ince dallar için 800-1000 gramlık baltalar, kalın dalların alınmasında ise motorlu testerelerin kullanımı söz konusu olmaktadır. Balta ile dal alma işlemlerinde gövde balta ile işçi arasında olmalı, balta işçinin vücudundan uzaklaşacak şekilde kullanılmalı ve ağacın kalın tarafından başlanarak ince tarafına doğru gidilmelidir.

Motorlu testere kullanımı ile yapılan dal alma işlemlerinde, yaralanma riski daha fazladır. Dolayısıyla motorlu testere ile dal alımlarında (Acar ve Eroğlu, 2016):

- Vücut olabildiğince dik tutulmalı ve vücudun üst kısmı hareket ettirilerek çalışmalara devam edilmelidir. İnce çap kademesindeki odunlar yükseltilerek dalları alınmalıdır.
- Motorlu testere kullanılırken kalçadan veya tomruktan destek alınmalı ve bu sayede vibrasyon azaltılmalıdır.
- Kontrolün kolay sağlanabilmesi ve düzgün çalışabilmesi amacıyla kesme vücuda yakın bir bölgeden yapılmalıdır.
- Geri tepmelerde kontrol imkânı olması için sol elin başparmağı el tutacağıının altında olmalıdır.
- Motorlu testere sıkıca tutulmalı ve kramplardan kaçınılmalıdır. El eklemleri ise sürekli gergin olmalıdır.
- İleri hareket edilirken çalışan testere tomruğa yakın bir şekilde vücuttan uzaklaştırılarak taşınmalıdır.
- Motorlu testereler ile dal alınırken pandül metodu, kaldıraç metodu ve ayırma metodu olarak üç farklı yöntem kullanılabilir.

1.1.1.3 Kabuk soyma

Kabuk soyma işlemlerinde ilk olarak gövdenin karşısındaki kabuklar soyulur, bu sayede işçinin bacak kısımları kirlenmez. Sonrasında işçinin bulunduğu taraftaki kabuklar soyulur. Mümkün olduğunca kabuklar üst ve yanlardan soyularak kalan kısım gövdenin çevrilmesi sonrasında alınmalıdır. İnce kabuklu ağaçlarda soyma işi uzun şeritler halinde yapılırken kalın kabuklu ağaçlarda ise kısa parçalar halinde olmaktadır (Acar ve Eroğlu, 2016).

1.1.2 Bölmeden çıkarma

Bölmeden çıkarma, orman içerisinde kesilen odun hammaddesinin yol üzerindeki istif yerine veya rampalara taşınmasına denilmektedir. Uzun yıllar sonunda yetişen ormanlardan elde edilecek ürünün, üretim alanından teknik ve doğal şartlara uygun şekilde alınması gerekmektedir. Bu sayede toplumun ihtiyacı olan ürünlerin tüketim merkezlerine götürülmesi optimal yarar sağlayacaktır. Ormancılık bilimi ve tekniği, ormanların sunduğu imkânlardan en iyi şekilde yararlanmayı sağlarken, üretim yapılan ormanlarda ürünün kalitesini ve miktarını da arttırmayı amaçlar. Bu ilkelere bağlı olarak yapılan bölmeden çıkarma çalışmaları, transport zincirinin ve dolayısıyla da üretim aşamalarının önemli bir halkasını oluşturmaktadır. Bölmeden çıkarma çalışmalarında dikkat edilecek esaslar (Erdaş ve diğ., 2014):

- Bölmeden çıkarılan ürünlerin en azından üretim maliyetlerini karşılaması gerekmektedir. Bununla beraber bölmeden çıkarma maliyetleri olabildiğince düşük tutulmalıdır.
- Tensil alanlarında dikkatli davranılmalı ve toprak ile gençliğe zarar verilmeden bölmeden çıkarma yapılmalıdır.
- Bölmeden çıkarma çalışmalarında uygulanacak yöntem, izlenecek yol ve toplanma alanları önceden tespit edilmelidir.
- Dağınık olarak bulunan ürünler belli bir düzen ve sırayla bölmeden çıkarılmalıdır.
- Odunlar kendi aralarında çeşitli sınıflara göre ayrı olarak istiflenmeli ve bu alanlarda araziden en iyi şekilde yararlanılmalıdır.
- Hava koşullarının kötü olduğu zamanlar dışında bölmeden çıkarma işlemleri her zaman yapılabilir.
- Ürünün boyu ve üretim metoduna göre sürütme yöntemi seçilmelidir.
- Bölmeden çıkarma çalışmalarında işçilerin aşırı yorulması engellenmeli, onları tehlikeye sokmamalı ve iş kazalarına açık olmamalıdır.

1.1.3 Uzak nakliyat

Üretilen orman ürünleri her yıl çeşitli orman yolu ve depolar aracılığıyla tüketim bölgelerine ulaştırılır. Uzak nakliyat veya tüketim yerlerine ulaştırma, orman yolları

kullanılarak çeşitli araçlar yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde uzak nakliyat yapılırken ağırlıklı olarak orman yolları kullanılmaktadır. Benzer olarak diğer ülkelerde de bu durum geçerlidir (Erdaş ve diğ., 2014).

Orman ürünlerinin nakliyatı için ilk olarak orman yollarının yıl boyunca ulaşılabilir olması gerekmektedir. Bununla beraber, yolun teknik ve geometrik yapısı, araçların güvenli bir taşıma yapabilmesini sağlamalıdır. Orman yollarında taşıma yapan araçların motor özellikleri çok değişmese de yapısal olarak zamanla büyük değişimler olmuştur. Özellikle taşınan ürün miktarının artmasından kaynaklı olarak daha ekonomik taşımanın sağlanması bu değişimi getirmiştir. Orman ürünlerinin nakliyatında araçların en etkin şekilde kullanılması nakliyatın esasıdır. Araçlarda kullanım etkinliği şeklinde ifade edilen bu durum, her defasında taşınan yükün araç ağırlığına bölünmesi sonucu bulunan değer yüzdesi şeklinde belirlenmektedir. Bununla beraber, kullanım etkinliği motor çalışma süresinin bir yıl boyunca çalışabileceği zamana oranının yüzdesi şeklinde de ifade edilmektedir. Bu değer ne kadar fazlaysa araç o kadar etkin kullanılıyor anlamına gelmektedir (Erdaş ve diğ., 2014).

1.2 Ormancılık Üretim Faaliyetlerinde Kullanılan Mekanik Araçlar

1.2.1 Motorlu testereler

Motorlu testereler ormancılık üretim işlerinin vazgeçilmez makinelerinden biridir (Şekil 1.1). Dal temizleme, gövdedeki çıkıntıların düzeltilmesi, devirme oyuğu açma, devirme kesişi yapılması ve boylama gibi pek çok aşamada kullanılmaktadır. Kalın çaplarda ve fazla miktarda istif odunu elde edilebilen yapraklı ağaçlarda motorlu testere kullanımı verimi arttırmaktadır. Diğer yandan motorlu testerelerin tıraşlama kesimlerde ve tomruk depolarında kullanılması da verimi arttırmaya yardımcı olmaktadır (Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.1 : Örnek bir motorlu testere.

1.2.2 Yongalama makineleri

Yongalama makinelerinin geliştirilmesindeki temel amaç, ormandaki diri örtünün kesilip yerinde yongalanmasıdır (Şekil 2.1). Bu makineler, yongalama işini gerçekleştiren ve üzerinde bıçaklar yer alan döner disk ya da tambur üniteleri ile donatılmıştır. Bu makinelerin üretilmesinin asıl amacı ise diri örtü ile beraber dal, tepe vb. gibi üretim artığı olan malzemeleri yerinde yongalamak ve orman içerisinde bırakılarak hızlıca ayrışmalarını sağlamaktır. 1960'ların başında Almanya'da küçük çaptaki odun ürününün taşınması ve işlenmesi masraflı hale gelmeye başlayınca bu ürünlerin ormanda yongalanması yoluna gidilmiştir. Diğer yandan, aralama çalışmalarında ortaya çıkan ince malzemeler de yol kenarlarına getirilip yongalanarak fabrikalara taşınmasına başlanmıştır. Yongalanan malzemeler bir kasada biriktirilmiş ya da yol kenarlarına atılmıştır. Fakat bu malzemelerin yol kenarlarına atılması ve kabuklu olarak yongalanması farklı sorunlar (böcek vd.) meydana getirmiştir. Ek olarak, az miktardaki ürünün yüksek taşıma maliyetleri de ortaya çıkmıştır. Diğer yandan Fransa'da yongalama işlemi sonrasında ürünler balyalar haline getirilmiştir. Ülkemizde yongalama makineleri ilk olarak 1980'lerin başında görülmeye başlanmıştır (Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.2 : Doppstadt DH 910 yonga makinesiyle yonga üretimi (Çanakkale).

1.2.3 Kesme ve boylama makineleri

Kesme ve boylama işlemi mekanik üretimin ilk safhasını oluşturmaktadır. Tomruk üretiminde diğer çalışma safhaları ile kıyaslandığında en zor ve tehlikeli aşamadır. Meşcere zararları ve iş güvenliği dikkate alınarak ağaçlar kesilir. Üretim işçileri maksimum ekonomik değerleri elde edecek şekilde ağaçların boylama işlemini gerçekleştirmek durumundadır (Sessions, 1988). Kesme, devirme ve boylama işlerinde kullanılan araçlar Kesici-İstifleyici ve Hasatçı olarak iki ana grupta gösterilebilir.

1.2.3.1 Kesici-istifleyici

Hidrolik sisteme sahip kesici başlıkları sayesinde ağaçları toprağa en yakın noktadan keserek ağaçları yığınlar halinde istifler ve sürütmeye hazır hale getirirler (Şekil 1.3) (Kellogg ve Brinker, 1992). Sonrasında ise dalların temizlenmesi seksiyonlara ayrılması için istiflenen ağaçlar rampalara götürülürler. Bu aşamada verimliliğin artırılması amacıyla ağaçların kesme ve devirme yönü yokuş yukarı yönde yapılır ve yokuş aşağı yönde sürütme işlemlerinin gerçekleştirilmesi sağlanır (Garland, 1983). Kesici-İstifleyiciler ile yapılan üretim çalışmaları motorlu testerele göre daha güvenlidir. Meşcere içerisinde sürütücüler ve kesici-istifleyiciler aynı yolu takip ettiği için toprak üzerindeki zarar miktarı düşük olmaktadır. Diğer yandan devirme yönü çalışmalardan önce planlanarak meşcere zararı en aza indirilebilmektedir. Kesici-İstifleyiciler paletli veya lastik tekerlekli olabilmektedir (Akay ve Yenilmez, 2008).

1.2.3.2 Hasatçı

Hasatçılar, ağacı kesip dallarını temizleyen ve seksiyonlara ayıran makinelerdir (Şekil 1.4). Tomruk üretim sistemlerinde taşıyıcı araçlarla beraber kullanılmaktadırlar. Hasatçı ile üretilen tomruklar daha sonra taşıyıcılar ile rampalara iletilmektedir (Kellogg ve Brinker, 1992). Hasatçılar tek kollu veya çift kollu olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Tek kollu hasatçılar, tek bir kesici başlık sayesinde ağaçları keser ve seksiyonlara ayırır. Çift kollu hasatçılarda ise kesici başlık ile kesilen ağaçlar daha sonra gövde üzerinde yer alan diğer kesiciye yerleştirilmekte ve burada dal temizliği ve seksiyonlara ayırma işlemleri gerçekleştirilmektedir (Kellogg ve Brinker, 1992).



Şekil 1.3 : WoodCracker CD450 Kesici-İstifleyici (Çanakkale).



Şekil 1.4 : Doosan DX 300 LC Hasatçı ile ağaç kesimi (Bursa).

Hasatçılarda verimi etkileyen başlıca faktörler; üretim yapılan ağaç ve dalların boyutları, operatörlerin tecrübe ve motivasyon durumu, birim alana düşen kesilecek ağaç sayısı, eğim durumu, diri örtü ve diğer arazi şartlarıdır (Raymond, 1988; Makkonen, 1991). Gövde çapı 55 cm veya daha düşük ağaçların yer aldığı üretim çalışmalarında; tek kollu hasatçıların kesme, dal alma ve seksiyonlara ayırma işlemlerindeki verimliliği daha yüksektir. Bununla beraber Kellogg ve Brinker (1992) tek kollu hasatçıların mekanik üretim çalışmalarında çift kollu hasatçılara göre daha fazla tercih edildiğini bildirmektedir.

Meşcerelerin sıklığı ve ağaç boyutlarındaki artışın verimliliği arttırdığı ve birim maliyeti düşürdüğü görülmektedir. Hasatçılara eklenen bilgisayar sistemleri yardımıyla seksiyon boyutları belirlenebilmekte ve optimum boylama yapılarak ağaçlardan en yüksek değerde tomruk üretimi sağlanmaktadır (Akay ve diğ., 2007). Ayrıca çalışma şartlarının zorlaştığı dik arazilerde, operatör tecrübesi ve motivasyon durumunun yetersiz olduğu durumlarda, hasatçı ile yapılan üretim verimliliği düşmekte ve orman ekosistemine yaptığı zararlar ile iş güvenliği riski de artmaktadır (Kellogg ve Brinker, 1992).

1.2.4 Bölmeden çıkarma makineleri

Mekanik üretim çalışmalarında üretilen tomrukların kesim bölgesinden rampalara iletilmesine bölmeden çıkarma işlemi adı verilir. Bölmeden çıkarma işlemlerinde çeşitli makineler kullanılmaktadır (Erdaş, 1986). Bu tip çalışmalarda genel olarak sürütücüler ve taşıyıcılar veya bu makinelerin beraber kullanımları söz konusudur (Kellogg ve diğ., 1992). Ayrıca çeşitli ekipmanlar ile donatılmış tarım traktörleri ve orman traktörleri de sürütme ve taşıma işlerinde kullanılabilir (Öztürk ve Akay, 2007). Ülkemizde üretilen orman ürünlerinin hemen hemen %10'luk bir bölümü sürütücü olarak kullanılan lastik tekerlekli orman traktörleriyle bölmeden çıkarılmaktadır (Erdaş, 1993). Sürütme işlemleri yapılırken, tomruklar ve orman toprağı kısmen ya da tamamen temas edebilmektedir. Eğer tomruklar toprağı temas etmiyorsa bu işlem taşıma işlemidir (Kellogg ve Brinker, 1992). Taşıma ve sürütme işlemlerinde makine verimliliğini en çok etkileyen faktörler; eğim, ağaçların boyutları, meşcere sıklığı ve arazi koşullarıdır (Akay ve Yenilmez, 2008).

1.2.4.1 Sürütücüler

Sürütme işlemlerinde tomruklar, sürütme zinciri veya sürütme kısılacı ile sürütücüye bağlanılarak bölmeden çıkarma işlemleri yapılır. Paletli veya lastik tekerlekli sürütücüler kullanılarak orman ürünlerinin rampalara iletilmesi mekanik bölmeden çıkarma sistemleri arasında en etkili yöntemlerdendir. Lastik tekerlekli sürütücüler, benzer motor gücü sınıfındaki paletli sürütücülere kıyasla daha ekonomiktir ve toprağı daha az zarar vermektedir (Kellogg ve Brinker, 1992). Ayrıca, bakımları daha kolay ve daha az maliyetli olmaktadır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 : TigerCAT 635D Sürütücü ile bölmeden çıkarma çalışması (Çanakkale).

Lastik tekerlekli sürütücüler paletli sürütücülere göre iki kat daha hızlı olabilmektedir. Ek olarak lastik tekerlekli sürütücüler üretim alanına karayolu ile gelebilirken, paletli sürütücülerin üretim alanına başka bir araç ile taşınması gerekmektedir. Kumlu topraklarda lastik tekerlekler düşük maliyetlerle, uzun yıllar kullanılabilirken taşlı ve kayalık zeminlerde hızla yıpranma eğilimindedirler. Buna karşın paletler bu zeminlerde daha uzun süreli kullanılabilir. Ayrıca, yumuşak ve kaygan zeminlerde lastik tekerlerin zincir takılarak kullanılması çekişi arttıracaktır. Lastik tekerleklerde toprağa temas eden yüzey alanı paletlere oranla daha düşüktür. Dolayısıyla zemine yaptıkları basınç paletlere göre fazla olmaktadır. Bu yüzden zemin basıncının düşürülmesi ve toprağın taşıma kabiliyetinin artırılması için sürütme yollarına doğal kesim artıkları serilerek bir katman oluşturulmaktadır (Akay ve Erdaş, 2007).

Paletli sürütücülerin çekiş gücü ve ağırlıkları benzer motor gücüne sahip lastik tekerlekli sürütücülerden daha fazla olduğu için yük çekme kapasiteleri de daha fazladır (Şekil 1.6). Ayrıca, kaygan ve çamurlu zeminlerde paletler daha fazla çekiş gücü üretirler. Paletlerin zeminle temas alanı fazla olduğu için toprağa daha az basınç yapmakta ve toprağı daha az sıkıştırmaktadır. Diri örtü ile kaplanmış yerlerde ve zor arazi şartlarında paletli sürütücülerin manevra yeteneğı daha fazladır (Akay ve Yenilmez, 2008).



Şekil 1.6 : John Deere 648L Sürütücü (Oregon, ABD).

Sürütme işlemlerinin verimli ve etkili olabilmesi için ağaçlar kesilmeden önce sürütme yollarının planlanması ve arazide işaretlenmesi önemlidir (Garland, 1983). Ayrıca, meşcere zararının düşürülmesi ve sürütme hızının artırılması amacıyla sürütme yolları olabildiğince doğrusal şekilde ve düzgün planlanmalıdır. Dolayısıyla, sürütme yolları düz arazilerde genellikle paralel ve doğrusaldır; orta eğimlerde ana sürütme yolları yan yollara ayrılır; dik arazilerde ise eş yükselti eğrilerine paralel olmaktadır. Öte yandan, toprak zararının azaltılması amacıyla sürütme yollarıyla kaplanmış orman alanları en aza indirilmelidir (Garland. 1983).

1.2.4.2 Taşıyıcılar

Mafsallı üretim araçları olan taşıyıcılar, ana gövdeye eklenmiş olan römork birleşimi ile kısa ve orta boylu tomrukları toprağa temas olmadan taşımaktadır (Kellogg ve diğ., 1992). Çalışma alanında geçici olarak istiflenmiş tomrukların hidrolik yükleme koluyla römorka yerleştirilmekte ve rampalarda da kamyonlara yüklenmektedir (Şekil 1.7). Taşıma işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için sürütme yollarına göre daha kaliteli yolların bulunması gerekmektedir. Taşıma işlemlerinde verimliliği temel olarak ağaç boyutları, taşıma mesafesi, vinç kapasitesi, yük kapasitesi ve arazi yapısı etkilemektedir (Kellogg ve diğ., 1993). Taşıyıcılar genel olarak hasatçı ile birlikte tomruk metodu uygulanan mekanik üretim sistemlerinde kullanılmaktadır (Akay ve Yenilmez, 2008).



Şekil 1.7 : Malwa Taşıyıcı (KWF, Almanya).

Taşıyıcılar, ürünleri toprak teması olmadan taşıdığı için meşcere zararı son derece azdır. Ancak makinenin ağırlığı ve yük kapasitesine bağlı olarak önemli derecede tekerlek izi derinliğine rastlamak mümkündür. Tomruk metodu uygulanırken taşıma yoluna serilecek kesim artıkları taşıyıcı lastiklerinin iz oluşturmamasını engelleyeceği için daha az toprak sıkışması ve lastik izi oluşumu gerçekleşecektir (Akay ve diğ., 2007). Sürütme işlemleri ile karşılaştırıldığında taşıma mesafesinin daha uzun olması ve yük kapasitesinin fazlalığı gibi özelliklerden dolayı taşıma işlemi yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında birim maliyet daha az olabilmektedir (Kellogg ve diğ., 1993).

1.2.4.3 Tarım traktörleri

Tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi için tasarlanan, arka tekerleri büyük ve tahrikli, ön tekerlerin ise yönlendirme için kullanıldığı tarım traktörleri ormancılık çalışmalarında da kullanılan bir mekanik araçtır. Bu çalışmalar arasında hidrolik kıskaçlı ön yükleyici yardımıyla yükleme, vinç monte edilerek tomruk çekimi, fidanlık çalışmalarında ise römork takılarak gübre ve toprak taşıma, yastık yapımı gibi işler yer almaktadır (Acar ve diğ., 2015).

Sürütücü şeklinde kullanılması

Genellikle tomruklar, traktöre monte edilmiş vinçlere bağlı çelik halatlar ile zemin üzerinde sürütme ile bölmeden çıkarılmaktadır. Ayrıca, traktörler sürütme yolu ve sürütme şeritleri ile orman içerisinde de tomrukların çıkarılmasını sağlayabilmektedir

(Şekil 1.8). Traktöre monte edilen vinçler, kuyruk milinden aldıkları güç ile çalışmaktadırlar. Sürütmede kullanılan vinçlerin herhangi bir kuruluş hazırlığı gerektirmemesi, tomrukların yukarı yönde çekimi yapılırken hızlı şekilde çalışır duruma gelmeleri nakliyat işlerinde kolaylık sağlamaktadır (Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.8 : Tarım traktörü ile sürütme (Büyükorhan, Bursa).

Yükleyici şeklinde kullanılması

Orman ürünleri bölmeden çıkarılarak sekonder transport amacıyla insan veya makine gücü kullanılarak yol kenarlarına istif edilmektedir (Şekil 1.9). İstifleme yapılırken yükleme kolları monte edilmiş traktörler kullanılmaktadır. Bununla beraber, tarım traktörleri istifleme çalışmalarının yanında traktör-treylere ve kamyonlara ürünlerin yüklenmesi için de kullanılmaktadır (Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.9 : Tarım traktörü ile yükleme (Keles, Bursa).

Taşıyıcı şeklinde kullanılması

Tarım traktörlerine treyler eklenmesi sayesinde taşıyıcı şeklinde kullanılmaları da söz konusudur. Yol kenarında istif edilmiş ürünler traktör treylere aktararak tüketim merkezlerine veya en yakın depolara götürülmektedir. Ürünler treylere yerleştirilirken boyları dikkate alınarak farklı şekillerde istif edilmektedir (Acar ve diğ., 2015).

Vinçli hava hattı şeklinde kullanılması

Farklı tipteki vinçli hava hatlarının tarım traktörlerine monte edilmesi sayesinde bölmeden çıkarma işlemleri yapılabilmektedir. Traktörün kuyruk milinden alınan güç sayesinde taşıyıcı halat üzerinde ürünler aşağı veya yukarı yönde taşınabilmektedir (Şekil 1.10). Traktörün teknik yapısı ne kadar iyiye hava hattının çekme gücü de nispeten daha yüksek olmaktadır (Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.10 : Traktöre entegre Tajfun MOZ 500 GR hava hattı (Artvin).

1.2.4.4 Orman traktörleri

Ormancılık çalışmaları için özel olarak üretilen bu mekanik üretim araçları, yılın tüm zamanlarında ormancılık işlerinde kullanılabilen, ön ve arka tekerleri eşit boyutlarda ve her iki akstan tahrikli traktörlerdir. Bölmeden çıkarma işlemlerinde çok yönlü kullanılan bu araçlar, ön ve arka bölümlerden oluşmaktadır. Bu iki bölümün birleştiği yer, bir eksen çevresinde dönebilen bir yapıdan oluşmaktadır. Dolayısıyla çok küçük yarıçapa sahip kavislerde dönme imkanına ve büyük bir manevra yeteneğine sahiptir. Orman traktörlerinin eğimin %40-50 civarında olduğu arazilerde çalışma kabiliyetleri bulunmaktadır. Yerden yüksek olan ön akslar yatay ve düşey yönde olduğundan dolayı zeminle arasındaki kuvvet bağlantısını yitirmeden büyük engelleri geçebilmektedir.

Orman traktörlerinin tarım traktörlerine göre yüksek ve ağırlık dağılımının daha uygun olması, ön ve arka teker boyutlarının eşit olması gibi durumlar çalışma sırasında traktörün ön tarafının havaya kalkması gibi sorunlara engel olmaktadır. Ayrıca traktör üzerindeki çeki kancalarının yüksek çekiş güçleri ve hızı bölmeden çıkarma işlemlerinin etkinliğini ve verimini arttırmaktadır. Orman traktörleri üzerine monte edilebilen tamburlar sayesinde 150 metrelik mesafelere kadar kablo çekimi ile bölmeden çıkarma işlemleri yapılabilmektedir (Şekil 1.11). Bu sayede ormanlık alana orman traktörü girmeden bölmeden çıkarma işlemi gerçekleştirilebilir. Bunun sonucunda çalışma kolaylığı sağlanması ile birlikte orman toprağının sıkışmasında da belli oranda azalma olmaktadır (Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.11 : Orman traktörü kullanılarak kablo çekimi ile bölmeden çıkarma.

1.2.4.5 Taşınabilir vinç

İnsan veya hayvan gücü kullanımını uygun olmadığı yerlerde ve traktör ile bölmeden çıkarma tercih edilmediğinde, taşınabilir el vinçleri ile kablolu çekim yapılarak ürünlerin bölmeden çıkarılması çevre dostu, ergonomik ve ekonomik bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 1.12). Taşınabilir vinçler; zemin üzerinde sürütme, sürütme konisi yardımıyla sürütme, oluk sistemi kullanılarak yamaç aşağı kontrollü kaydırma veya yamaç yukarı çekim şeklinde farklı tiplerde kullanılabilir. Taşınabilir vinçler ile bölmeden çıkarma yapılırken sentetik halat, zincir çoker, polyester çoker, metal kancalar ve metal kilitler ile kullanılmaktadır (Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.12 : Taşınabilir vinçle bölmeden çıkarma (Tavşanlı, Kütahya).

1.2.4.6 Vinçli hava hatları

Ülkemizde son zamanlarda mekanizasyon alanında görülen büyük gelişmeler sonrasında vinçli hava hatları bölmeden çıkarma operasyonlarında kullanılmaya başlanmıştır. Genel olarak yüksek eğimli ve dağlık alanlarda bulunan ormanlarımızda yol yapımı ile bu alanlara ulaşımın ekonomik olmayacağı söz konusu olduğu için hava hatlarının kullanımı iyi bir çözüm haline gelmiştir. Orman ürünlerinin üretiminde transport çalışmaları büyük önem taşımakla birlikte, ihtiyaçlara cevap verecek şekilde gelişmesi de zorunlu bir durumdur. Bu da ormancılık mekanizasyonunun hızlı bir şekilde gelişmesi sayesinde olacaktır. Ülkemizde bu gelişmeler ışığında işletmeler, kısa mesafeli ve orta mesafeli vinçli hava hatları satın almaktadırlar. Ülkemizde genellikle Koller K300 kısa mesafeli ve Urus MIII orta mesafeli hava hatları tercih edilmektedir (Şekil 1.13). Hava hatlarının gelişimine bağlı olarak günümüzde aşağı yönde taşıma yapılabilmesinin etkisiyle hava hatları daha da yaygınlaşmıştır. Ancak, hava hattı kullanımında belirli yol aralıklarına duyulan ihtiyaç ve kaliteli işçi gereksinimi ve fiyatların fazla olması gibi konulardan kaynaklı sorunlar çıkmaktadır (Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.13 : Urus MIII hava hattı (Çamlıhemşin, Rize).

1.2.4.7 Helikopter

İlk olarak 1975'te Kuzey Amerika'da yapılan helikopter ile bölmeden çıkarma işlemleri son yıllarda çeşitli ülkelerde ve Orta Avrupa'da bazı özel durumlarda kullanılmaktadır. Helikopterlerde çalışma alanı diğer araçlardakinin aksine yakın oldukları veya bulundukları alan değil tüm çalışma alanının hava sahasını kapsamaktadır. Arazi şartlarından neredeyse tamamen bağımsız olması, uçurum, akarsu ve bataklık gibi yerlerden etkilenmeden taşıma yapabilmesini sağlamaktadır. Dolayısıyla bu taşıma sistemi diğer tüm taşıma sistemlerine oranla oldukça hızlıdır. Orman yolları sayesinde işletmeye açılan orman alanları için helikopter kullanımı yüksek maliyetlerden dolayı alternatif olmamaktadır. Ancak, ekolojik amaçlı silvikültürel çalışmalarda, arazi şartlarından dolayı ulaşımı zor olan ve yol yapılamayan ya da yol ağlarına uzak kalan yerlerde üretim yapılmasına imkân sağlaması gibi avantajları bulunmaktadır (Acar ve diğ., 2015).

1.2.5 Yükleme-boşaltma ve istifleme

Yükleme çalışmaları, mekanik üretim aşamaları arasında en fazla çaba isteyen ve maliyeti en fazla olan aşamalardan biridir. Yükleme çalışmaları, orman ürünleri nakliyatının aksamadan gerçekleştirilebilmesi açısından önemli bir göreve sahiptir. Yükleme çalışmalarının etkin olması, yükleme ile kesim, bölmeden çıkarma

operasyonu, istifleme ve uzak nakliyat arasında iyi bir uyum sağlanmasına bağlıdır. Yükleme çalışmalarında ürün miktarına bağlı olarak yükleme, boşaltma, sınıflama ve istifleme gibi işlerin verimliliği de önemli hale gelmektedir. Ormancılıkta kullanılan yükleme-boşaltma ve istifleme araçları, tomruk boyutuna, toplam ürüne ve yükleme yöntemine göre hidrolik kreynler ve hidrolik kıskaçlı kreynler olarak iki gruba ayrılırlar (Akay ve Yenilmez, 2008; Acar ve diğ., 2015).

1.2.5.1 Hidrolik-Kreyn

Hidrolik-kreynler; kısa, orta ve büyük boy şeklinde tüm farklı tomruk boyutlarının yükleme işlemlerinde başarılı bir şekilde kullanılan çok yönlü bir yükleyicidir. Grup halinde veya tek olarak kavrıldığı tomrukları yüksek doğruluk oranlarıyla kamyonlara yüklemektedirler. Bu yöntemle çalışmalar daha güvenli ve ekonomik bir şekilde gerçekleşmektedir. Hidrolik-kreyn'in verimliliğini en çok yük ağırlığı ve yük kapasitesi etkilemektedir. Kreynler paletli ya da lastik tekerlekli yükleme takımları üzerinde hareket etmektedirler (Akay ve Yenilmez, 2008) (Şekil 1.14).



Şekil 1.14 : Lastik tekerlekli hidrolik kreyn ile yükleme.

1.2.5.2 Hidrolik kıskaçlı yükleyici

Ana gövdenin ön veya arka kısmına monte edilebilen, kıskaçlı yapıdaki, hidrolik mekanizması bulunan tomruk kavrama araçlarıdır. Bu mekanik araçlarda kıskaç tırnakları ve hareket kolu monte edildikleri makineden güçlerini alırlar. Aynı anda birkaç tane büyük boy tomruğun kavranması mümkündür. Yükleyicide tomruk

kavrama iki alt ve bir üst tırnak ile sağlanabileceği gibi iki alt ve iki üst tırnakla da sağlanabilmektedir. Yükleme sırasında düz şekilli alt tırnaklar tomruğun alt kısmına sürülerek yüklenmesi sağlanır ve sonrasında ucu aşağı yönde kıvrılmış olan üst tırnak(lar) aşağı doğru kapanarak tomrukların kavranmasını sağlamaktadır. Son olarak kavranan yük hidrolik kol ile yukarı kaldırılarak taşıma yapılır ve yükleme yapılacak olan araca yerleştirilir (Akay ve Yenilmez, 2008; Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.15 : Hidrolik kısıkaçlı yükleyici (Giresun).

1.2.6 Uzak nakliyat makineleri

Orman ürünlerinin orman içerisinden ara ve ana depolara taşınması, buradan da satış depoları ya da fabrikalara taşınması genellikle kamyonlar ile sağlanmaktadır. Bununla birlikte bazen kamyonlara farklı boyut ve tiplerde treyler de bağlanabilmektedir. Yük kapasitesi, karayollarında ulaşım hızının iyi olması ve verimli olmaları nedeniyle kamyonların orman ürünlerinin transportunda kullanımı gün geçtikçe daha da çok talep görmektedir. Orman işlerinde, bilhassa tomrukların nakliye edilmesinde çok çeşitli kamyon ve kamyon treyler kullanılmasına rağmen bunların çoğu ülkemizdeki orman yollarında çalışmamaktadır. Özellikle kamyon boyutları, genellikle düşük yol standartları (kurp genişliğinin az olması, kısa kurp çapları, yol genişliğinin düşüklüğü, yüzey kaplamasının yetersizliği vb.) bulunan orman yollarımız için uygun olmamaktadır. Uzak nakliyatta kullanımı yaygın olan diğer araçlardan biri de traktör treylerdir (Acar ve diğ., 2015).

1.2.6.1 Traktör-treyler

Özellikle ürün miktarının düşük olduğu yerlerde tercih edilen traktör-treyler, traktörlerin arkasına bağlanmakta ve genellikle bir veya iki aksa sahip olmaktadır (Şekil 1.16). Treylerler ülkemizde daha çok tarım traktörlerine bağlanarak kullanılmaktadırlar. Bu treylerler genellikle tek aksa sahip olmak üzere, tomruklar bunlara yüklenerek çekilirler. Bununla beraber, tek akslı treylerde yük kapasitesi düşüktür ve en çok 5-7 m³ civarında ürün taşıyabilmektedir (Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.16 : Traktör-treylerle taşıma (Austrofoma, Avusturya).

1.2.6.2 Tomruk kamyonu

Ülkemizde orman ürünleri nakliyatında en çok tercih edilen makineler kamyonlardır. İstif yerleri ve ara depolardan alınan ürünün son depo ya da fabrikalara taşınmasında oldukça sık tercih edilmektedirler. Özellikle kâğıtlık odun, kısa tomruk nakliyatı, yakacak odun ve sanayi odunu gibi ürünlerin nakliyatında kullanılan bu mekanik araçlarda iki veya üç aks bulunmaktadır. Kamyonlarda yükleme işlemi, insan gücü kullanılarak ya da şoför mahallinin arkasına yerleştirilmiş olan 7-10 ton gücündeki hidrolik vinçle, ürünün kasaya yerleştirilmesi şeklinde yapılmaktadır. Taşıma, özel dikmeler kullanılarak açık halde veya kamyon kasası kapatılarak yapılabilir. Kamyonlarda hidrolik vinç bulunmuyorsa yükleme işlemleri farklı bir yükleyici yardımıyla yapılabilir (Şekil 1.17). Kamyona yükleme vincinin eklenmemesi durumunda yük kapasitesinde 1,5-3,0 ton arasında bir artış söz konusu olmaktadır (Acar ve diğ., 2015).



Şekil 1.17 : Tomruk kamyonu ile taşıma (KWF, Almanya).

Kamyonlarda verimliliğin artırılabilmesi için taşıma mesafesi kısa sürelerde kat edilmeli ya da yükleme süresinin azaltılması gereklidir. Orman ana ve yan yollarının taşımaya uygun şekilde tasarlanmış olması, bu yolların belirli bir hız seviyesinde seyredebilecek olmasını sağlayacaktır. Bu standartlar sağlandığında aks sayısının artırılması sayesinde bir defada daha fazla ürün taşınması yapılabilecek ve bu da verimliliğin artmasına neden olacaktır. Hâlihazırda orman yollarında kullanılan kamyonlar iğne yapraklı türlerden elde edilen tomruklardan 15-20 m³, yapraklı türlerden ise 10-14 m³ tomruk taşıyabilmektedir. Bu miktarlardaki artış sağlandığında taşımadaki verimlilik de kendiliğinden yükselecektir (Acar ve diğ., 2015).

1.3 Risk faktörleri

Ormancılıkta mekanik üretim çalışmalarında değerlendirilen risk faktörlerinin başında gürültü, partikül madde, atık gazlar, titreşim ve ısı konfor gelmektedir. Çalışma ortamı açık alan olduğu için çoğu zaman operatör ve makine çevresindeki işçiler bu faktörlerden gürültü başta olmak üzere en fazla partikül madde maruziyetinden etkilenmektedirler. Operatörler makine kabininde çalışması halinde durum biraz daha farklılık gösterebilir. Kabin içerisi dış ortamdan ayrı olduğu için makine kaynaklı risk faktörlerinden etkilenme durumu da farklı olacaktır. Uzun süren iş periyotlarında operatörlerin risk faktörlerinden etkilenme dereceleri de artacaktır. Diğer yandan bu risk faktörlerinin kısa süren ancak şiddetli etkileri de meydana gelebilmektedir. Dolayısıyla risk faktörlerinin kabin içerisinde de ölçülmeleri ve analiz edilmeleri

makine operatörlerinin bu durumlardan ne kadar etkilendiğinin belirlenmesi açısından önemlidir.

1.3.1 Gürültü

Gürültü, düzensiz bir yapıya sahip, insanları zihinsel veya bedensel olarak etkileyebilen sesler olarak tanımlanmaktadır. Gürültünün yoğun olduğu yerlerde uzun süre kalmak işitme kayıplarına neden olabilmektedir. Ayrıca uyku bozukluğu, iş yapabilme yeteneğinin azalması ve stres gibi problemlerin ortaya çıkmasında da etkilidir (Güler ve diğ., 1994). Kısacası gürültü istenmeyen, kulağa hoş gelmeyen ve tahammül edilemeyen sesler olarak ifade edilebilmektedir (Watts, 1995). Ülkemizde gürültünün çalışma hayatındaki etkileri gerekli düzenlemelerle birlikte yönetmeliklerde belirtilmiştir. Bu yönetmeliklerde maruziyet sınır değeri 87 dB, en yüksek maruziyet etkin değeri 85 dB, en düşük maruziyet etkin değeri 80 dB olarak belirtilmiştir (Resmî Gazete, 2013). Gürültünün insan üzerindeki etkileri ise Çizelge 1.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 : Gürültünün insan üzerinde olumsuz etkileri (Toprak ve Aktürk, 2004).

Derecesi	Şiddeti (Desibel)	İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi
1. Derece	30 dB(A) - 65 dB(B)	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu.
2. Derece	66-90 dB(B)	Fizyolojik reaksiyonlar, kan basıncı artışı, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler.
3. Derece	91-120 dB(B)	Fizyolojik reaksiyonların artması, baş ağrıları.
4. Derece	121-140 dB(B)	İç kulakta devamlı hasar, dengenin bozulması.
5. Derece	>140 dB(B)	Ciddi beyin tahribatı.

1.3.2 Partikül madde

Partikül maddeler havada asılı kalabilen, ağırlıklarından dolayı zamanla çökme eğiliminde olan katı parçacıklar şeklinde ifade edilmektedir. Büyük partikül maddelerden öz kütlesi fazla olanlar hızlı bir şekilde çökebilirken, düşük öz kütleye sahip parçacıklar uzun süre havada asılı kalabilirler. Partikül maddelerden boyutları 0,5-10 mikron aralığında olanlar solunum yolu ile vücuda girebilirler. Partiküllerin

insan sağığına olan olumsuz etkileri boyutları ile ilişkilidir. Genellikle 2,5 mikrondan (PM2.5) ve 10 mikrondan (PM10) küçük olanlar dikkate alınır (Taş ve Akay, 2019). Bunlar sırasıyla ince ve kaba partikül olarak adlandırılmaktadırlar. Partikül maddelerin 10 mikrondan büyük olan kısmı üst solunum yolunda tutulurken daha küçük boyutlu olan PM10 ve PM2.5 gibi küçük boyutlu kısmı alveollere kadar ulaşabilmektedir. Dolayısıyla sağıık açısından en büyük sorunu 10 mikron boyutundan küçük olan partikül maddeler yapmaktadır. 10 mikrondan küçük partiküller bronşlarda, 1-2 mikron çapındakiler alveollerde toplanırken 0,1 mikron çapındakiler alveollerden kılcal damarlara geçerler. Partikül maddeler; akciğer fonksiyonlarında düşüş, astım atakları, nefes yolunda tahriş, nefes darlığı, kalp ya da akciğer hastalığı olanlarda erken ölüm ve kalp krizleri gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır (Zencirci ve Işıklı, 2017). Partikül maddeler, iş kazaları ve meslek hastalıklarına neden olmakla beraber iş verimliliğini düşürmekte, makinelere ve ürünlere zarar vermekte ve çalışma şartlarını zorlaştırmaktadır. Partikül maddelere ilişkin ABD Çevre Koruma Ajansı Hava Kalitesi İndeksi Çizelge 1.2’de yer almaktadır.

Çizelge 1.2 : ABD Çevre Koruma Ajansı Hava Kalitesi İndeksi (Url-1).

Endeks Değerleri	Kategori	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
0-50	İyi	0-15,4	0-54
51-100	Orta	15,5-40,4	55-154
101-150	Hassas gruplar için sağııksız	40,5-65,4	155-254
151-200	Sağııksız	65,5-150,4	255-354
201-300	Çok sağııksız	150,5-250,4	355-424
>300	Tehlikeli	>250,4	>424

1.3.3 Gaz

Gaz, buhar, duman ve sis gibi farklı maddeler çalışma ortamının havasını kirletmektedir. Bu maddeler yüksek konsantrasyonlara ulaştığında insan sağığına zarar verici hale gelirler (Aksüt ve diğı., 2020). Soluduğumuz havayı kirleten başlıca gazlar arasında karbon monoksit (CO), kükürt oksitler, hidrokarbonlar ve azot oksitler sayılabilir. Yanma sonucu ortaya çıkan kirletici; yakıt türü ve miktarına, yakma sistemi özelliklerine ve meteorolojik şartlara göre değişmektedir. CO ve azot oksit gibi gazlar

genellikle atık egzoz gazlarından havaya karışmaktadır. Özellikle kana hızlı karışması nedeniyle CO oldukça tehlikelidir. CO gazının kanda bulunan hemoglobin maddesine bağlanma hızı oksijene göre 200 kat daha hızlıdır. Kandaki CO yoğun olması durumunda oksijenin vücuda dağılması engellenmektedir (Aytaç ve İlkılıç, 2019). Dolayısıyla ilk etki kanda görülmekle birlikte iç organlar da etkilenmektedir. CO gazının insan sağlığı üzerine etkileri Çizelge 1.3’de verilmiştir.

Çizelge 1.3 : CO seviyelerinin insan sağlığı üzerindeki etkileri (Kök, 2020).

CO (ppm)	Belirtiler
35	OSHA tarafından 8 saatlik vardiya da müsaade edilen maksimum limit değerdir ve herhangi bir sağlık sorunu yaratmaz. Bu değer WHO tarafından 10 ppm olarak kabul edilmektedir.
200	2-3 saat maruz kalındığında Hafif baş ağrısı, halsizlik, bulantı ve baş dönmesi, sersemlik yapar.
400	1-2 saat maruz kalındığında ciddi yoğun baş ağrısı ve diğer belirtilerin daha şiddetli ortaya çıkışı ve 3 saatten sonra yaşamsal tehdit oluşumu söz konusu.
800	45 dakika maruz kalındığında halsizlik, bulantı, sarsılma, kasılmalar, 2 saat maruz kaldığında bilinç ve şuur kaybı, 3 saat maruz kalındığında ölüm.
1600	20 dakika içerisinde baş ağrısı, halsizlik, bulantı.1 saat içerisinde ölüm.
3200	5-10 dakika maruz kalındığında baş ağrısı, halsizlik ve bulantı ,1 saat içerisinde ölüm.
6400	1-2 dakika içerisinde baş ağrısı, halsizlik ve bulantı, 5-30 dakika içerisinde ölüm.
12800	1-3 dakika maruz kaldıktan sonra ölüm tehlikesi.

CO maruziyeti sonucu, düşük konsantrasyonlarda daha hafif kardiyovasküler ve nörodavranışsal etkiler, daha yüksek CO konsantrasyonlarında ise akut veya kronik maruziyetten sonra bilinç kaybı ve ölüme kadar farklı sağlık etkileri görülebileceği söylenmiştir. CO zehirlenmesinde erken belirtiler baş ağrısı, baş dönmesi, halsizlik, mide bulantısı, kafa karışıklığı, oryantasyon bozukluğu ve görme bozuklukları şeklinde sıralanabilir. Ani ölümlerin büyük olasılıkla kalp kaynaklı olduğu çünkü miyokardiyal dokuların CO'nun hipoksik etkilerine oldukça duyarlı olduğu belirtilmiştir. Diğer yandan CO zehirlenmesinin belki de en sinsi etkisinin, zehirlenmeden sonra 2-28 gün içerisinde oluşan nöropsikiyatrik bozukluğun gelişmesi ve nörodavranışsal sonuçların yavaş çözülmesi şeklinde açıklanmıştır. CO

zehirlenmesi sıklıkla meydana gelir ve ani ölüm de dâhil olmak üzere ciddi sonuçları vardır (Raub ve diğ. 2000).

1.4 Arduino platformu

Arduino, kullanımı basit yazılım ve donanımlara dayalı açık kaynaklı elektronik bir platformdur. Kart üzerindeki mikrodenetleyiciye bir dizi talimat göndererek kartınıza yapmak istediğiniz şeyi gönderebilirsiniz. Bunun için Arduino programlama dilini (kablolama tabanlı) ve komut tabanlı Arduino Yazılımını (IDE: Integrated Development Environment - Entegre Geliştirme Ortamı) kullanabilirsiniz. Arduino, yıllar boyunca basit araçlardan karmaşık araçlara kadar birçok projenin beyni olmuştur. Öğrenci, sanatçı, programcı ve profesyonellerden oluşan dünya çapında bir topluluk, bu açık kaynaklı platformda buluşmuştur. Bu topluluğun katkıları sayesinde hem acemiler hem de uzmanlar için yardımcı olabilecek çok miktarda erişilebilir bilgi toplanmıştır. Arduino platformu altında çeşitli boyut ve özelliklere sahip kartlar bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; Arduino UNO, Arduino Mega, Arduino Mini, Arduino Nano, Arduino Leonardo, Arduino Micro vd. şeklinde sıralanabilir. Bu kartlar üzerinde yer alan mikrodenetleyiciler farklılık göstermekle birlikte en kapsamlı ve işlem hızı yüksek olan kart Arduino Mega olarak karşımıza çıkmaktadır. Öte yandan en yaygın kullanıma sahip kart ise Arduino UNO'dur (Url-2).

1.4.1 Arduino platformunun avantajları

Fiziksel bilgiyi işlemek için kullanılabilecek birçok başka mikrodenetleyici ve mikrodenetleyici platformu vardır. Parallax Basic Stamp, Netmedia'nın BX-24'ü, Phidgets, MIT'nin Handyboard'u ve daha pek çoğu benzer işlevleri sunmaktadır. Tüm bu araçlar, mikrodenetleyici programlamanın karmaşık kısımlarını kullanımı kolay bir pakette toplamaktadır. Bunlardan farklı olarak Arduino, mikrodenetleyicilerle çalışma sürecini basitleştirir ve diğer sistemlere göre bazı avantajlar sunar (Url-2):

- Diğer mikrodenetleyici platformlarına oranla oldukça ucuzdur. Arduino modülünün en ucuz versiyonları elle monte edilmekle birlikte daha önceden monte edilmiş modülleri dahi düşük maliyetlidir.
- Arduino, farklı işletim sistemlerinde (Windows, Macintosh OSX ve Linux) çalışmaktadır. Ancak, bunun aksine çoğu mikrodenetleyici sistemi sadece Windows'ta çalışmaktadır.

- Arduino, acemi kullanıcılar için kullanımı kolay olmakla beraber ileri düzey kullanıcılar açısından da oldukça esnektir.
- Arduino, tecrübeli programcılar tarafından genişletilebilen açık kaynaklı araçlardır.
- Arduino kartlarının planları Creative Commons lisansı altında yayınlanmakta, böylece tecrübeli devre tasarımcıları modülün kendi versiyonlarını oluşturarak onu genişletebilir ve geliştirebilir.

1.4.2 Arduino IDE

Arduino IDE, Arduino kartlar üzerindeki mikro işlemcilere komutların yazılıp, düzenlenmesi ve aktarılması için kullanılan açık kaynak kodlu bir programdır. MAC, Windows, Linux gibi işletim sistemlerinde kolaylıkla kullanılabilir. Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Leonardo, Arduino Micro ve çok daha fazlasını içeren farklı Arduino tipleri mevcuttur. C ve C++ yazılım dillerini destekleyen arayüzde komutlar bir kez veya sürekli çalışacak şekilde düzenlenebilir. Verilerin elde edilmesi için global değişkenler veya lokal değişkenler tanımlanabilmektedir (Fezari ve Al Dahoud, 2018).

Arduino IDE komut satırlarında “void setup” bölümü altında tanımlanacak her komut bir kez çalıştırılır. Genel ayarlamalar bu bölümde yapılır. Bununla birlikte en üstte tanımlanacak değişkenler diğer alt bölümlerde de kullanılabilecek olan global değişkenlerin tanımlandığı alandır. Ayrıca Arduino üzerine eklenecek elektronik devre veya parçaların tanımlanması ve kütüphane kodlarının eklenmesi de bu bölümde yer almaktadır. Komut satırlarında yer alan “void loop” kısmına girilen her komut döngüye alınır. Yani buraya yazılan kodlar sürekli olarak çalıştırılır. Örneğin saniyede bir ölçülen ses değerlerinin ekrana yazdırılmasını sağlamak için gereken komutlar bu alanda tanımlanır. Aynı komutlar “void setup” bölümünde girilirse sadece bir kez çalıştırılacağı için ses değeri bir kez ekrana yazdırılır ve o şekilde kalır. Ölçülen yeni değer ekrana yansıtılamaz. Dolayısıyla bu tip değişkenler işleme alınacağı zaman “void loop” bölümünde yer almalıdır.

1.4.3 Arduino tabanlı cihaz geliştirme

Orman ürünlerinin üretimi aşamalarında yapılan risk değerlendirmeye yönelik ölçümlerde genellikle her bir risk için farklı cihaz kullanılmaktadır. Üretim işçilerinin

yoğun olarak maruz kaldığı gürültü, partikül ve gaz gibi etkilerin öncelikli olarak ölçümlerinin yapılması önemlidir. Bu ölçümlerde işçi hareketlerinin kısıtlanmaması ve doğal hareketlerine devam edebilmeleri veya ölçüm aletlerinin işçilere farklı herhangi bir engel oluşturmamaları önemlidir. Aynı anda yapılmak istenen farklı risk faktörü ölçümlerinde cihaz sayısının fazlalığı istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla tek bir cihaz ile tüm ölçümlerin yapılabilmesi ergonomik olarak işçileri rahatlatacaktır.

1.5 Risk Değerlendirme

1.5.1 Risk

National Research Council (NRC) kriterlerine göre risk, insanlar veya değer verdikleri şeyler için tehlike oluşturan kuvvetler veya koşulları nitelendirmek için kullanılan bir kavramdır (NRC, 1996). Risk değerlendirmesi ise, çalışma ortamında bulunan veya dışarıdan kaynaklanabilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan etmenlerle tehlikelerden oluşan risklerin analiz edilip derecelendirilmesi ve kontrol önlemlerinin kararlaştırılması için yapılması gereken çalışmaları ifade etmektedir (İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununu, 2012). Asırlar boyunca çeşitli risk değerlendirme biçimleri ortaya çıkmıştır (Bernstein, 1997) ve her toplumun özel önem taşıyan kendine özgü tehlikeleri vardır (Kasperson ve Kasperson, 1991). Yirminci yüzyılın ikinci yarısında, ekonomik faaliyet ve teknolojinin zararlı yan ürünlerinden kaynaklanan risk, sanayileşmiş toplumlar tarafından farklı çevresel ortamlarda ve coğrafi konumlarda değişen derecelerde bulunan zararlı bir nitelik olarak görülmeye başlanmıştır. Risk, doğası gereği ölçülebilir bir değişken olmasa da sonradan gelişen resmi değerlendirme yöntemlerinin neredeyse tamamı, dolaylı olarak riskin sayısal olarak tahmin edilebileceğini, ölçülebileceğini veya ifade edilebileceğini varsayar. Günümüzde, niceliksel veya en azından yarı niceliksel bir zarar olasılığının tanımı, çevresel tehlikelerden kaynaklanan riski ifade etmek için baskın olan görüşlerdir (NRC, 1983; NRC, 1994; NRC, 1996).

1.5.2 Risk değerlendirme yöntemleri

Hemen hemen her işyerinde veya çalışma ortamında, yapılan işlerden kaynaklı pek çok farklı risk bulunmaktadır. Bu risklerden meydana gelen kazalar maddi kayıplara

neden olmakla beraber çalışanların yaralanmasına, uzuv kaybına ve hatta ölümlerine neden olabilmektedir (Ceylan ve Başhelvacı, 2011).

İş sağlığı ve güvenliği alanında risk analizinde iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar reaktif ve proaktif yaklaşımlardır. Reaktif yaklaşımda risklerin meydana gelmesi sonucu gerçekleşen kazanın arkasından, kaza nedeninin tespiti ve çözüm arama süreci başlamaktadır. Proaktif yaklaşım ise riskler meydana gelmeden tahmin edilmesini, önem derecelerini, bu risklerin azaltılmasını veya tamamen ortadan kaldırılmasını içeren yaklaşımdır (Özkılıç, 2007; Felekoğlu ve Taşan, 2017).

Risk değerlendirme, bir sistemdeki risk büyüklüğünün tahmin edilip, mevcut kontroller de göz önünde bulundurularak riskin tolere edilip edilemeyeceğine yönelik karar verme sürecini belirtmektedir (Özkılıç, 2005; Ceylan ve Başhelvacı, 2011). Günümüzde çok sayıda risk değerlendirme tekniği mevcut olmakla beraber risk değerlendirme metotları kalitatif ve kantitatif metotlar olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır (Ceylan, 2000; Kurt ve Ceylan, 2001).

Kalitatif yöntemlerde sözel mantık kullanılarak risk değerlendirmesi yapılırken, uzman kişi kendi sezgilerine ve deneyimlerine dayanarak riskleri tahmin etmektedir. Tahmini riskler rakamsal değerler ile ifade edilmemektedir. Bunun yerine çok yüksek, yüksek gibi ifadeler kullanılarak riskin büyüklüğü tanımlanır. Bu tip değerlendirmeler subjektif olmakla beraber uzmanın sezgilerine ve muhakeme yeteneğine bağlıdır. Dolayısıyla kritik öneme sahip sistemlerde bu tip risk değerlendirmeleri yapmak doğru değildir. Kantitatif yöntemde ise risk, sayısal yöntemler yardımıyla hesaplanmaktadır. Bu yöntemlerde tehlikenin meydana gelme olasılığı veya etkisi gibi değerler sayısal olarak belirtilir ve bu değerler mantıksal veya matematiksel metotlar ile incelenerek risk değeri hesaplanır. Günümüzde kullanılan belli başlı risk değerlendirme yöntemleri şu şekilde sıralanabilir (Ceylan ve Başhelvacı, 2011):

- Ağırlıklandırılmış Ortalamalardan Sapma Tekniği,
- Birincil Risk Analizi,
- Enerji Analizi,
- Fine Kinney Modeli,
- Göreceli Sıralama-Dow ve Mond İndisleri Analizi,
- Güvenlik Bariyer Diyagramları,

- Güvenlik Fonksiyon Analizi
- Hata Ağacı Analizi,
- Hata Türleri, Etkileri ve Kritiklik Analizi,
- Hiyerarşik Görev Analizi,
- İnsan Güvenilirlik Değerlendirmesi,
- İnsan Hata Oranı Tahmini Tekniği,
- İnsan Hata Tanımlaması,
- İnsan Hatası Analizi,
- İş Güvenliği Analizi
- İş Güvenliği Denetlemesi,
- İşlemleri İnceleme Tekniği,
- Makine Risk Değerlendirmesi,
- Neden - Sonuç Analizi,
- Olay Ağacı Analizi,
- Olursa Ne Olur? Analizi,
- Ortalamalardan Sapma Tekniği,
- Ön Tehlike Analizi,
- Risk Analizi,
- Risk Değerlendirme Tablosu,
 - L Tipi Matris
 - X Tipi Matris
- Risk Haritası,
- Süreç/Sistem Kontrol Listeleri,
- Tehlike Erken Uyarı Modeli,
- Tehlike ve İşletebilirlik Analizi,
- Yönetim Bakışı ve Risk Ağacı Analizi,
- Zürih Tehlike Analizi

Bu yöntemler arasındaki en önemli fark, her yöntemin risk değeri bulmak için kendine has bir metoda sahip olmasıdır. Bu yöntemlerin birbirlerine karşı avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır (Ceylan, 2000). Özellikle Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin (ÇKKVY) kullanıldığı risk değerlendirme yaklaşımlarının kısa sürede ve daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu bölümde günümüzde yaygın olarak tercih edilen ÇKKVY tabanlı Fine Kinney ve Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) yöntemleri ile ilgili bilgiler verilecektir (Kurt ve Ceylan, 2001).

1.5.2.1 Fine Kinney yöntemi

Çalışma kapsamında risk değerlendirme yöntemlerinden Fine Kinney yöntemi ele alınmıştır. Fine Kinney yöntemi 1976'da Kinney ve Wiruth tarafından geliştirilen kantitatif bir risk değerlendirme metodudur. Bu yöntemde, tespit edilen her tehlike için üç parametre (olasılık, frekans, şiddet) dikkate alınır. Daha sonra, Denklem 1.1'de gösterildiği gibi bu parametreler çarpılarak “Risk Skoru” elde edilir.

$$\text{Risk Skoru} = \text{Olasılık} \times \text{Frekans} \times \text{Şiddet (Etki değeri)} \quad (1.1)$$

Risk puanını hesaplamak için kullanılan parametrelerin değerlendirme tabloları Çizelge 1.4-1.6'da gösterilmiştir. Risk puanı tablosu ise Çizelge 1.7'de yer almaktadır (Kinney ve Wiruth, 1976).

Çizelge 1.4 : Fine Kinney olasılık değerleri tablosu.

Olasılık	Fine Kinney Değeri
Neredeyse İmkânsız	0,1
Pratik Olarak İmkânsız	0,2
Zayıf İhtimal	0,5
Oldukça Düşük İhtimal	1
Nadir Fakat Olabilir	3
Kuvvetle Muhtemel	6
Çok Kuvvetli İhtimal	10

Çizelge 1.5 : Fine Kinney frekans değerleri tablosu.

Frekans	Fine Kinney Değeri
Çok Nadir	0,5
Oldukça Nadir	1
Nadir	2
Ara Sıra	3
Sıklıkla	6
Sürekli	10

Çizelge 1.6 : Fine Kinney şiddet değerleri tablosu.

Şiddet	Fine Kinney Değeri
Dikkate Alınmalı	1
Önemli	3
Ciddi	7
Çok Ciddi	15
Çok Kötü	40
Felaket	100

Çizelge 1.7 : Fine Kinney Risk Skorları.

Risk Durumu	Risk Skoru
Kabul Edilebilir Risk	<20
Olası Risk	20-70
Önemli Risk	70-200
Yüksek Risk	200-400
Çok Yüksek Risk	>400

Fine Kinney metodu sayesinde olası risk sonuçları derecelendirilmektedir. Tehlikenin gerçekleşmesi durumunda insan, işyeri ve çevreye yapabileceği zarar veya hasarın şiddeti değerlendirilir. Yaygın ve kullanımı kolay bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Risk değerinin yüksekliğine bakılarak alınacak tedbirlerin aciliyeti belirlenir ve risk seviyesine göre önem sırası belirlenir (Acar ve Eroğlu, 2016).

1.5.2.2 Bulanık mantık yöntemi

Fine Kinney yönteminin yetersiz kaldığı durumlarda etkinliğinin artırılması amacıyla Bulanık Mantık yöntemi ile entegre edilmektedir (Oturakçı ve Dağsuyu, 2007). Bir diğer ÇKKVY yaklaşımlarından biri olan Bulanık Mantık yöntemi ve buna bağlı uygulamalar son yıllarda oldukça ilgi duyulan bir konu haline gelmiştir. Uluslararası dergilerde daha fazla yer almaya başlamış ve hatta sadece bu konu kapsamında araştırmalara yer veren dergiler çıkmıştır. Günlük olarak kullandığımız pek çok terim bulanık yapıdadır. Birçok durumda kullandığımız sözel veya sayısal ifadelerde bulanıklık bulunmaktadır. Örneğin; genç, yaşlı, az, çok, sıcak, soğuk vd. gibi çok fazla sözel terim bulanık yapıdadır. İnsanlar bir olayı anlatırken çoğu zaman bu tip kesinlik içermeyen terimler kullanırlar. Bunların hepsi, insan beyninin belirsizlik durumlarında nasıl davrandığı ve olayları ne şekilde değerlendirdiğine bir örnektir.

Bulanık mantık ilk olarak Zadeh (1965) tarafından ortaya atılmıştır. Zadeh (1965) tarafından geliştirilen bu yöntemde bulanık mantık ve bulanık küme teorisi kullanılmış ve sonrasında belirsizlik içeren durumların incelenmesi farklı bir boyut kazanmıştır. Bulanık küme kavramı 1965'te ortaya atılsa da 1970'lerin ikinci kısmından sonra kullanılmaya başlanmıştır (Altaş, 1999). Burada özellikle Zadeh tarafından yapılan 1973 ve 1975'teki çalışmalar etkili olmuştur. Bu çalışmalarda bulanık mantığın belirsizlikler üzerine nasıl uygulanabileceği açıklanmıştır. Günümüzde pek çok alanda bulanık mantık kullanımına rastlanabilmektedir. Bulanık mantığın temel prensipleri şu şekilde sıralanabilir (Keskenler ve Keskenler, 2017):

- Bulanık mantık kesin değerler değil, yaklaşık değerler kullanılmaktadır.
- Bulanık mantıkta bilgi; az, çok, küçük, büyük gibi sözel ifadelerle tanımlanır.
- Bulanık mantıkta bütün değerler $[0-1]$ arasında bir üyelik derecesi ile ifade edilmektedir.
- Mantıksal ifadeler, bulanık ifadeye dönüştürülebilir.
- Karmaşık yapıdaki matematiksel modeller ve zor sistemler için bulanık mantık yöntemi oldukça uygundur.

Bulanıklık

Bulanık küme, bulanık mantığın temel elemanıdır. Üyelik fonksiyonları yardımı ile karakterize edilirler. Aslında üyelik fonksiyonları da birer bulanık sayıdan ibarettir.

Bu terimlerin (bulanık mantık, bulanık sayı, üyelik fonksiyonu) anlaşılabilmesi için bulanıklık kavramının iyi anlaşılması gerekmektedir (Altaş, 1999).

Bulanık kümeler

Farklı ait olma (üyelik) derecelerine sahip elemanlardan oluşan bulanık kümelerde, her bir elemana 0-1 aralığında üyelik değeri tanımlayabilen üyelik fonksiyonuyla karakterize edilebilir. Kümeye tam dahil olan üyelik değerleri 1, dahil olmayanlar ise 0 olarak atanmaktadır. Diğer elemanlara ise (kümeye dahil veya değil) belirsizlik seviyesine göre 0-1 arasında değerler atanır. Ancak bunun aksine kesin kümelerde belirsiz eleman diye bir şey yoktur. Bir eleman kümeye ya tamamen dahil ya da tamamen küme dışındadır. Bundan dolayı kesin kümelerde üyelik değeri 0 veya 1 şeklindedir. Bulanık kümeler farklı üyelik fonksiyonları ile karakterize edilmektedirler. Bu fonksiyonlardan bazıları; üçgen, gauss, yamuk vd. şeklindedir. Bunların dışında farklı üyelik fonksiyonları da bulunmaktadır (Altaş, 1999).

1.6 Amaç ve Kapsam

Bu çalışmada, orman ürünlerinin üretimi ve taşınması sırasında yürütülen bazı faaliyetler sırasında kullanılan mekanik araçlardan kaynaklanan başlıca risk faktörlerinden gürültü ve partikül madde maruziyetinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, açık kaynaklı Arduino platformu kullanılarak çoklu ölçüm cihazı (TriSensor 4.0) geliştirilmesi ve ilgili faktörlerin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle (Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney) risk değerlendirmelerinin yapılması hedeflenmiştir.

Bu kapsamda, ülkemizde çeşitli bölgelerde (Bursa, İzmir, Konya, Rize, Artvin) yürütülen ormancılık çalışmaları yerinde ziyaret edilerek, kullanılan mekanik araçlardan (hasatçı, yükleyici, hava hattı, tarım traktörü, tomruk kamyonu) kaynaklanan risk faktörleri ölçülmüştür. Arazide yürütülen ön araştırmalarda sonucunda operatörler üzerinde mekanik araçlardan kaynaklanan CO maruziyetinin çok düşük (0-5 ppm) çıkması nedeniyle, çalışmada risk faktörleri olarak sadece gürültü ve partikül madde ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Arazi ölçümlerinde endüstriyel ölçüm cihazlarının yanı sıra çalışma kapsamında geliştirilen çoklu ölçüm cihazı (TriSensor 4.0) kullanılmıştır. TriSensor 4.0 cihazı ile ölçülen gürültü ve partikül madde maruziyet değerleri ile endüstriyel ölçüm cihazları

kullanılarak elde edilen değerler karşılaştırılarak TriSensor 4.0 cihazının başarısı test edilmiştir.

Son aşamada ise mekanik araçlardan kaynaklanan gürültü ve partikül madde maruziyetinin risk değerlendirme analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda, farklı sektörlerde tercih edilen ÇKKVY yaklaşımlarından Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney yöntemi kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.



2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Risk Faktörleri

2.1.1 Gürültü

Ormancılıkta üretim çalışmaları sırasında oluşabilecek çok çeşitli kazalar veya meslek hastalıkları mevcuttur. Sürekli değişen arazi şartları, yer ve iklim koşulları, aşırı çaba gerektiren durumlar ve mesai süreleri, işçilerin çalışma ortamında dağınık vaziyette bulunmaları ve bundan kaynaklanan iletişim problemi, eğitim seviyesinin genel olarak düşük olması ve tecrübe kazanılmadan kullanılan ekipmanlar ormancılığın tehlikeli meslek grupları arasında yer almasına neden olmaktadır (Jokiluoma ve Tapola, 1993). Bunlarla beraber makineli üretimden kaynaklı riskler de mevcuttur. Bu risklerden bazıları gürültü, atık gaz, partikül, titreşim, ısı konfor vb. şeklinde sıralanabilir. Özellikle gürültü ve partikül maddenin insan sağlığı üzerinde oldukça ciddi etkileri bulunmaktadır.

Yapılan bir çalışmada (Osada, 1988), gürültünün iç kulağa zarar verebilmesine ve başka patolojik değişikliklere neden olabilmesine rağmen en yaygın olumsuz etkilerinin, gürültü algısı ve günlük aktivitelerin bozulması gibi etkiler olduğu belirtilmiştir. Dünya Sağlık Örgütü'nün sağlık tanımına göre, gürültü bir sağlık tehlikesi olarak düşünülmelidir. Gürültünün sağlığa etkileri hem gürültüye hem de kişiye bağlı birçok faktör tarafından değişebilmektedir. Bu faktörler, gürültü seviyesi, frekans spektrumu, süre ve dürtüsellik olarak belirtilmiştir. Ayrıca, cinsiyet, yaş, sağlık durumu ve zihinsel karakterin de etkili olduğu ifade edilmiştir.

Tunay ve Melemez (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, işitme kaybına etki eden en önemli etkenlerin ilk olarak yüksek seviyede gürültüye maruz kalma, daha sonra iş süresi ve son olarak da çalışanların yaşı olduğuna yönelik bir sıralama verilmiştir. Çalışmada, 90 dBA şiddetinden daha az seviyede gürültü maruziyeti yaşayan orman işçilerinde genel olarak işitme kayıplarının olmadığı ve özel önlemler gerektirmediği vurgulanmıştır. Ayrıca 90 dBA şiddetinden daha yüksek gürültü seviyelerine maruz kalan işçilerin 4000 Hz frekansta önemli derecede işitme kayıpları yaşadıkları

söylenmiştir. Diğer yandan çalışma süreleri ile işitme kayıpları arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirtilmiştir. Özellikle motorlu testere operatörlerinin alacağı basit önlemler ile kendilerini gürültüden koruyabilecekleri belirtilmiştir. Ayrıca daha az gürültüyle çalışan motorlu testerelerin seçimi, koruyucu ekipmanların kullanımı, işçilerin gürültü konusundaki eğitimleri ve işçilerin yılda bir kere odyometrik testlerden geçirilmeleri gerektiği bildirilmiştir.

Basner ve diğ. (2014) yaptıkları bir çalışmada, çevresel gürültünün işitsel olmayan sağlık etkilerinin çok çeşitli, ciddi ve yaygın maruziyet nedeniyle dikkate alınması gerekliliğini vurgulamışlardır. Gürültü günlük yaşamda yaygın ve hem işitsel hem de işitsel olmayan sağlık etkilerine neden olabilmektedir. Gürültüye bağlı işitme kaybı, mesleki ortamlarda oldukça yaygın olmaya devam etmektedir ve giderek artan bir şekilde sosyal gürültüye maruz kalmaktan (örneğin, kişisel müzik çalarlar aracılığıyla) kaynaklanmaktadır. Çevresel gürültüye maruz kalmanın halk sağlığı üzerinde işitsel olmayan etkilerine dair devam eden pek çok çalışma bulunmaktadır. Gözlemsel ve deneysel çalışmalar, gürültüye maruz kalmanın rahatsızlığa yol açtığını, uykuyu böldüğünü ve gün içerisinde uyku ihtiyacı gerekliliğine neden olduğunu, hastanelerde hasta sonuçlarını ve personel performansını etkilediğini, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalık oluşumunu artırdığını ve okul çocuklarında bilişsel performansı bozduğunu göstermektedir. Diğer yandan mesleki veya eğlence amaçlı gürültü maruziyetinin neden olduğu işitme kaybı da oldukça yaygındır. Dolayısıyla önleyici ve tedavi edici stratejiler gerektiren bir halk sağlığı tehdidi oluşturmaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre çocuklar ve yetişkinler için eğitimler verilmesi hem gürültüden kaçınma hem de gürültü azaltma davranışlarını teşvik edebilir ve böylece olumsuz sağlık sonuçlarını azaltabilir. Gürültüye maruziyetini azaltmaya yönelik çabalar, nihayetinde daha az rahatsızlık, daha iyi uyku, çocuklar açısından daha iyi öğrenme ortamları, daha az kardiyovasküler hastalık prevalansı ve hastanelerde gürültüye maruziyeti durumunda, daha iyi hasta sonuçları ve daha az hastanede kalma süreleri ile sonuçlanacağı açıklanmıştır.

Diğer bir çalışmada Geravandi ve diğ. (2015), İran'ın Ahvaz kentinde gürültü kirliliğinin (karayollarına yakın) sağlık sorunları üzerindeki etkisini belirlemeye çalışmıştır. Ahvaz City'de gündüz trafiğin yoğun olduğu 4 karayolu çevresinde 75 noktada ölçümler alınmıştır. Çalışma sırasında ölçüm istasyonlarında haftada 7 gün, her ölçüm arasında 1 saat ara ile 820 ölçüm kaydedilmiştir. Araştırma bulgularına göre

tüm istasyonlarda ses seviyeleri 76.28 ± 3.12 dBA olarak bulunmuştur. Çalışmanın sonuçlarına göre, 2012 yılında gürültünün sağlık üzerindeki en kötü etkileri sinirlilik ve uyku kalitesi olmuştur.

Serin ve Akay (2018), ormancılık üretim çalışmalarının önemli bir basamağı olan tomruk üretim işlemleri sırasında oluşan gürültü etkilerini incelemiştir. Ülkemizde tomruk üretimi sırasında yoğun olarak motorlu testereler kullanılmakta ve bu aletler oldukça gürültülü çalışmaktadırlar. Oluşan bu gürültü üretim işçileri üzerinde psikolojik ve fizyolojik rahatsızlıklara sebep olmaktadır. Dolayısıyla işçiler üzerindeki gürültü etkisinin belirlenmesi işçi sağlığına etkilerinin araştırılması konusunda önemli bir adım olacaktır. Kahramanmaraş Orman İşletme Müdürlüğü, Başkonuş Orman İşletme Şefliği'nde gerçekleştirilen çalışmada, kesme-devirme, dal alma ve seksiyonlara ayırma aşamalarında motorlu testereden kaynaklı gürültü düzeyleri uzak ve yakın ölçümler yapılarak incelenmiştir. Toplamda 40 adet ağaç kesimi ve bunların tomruklanması sırasında elde edilen 1160 adet ölçüm bulunmaktadır. Bu verilere dayalı analizlerde yakın ölçümlerde ortalama 83,19 dBA, uzak ölçümlerde ise ortalama 73,91 dBA gürültü şiddeti bulunmuştur. Sonuçlara göre kesim bölgesine yakın işçilerin gürültüye maruz kalmasını önleyecek kulaklık gibi ekipmanların kullanılması önerilmiştir. Bu ekipmanların kullanılması teşvik edilmeli, gerekirse denetlenmelidir. Ayrıca çalışanların kalıcı zararlardan uzak tutulması için belirli zaman aralıklarıyla yer değiştirmeleri uygun olacaktır. Kullanılan motorlu testerelerde bakım ve yalıtım işlemlerinin yapılması da önemlidir. Bununla birlikte işçilere gürültü zararları ile ilgili eğitimler verilmeli ve bilinçlendirilmeleri sağlanmalıdır.

Bir vaka-kontrol çalışmasında ise Radun ve arkadaşları (2022) rüzgâr türbinleri ve karayolu trafiğinden kaynaklanan gürültünün hastalık ve semptomlar üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada rüzgâr türbinlerinin ses seviyeleri 17-39 dBA olarak bulunmuş ve yönetmeliklerde geçen 40 dBA değerinin altında kalmıştır. Ancak, gündüz ölçüm yapılan karayolu trafiğinde ses seviyelerinin yönetmelikte yer alan 55 dBA ses seviyesini zaman zaman aştığı ve genellikle 32,5-63,5 dBA arasında değiştiği bildirilmiştir. Toplamda 676 kişinin katıldığı çalışmada, yüksek rüzgâr türbini ses seviyelerinin hastalıklar üzerinde etkili olmadığı sadece gürültünün verdiği rahatsızlıklar olduğu belirtilmiştir. Öte yandan, yüksek karayolu trafiği ses seviyesi, gürültü rahatsızlığı dışında migren, baş ağrısı, baş dönmesi, işitme bozukluğu, kulaklarda basınç, taşikardi veya kalp çarpıntısı gibi hastalıklarla ilişkilendirilmiştir.

Karayolu trafiğine, özellikle gündüz 55 dBA seviyelerini aştığında dikkati edilmesi gerektiği söylenmiştir. Tüm katılımcıların 40 dBA altındaki ses seviyelerine maruz kaldığı alanlarda rüzgâr santrallerinin sağlığa etkilerinin, sadece gürültü rahatsızlığı ile sınırlı kaldığı bildirilmiştir.

2.1.2 Partikül madde

Pönkä ve diğ. (1998), 1987'den 1993'e kadar Helsinki'de meydana gelen günlük PM10 konsantrasyonları ile kardiyovasküler nedenlerden kaynaklanan günlük ölüm sayısı arasındaki ilişkileri incelemiştir. Araştırmacılar iki yaş grubunda analizler yapmak için Poisson regresyonlarını kullanmış ve sıcaklık, bağıl nem, haftanın günü, ay, yıl, uzun vadeli eğilim, tatiller ve grip salgınlarını kontrol etmiştir. PM10 seviyeleri, 65 yaşın altındaki kişilerde tüm nedenlere bağlı ve kardiyovasküler ölümler ile önemli ölçüde ilişkili görülmüştür. 65 yaş altı grupta kükürt dioksit ve ozon da kardiyovasküler ölümler ile önemli ölçüde ilişkili bulunmuştur. Ozonun etkisi PM10 etkisinden bağımsız iken, kükürt dioksit PM10 ile modellendiğinde önemsiz hale gelmiştir. PM10'da 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük bir artış, toplam ölüm ve kardiyovasküler ölümlerde sırasıyla %3,5 ve %4,1'lik artışlarla sonuçlanmıştır. Ozonda 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük bir artış, kardiyovasküler mortalitede %9,9'luk bir artışla ilişkilendirilse de ozon sonuçları tutarsız bulunmuştur. Araştırmacılar, düşük partikül seviyelerinde bile kardiyovasküler ölümlerde artış olduğunu belirtmektedir.

Partikül madde ile sağlık arasındaki ilişkilerin incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) partikül madde maruziyeti nedeniyle her yıl 800.000 ölüm olduğunu tahmin etmektedir (WHO, 2002). 19 Avrupa şehrinde yürütülen bir çalışmada ise PM10 konsantrasyonlarında sadece 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük bir azalmanın yılda 3300 ila 7700 ölümü önleyeceği tahmin edilmiştir (Medina ve arkadaşları, 2004).

Pope III ve diğ. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, yaygın ölüm nedenlerini ince partikül maddelerden (PM) kaynaklı hava kirliliğine uzun süre maruz kalma ile ilişkilendirmiştir. Amerikan Kanser Derneği tarafından Kanser Önleme II çalışmasının bir parçası olarak toplanan hayati durum, risk faktörü ve ölüm nedeni verilerinin, Amerika Birleşik Devletleri metropol alanlarından gelen hava kirliliği verileriyle bağlantılı olduğu görülmüştür. Uzun süreli PM maruziyetleri güçlü şekilde iskemik kalp hastalığı, aritmi, kalp yetmezliği ve kalp durmasına bağlı ölümler ile

ilişkilendirilmiştir. Bu kardiyovasküler ölüm nedenleri için, ince PM'de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lük bir yükselme, ölüm riskinde %8 ila %18'lik bir artışla ilişkilendirilmiş ve sigara içenler için sigara içmeyenlere kıyasla benzer veya daha büyük riskler gözlenmiştir. İnce partiküllerden kaynaklı hava kirliliği kardiyovasküler hastalık ölümleri için bir risk faktörüdür. Sigara içmek, kardiyovasküler hastalık ölümleri için çok daha büyük bir risk faktörü olmasına rağmen; ince partiküllü maddelere maruz kalmak, sigara ile sinerjik olmasa da en azından katkı maddesi gibi görünen etkiler getirmektedir.

Epidemiyolojik literatürün büyük bir kısmı, artan ince partiküllü hava kirliliği (PM_{2.5}) ile akut ve kronik ölümler arasında bir ilişki bulmuştur. ABD' de yapılan bir çalışmada (Laden ve diğ., 2006), yıllık şehre özgü PM_{2.5} konsantrasyonları 1979 ve 1988 yılları arasında ölçülmüş ve daha sonraki yıllar için kamuya açık verilerden tahmin edilmiştir. Ölüm oranları, bireysel risk faktörleri için kullanılan Cox orantılı tehlike modeli ile tahmin edilmiştir. Genel ortalama veya ölüm yılında maruziyet olarak modellenen PM_{2.5}'teki her $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ artışla ilişkili genel ölümlerde bir artış bulunmuştur. PM_{2.5} maruziyeti akciğer kanseri ve kardiyovasküler ölümlerle ilişkilendirilmiştir. Azalan PM_{2.5} konsantrasyonlarında, ölüm riskinin de azaldığı görülmüştür. Çalışmada, 1970'lerin ortalarında ve 1980'lerin ortalarında gözlenenin aksine, 1990'larda PM_{2.5} ile ilişkili ölüm oranındaki azalmanın, esas olarak PM_{2.5}'in çevresel konsantrasyonlarındaki azalmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir. Bu sonuçlar PM_{2.5}'in ölüm oranı üzerindeki etkisinin kronik maruziyetten ziyade akut maruziyetten kaynaklanabileceğini düşündürmektedir.

Bir başka çalışmada Bodor vd (2022), partikül maddelerin insan sağlığına etkileri ile Romanya'daki zamansal ve mekânsal değişimini tanımlamayı amaçlamıştır. İncelenen sekiz bölgedeki ortalama PM_{2.5} ve PM₁₀ partikül madde konsantrasyonu $17,01\text{--}22,91 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $23,02\text{--}33,29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişirken, PM_{2.5}/PM₁₀ oranı sırasıyla 0,52 ve 0,76 arasında değiştiği gözlenmiştir. PM₁₀'un tüm nedenlere bağlı ölümlerde oluşturduğu nispi riskin bölgeler arasında önemli bir çeşitliliğe sahip olduğu bildirilmiştir. Çalışmalara göre, PM_{2.5} maruziyeti ile akciğer kanserine yakalanma durumu arasında pozitif ilişkili bir risk tanımlanmıştır. Sonuçlara göre partikül maddelerin Romanya'nın tüm bölgelerinde olası sağlık etkileri analiz edildiğinde, güçlü bir pozitif korelasyon gözlemlendiği açıklanmıştır. Değişik bölgelerdeki PM dağılımları önemli farklılıklara sahip olduğundan, her bölge için en önemli bölgesel emisyon kaynaklarını anlamak ve ortaya çıkarmak için daha fazla araştırma yapılması

gerekmediği bildirilmiştir. Çalışmaya göre bu konunun ele alınarak derinlemesine bir araştırma yapılması ve hava kirliliğinin bölgesel özelliklerinin ayrı ayrı analiz edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

2.2 Arduino Uygulamaları

Arduino kullanılarak yapılan bir çalışmada Arduino tabanlı bir hava izleme sistemi geliştirilmiştir (Krishnamurthi ve ark., 2015). Havanın sıcak veya soğuk, yağışlı veya kuru, sakin veya fırtınalı, açık veya bulutlu olup olmadığı sistem sayesinde öğrenilebilmektedir. Hava olaylarının çoğu troposferde, stratosferin hemen altında meydana gelmektedir. Hava durumu genel olarak günlük sıcaklık ve yağış aktivitesini ifade ederken, iklim; uzun süreler boyunca ortalama atmosferik koşullar için kullanılan bir terimdir. Hava şartlarını manuel olarak izlemek zordur. Mevcut çalışmanın amacı hava durumunu formüle etmek ve insan hatası olmadan hava tahminini yapabilmektir. Bununla beraber hava durumunu izleyen otomatik bir sistem geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu sistem sayesinde hava durumu hakkında otomatik olarak bilgi toplanması ve detayların bir veri tabanında saklanarak grafik veriler üretilmesi sağlanmıştır.

Singh ve diğ. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, Arduino UNO modeli bir kart kullanılarak orman yangını tespiti için bir cihaz geliştirilmiştir. Her şeyden önce geliştirilen cihazın oldukça düşük maliyetli olması dikkat çekmektedir. Geliştirilen cihazda bir kamera yardımı ile yangın tespit edilmekte ve gerçek zamanlı olarak çalışmaktadır. Yangın tespit edildiğinde görüntü ekrana verilmekte ve cihazın sadece yangın anında ekranının çalışması da güç tasarrufu sağlamaktadır. Sistem GSM modülü de taşıdığı için yangın anında uzaktan bildirim yapabilmektedir. Bir diğer özelliği ise alanda duman varlığı tespit edildiğinde sistem çalışmaya başlamakta ve bu sayede yangın erkenden tespit edilebilmektedir.

Diğer bir çalışmada Niranjana ve HemaLatha (2018), orman yangınlarını erken tespit etmek amaçlı bir sistem tasarlamışlardır. Deneyde farklı yerlere yerleştirilmiş üç farklı sensör (alev, duman ve yağmur sensörleri) kullanılmıştır. Yapay olarak oluşturulan ateş, duman ve yağmur için değişik zamanlarda test yapılmış ve bu sensörler değerlendirilmiştir. Farklı durumların test edilmesi ile sistemin güvenilir ve hatalara karşı toleranslı olduğu bulunmuştur. Alev sensörünün kullanılmasının ana amacı yangını tespit etmek ve bir yangın olduğunda gerekli kişileri uyarmaktır. Sistemde

kullanılan sesli uyarılar sayesinde kullanıcı uyarılmakta ve seri port ekranında anlık olarak yangın durumu izlenebilmektedir. GSM modem arabirimi sayesinde uzaktan bildirimler sağlanarak bu işlemler yapılabilmektedir.

Yücalar ve Borandağ (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada ise ortamda bulunan karbon monoksit (CO) yoğunluğunun tespit edilmesi amaçlanmış ve ilgili uyarı sistemleri sistem üzerine yerleştirilmiştir. Daha sonra GPRS modülü ile konum bilgisi alınarak bölgedeki en yakın sağlık kuruluşuna bilgi göndermesi amaçlanmıştır. Sistemde farklı CO yoğunluklarında farklı uyarı bildirimleri yer almaktadır. Bu sayede zehirlenme ve can kaybı gibi durumlar minimize edilmiş olacaktır.

Tun ve Myint (2020), uygun maliyetli ve güvenilir bir otomatik GSM tabanlı yangın alarm sisteminin tasarım ve uygulamasını gerçekleştirmiştir. Yangın alarmı için sesli uyarı verir ve yangın algılama durumu LCD ekranda görüntülenmektedir. Sistem yangınların erken tespiti için farklı parametre ölçümleri yapabilmektedir. Çalışmanın amacı erken bilgilendirme sağlayarak can ve mal kayıplarını önlemektir.

Diğer bir çalışmada ise Hussein ve diğ. (2020), Arduino UNO kullanılarak düşük maliyetli bir hava istasyonu yapılmıştır. Bu istasyon farklı verileri (yağmur, rüzgâr, hava basıncı, partikül madde yoğunluğu, sıcaklık ve nem) ölçebilmektedir. Hava durumu sisteminden alınan sonuçlar ile ölçülen değerler karşılaştırıldığında, modelin herhangi bir alanda internet bağlantısı olmadan çalışabildiği görülmüştür.

Lamoste ve ark., (2020) tarafında yürütülen bir araştırmada, sürdürülebilir, uygun fiyatlı ve verimli orman güvenlik takibi sağlamayı amaçlayan bir cihaz “TARZAN” denenmiştir. Geliştirilen cihazda insan varlığını tespit eden hareket sensörü, yasadışı kesimleri engellemek amaçlı kullanılan gürültü sensörü ve orman yangını tespiti sağlamak için gaz sensörleri kullanılmıştır. Her bir sensör kalibre edilmiştir. Cihazın konuşlandırıldığı yerden gelen sinyaller bluetooth ile telefon uygulamasına gönderilmektedir. Bu sayede istenmeyen insan kaynaklı faaliyetlerin erken tespiti sağlanarak yasadışı ağaç kesimi ve yangın oluşumunun engellenmesi sağlanmaktadır.

Beltran ve diğ. (2021) yaptığı bir çalışmada, Filipinler’de meydana gelen yoğun doğal afetleri, çeşitli yer ve iklim (yağış, sıcaklık, eğim, toprak yapısı vb.) bilgilerinden yararlanarak tahmin etmeye çalışan bir cihaz geliştirilmiştir. Bu cihaz gerekli bilgileri sensörler yardımıyla aldıktan sonra bir cep telefonuna yönlendirerek uyarı yapmaktadır. Cihaz sadece deneysel çalışmalarda kullanılmış ve uyarı sistemlerinin

çalıştığı belirtilmiştir. İleride doğal afetlerin tespitinde faydalı olabileceği öngörülmüştür.

Diğer bir çalışmada ise Carvalho ve diğ. (2021), Brezilya'daki bir fidanlıkta üç farklı ağaç türünün su ihtiyacına yönelik bir çalışma yürütmüşlerdir. Genellikle fidan üretiminde sulama yönetiminin olmaması ve geleneksel yöntemlerle üretimlerin yapılması vurgulanmış ve buna bağlı olarak suyun israf edildiği ortaya konmuştur. Arduino tabanlı bir sistem kullanılarak suyun akışı kontrol edilmiş ve üç farklı ağaç türünde çeşitli gözlemler yapılmıştır. Dört farklı seviyede su verilen türlerde boy, çap, kütle, yaprak alanı ve klorofil içeriği gibi bazı ölçümler yapılmıştır. Daha sonra dört farklı su seviyesine göre en fazla su kullanılan bireyler en iyi gelişimi gösterse de en az su kullanılan bireylerde de boy olarak benzer bir gelişim ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla su tasarrufu yapılarak bu türlerin geliştirilmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir.

Boopathi Rani ve diğ. (2022), Hindistan'da tarımla uğraşan çiftçilerin ekonomik zorluklar nedeniyle hayvancılığa yöneldiğini vurgulamıştır. Ancak hayvancılık sektöründe rastlanan hastalıklar ve bunların geç teşhis edilmesi gibi durumlar çiftçileri zor durumda kalmasına neden olmuş ve buna bağlı olarak tarım ve hayvancılıkla uğraşan insanların yoksulluk nedeniyle intihar girişiminde bulunmaları gibi durumlar ortaya çıkmıştır. Çalışmada bu durumu göz önünde bulundurmuş ve hayvanları arduino tabanlı sistemler kullanarak kalp atış durumları, vücut ısı değişimi ve uyku düzeni gibi durumlarını izleyen bir sistem oluşturmuşlardır. Bu sistem hayvanlarda ortaya çıkan anormal durumları SIM modülü ile kişilere iletip uyarı sağlamaktadır. Dolayısıyla önceden verilen bu bilgi sayesinde çiftçilerin gerekli önlemleri alması amaçlanmıştır.

2.3 Risk Değerlendirme Çalışmaları

Yapılan bir çalışmada Oturakçı ve Dağsuyu (2017) risk değerlendirme teknikleri arasında çokça kullanılan ancak literatürde sık rastlanmayan Fine Kinney yöntemi için Bulanık Mantık çerçevesinde yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Klasik yöntemde kullanılan ihtimal, frekans ve şiddet ölçütleri girdi olarak alınmış ve risk skoru çıktısı elde edilmiştir. Daha sonra bu ölçekler üçgen üyelik fonksiyonlarına bağlı yeni ölçeklere dönüştürülmüştür. Klasik ve Bulanık Fine Kinney metotları bir yapı merkezi inşaatında tespit edilen tehlikelere uygulanarak karşılaştırılmıştır. Böylece her bir tehlike için hesaplanan risk skoru değeri, bulanık mantık ile tekrar hesaplanmış ve

sonuçlar kıyaslanmıştır. Ortaya konulan Bulanık Fine Kinney yönteminin klasik yöntemle göre sonuçlara hassasiyet kazandırdığı görölmüştür. Ayrıca tehlikelerin öncelik sıralamalarının değişmesiyle birlikte bu tehlikelerin sınıflarının da değiştiği gözlenmiştir.

Çınar ve arkadaşlarının (2021), yaptığı bir çalışmada gemilerin liman sahasındaki manevralarının evre güvenliği açısından risk oluşturduğu ve bu riskleri önlemek için önlem alınmadığı takdirde deniz kazalarının kaçınılmaz hale geleceği belirtilmiştir. Bu durumun insan ölümlerine ve yaralanmalarına, mal kayıplarına, hatta evre felaketlerine yol açabileceği söylenmiştir. Çalışmada modelleme raporlarında kullanılmak üzere daha önce bu alanda kullanılmayan Fuzzy Fine-Kinney risk analizi yöntemi kullanılmıştır. Uzmanlarla yapılan değerlendirmeler sonucunda Fuzzy Fine-Kinney Metodu'nun tutarlı ve kesin sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bu nedenle çalışmalarda uzmanlar tarafından Fuzzy Fine-Kinney yönteminin uygulanması önerilmiştir. Senaryo uygulamaları sırasında, gemi manevralarının değerlendirilmesi konusunda yapılan risk analizi çalışmalarına simölasyon sistemlerinin önemli katkı sağladığı anlaşılmıştır. Ayrıca simölasyon çalışmalarına katılan uzmanların doğru bir risk analizi yapılmasında önemli bir yere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda kurumların modelleme raporlarında yararlanabilmeleri için bu alanda daha önce kullanılmamış bir risk analizi yöntemi oluşturulmuştur.

Risk değerlendirme konusuna ilişkin diğer bir yayında ise Kayet (2021) orman yangınlarına yönelik bir risk değerlendirme çalışması yapmıştır. Çalışmada, yangın riskinin mekansal olarak değerlendirilmesinin, orman yangınlarının etkilerini azaltmak için kritik öneme sahip olduğu belirtilmiştir. Mevcut araştırmada, Hindistan'da bulunan Melgaht Kaplan Koruma Ormanı'nın coğrafik verileriyle yapılan orman yangını riskinin değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada analitik hiyerarşi (AHP) ve frekans oranı (FR) yöntemlerine dayalı orman yangını risk değerlendirmesi için on bir parametre (eğim, rakım, konum, bakı, yağış, arazi yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, normalleştirilmiş bitki örtüsü farkı indeksi-NDVI, yola olan uzaklık ve yerleşim yerine olan uzaklık) kullanılmıştır. AHP ve FR modellerinden elde edilen sonuçlar benzer eğilimler göstermiştir. AHP modelinin, FR modelinden önemli ölçüde daha doğru olduğu belirtilmiştir. Üretilen haritalar beş sınıfa (ok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek) ayrılmıştır. Oluşturulan orman yangın risk haritalarına göre, bazı orman bloklarında (Mangtya, Kund, Gudfata,

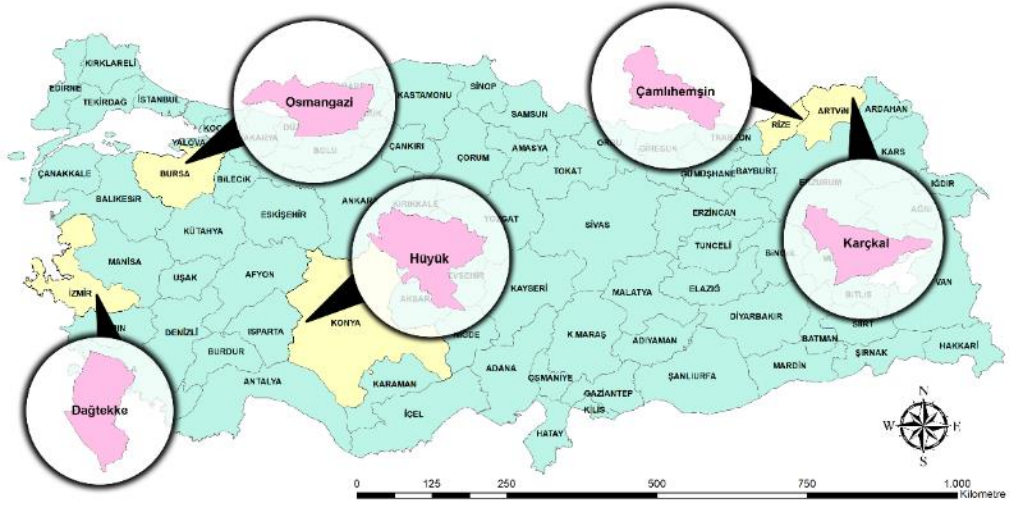
Katharmal, Amyar) çok yüksek risk tespit edilmiştir. Çalışmada bazı parametrelerin (rüzgâr hızı, hava sıcaklığı, Land Surface Temperature-LST, eğim, rakım, yerleşime olan mesafe ve yola olan mesafe) orman yangını riskine karşı daha etkili olduğu görülmüştür.



3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1 Çalışma Sahalarına Ait Genel Bilgiler

Doktora tezi çalışmaları kapsamında ülkemizin farklı yerlerinde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların yürütüldüğü orman işletme şeflikleri (OIŞ) sırasıyla, Hüyük OIŞ (Konya), Osmangazi OIŞ (Bursa), Dağteke OIŞ (İzmir), Çamlıhemşin OIŞ (Rize) ve Karçkal OIŞ (Artvin)'dir (Şekil 3.1). Çalışma alanları incelendiğinde farklı coğrafyalarda, farklı iklim şartlarına sahip ve konumsal olarak da değişiklik arz eden yerler olduğu görülmektedir. Bu sayede farklı koşulların ölçümler üzerine etkisinin de kontrolü sağlanabilmektedir. Çalışma alanlarına ait bilgiler başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.1 : Arazi çalışmalarının yürütüldüğü sahalar.

3.1.1 Hüyük Orman İşletme Şefliği

Tez çalışmaları kapsamında ilk arazi ölçümleri Konya Orman Bölge Müdürlüğü, Beyşehir Orman İşletme Müdürlüğü, Hüyük OIŞ, 114 numaralı bölmede yer alan Çkcd3 meşceresinde (Şekil 3.2) yapılmıştır. Hüyük OIŞ'nin genel alanı 75142,3 ha olup, bu alanın 10226,2 hektarı verimli, 6111,9 hektarı bozuk orman olmak üzere toplam 16338,1 hektarlık kısmı orman alanıdır (Çizelge 3.1) (Url-3).



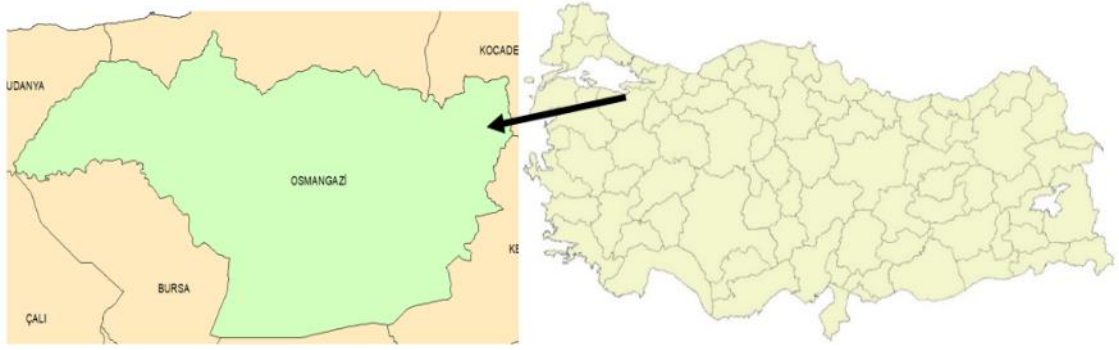
Şekil 3.2 : Hüyük Orman İşletme Şefliği.

Çizelge 3.1 : Hüyük Orman İşletme Şefliği'ne ait orman varlığı (Url-3).

İşletme Şefliği	Normal Orman (Ha)	Bozuk Orman (Ha)	Toplam Orman (Ha)	Ormansız Alan (Ha)	Genel Alan (Ha)
Beyşehir	15098,1	11890,2	26988,3	42387,5	69375,8
Kızıldağ	9737,1	8143,1	17880,2	6802,6	24682,8
Kurucuova	2813,1	533,2	3346,3	2675,2	6021,5
Seydişehir	13603,9	13714,1	27318	42200,9	72518,9
Yeşildağ	10237,4	2564,7	12802,1	5677,8	18479,9
Alacadağ	12090,2	25407,3	37497,5	31732,7	69230,2
Derebucak	10144,5	11267,9	21412,4	7197,2	28609,6
Hüyük	10226,2	6111,9	16338,1	58804,2	75142,3
Üzümlü	11695,9	3366	15061,9	7557,4	22619,3

3.1.2 Osmangazi Orman İşletme Şefliği

Tez çalışmaları kapsamında yapılan bir diğer arazi ölçümü Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, Bursa Orman İşletme Müdürlüğü, Osmangazi OİŞ, 6 numaralı bölmede yer alan Kızılçam meşceresinde yapılmıştır (Şekil 3.3). Osmangazi OİŞ'nin genel alanı 30487,3 ha olup, bu alanın 5942,5 hektarı verimli, 3337,7 hektarı bozuk orman olmak üzere toplam 10842,1 hektarlık kısmı orman alanıdır (Çizelge 3.2) (Url-4).



Şekil 3.3 : Osmangazi Orman İşletme Şefliği.

Çizelge 3.2 : Osmangazi Orman İşletme Şefliği 'ne ait orman varlığı (Url-4).

İşletme Şefliği	Normal Orman (Ha)	Bozuk Orman (Ha)	Toplam Orman (Ha)	Ormansız Alan (Ha)	Genel Alan (Ha)
Arasdere	4251	697,9	6359,4	2095,5	8454,9
Bursa	2343,8	336,5	2783,1	8450,1	11233,2
Çalı	6746,7	1608,5	8781,4	12859	21640,4
Kayapa	7927,7	2598,8	11676,9	18162	29838,9
Kazancı	5518,5	1202,7	7469	6498,2	13967,2
Kestel	4300,2	4428,6	9323,3	6902	16225,3
Mudanya	8150,9	1391	10509,6	27271,6	37781,2
Osmangazi	5942,5	3337,7	10842,1	19645,2	30487,3
Soğukpınar	4009,4	635,1	4860,9	1885,9	6746,8
Uludağ	6858,2	1431,4	8640,6	2542,8	11183,4
Yıldırım	5610,2	562,3	6429	3560	9989

3.1.3 Dağtekke Orman İşletme Şefliği

Tez konusuna ilişkin başka bir arazi çalışması İzmir Orman Bölge Müdürlüğü, Gaziemir Orman İşletme Müdürlüğü, Dağtekke OİŞ (Şekil 3.4), 188 numaralı bölmede yer alan Çzc3 meşçresinde yapılmıştır. Dağtekke OİŞ'nin genel alanı 26991,50 ha olup, bu alanın 6114,50 hektarı verimli, 1860 hektarı bozuk orman olmak üzere toplam 7974,5 hektarlık kısmı orman alanıdır (Çizelge 3.3) (Url-5).



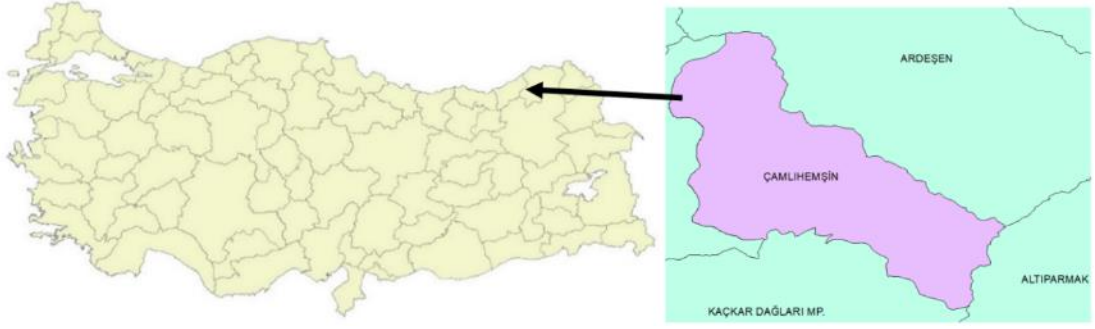
Şekil 3.4 : Dağtekke Orman İşletme Şefliği.

Çizelge 3.3: Dağtekke Orman İşletme Şefliği 'ne ait orman varlığı (Url-5).

İşletme Şefliği	Normal Orman (Ha)	Bozuk Orman (Ha)	Toplam Orman (Ha)	Ormansız Alan (Ha)	Genel Alan (Ha)
Çeşme	5417,0	19243,0	24660,0	24258,5	48918,5
Dağtekke	6114,5	1860,0	7974,5	19017,0	26991,5
Gaziemir	5217,0	2165,0	7382,0	9984,5	17366,5
Güzelbahçe	4127,0	5492,0	9619,0	13732,0	23351,0
Karaburun	4316,0	21292,0	25608,0	19647,0	45255,0
Menderes	6663,5	5810,5	12474,0	12481,5	24955,5
Özdere	7846,0	17190,0	25036,0	16423,0	41459,0
Seferihisar	6692,5	9024,0	15716,5	17374,0	33090,5
Torbalı	3127,0	5287,0	8414,0	21553,0	29967,0
Urla	9598,5	17641,0	27239,5	13068,0	40307,5
Yeniköy	6776,5	1078,0	7854,5	2867,5	10722,0
Toplam	65895,5	106082,5	171978,0	170406,0	342384,0

3.1.4 Çamlıhemşin Orman İşletme Şefliği

Tez konusuna ilişkin bir başka arazi çalışması Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü, Pazar Orman İşletme Müdürlüğü, Çamlıhemşin OİŞ (Şekil 3.5), 52 numaralı bölmede yer alan KnLcd1 meşcresinde yapılmıştır. Çamlıhemşin OİŞ'nin genel alanı 36518,2 ha olup, bu alanın 19195,9 hektarı verimli, 2941,4 hektarı bozuk orman olmak üzere toplam 22137,3 hektarlık kısmı orman alanıdır (Çizelge 3.4) (Url-6).



Şekil 3.5 : Çamlıhemşin Orman İşletme Şefliği.

Çizelge 3.4 : Çamlıhemşin Orman İşletme Şefliği'ne ait orman varlığı (Url-6).

İşletme Şefliği	Normal Orman (Ha)	Bozuk Orman (Ha)	Toplam Orman (Ha)	Ormansız Alan (Ha)	Genel Alan (Ha)
Ardeşen	7884,7	18010,3	25895	17145	43040
Çamlıhemşin	19195,9	2941,4	22137,3	14380,9	36518,2
Kaçkar Dağ. M. P.	6468	2505,5	8973,5	34036,5	43010
Fındıklı	9387,8	8989,5	18377,3	21558,6	39935,9
Pazar	15798,3	8023,7	23822	9842,8	33664,8

3.1.5 Karçkal Orman İşletme Şefliği

Farklı bir arazi çalışması ise Artvin Orman Bölge Müdürlüğü, Şavşat Orman İşletme Müdürlüğü, Karçkal OİŞ (Şekil 3.6), 478 numaralı bölmede GLA-2 meşçeresinde yapılmıştır. Karçkal OİŞ'nin genel alanı 14412 ha olup, bu alanın 5528,9 hektarı verimli, 3620,5 hektarı bozuk orman olmak üzere toplam 9149,4 hektarlık kısmı orman alanıdır (Çizelge 3.5) (Url-7).



Şekil 3.6 : Karçkal Orman İşletme Şefliği.

Çizelge 3.5 : Karçkal Orman İşletme Şefliği'ne ait orman varlığı (Url-7).

İşletme Şefliği	Normal Orman (Ha)	Bozuk Orman (Ha)	Toplam Orman (Ha)	Ormansız Alan (Ha)	Genel Alan (Ha)
Ağgöl	4703,3	1878,7	6582,1	12214,8	18796,9
Akdamlı	6357,5	5395,8	11753,3	8117,5	19870,8
Karçkal	5528,9	3620,5	9149,4	5262,6	14412
Meydancık	6460,4	5934,2	12394,6	8902,3	21296,9
Sahara	237320	964,8	3338	5421,7	8759,7
Şavşat	5553,6	2548,5	8098,5	7062	15160,5
Tepebaşı	2455,5	5895,7	8355,7	4155,3	12506
Veliköy	5747,2	1428,7	7174,9	12649	19823,9

3.2 Kullanılan donanımlar

3.2.1 Endüstriyel ölçüm cihazları

Çalışma sırasında makine kaynaklı risk faktörlerinin ölçümünde endüstriyel ölçüm cihazlarından PCE-430 gürültü ölçer ve PCE-PCO-2 partikül ölçer (Şekil 3.7) kullanılmıştır. Ölçüm cihazları ile ilgili teknik bilgiler sırasıyla Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7’de verilmiştir (Url-8, 9).



Şekil 3.7 : PCE-430 Gürültü ölçer (sol) ve PCE-PCO-2 Partikül ölçer (sağ).

Çizelge 3.6 : PCE-430 Gürültü ölçer (Url-8).

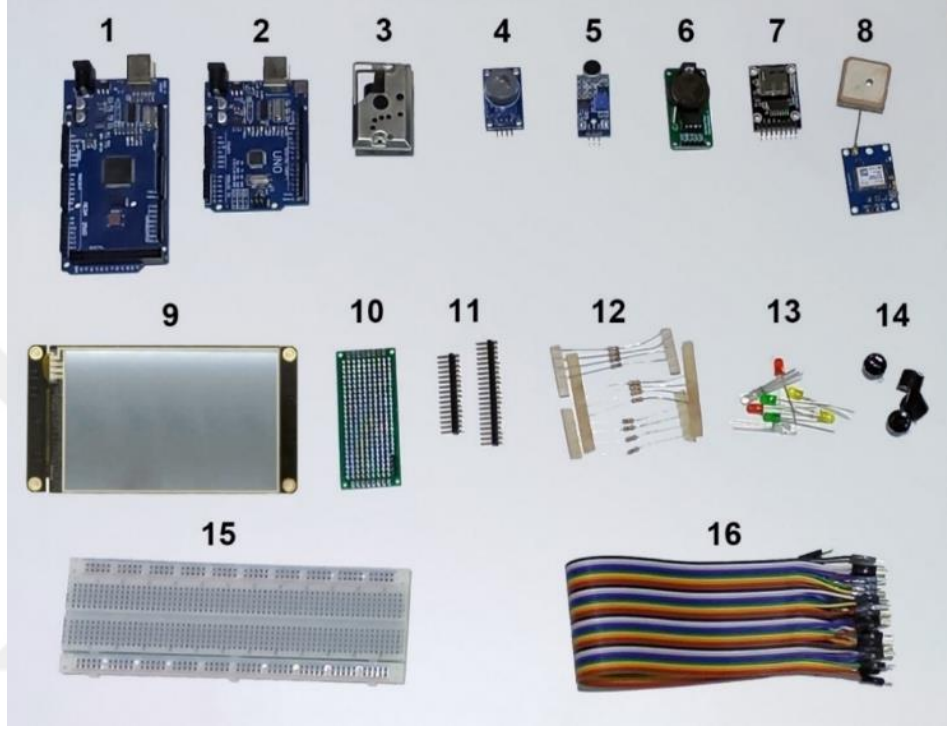
Teknik özellikler	Değerler
Ölçüm Aralığı	22 ... 136 dbA
Hassasiyet	Sınıf 1
Frekans Aralığı	3 Hz ... 20 kHz
Frekans Analizi	Oktav filtresi: 8 Hz ... 16 kHz 1/3 Octave filtre: 6,3 Hz ... 20 kHz
İntegral Zaman Ölçümü	1 sn ... 24 saat (ayarlanabilir) LXY (SPL), LXeq, LXYS, LXSEL, LXE LXYmax, LXYmin, LXPeak, LXN.
Ölçüm Fonksiyonları	X = Frekans derecelendirmesi: A, B, C, Z; Y = Süre değerlendirmesi: F, S, I; N =% cinsinden istatistikler: 1 ... 99%
Frekans Derecelendirmesi	A, B, C, Z
Ana Ses	Mikrofon: 19 db (A), 25 db (C), 31 db (Z) Elektronik: 13 db (A), 17 db (C), 24 db (Z)

Çizelge 3.7 : PCE-PCO-2 Partikül ölçer (Url-9).

Teknik özellikler	Değerler
Parçacık Boyutları Kanalı	0,3-0,5-1,0-2,5-5,0-10µm
Akış hızı	0,1ft ³ (2,83L/min) dahili pompa tarafından kontrol edilir
Sayım modları	Kümülatif, Diferansiyel, Konsantrasyon
Sayma Verimliliği	50% @ 0,3µm; 100% partikül boyutu > 0,45
Tesadüfi Kayıp	5% @ 2,000,000 partikül ft ³ te
Hava sıcaklığı	-14 to 140°F (-25 to 60°C); Doğruluk: ±2°F/1°C
Bağıl nem	0 to 100%RH; Doğruluk: ±3%RH (40% to 60%RH)
Çiğ Noktası / Islak Hazne	32 to 122°F (0 to 50°C)
Boyutlar / Ağırlık	9,4 x 3 x 2,2" (240 x 75 x 57mm)/1,26lbs (570g)

3.2.2 Arduino seti

Çalışma kapsamında Arduino platformu kullanılarak geliştirilen çoklu ölçüm cihazı için farklı donanımlar içeren bir set kullanılmıştır (Şekil 3.8). Cihazın temelini oluşturan Arduino Mega kart ile üzerinde yer alan parçalar ve yardımcı araç gereçler bu set içerisinde olup, Çizelge 3.8’de liste şeklinde verilmiştir.



Şekil 3.8 : Arduino setinde yer alan donanımlar.

Çizelge 3.8 : Arduino setinde yer alan donanım listesi.

Parça No	Parça Adı	Parça No	Parça Adı
1	Arduino Mega	9	Dokunmatik Ekran
2	Arduino UNO	10	Devre Kartı
3	Partikül Sensörü	11	Pin
4	CO Sensörü	12	Direnç
5	Gürültü Sensörü	13	Led
6	Saat Sensörü	14	Buzzer
7	Mikro SD Modülü	15	Breadboard
8	GPS Modülü	16	Jumper Kablo

3.3 Arazi Ölçümleri

Gürültü ölçümleri sırasında gürültü seviyesi PCE-430 gürültü ölçer (Sınıf 1) ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı eş zamanlı kullanılarak 1 saniye aralıklarla kaydedilmiştir. Gürültü ölçümleri 22-136 dBA ve 3Hz-20 kHz frekans aralığında 1/1 ve 1/3 oktav bandında yapılmıştır. Ölçümler sırasında ortamda makine gürültüsünden başka gürültü kaynağı olmaması sağlanmıştır. Partikül ölçümleri sırasında PCE-PCO-2 Partikül ölçer ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı yine eş zamanlı olarak kullanılmıştır. Önceki çalışmalara göre, 10 mikron ile 2.5 mikron arasındaki partiküller (kaba) bronşlarda toplanırken, 2.5 mikrondan daha küçük partiküller (ince) akciğerlerde alveollere ulaşmakta ve 0,1 mikron ve daha küçük çaptaki partiküller (ultra ince) ise alveollerden kılcal damarlara geçebilmektedir (Polichetti ve diğ., 2009). Bu nedenle, işçi sağlığı üzerinde daha yüksek risk oluşturan ve kalıcı iş hastalıklarına neden olma potansiyeli yüksek olan 2.5 mikrondan daha küçük partiküller (ince ve ultra ince) dikkate alınmıştır. Ölçümler sırasında 1 dakika aralıklarla birim hacimde toplanan partikül miktarı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma sırasında hava koşulları kaydedilmiş ve ortam sıcaklığı PCE-PCO-2 Partikül ölçer ile ölçülmüştür. Makine kaynaklı gürültü ve partikül madde maruziyetinin ölçümlerinde, endüstriyel ölçüm cihazları ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ideal ölçüm mesafesi olan 30 cm dikkate alınarak operatörlerin yakasına yerleştirilmiştir (Şekil 3.9). Gürültü ölçümlerinde ölçüm cihazlarının dış kulak kanalı girişinin 10-40 cm mesafede konumlandırılması önerilmektedir (Çalış, 2022). Leszczynski (2014) ölçüm cihazlarının operatörün ağız bölgesinden 30 cm yarıçap ile sınırlı alana yerleştirilmesini önermiştir.



Şekil 3.9 : Ölçüm cihazlarının operatör yakasına konumlandırılması.

3.3.1 Hüyük OİŞ çalışmaları

Hüyük OİŞ sınırlarında yürütülen ağaç kesim, yükleme ve uzak nakliyat çalışmaları sırasında kullanılan mekanik araçlardan kaynaklı gürültü ve partikül madde maruziyeti ölçülmüştür. Ağaç kesimi sırasında kullanılan Hidromek HMK 220 Hasatçıya ait teknik özellikler Çizelge 3.9’da verilmiştir (Şekil 3.10). Çalışma sahasında yükleme faaliyeti Volvo EC55 ve Kubota U55-4 model iki yükleyici tarafından gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12).

Çizelge 3.9 : Hidromek HMK 220 Hasatçıya ait teknik özellikler (Url-10).

Teknik Özellikler	Değerler
Motor	ISUZU-AI-4HK1X
Tip	Su soğutmalı, 4 zamanlı, 4 silindirli, sıralı tip, direkt enjeksiyon, turbo flarjlı, intercooler destekli, elektronik dizel motor
Emisyon Sınıfı	Faz III-A (Tier3), (UNECE R96)
Güç	162HP / 2000 d/d SAE J1349 (Net) 172HP / 2000 d/d SAE J1995 (Brüt)
Maksimum Tork	656 Nm / 1500 rpm (Net) 677 Nm / 1500 rpm (Brüt)
Hacim	5193 cc
Çap x Strok	115 mm x 125 mm



Şekil 3.10 : Hidromek HMK 220 Hasatçı.

Çizelge 3.10 : Çalışmada kullanılan yükleyicilere ait teknik özellikler (Url-11).

Teknik Özellikler	Volvo EC55	Kubota U55-4
Ağırlık	5,7 t	5,4 t
Taşıma uzunluğu	5,872 m	5,5 m
Taşıma genişliği	1,92 m	1,96 m
Taşıma yüksekliği	2,563 m	2,55 m
Kepçe genişliği	0,6 m	0,65 m
Parça genişliği	400 mm	400 mm
Sürücü koruması	Kb	KbR
Maks, yatay ulaş	5,87 m	6,1 m
Tarama derinliği	4,05 m	3,63 m
Yırtma kuvveti	28,44 kN	41,35 kN
Motor tipi	D 3,1 D	V2607DI
Motor gücü	36,2 kW	33,8 kW
Deplasman	3,054 l	2,615 l
Maks torkta devirler	2100 rpm	2200 rpm
Silindir sayısı	4	4



Şekil 3.11 : Volvo EC55 model yükleyiciler.



Şekil 3.12 : Kubota U55-4 model yükleyiciler.

Çalışmada uzak nakliyat sırasında kullanılan MAN TGA 18-440 model tomruk kamyonuna ait teknik özellikler Çizelge 3.1’de yer almaktadır (Şekil 3.13). Gürültü ve partikül madde maruziyetleri eş zamanlı olarak ölçülmüş olup, makinelere göre ölçüm süreleri Çizelge 3.12’de verilmiştir. Çalışmalar 35°C’de, hafif bulutlu bir havada gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.11: MAN TGA 18-440 model kamyonun teknik özellikleri (Url-12).

Teknik Özellikler	Değerler
Güç	324 kW / 440 PS
Yakıt	Dizel
Aks	4x2
Toplam ağırlık	18 000 kg / 20 000 kg
İzin verilen ağırlık	42 000 kg / 50 000 kg
Genel boyutlar	5875 x 2500 x 3542 mm
Dingil mesafesi	3600 mm



Şekil 3.13 : MAN TGA 18-440 model tomruk kamyonu.

Çizelge 3.12 : Gürültü ve partikül madde maruziyetlerine ait ölçüm süreleri.

Makineler	Ölçüm Süresi (dakika)
Hidromek HMK 220	240
Volvo EC55	180
Kubota U55-4	180
MAN TGA 18-440	63

3.3.2 Osmangazi OİŞ çalışmaları

Osmangazi OİŞ sınırlarında yürütülen sürütme çalışmaları sırasında mekanik araçlardan kaynaklı gürültü ve partikül madde maruziyeti ölçülmüştür. Sürütme işlemlerinde kullanılan New Holland TT55B model tarım traktörüne ait bilgiler Çizelge 3.13’de verilmiştir (Şekil 3.14). Gürültü ve partikül madde maruziyetlerinin her biri için 180 dakika ölçüm yapılmıştır. Çalışmalar 25°C’de, bulutlu bir havada gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.13 : New Holland TT55B tarım traktörüne ait bilgiler (Url-13).

Teknik Özellikler	Değerler
Motor gücü	40,25 kW
Taşıma uzunluğu	3,64 m
Taşıma genişliği	1,925 m
Taşıma yüksekliği	2,2 m
Seyahat hızı	30 km/h
Ağırlık	2,37 t
Yönetim	h
Motor tipi	S8000
Deplasman	2,931 l
Maks torkta devirler	1375 rpm
Maks, dönme momenti	210 Nm
Silindir sayısı	3



Şekil 3.14 : New Holland TT55B tarım traktörü.

3.3.3 Dağtekte OİŞ çalışmaları

Dağtekte OİŞ sınırlarında yürütülen çalışmalarda sürütme ve uzak nakliyat sırasında meydana gelen gürültü ve partikül madde maruziyetleri ölçülmüştür. Sürütme çalışmalarında kullanılan Türk-FIAT 80-66 model traktöre ait teknik özellikler Çizelge 3.14’te verilmiştir (Şekil 3.15). Çalışma sırasında uzak nakliyat işlerinde kullanılan BMC PRO 827 model tomruk kamyonuna ait teknik özellikler Çizelge 3.15’te verilmiştir (Şekil 3.16). Traktör ve kamyon için ölçüm süreleri sırasıyla 130 dakika ve 48 dakikadır. Çalışmalar 35°C’de, az bulutlu ve açık havada gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.14 : Türk-FIAT 80-66 tarım traktörüne ait bilgiler (Url-14).

Teknik Özellikler	Değerler
Türk Traktör A.Ş.	Türk-FIAT Lastik Tekerlekli Traktör 80-66/12+12
Azami Yüklü Ağırlık (kg)	5700
Dingil Eksenleri Mesafesi (m)	2305
Tip	TÜMOSAN Diesel 4 Zamanlı 4 Silindirli
Güç (hp)	80 hp (DIN) 85 hp (BS)
Devir/dak	2500
Max Tork	1500 d/dak 242.4 nm
Sil. Hacmi (lt)	3,908
Boyutlar	3735, 1970-2470, 2540



Şekil 3.15 : Türk-FIAT 80-66 tarım traktörü.

Çizelge 3.15 : BMC PRO 827 tomruk kamyonuna ait bilgiler (Url-15).

Teknik Özellikler	Değerler
Motor	Cummins C8.3 260 10 (Euro 1)
Tipi	Turbo İntercooler Dizel
Silindir Adedi	6
Süpürme Hacmi	8,268 Lt
Gücü	263 Ps (194 Kw)@ 2200 D/Dak
Torku	950 Nm @1500 D/Dak



Şekil 3.16 : BMC PRO 827 tomruk kamyonu.

3.3.4 Çamlıhemşin OİŞ çalışmaları

Çamlıhemşin OİŞ sınırlarında gerçekleştirilen bölmeden çıkarma çalışmalarında URUS MIII kablolu hava hattı kullanılmıştır (Şekil 3.17). Kullanılan hava hattına ait

bilgiler Çizelge 3.16’da verilmiştir. URUS MIII kablolu hava hattında yapılan gürültü ve partikül madde ölçümlerinin her birinde ölçüm süresi 110 dakikadır. Çalışmalar 4°C’de, yağışlı havada gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.17 : URUS-M III Kablolu hava hattı.

Çizelge 3.16 : URUS-M III Kablolu hava hattına ait teknik özellikler (Öztürk, 1996).

Teknik Özellikler	Değerler
Yüksekliği	8,7 m
Vagon Markası	Hinteregger
Vagon Hızı	0,7-3,5 m/sn
Ortalama Verim (3 işçi 300 m'den)	9,4 dak/m ³ (0,75-1,75 m ³ /sefer)
Verim (200 m'den) (m ³ /saat)	6,5 m ³ /saat
Makina Ağırlığı	8,5 ton
Sürücü Sistemi	Hidrolik
Taşınan Maximum Yük Miktarı	5 ton
Maximum Vagon Hızı	6 m/sn
Gerekli Motor Gücü	100-150 kw
Depo Kapasitesi	180 lt

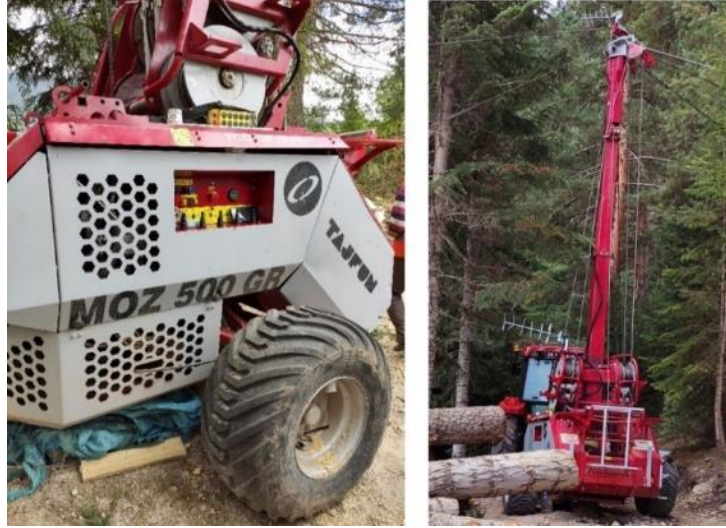
3.3.5 Karçkal OİŞ çalışmaları

Karçkal OİŞ sınırlarında yapılan bölmeden çıkarma çalışmalarında Tajfun MOZ500 kablolu hava hattı kullanılmıştır. Kullanılan makineye ait teknik bilgiler Çizelge 3.17’de verilmiştir (Şekil 3.18). MOZ 500 kablolu hava hattında yapılan gürültü ve

partikül madde ölçümlerinin her biri için ölçüm süresi 107 dakikadır. Çalışmalar 14°C’de, parçalı bulutlu havada gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.17 : Tajfun MOZ500 kablolu hava hattına ait teknik özellikler (Url-16).

Teknik Özellikler	Değerler
Minimum Gerekli Traktör Kapasitesi	105 HP
P. T. O. Şaft Devri	350 - 540 min ⁻¹
Halat Uzunluğu	500 m
Kayma Hattı Tamburu Kapasitesi	9 mm çapında çift preslenmiş 500 m çelik halat
Hava Hattı Tamburu Kapasitesi	18 mm çapında çift preslenmiş 500 m çelik halat
Yük Tamburu	Disk fren sistemi
Sabitleme Tamburu Kapasitesi	16 mm çapında çift preslenmiş 45 m çelik halat
Sabitleme Tamburu Çalışması	Hidrolik Motor
Ağırlık (Halatsız)	3800 kg
Gerilme Kuvveti	60 kN
Hava Hattı Kablosu Kapasitesi	28 kN
Trolley Taşıma Hızı	4 m/s
Maksimum Taşıma Yüksekliği	2,8 m
Maksimum Çalışma Yüksekliği	8 m
Maksimum Uzunluk	4 m
Yağ Sistemi	Traktörden bağımsız yağlama sistemi
Yağ Tankı Kapasitesi	120 L
Kule Dönüşü	180° (sağ ve sol)
Trolley Taşıma Kapasitesi	2800 kg
Lastik ebatları	400/60 R15.5



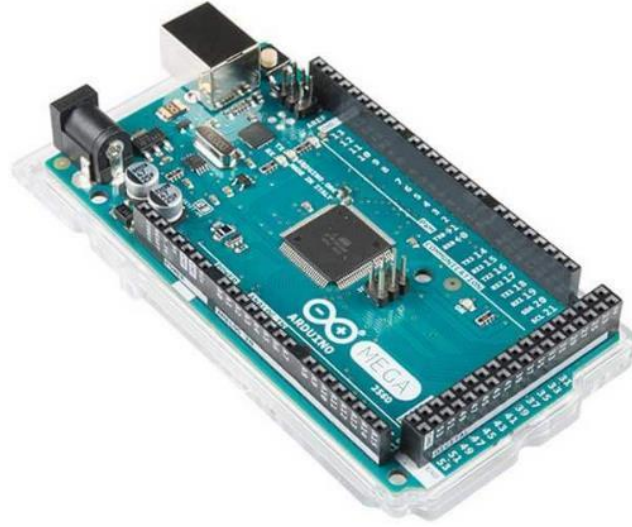
Şekil 3.18 : Tajfun Skyline MOZ 500 kablolu hava hattı.

3.4 Çoklu Ölçüm Cihazı Geliştirme

Tez çalışması kapsamında Arduino tabanlı çoklu ölçüm cihazı (TriSensor 4.0) üretilmiştir. TriSensor 4.0, diğer endüstriyel cihazlara oranla daha ekonomik olup, aynı anda gürültü, partikül madde ve CO değerlerini ölçebilecek şekilde tasarlanmıştır. Burada asıl amaç ormancılık çalışmalarında tek cihaz ile çoklu ölçüm yaparak, birden fazla ölçüm cihazının tek bir ünite haline getirilmesidir. Bununla beraber cihaz, işçiler üzerinde denenirken hareket kabiliyetlerini kısıtlamayacak şekilde tasarlanmıştır. Geliştirilen cihazın temel fonksiyonlarından biri de tehlikeli değerlerin algılanması durumunda sesli ve görsel olarak uyarı vermesidir. Ayrıca, cihaz ölçüm değerlerini istenilen zaman aralıkları için kaydedebilmekte ve aynı anda ekranda güncel olarak görüntüleyebilmektedir.

3.4.1 Arduino Mega 2560 ve kullanılan donanımlar

Cihazın geliştirilmesinde Arduino Mega 2560 kart kullanılmıştır (Şekil 3.19, Çizelge 3.18). Arduino Mega 2560 karmaşık projeler için tasarlanmıştır. 54 adet dijital I/O pinleri, 16 analog giriş ile robotik projeler için önerilen karttır. Üzerinde fazla sayıda giriş olması sayesinde aynı anda pek çok devre elemanı ve sensör bağlanabilmektedir. Bu sayede daha karmaşık cihazların geliştirilmesi mümkün olmaktadır. Arduino Mega 2560 mikro denetleyicili kartın en önemli avantajlarından biri de daha az yer kaplaması ve performans olarak diğer kartlardan daha iyi olmasıdır.



Şekil 3.19 : Arduino Mega 2560.

Çizelge 3.18 : Arduino Mega 2560’a ait teknik özellikler (Url-17).

Teknik Özellikler	Değerler
Mikro Denetleyici	ATmega2560
Çalışma Gerilimi	5V
Önerilen Giriş Gerilimi	7-12V
Giriş Gerilimi (limit)	6-20V
Dijital G/Ç Pinleri	54 (15’i darbe genişlik modülasyonu sinyali)
Analog Giriş Pinleri	16
G/Ç Pinleri için DC	20 mA
3.3V’luk Pin için DC	50 mA
Bellek	256 KB (8 KB’ı ön yükleyici)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Çalışma Hızı	16 MHz
Bağlı LED Sayısı	13
Uzunluk	101,52 mm
Genişlik	53,3 mm
Ağırlık	37 g

3.4.1.1 Partikül sensörü

Cihazda Audiowell DW0001 partikül sensörü kullanılmıştır (Şekil 3.20). Bu sensör 2,5 μm ve daha küçük boyutlardaki partikülleri algılamaktadır. Sensörün bazı özellikleri Çizelge 3.19’da verilmiştir. Partikül sensörü, kızılötesi ışıklı diyot ve alıcı diyot, lens, koruyucu kasa ve devre dahil olmak üzere optik bir algılama sisteminden oluşmaktadır. Partikül parçacıkları içeren hava akımı, kızılötesi ışığa maruz kalan algılama alanından geçtiğinde, ileri saçılan ışık, fotoelektrik alıcı tüp tarafından alınır. Sinyal amplifikasyonundan sonra, partikül madde konsantrasyonuyla orantılı olan voltaj sinyali verilir. Bu voltaj değeri daha sonra komutlar yardımı ile ağırlığa dönüştürülmektedir.



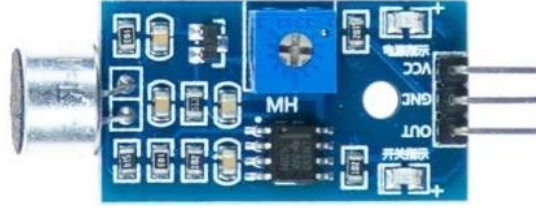
Şekil 3.20 : Audiowell DW0001 partikül sensörü.

Çizelge 3.19 : Audiowell DW0001 partikül sensörü özellikleri (Url-18).

Teknik Özellikler	Değerler
Model	DW0001
Algılanabilir Partikül Boyutu	0,5 – 2,5 μm
Hassasiyet	0,5V/(0,1mg/m ³)
Çıkış Voltajı	DC 5 $\pm$ 5%V
Çalışma sıcaklığı	-10~+65 °C

3.4.1.2 Gürültü sensörü

Geliştirilen cihazın bir diğer bileşeni ses sensörüdür (Şekil 3.21). Ses sensörü mikrofona benzer bir yapıya sahip olup gelen ses dalgalarını Arduino Mega 2560 üzerinde bulunan A8 (analog giriş) girişine göndermektedir. Buradan alınan sinyal ilgili komutlar tarafından anlık olarak işlenerek ses şiddeti hesaplanmaktadır. Elde edilen ses değeri desibel (dBA) cinsinden anlık olarak ekrana aktarılmakta ve ayrıca mikro SD karta kaydedilmektedir.



Şekil 3.21 : Ses sensörü.

3.4.1.3 CO sensörü

Arduino Mega 2560 üzerine yerleştirilecek temel parça CO sensörüdür (Şekil 3.22, Çizelge 3.20). MQ-7 gaz sensörünün hassas malzemesi, temiz havada daha düşük iletkenliğe sahip SnO₂'dir (Kalay oksit). Yüksek ve düşük sıcaklık döngüsü yöntemiyle algılama yapar ve düşük sıcaklıkta (1,5V ile ısıtıldığında) CO'yu tespit eder. Sensörün iletkenliği, yükselen gaz konsantrasyonu ile birlikte daha yüksektir. Yüksek sıcaklık (5.0V ile ısıtıldığında), düşük sıcaklıkta emilen diğer gazları temizler. Gaz konsantrasyonunun çıkış sinyaline karşılık gelen iletkenlik değişimi dönüştürülerek ortamdaki CO miktarı tespit edilmiş olur. MQ-7 gaz sensörü, CO karşı yüksek hassasiyete sahiptir. Sensör CO içeren farklı gazları tespit etmek için kullanılabilir, düşük maliyetlidir ve farklı uygulamalar için uygundur (Url-19).

3.4.1.4 RTC (Real Time Clock) modülü

Gerçek zamanlı saat (RTC), geçerli saati takip eden ve eylemleri belirli bir zamanda programlamak için kullanılabilen bir saattir (Şekil 3.23). Çoğu RTC, frekansı 32.768 kHz (kuvars saatlerde ve saatlerde kullanılan aynı frekans) olan bir kristal osilatör kullanır. Yani bu frekans saniyede 215 devire eşittir ve bu yüzden basit ikili sayaç devreleriyle kullanmak için uygun bir orandır. Ayrıca, RTC herhangi bir uyku modunda çalışmaya devam edebilir, bu nedenle cihazı uyku modlarından programlanmış bir şekilde uyandırmak için kullanılabilir.

Kart her çalıştırıldığında, RTC sıfırlanır ve standart bir tarihten başlar. Zamanı ve RTC'yi çalışır durumda tutmak için kartın enerjisini korumak gerekir. Lityum pil veya 3V aralığında bir diyot aracılığıyla 3,3V pinine bağlı herhangi bir pil, CPU standart USB veya VIN gücü kesilmeden önce uyku moduna geçirilirse RTC çalışmaya devam eder (Url-20).



Şekil 3.22 : MQ-7 Karbon monoksit sensörü.

Çizelge 3.20 : MQ-7 yarı iletken CO sensörüne ait teknik özellikler (Url-19).

Teknik Özellikler		Değerler	
Model Numarası		MQ-7	
Sensör Tipi		Yarı-İletken	
Standart Kapsülleme		Plastik	
Gaz Tespiti		Karbon Monoksit	
Konsantrasyon		10-10000ppm	
Devre	Gerilim Döngüsü	V_c	$\leq 10V$ DC
	Isı Gerilimi	V_H	5,0V $\pm$ 0,2V AC or DC (Yüksek) 1,5V $\pm$ 0,1V AC or DC (Düşük)
	Isıtma Süresi	T_L	60 $\pm$ 1S (High) 90 $\pm$ 1S (Düşük)
	Yük Direnci	R_L	Ayarlanabilir
	Isı Direnci	R_H	31 $\Omega \pm 3\Omega$ (Oda Sıcaklığı)
Karakter	Isı Tüketimi	P_H	$\leq 350mW$
	Sensör Direnci	R_s	2K Ω -20K Ω (100ppm CO'de)
	Hassaslık	S	R_s (hava) / R_s (100ppm CO) ≥ 5
	Eğim	α	$\leq 0,6$ (R300ppm/R100ppm CO)
Sıcaklık - Nem		20°C $\pm$ 2°C; 65% $\pm$ 5%RH	
Durum	Standart Devre Testi	V_c : 5,0V $\pm$ 0,1V;	
		V_H (Yüksek): 5,0V $\pm$ 0,1V;	
	Ön Isıtma Zamanı	V_H (Düşük): 1,5V $\pm$ 0,1V	
		48 Saatten Fazla	



Şekil 3.23 : RTC (Gerçek Zamanlı Saat) modülü.

3.4.1.5 GPS modülü

Arduino tabanlı cihazda konum bilgilerinin alınabilmesi için GPS eklentisi yapılmıştır. GPS eklentisi yardımıyla ölçüm yapılan noktalardan anlık olarak koordinat bilgileri alınabilmektedir. Bu sayede hangi ölçümün nereden alındığı harita üzerinde görüntülenebilmektedir. GPS ile alınan konum bilgisi çalışma alanının yapısına bağlı olarak 2-3 m kadar hata verebilmektedir. Daha açık alanlarda konum bilgisi daha doğru alınmaktadır. GPS eklentisi olarak GY-GPS6MV2 modülü kullanılmıştır (Şekil 3.24). Kontrol amaçlı yapılan ölçümlerde doğru şekilde çalıştığı tespit edilmiştir. GPS verilerinin saklanması için kayıt ile alakalı komut satırları tekrar düzenlenmiş ve GPS verilerinin de ölçümler ile beraber Excel ortamına alınması sağlanmıştır.



Şekil 3.24 : Cihaza eklenen GPS modülü (GY-GPS6MV2).

3.4.1.6 MikroSD kart modülü

MikroSD kartlardan okuma ve yazma işlemleri için kullanılan modüldür (Şekil 3.25). Standart MikroSD kartlarda ve SDHC kartlarda FAT16 ve FAT32 dosya sistemlerini destekler. Mikrodenetleyici ve MikroSD kart arasındaki iletişim 11, 12 ve 13 numaralı dijital pinlerden (çoğu Arduino kartında) veya 50, 51 ve 52 numaralı pinlerden (Arduino Mega) yapılmaktadır. Ek olarak, MikroSD kartı seçmek için başka bir pin kullanılmalıdır. Bu donanım SS pin - pin 10 (çoğu Arduino kartında) veya pin 53 (Mega) veya SD.begin () çağrısında belirtilen başka bir pin olabilir (Url-21).



Şekil 3.25 : MikroSD kart modülü.

3.4.1.7 Nextion dokunmatik ekran

Cihaz üç farklı veriyi gerçek zamanlı toplamak üzere tasarlanmıştır. İstenilen durumlarda veri kaydı alınabilmektedir. Bu tip işlemlerin yapılabilmesi için cihazda dokunmaya duyarlı bir ekran kullanılmıştır. Bu ekran üzerinde kendine ait bir hafıza ve yazılım mevcuttur. Ekran “Nextion Editör” programı kullanılarak ara yüz tasarımı geliştirilebilir, kendine ait komutlar girilebilir ve Arduino ile iletişimi sağlanabilir. Kullanılan Nextion ekran modeli NX4832K035_011 şeklindedir. Ekran çözünürlüğü 320x480 pikseldir ve 3,5” boyutundadır (Şekil 3.26). Cihaz üzerinde ek olarak led, direnç ve buzzer (sesli uyarıcı) kullanılmıştır. Bu sayede sesli ve ışıklı olarak uyarı vermesi amaçlanmıştır. Bu uyarı sistemi sayesinde tehlikeli gürültü, partikül ve CO seviyelerinde gerekli önlemlerin alınması sağlanacaktır.



Şekil 3.26 : Nextion dokunmaya duyarlı programlanabilir ekran.

3.4.1.8 Güç kaynağı

Cihazda güç kaynağı olarak Sunix PB-37 model taşınabilir mini batarya kullanılmıştır (Şekil 3.27). 5000 mAh kapasiteli ve lityum polimer pile sahip batarya, küçük (1,3 cm x 6,2 cm x 9,3 cm) ve hafif (60 gr) olmasının yanı sıra çıkış gerilimi (5 V) ve çıkış akımının (2.1 A) yüksek olması nedeniyle tercih edilmiştir.

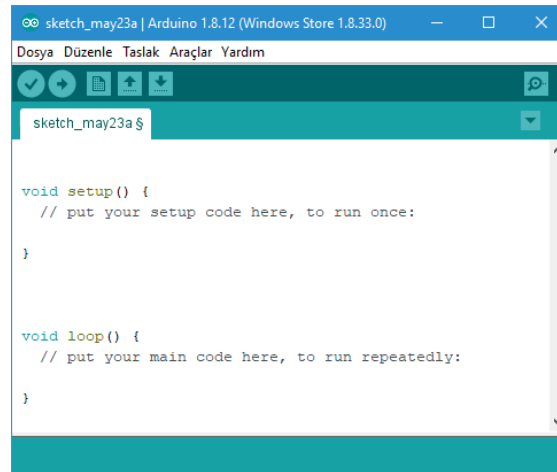


Şekil 3.27 : Sunix PB-37 model taşınabilir mini batarya.

3.4.2 Yazılım aşaması

Risk faktörlerinin ölçümleri için Arduino üzerinde çeşitli donanımların bulunması ve bu donanımlara ölçüm yeteneğinin kazandırılabilmesi için gerekli komutların mikro işlemciye yüklenmesi gerekmektedir. Mikro işlemci üzerinde yer alacak komutlar, sensörlerden gelen sinyalleri çeşitli işlemlerden geçirerek somut verilere dönüştürmektedir. Örneğin gürültü ölçümü yapılırken sensör üzerinde değişen elektrik gerilimi mikro işlemcide yer alan komutlar ile dBA (desibel) olarak ekrana yansıtılmaktadır. Benzer şekilde diğer sensörlerden gelen sinyallerin de işe yarar veriler olarak elde edilmesi sağlanmaktadır.

Bu çalışmada, Arduino IDE sayesinde komutlar mikro işlemciye aktarılmıştır. C yazılım diline benzerlikler gösteren Arduino yazılım dilinde komutlar bir kez veya sürekli çalışacak şekilde düzenlenmiştir. Verilerin elde edilmesi için global değişkenler ve lokal değişkenler tanımlanmıştır. Arduino IDE komut satırlarında void setup (Şekil 3.28) bölümü altında tanımlanan her komut bir kez çalıştırılmıştır. Genel ayarlamalar bu bölümde yapılmıştır. Ayrıca Arduino üzerine eklenen elektronik devre veya parçaların tanımlanması ve kütüphane kodlarının eklenmesi de bu bölümde yer almaktadır. Komut satırlarında yer alan void loop kısmına girilen her komut döngüye alınır. Buraya yazılan kodlar sürekli olarak çalıştırılır. Örneğin her üç saniyede bir ölçülen gürültünün ekrana yazdırılmasını sağlamak için gereken komutlar bu alanda tanımlanmıştır. Aynı komutlar void setup bölümünde girilirse sadece bir kez çalıştırılacağı için gürültü değeri bir kez ekrana yazdırılır ve o şekilde kalır. Ölçülen yeni değer ekrana yansıtılamaz. Dolayısıyla bu tip değişkenler işleme alınacağı zaman void loop bölümünde yer almıştır.

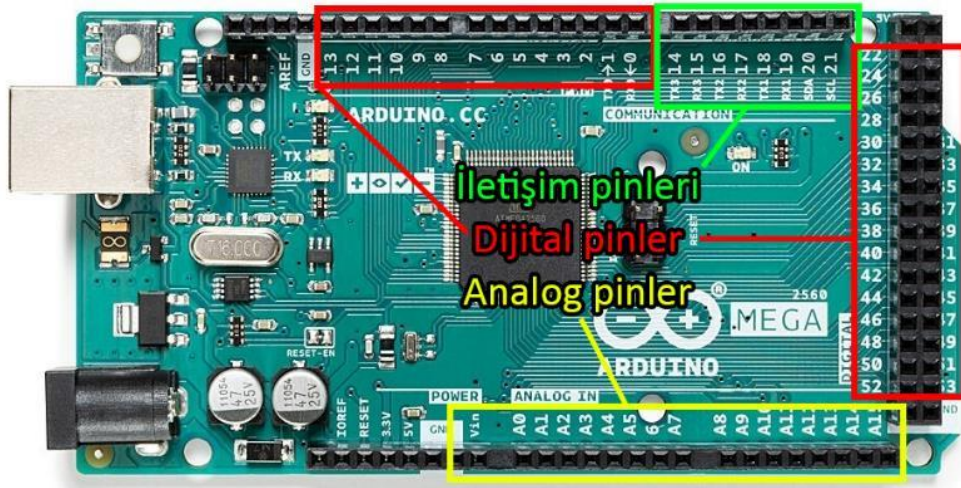


Şekil 3.28 : Arduino IDE ara yüzü.

Arduino IDE gerekli komutların Arduino mikro işlemcisine aktarılmasını sağlayan ara yüzüdür. Bu bölümde yapılan çalışmada kullanılan komutlar ve açıklamaları yer almaktadır. Her bir sensör, ekran, SD kart ve saat modülü gibi parçaların Arduino üzerindeki çalışma şekilleri ayrı ayrı gösterilmektedir. Cihazda yer alan parçalar sırası ile Arduino Mega 2560, gürültü sensörü, partikül sensörü, CO sensörü, saat modülü (RTC), SD kart modülü, GPS modülü ve dokunmaya duyarlı ekrandır. Ayrıca bazı küçük devre elemanları da bulunmaktadır (direnc, LED, buzzer vb.). Bu parçalar kart üzerine yerleştirilip bağlantıları sağlandıktan sonra gerekli komutlar sayesinde kullanılabilir bir cihaz haline getirilmiştir.

Tüm devre elemanları Arduino Mega 2560 kartı üzerine yerleştirilmiş ve gerekli güç bağlantıları ve veri bağlantıları yapılmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken ilk husus her bir parçaya gerekli olan gerilim değerini sağlamaktır. Arduino üzerinde 5 ve 3,3 voltluk çıkışlar bulunmaktadır. Ayrıca eksi kutup yani GND çıkışları da mevcuttur. Parçalara gerekli enerji sağlandıktan sonra veri sinyallerinin kart üzerinde kontrol edilebilmesi diğer bir önemli husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Veri sinyalleri sensörlerin voltaj değerlerinden dönüştürülmektedir. Örneğin 5V'luk bir gerilim değeri 0 ppm CO değerine karşılık gelirken 3V'luk bir değer 200 ppm CO yoğunluğunu bize bildiriyor olabilir. Her sensör için bu değerler farklıdır. Voltajın düşmesi veya artması sensörün o anki algıladığı ses, partikül madde veya CO'e göre değişkenlik gösterir. Bunun nedeni de algılanan ses, partikül madde ve CO'in sensör üzerinde direnc oluşturması veya tam tersi direnci düşürmesidir. Sensörlerin çalışma prensibine göre bu durum değişmektedir. Arduino IDE ile enerji verilmiş ve veri bağlantısı yapılmış sensörlerden ölçüm değerlerinin okunabilmesi için ilk şart yazılım üzerinde karttaki hangi girişin kullanıldığının tanımlanmasıdır. Eğer yanlış giriş tanımlı ise ölçüm değeri okunamaz veya sürekli aynı değer karşımıza çıkabilir. Dolayısı ile bağlantılar dikkatli şekilde yapılmalı ve kod satırına girilmelidir.

Kart üzerinde analog 0 veya A0 ile belirtilen giriş ve bununla birlikte devam eden sırada A15'e kadar toplam 16 tane analog giriş bulunmaktadır. Bu girişlere sensörler bağlanarak mikro işlemciye voltaj değeri gönderilir. Voltaj değerlerinin okunması için bazı tanımlamalar ve komutlar kullanılarak daha sonra istenilen veri formatına dönüştürülmek üzere bazı işlemlerden geçirilirler. Ayrıca kart üzerinde modüllerin bağlandığı ve ekran ile iletişim sağlayan dijital pinler ve iletişim pinleri (TX-RX) bulunmaktadır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29 : Arduino Mega 2560 bağlantı pinleri.

Şekil 3.30’da verilen kodlarda “sample” adlı bir değişken tanımlanmış ve A7 girişindeki değeri alması için komut verilmiştir. A7’den gelen voltaj değeri 0 ve 1023 arasında, toplamda 1024 tane değer alabilmektedir. Aslında bu değer gerçek voltaj değerini yansıtmaz.

```
while (millis() - startMillis < sampleWindow)
{
  sample = analogRead(A7);
  if (sample < 1024)
  {
```

Şekil 3.30 : Analog verinin okunması.

Gerçek voltaj değerlerinin hesaplanması için matematiksel işlemler gerekmektedir. Sensör 5V ile çalışıyor ise Şekil 3.31’deki gibi bir denklem kullanılarak voltaja dönüşümü sağlanmıştır. Benzer şekilde sensör 3,3V ile çalışıyorsa 5 yerine 3,3 yazdığımızda yine gerçek voltaj değeri okunmaktadır.

```
analog_deger = analogRead(A7);
voltaj = 5-(analog_deger/1024) x 5;
```

Şekil 3.31 : Dönüşüm denklemi.

Analog değerlerin voltaja dönüştürülme sebebi ise yukarıda açıklanan sensörlerin voltaj değerleri üzerinden çalışmasıdır. Sensörlerin fabrikasyon çıkışlarında çalışma prensiplerinin yer aldığı “datasheet” veya veri sayfaları bulunmaktadır. Sayfalarda çalışma prensipleri voltaj değerleri ile ifade edildiğinden ilk dönüşüm işlemi voltaj değerlerinin elde edilmesi şeklinde olmuştur. Sonrasında ise veri sayfasındaki bilgiler yardımı ile voltaj değerleri dönüştürülmektedir.

3.4.2.1 Gürültü değerlerinin hesaplanması

Gürültü ölçümleri için Arduino üzerinde mikrofon modülü kullanılmıştır. Mikrofondan algılanan değer A7 pini üzerinden okunmaktadır. A7'den alınan voltaj değerleri ise Şekil 3.32'de gösterilen komutlar sayesinde dBA olarak hesaplanmıştır. Kodlar üzerinde sampleWindow değişkeni sesin hertz değerini belirtmektedir ve 50 milisaniye (20 hertz) olarak tanımlanmıştır. Bunun nedeni insan kulağının 20-20000 hertz aralığındaki sesleri duyabilmesidir. Burada geçen süre 20 hertzi aştığında (50 ms) ölçüm değeri alınmaktadır. Diğer yandan signalMax ve signalMin değerleri ise en düşük ve en yüksek ses değerlerini alır. Bu iki değerin farkı ise peakToPeak değişkenine yazılmaktadır. Son olarak sesin desibel olarak alınması sağlanmıştır.

```
unsigned long startMillis = millis();
float peakToPeak = 0;
unsigned int signalMax = 0;
unsigned int signalMin = 1024;
while (millis() - startMillis < sampleWindow){
  sample = analogRead(A7);
  if (sample < 1024){
    if (sample > signalMax){
      signalMax = sample;
    } else if (sample < signalMin){
      signalMin = sample;
    }
  }
  peakToPeak = signalMax - signalMin;
  int db = map(peakToPeak, 20, 900, 25, 180);
}
```

Şekil 3.32 : Gürültü değerlerinin hesaplanması.

3.4.2.2 Partikül değerlerinin hesaplanması

Arduino ile birlikte kullanılan partikül ölçüm sensöründe A1 girişi ile veriler okunmaktadır. Bu girişten analog değer okunup voltaj ve ölçülen partikül maddenin ağırlık değerine dönüşümü Şekil 3.33'te gösterilen komutlar sayesinde yapılmıştır. İlk satırda A1 değeri okunmuş ve voltaj değeri alınmıştır. İkinci satırda ise sensör ile voltaj değeri arasındaki ilişki kat sayısından miligram değeri hesaplanmıştır. Son satır ise bu değerin mikrogram değerine dönüştürülmesidir. Bunun nedeni ise insan sağlığını etkileyen ilk sınır değeri olan 50 mikrogram eşiğinin sağlanabilmesidir. Değerlerin normal şartlarda çok küçük olması ve miligram olarak sürekli 0 değerine yuvarlanması söz konusudur. Ancak mikrogram olarak alındığında çok küçük değerler okunabilmekte ve sınır değeri olan 50 mikrogram da alarm sistemini tetikleyecek şekilde sisteme tanımlanabilmektedir.

```

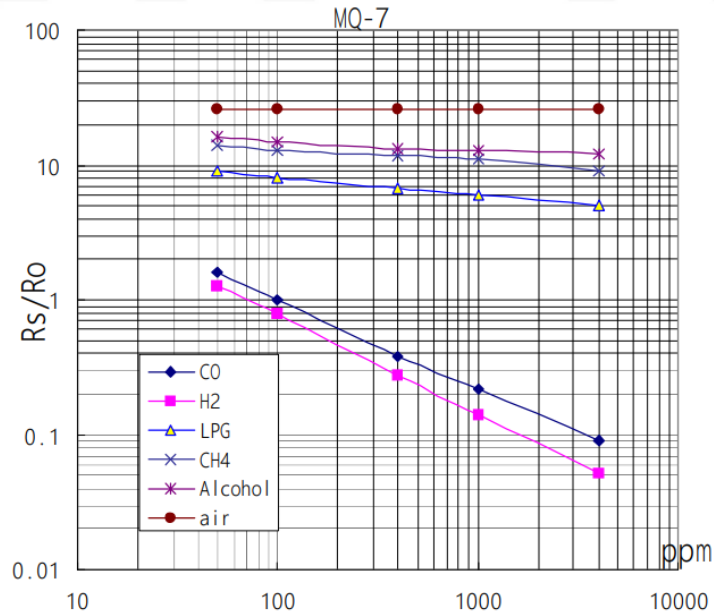
calcVoltage = analogRead(A1) * (5.0 / 1024.0);
dustDensity = 0.017* calcVoltage ;
int dust = dustDensity*1000;

```

Şekil 3.33 : Partikül değerlerinin hesaplanması.

3.4.2.3 CO değerlerinin hesaplanması

Arduino IDE ile CO sensöründen gelen verilerin okunması için A0 pini kullanılmıştır. A0 pini analog değeri okuyarak ortamdaki CO yoğunluğuna göre daha önce de belirtildiği gibi 0-1023 arasında bir değer vermektedir. Değer ilk olarak voltaja çevrilmiştir. Ancak bu işlem Arduino IDE ile yapılmamıştır. Bazı sensörlerin Arduino ile kullanılması için hazır kütüphane kodları mevcuttur. Bunlar cihazın çalışma prensibine göre hazırlanmış kodların Arduino IDE içerisine direkt aktarılması ile çalışmaktadır. İlgili kod; `#include "MQ7.h"` şeklinde girildiğinde `"MQ7.h"` (CO Sensörü) kütüphanesindeki kodlar çalışır. Daha sonra okunan değer ppm olarak elde edilir (Şekil 3.34). Kısaca bu kütüphane eklenerek voltaj dönüşümü ve sonrasındaki veri dönüşümü işlemleri atlanmış olur. Aşağıda belirtilen işlemde `"co_deger"` sensörden gelen değer, `"co_ppm"` ise bu değerden denklemden alınan çıktısına eşittir (Şekil 3.35).



Şekil 3.34 : MQ-7 hassasiyet karakteristiği.

```

co_deger = mq7.getPPM();
co_ppm = -47+9.257*co_deger;

```

Şekil 3.34 : CO değerlerinin hesaplanması.

3.4.2.4 GPS modülünün tanımlanması

Geliştirilen çoklu ölçüm cihazında yer alan bir diğer özellik konumsal verilerin alınabilmesidir. Cihaz üzerine eklenen GPS modülü sayesinde anlık olarak kaydedilen verilere ek olarak konum bilgileri kaydedilmektedir. Konum bilgileri harita üzerinde ölçümlerin hangi noktalarda yapıldığını göstermek için kullanılabilir. Bu sayede kullanıcılara harita üzerinde gürültü veya partikül maddenin çalışma alanındaki dağılımına yönelik fikirler verebilir. GPS modülüne ilişkin komutlar Şekil 3.36’da verilmiştir. GPS modülü uydudan aldığı sinyali kısa bir süre içerisinde değerlendirerek hafızaya almaktadır. Hafızaya alınan konum bilgisinin doğru olarak okunabilmesi için “\$GPGGA” komutu çağırılarak içerisinde tanımlanmış olan saat, enlem, boylam, irtifa bilgileri “concat” komutu kullanılarak alınır.

```
unsigned long eskiZaman=0;
unsigned long yeniZaman;
String saat = ""; // hhmmss.00
String enlem = ""; // DDMM.MMMM Kuzey/Güney N/S
String boylam = ""; // DDMM.MMMM Doğu/Batı E/W
String irtifa = ""; // metre

void GPSdinle() {
    if (Serial3.find("$GPGGA,")) {
        saat = Serial3.readStringUntil(',');
        enlem = Serial3.readStringUntil(',');
        enlem.concat(Serial3.readStringUntil(','));
        boylam = Serial3.readStringUntil(',');
        boylam.concat(Serial3.readStringUntil(','));
        for ( int i = 0; i < 3; i++ ) {
            Serial3.readStringUntil(',');
        }
        irtifa = Serial3.readStringUntil(',');
        irtifa.concat(Serial3.readStringUntil(','));
        Serial3.readStringUntil('\r');
    }
}
```

Şekil 3.35 : GPS modülü komutları.

3.4.2.5 Veri kayıt işlemleri

Kullanılan sensörlerden alınacak verilerin kaydedilmesi ve bunun belirli zaman aralıkları ile yapılabilmesi amacıyla SD kart ve saat modülleri yazılım içerisinde tanımlanmıştır. Saat modülü üzerine tarih ve saat bir kez tanımladıktan sonra gerçek zamanlı olarak çalışmaya devam etmektedir. Bu sayede ölçülen herhangi bir değer hangi tarihte ve saatte olduğunu saniyelik olarak kaydetmek mümkün olacaktır. Veri kayıtları SD Kart üzerine yapılmaktadır. Kayıtlar belli periyotlar ile alınacak şekilde düşünülmüştür. Örneğin üç saniye aralıklarla bir dakika içerisinde 20 ölçüm veya 10 saniye aralıklarla 1 dakikada 6 ölçüm alınabilir. Tabi ki burada sadece birim zamanda alınabilecek kayıt sayısı belirtilmiştir. İstendiği takdirde cihaz uzun süre kayıt alabilir.

Bu da cihazdaki hafıza kartı ve pilin kapasitesine bağlıdır. Zaman aralığı cihaz için üç saniyelik aralıklar şeklinde belirlenmiştir. Süre kısaltılarak daha fazla ölçüm alınıp daha detaylı veri toplanması da mümkündür. Diğer yandan veri saklama kapasitesine bağlı olarak kayıt aralığı arttırılabilir.

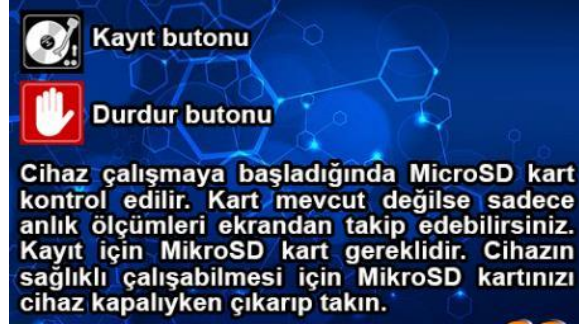
Veri toplama işlemleri SD kart üzerinde oluşturulan tek bir dosya içerisine yapılmaktadır (Şekil 3.37). Bu dosyada ölçüm başlatıldığında üç saniye aralıklı kayıtlar işlendikten önce ve sonra kayıt aralıkları için bir bilgi satırı eklenmektedir. Bu satır ölçümün başladığı ve bittiği yeri belirtmektedir. Cihaz kapatılıp açıldığında veya manuel olarak kayıt başlat ve durdur butonu ile müdahale edildiğinde bu satır veriler arasına eklenecektir. Bu sayede ölçümler karışmayacaktır. Örneğin 10 kez ölçüm yapılacak ise veriler Excel üzerinde 10 grup şeklinde görünecektir.

kayit.txt - Not Defteri					
Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım	
Tarih-Saat-CO PPM-Toz µg/m3-Ses dBA-***Yeni Kayıt***					
12/5/2020	10:22:24	18	5	53	
12/5/2020	10:22:27	17	8	34	
12/5/2020	10:22:30	7	13	51	
12/5/2020	10:22:33	15	7	44	
Tarih-Saat-CO PPM-Toz µg/m3-Ses dBA-***Yeni Kayıt***					
12/5/2020	10:22:24	18	15	38	
12/5/2020	10:22:27	20	8	42	
12/5/2020	10:22:30	11	12	33	
12/5/2020	10:22:33	15	15	30	
Tarih-Saat-CO PPM-Toz µg/m3-Ses dBA-***Yeni Kayıt***					
12/5/2020	10:22:24	16	11	53	
12/5/2020	10:22:27	20	14	40	
12/5/2020	10:22:30	20	20	62	
12/5/2020	10:22:33	23	6	48	

Şekil 3.36 : Veri dosyası (Ham veri ve Excel’de gösterimi).

3.4.2.6 SD kart ve saat modülüne ilişkin komutların tanımlanması

Arduino Mega üzerine yerleştirilmiş olan SD kart ve saat modülü diğer parçalarda olduğu gibi Arduino IDE sayesinde kart üzerinde çalışır hale getirilmiştir. Cihaz çalıştırıldığında SD kart modülüne bir komut gönderilir ve gelen cevaba bakılarak sistem kayıt için hazır olduğunu ekranda belirtir. Komut SD kart modülü üzerinde hafıza kartı olup olmadığını kontrol etmektedir. Eğer hafıza kartı modül üzerinde ise ekranda SD kart bulundu şeklinde uyarı görüntülenecektir. Bu durumda kayıt almak mümkündür. Aksi halde cihaz verileri sadece ekranda gerçek zamanlı olarak gösterecek ancak kayıt almayacaktır. Diğer yandan cihaz çalışır haldeyken SD kartın çıkarılıp takılması sorun oluşturabileceği için bu işlem cihaz kapalıyken yapılmalıdır. Yapılan çalışmalar sırasında bu durumla ilgili gözlemler yapılmış ve veri kaybı olduğu veya SD kartın bozulabildiği görülmüştür. Bu durumla ilgili cihaz içerisine uyarı amaçlı bir yardım butonu eklenmiş ve gerekli bilgilendirmeler yazılı olarak belirtilmiştir (Şekil 3.38).



Şekil 3.37 : Uyarı sayfası.

SD kart modülünün saat modülü ile birlikte çalıştığı düşünülebilir. Bunun nedeni ise komutlar döngü içerisinde olduğu içindir. Hem tarih hem de ölçüm değerleri kayıt altına alınacağı için bu iki modül sürekli olarak iletişim halindedir. Dolayısıyla komutlar da buna göre şekillenmektedir. Cihaz çalıştığında saat modülü zaten çalışır durumda olacaktır. Modül üzerindeki pil saatin güncel kalmasını sağlar ve cihaz açıldığında ise o anki gerçek zamanla çalışır. SD kart ise void setup altında bir kez denetlenir ve çalışır halde olup olmadığına bakılır. Şekil 3.39’da kod satırlarında SD kart kontrolü, dosya yazdırma ve kapatma komutları belirtilmiştir.

```
void setup() {
  pinMode(53, OUTPUT);
  initializeSD(); //sd kart kontrol
  file = SD.open("kayit.txt", FILE_WRITE);
  closeFile();}
```

Şekil 3.38 : SD kart kontrolü, dosya yazdırma ve kapatma komutları.

Bu komutlar cihaz başlatıldığında bir kez çalıştırılır. Komut satırında “initializeSD();” ile belirtilen komut SD kart modülünü kontrol eder ve üzerinde kart olup olmadığını belirler. Bunun için Şekil 3.40’daki kod satırlarına yönlendirme yapılmaktadır.

```
void initializeSD() {
  t1.setText("SD KART ARANIYOR");
  delay(500);
  pinMode(53, OUTPUT);
  if (SD.begin(CS_PIN)) {
    t1.setText("SD KART BULUNDU");
    delay(1000);
    t1.setText("DEVAM ET");
  }else {
    t1.setText("SD KART BULUNAMADI");
    delay(1000);
    t1.setText("DEVAM ET");
  }
  return;}}
```

Şekil 3.39 : SD kart modülünü kontrol etme işlemine ait komutlar.

Komutlarda 53 numaralı (SD kart modülünün bağlı olduğu pin) dijital giriş kontrol edilir. Sinyal alınırsa kart bağlıdır. Sonrasında duruma göre kod satırında yer alan uyarı metinleri ekranda görülür. Bu işlem sonrasında eğer kart mevcut ise “file = SD.open("kayit.txt", FILE_WRITE);” komutu çalıştırılır ve “kayit.txt” adlı boş bir veri dosyası oluşturulur. Bu dosya sonraki komutlarda kullanılır ve üzerine veri kaydı yapılır. Eğer dosya mevcut ise kaldığı kısımdan kayıt işlemine devam edecektir. Son olarak “closeFile();” komutu ile diğer yönlendirme yapılır ve Şekil 3.41’deki kodlar çalıştırılır. Bu kodlar dosyanın kaydı tamamlayıp kapatılmasını sağlar.

```
void closeFile() {  
  if (file){  
    file.close();  
  }  
}
```

Şekil 3.40 : Dosyanın kaydı ve kapatılmasını sağlayan komutlar.

3.4.2.7 Uyarı sistemlerinin çalıştırılması

Geliştirilen cihazın temel fonksiyonlarından biri tehlikeli değerlerin algılanması durumunda sesli ve görsel olarak uyarı vermesini sağlamaktır. Bu sistem oldukça önemlidir. İşitme organlarının sağlığını korumak için duyduğumuz ses şiddetinin ne olduğunu algılayamayız. Benzer şekilde solunan partikül maddenin her ne kadar farkında olsak da sağlığımızı tehlikeye sokacak eşiği geçip geçmediğimizi bilemeyiz. Yine benzer şekilde insanlar solunum yoluyla aldığı CO gibi zehirli gazları algılayamazlar. Bu nedenlerle cihaz üzerindeki alarm sistemi ortamdaki duruma göre bize gerekli uyarıları verecek ve tehlikeli durumlardan kaçınmamızı sağlayacaktır. Arduino IDE ile yazılan komutlarda gürültü için 87 dBA (Url-22) maruziyet sınır değeri ve partikül için kritik eşik olan $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Url-23) belirlenmiştir. Bu değerler ilgili yönetmeliklerde yer alan bilgilere göre girilen eşik değerleridir. Ancak sadece CO için farklı eşik değeri belirlenmiştir. CO 35 ppm yoğunluğu aştıktan sonra etkileri görülmekle beraber bu etkiler vücutta belirti göstermez veya hafif baş ağrısı gibi belirtiler gösterip ciddi sorunlara yol açabilecek yoğunlukta değildir. Yoğunluk 400 ppm değerini aştıktan sonra 1-2 saatlik maruziyetlerde şiddetli baş ağrısı gibi belirtiler göstereceği için uyarı eşik değeri 400 ppm (Modic, 2003) olarak belirlenmiştir. Sistem bu değerlerin üzerinde bir değer algıladığında karta yerleştirilen buzzer sesli sinyal vermeye başlar. Görsel olarak da kırmızı renkli bir led lamba yanmaya başlamaktadır. Ayrıca, cihazın kontrol panelindeki ekranda da uyarı amaçlı bildirimler yer almaktadır.

3.4.2.8 Veri görüntüleme ve kontrol ekranı

Nextion ekran Arduino üzerine diğer parçalardan farklı olarak iletişim pinleri ile bağlanmaktadır. Aslında iletişim pinleri dijital pinlerdir ancak Arduino Mega modelinde bu durum farklı şekilde özel iletişim pinleri yerleştirilerek daha kolay hale getirilmiştir. Hazır kod kütüphaneleri de ekranın kolayca kullanılabilmesini sağlamaktadır. Şekil 3.42'deki komutlar Nextion kütüphanesini Arduino içerisine dahil etmektedir.

```
#include "Nextion.h"
#include "NexText.h"
#include "NexNumber.h"
#include "NexDualStateButton.h"
```

Şekil 3.41: Nextion kütüphanesini Arduino içerisine dahil eden komutlar.

Komutlarda ekranda kullanılacak olan metin kutusu (text) ve buton elemanlarının çalışmasını sağlayacak tanımlar yer almaktadır. Bilgiler belirtildiği üzere kütüphane içerisinden çekilir. Sonrasında devam eden komutlar Nextion üzerinde yer alan metin kutusu, numara ve butonların adreslenmesi şeklindedir. Şekil 3.43'te yer alan ilk komut satırında Nextion 0. sayfada yer alan 1 numaralı ve ismi t1 olan metin kutusu tanımlanmıştır. Diğer komutlar da diğer elemanları tanımlı hale getirmektedir.

```
NexText t1 = NexText(0, 1, "t1");
NexNumber n1 = NexNumber(1, 1, "n1");
NexDSButton bt14 = NexDSButton(1, 14, "bt14");
```

Şekil 3.42 : Nextion üzerinde metin kutusu, numara ve butonların adreslenmesi.

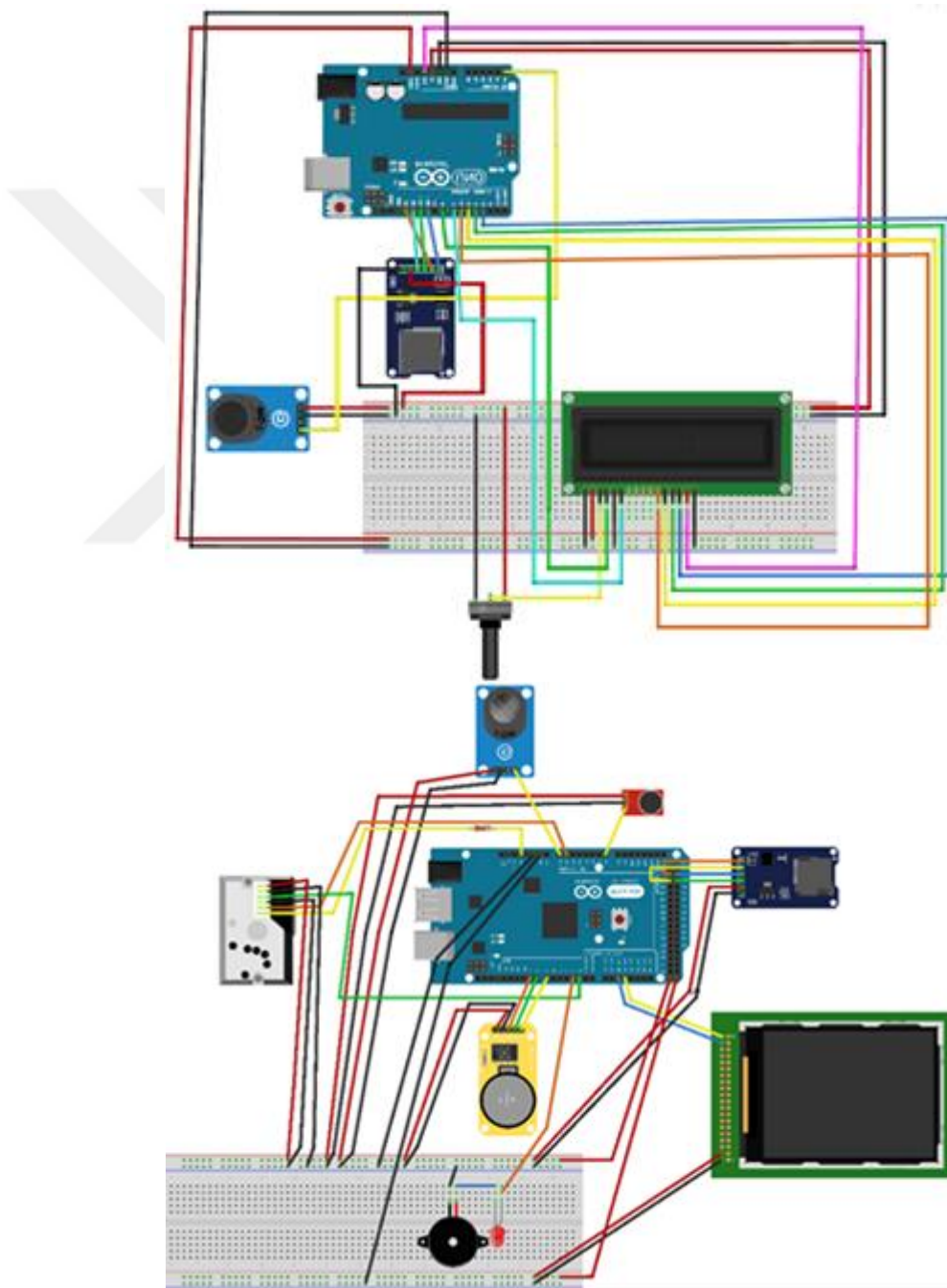
Diğer komutlar “void loop” altında tanımlanmış olup, sürekli olarak çalışmaktadır. Bu komutlar anlık olarak ekrana bilgi gönderir ve sensörlerden gelen değerlerin görüntülenmesini sağlar (Şekil 3.44). Saat modülünden gelen gerçek zaman değerleri de bu ekranda görüntülenir.

```
n1.setValue(co_ppm);
n2.setValue(dust);
n3.setValue(db);
n4.setValue(myRTC.hours);
n5.setValue(myRTC.minutes);
n6.setValue(myRTC.seconds);
n7.setValue(myRTC.dayofmonth);
n8.setValue(myRTC.month);
n9.setValue(myRTC.year);
```

Şekil 3.43 : Sensörlerden gelen değerlerin görüntülenmesini sağlayan komutlar.

3.4.3 Çoklu ölçüm cihazının tasarım aşamaları

TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazının tasarım aşamasında, Arduino Mega 2560 kartı üzerine daha önceki bölümlerde açıklanan sensörler, modüller ve dokunmatik ekran bağlanmış ve Arduino IDE ile komutlar mikro işlemciye aktarılmıştır. Daha sonra test ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.45'te çoklu ölçüm cihazının tasarım aşamalarından görüntüler yer almaktadır.



Şekil 3.44 : TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazının tasarım aşamasından görüntüler.

3.5 İstatistiksel Analizler

Arazi çalışmalarında endüstriyel ölçüm cihazları ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile ölçülen makine kaynaklı gürültü ve partikül değerleri istatistik analizlerle karşılaştırılmıştır. Analizlerde SPSS 20 (IBM, NY, ABD) yazılımı kullanılmıştır. İlk olarak, her bir çalışma alanında kaydedilen risk faktörü değerlerine ait tanımlayıcı istatistik verileri (ortalama, minimum, maksimum, standart sapma) elde edilmiştir. Daha sonra, TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazının başarısını kontrol etmek için iki cihazla elde edilen risk faktörleri değerleri arasındaki ilişki korelasyon analizi (Bivariate Correlations Analysis) kullanılarak araştırılmıştır. Ayrıca, iki cihazla elde edilen sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki farkın anlamlılığını test etmek amacıyla Eşleştirilmiş örneklem t-test (Paired-Samples t-Test) uygulanmıştır.

3.6 Risk Değerlendirmesi

Risk değerlendirme çalışmalarında kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur. Özellikle Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin (ÇKKVY) kullanıldığı risk değerlendirme yaklaşımları birçok çalışmada etkin olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada da ÇKKVY yaklaşımlarından yaygın olarak tercih edilen Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney yöntemleri kullanılmıştır.

3.6.1 Fine Kinney Yöntemi

Bu yöntem ilk olarak Fine (1971) tarafından önermiştir. Daha sonra Kinney ve Wiruth (1976) tarafından tekrar ele alınmış ve daha ayrıntılı bir risk değerlendirme metodu haline getirilmiştir. Günümüzde pek çok çalışmada bu yöntem referans olarak alınmaktadır. Bu yöntemde risk değerlendirme sonucuna göre öncelik verilmesi gereken işler ve kaynakların ilk olarak nereye aktarılması gerektiği vb. konular tespit edilebilir (Özgür, 2013). Fine Kinney yönteminde üç parametre bulunmakta ve risk faktörlerinin puanlaması bu parametrelerin çarpımından oluşmaktadır. Elde edilen puan tablodaki risk değerine bakılarak sınıflandırılır. Şekil 3.46'da Fine Kinney risk değerlendirme tablosu verilmiştir. Tablodaki örnekte "Olasılık Değeri, Frekans Değeri ve Şiddet Değeri" çarpımından "Risk Değeri" bulunmuştur. Olasılık = 1, Frekans = 2 ve Şiddet = 3 olarak alındığında Risk Skoru = 6 olarak bulunmuştur. Bu değer en küçük risk sınıfına yani $R < 20$ veya "Önemsiz risk" kategorisine girmektedir.

RİSK DEĞERLENDİRME		Kinney (mathematical risk evaluation)'ın metodu temel alınmıştır : RİSK = ŞANS x FREKANS x ŞİDDET						
OLASILIK DEĞERİ	ŞANS zararın gerçekleşme olasılığı	1	FREKANS DEĞERİ	FREKANS tehlikeye zaman içinde maruz kalma tekrarı	2	ŞİDDET DEĞERİ	ŞİDDET insan ve/veya çevre üzerinde yaratacağı tahmini zarar	3
10	beklenir, kesin	●	10	hemen hemen sürekli (bir saatte birkaç defa)	●	100	birden fazla ölümlü kaza / çevresel felaket	●
6	yüksek / oldukça mümkün	●	6	sık (günde bir veya birkaç defa)	●	40	öldürücü kaza / ciddi çevresel zarar	●
3	olası	●	3	ara sıra (haftada bir veya birkaç defa)	●	15	kalıcı hasarı/yalanma, iş kaybı / çevresel engel oluşturma, yakın çevreden şikayet	●
1	mümkün fakat düşük	○	2	sık değil (ayda bir veya birkaç defa)	○	7	önemli hasarı/yalanma, dış ilk yardım ihtiyacı / arazi sınırları dışında çevresel zarar	●
0,5	beklenmez fakat mümkün	●	1	seyrek (yılda birkaç defa)	●	3	küçük hasarı/yalanma, dahili ilk yardım / arazi içinde sınırlı çevresel zarar	○
0,2	beklenmez	●	0,5	çok seyrek (yılda bir veya daha seyrek)	●	1	ucuz atılma / çevresel zarar yok	●
RİSK DEĞERİ		40	RİSK DEĞERLENDİRME SONUCU					
400 < R			tolerans gösterilemez risk, hemen gerekli önlemler alınmalı / veya tesis, bina, çevrenin kapatılması düşünülmelidir					
200 < R < 400			esaslı risk, kısa dönemde iyileştirilmelidir (birkaç ay içinde)					
70 < R < 200			önemli risk, uzun dönemde iyileştirilmelidir (yıl içinde)					
20 < R < 70			olası risk, gözetim altında uygulanmalıdır					
R < 20		>	önemsiz risk, önlem öncelikli değildir					

Şekil 3.45 : Fine-Kinney yöntemi.

Fine Kinney yöntemi genellikle inşaat sektöründe kullanılmaktadır (Oturakçı ve Dağsuyu, 2017). Bu tip çalışmalarda risk genellikle makine ve çalışma ortamından kaynaklı olmaktadır. Yapı makinelerinin günümüzde daha sık kullanılması iş kazası risklerini de arttırmaktadır. Yapı makinelerinden kaynaklı kazalar, tüm iş kazaları dikkate alındığında yaklaşık %11 gibi bir paya sahiptir ve kaza sonuçları diğer kazalara göre daha ciddi olmaktadır (Gürcanlı ve diğ., 2008). Bu tez çalışmasında ise ormancılık sektöründe üretim amaçlı kullanılan benzer makinelerin, kazalardan ziyade çevreye yaydıkları gürültü ve partikül madde gibi sağlığı dolaylı olarak etkileyen risk faktörleri değerlendirilmektedir. Söz konusu risk faktörleri genellikle bu makinelerde uzun vadede çalışan operatörler üzerinde çeşitli hastalıklara yol açmaktadır. Bununla birlikte, operatörler tarafından genellikle göz ardı edilen bu risk faktörleri konusunda yapılan bilimsel çalışmaların da çok sınırlı olduğu görülmektedir.

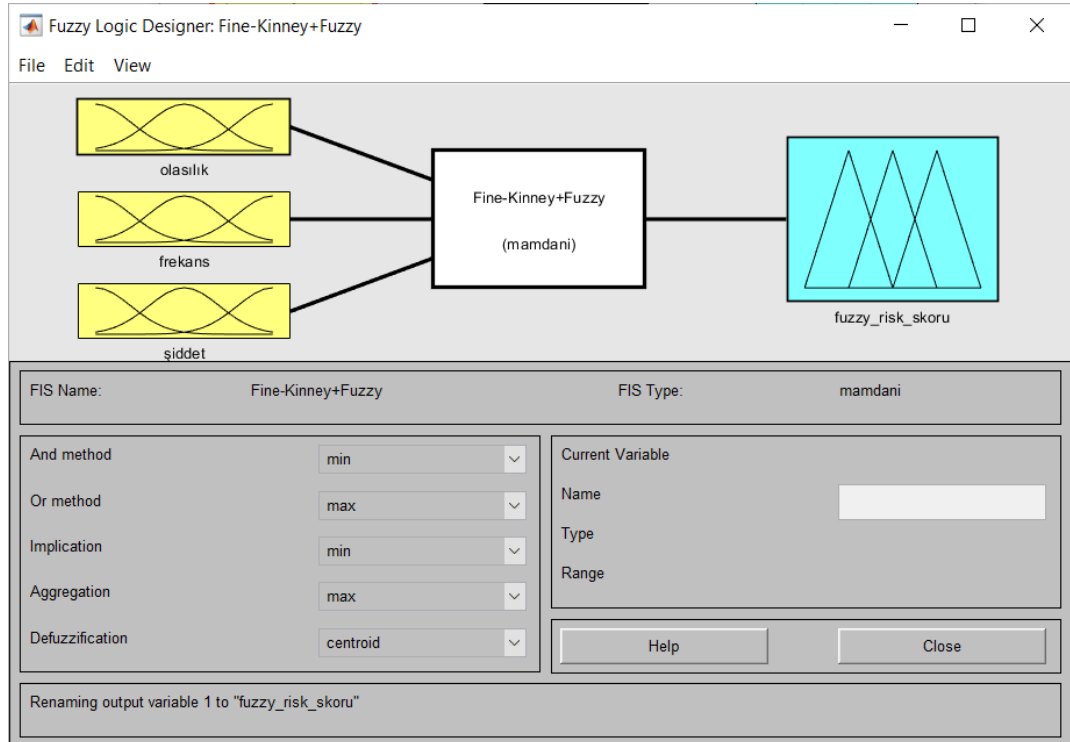
3.6.2 Bulanık Fine Kinney Yöntemi

Bulanık Fine Kinney yönteminde risk faktörleri Fine Kinney yönteminde yer alan parametreler ile değerlendirilmekte ve sonrasında bulanık mantık ve Fine Kinney yönteminin birleştirilmesi ile tekrar ele alınmaktadır. Yöntem kapsamında makine

kaynaklı risk faktörlerinin etki değerleri dikkate alınmıştır. Bu değerler her bir risk faktörü için ayrı olarak tezin “Giriş” bölümünde verilen Çizelge 1.1 ve Çizelge 1.2’deki standartlara göre sınıflandırılmıştır. Şiddet parametresi, bahsedilen değerlerin sınıflandırılması ile elde edilmektedir. Ölçümler sırasında sınıflandırılan şiddet değerlerinin ne sıklıkla oluştuğu ve tüm ölçümler üzerinden bakıldığında ortaya çıkma ihtimali göz önünde bulundurularak olasılık ve frekans parametreleri ortaya konulmuştur.

Fine Kinney yönteminde kullanılan gürültü ve partikül madde risk parametreleri bulanık mantık yöntemi ile kombine edilmiştir. MATLAB R2021a programında (MathWorks Inc., MA, ABD) bulanık mantık aracı kullanılarak olasılık, frekans ve şiddet puanlarından risk skoru elde edilmiştir. Bu işlem her bir risk faktörü için ayrı ayrı yapılarak gürültü ve partikül madde (PM) için risk skorları elde edilmektedir.

Bulanık Fine Kinney yönteminde olasılık, frekans, şiddet girdileri ve risk skoru çıktısı için üçgen üyelik fonksiyonları uygulanmıştır (Şekil 3.47). Bu fonksiyonlara atanan sayısal değerler Fine Kinney yönteminde kullanılan olasılık (Çizelge 3.21), frekans (Çizelge 3.22) ve şiddet (Çizelge 3.23) parametrelerinde yer alan değerlere göre girilmiştir. Risk skoru aralıkları da (Çizelge 3.24) benzer şekilde Fine Kinney yöntemine göre girilmiştir.



Şekil 3.46 : Fine kinney ile bulanık mantık entegrasyonu.

Çizelge 3.21 : Olasılık üçgen üyelik fonksiyonları.

Olasılık	Fine Kinney Değeri	Üçgen Üyelik Fonksiyonu (Bulanık Fine Kinney Yöntemi)
Neredeyse İmkansız	0,1	0 - 0,1 - 0,2
Pratik Olarak İmkansız	0,2	0,1 - 0,2 - 0,5
Zayıf İhtimal	0,5	0,2 - 0,5 - 1
Oldukça Düşük İhtimal	1	0,5 - 1 - 3
Nadir Fakat Olabilir	3	1 - 3 - 6
Kuvvetle Muhtemel	6	3 - 6 - 10
Çok Kuvvetli İhtimal	10	6 - 10 - 10

Çizelge 3.22 : Frekans üçgen üyelik fonksiyonları.

Frekans	Fine Kinney Değeri	Üçgen Üyelik Fonksiyonu (Bulanık Fine Kinney Yöntemi)
Çok Nadir	0,5	0 - 0,5 - 1
Oldukça Nadir	1	0,5 - 1 - 2
Nadir	2	1 - 2 - 3
Ara Sıra	3	2 - 3 - 6
Sıklıkla	6	3 - 6 - 10
Sürekli	10	6 - 10 - 10

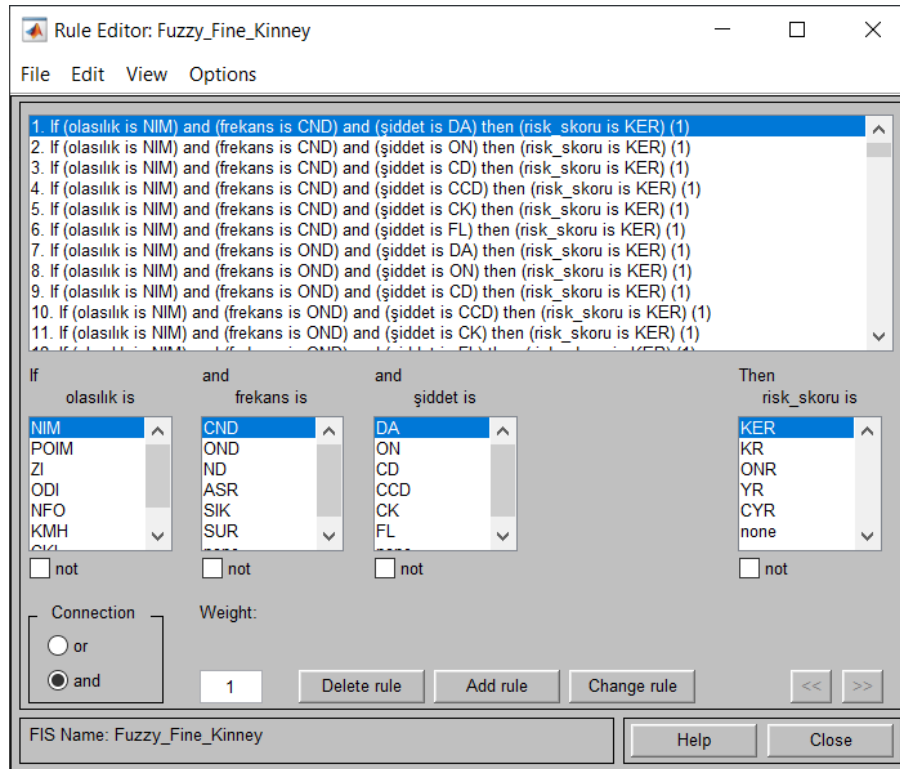
Çizelge 3.23 : Şiddet üçgen üyelik fonksiyonları.

Şiddet	Fine Kinney Değeri	Üçgen Üyelik Fonksiyonu (Bulanık Fine Kinney Yöntemi)
Dikkate Alınmalı	1	0 - 1 - 3
Önemli	3	1 - 3 - 7
Ciddi	7	3 - 7 - 15
Çok Ciddi	15	7 - 15 - 40
Çok Kötü	40	15 - 40 - 100
Felaket	100	40 - 100 - 100

Çizelge 3.24 : Risk skoru üçgen üyelik fonksiyonları.

Risk Skoru	Aralık Orta Değeri	Üçgen Üyelik Fonksiyonu (Bulanık Fine Kinney Yöntemi)
<20 (Alt değer 0 alınmıştır)	10	0 - 10 - 45
20-70	35	10 - 45 - 135
70-200	135	45 - 135 - 300
200-400	300	135 - 300 - 500
>400 (Üst değer 600 alınmıştır)	500	300 - 500 - 600

Fine Kinney yönteminde bulanık mantık kullanılırken olasılık, frekans ve şiddet puanlarının çarpımı ile risk skorları elde edilmektedir. Ancak bulanık mantık ile bu yöntem çalıştırıldığında olasılık, frekans ve şiddet puanlarına dayanarak Şekil 3.48'deki "Rule Editor" penceresinde verilen kurallar girilmesi sonucu risk skoruna ulaşılmaktadır. "Rule Editor" penceresinde kullanılan parametrelere ilişkin kısaltmalar Çizelge 3.25'te verilmiştir.

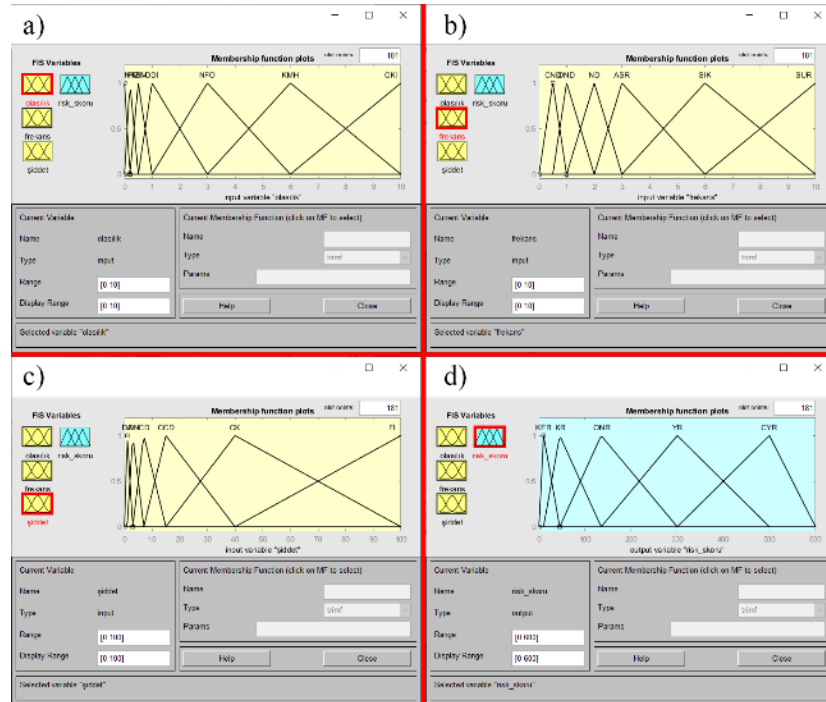


Şekil 3.47 : Bulanık mantık yönteminde kural girilerek risk skorunun belirlenmesi.

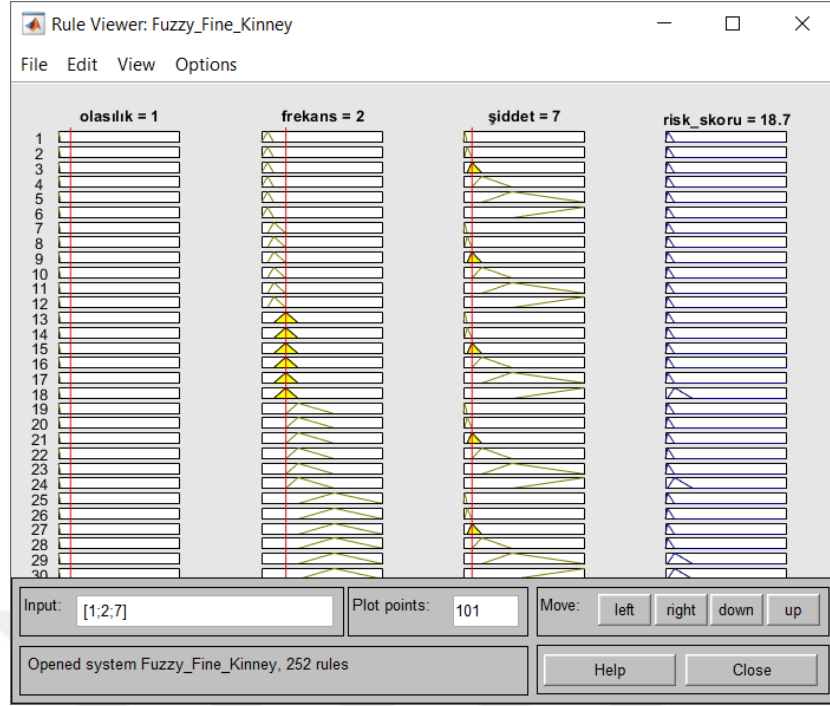
Çizelge 3.25 : Bulanık mantık ile tanımlanan parametrelere ilişkin kısaltmalar.

Olasılık		Frekans		Şiddet		Risk Skoru	
Kısaltma	Açıklama	Kısaltma	Açıklama	Kısaltma	Açıklama	Kısaltma	Açıklama
NIM	Neredeyse İmkansız	CND	Çok Nadir	DA	Dikkate Alınmalı	KER	Kabul Edilebilir Risk
POIM	Pratik Olarak İmkansız	OND	Oldukça Nadir	ON	Önemli	KR	Kesin Risk
ZI	Zayıf İhtimal	ND	Nadir	CD	Ciddi	ONR	Önemli Risk
ODI	Oldukça Düşük İhtimal	ASR	Arasıra	OCD	Çok Ciddi	YR	Yüksek Risk
NFO	Nadir Fakat Olabilir	SIK	Sıklıkla	CK	Çok Kötü	CYR	Çok Yüksek Risk
KMH	Kuvvetle Muhtemel	SUR	Sürekli	FL	Felaket		
CKI	Çok Kuvvetli İhtimal						

Fine Kinney yöntemindeki olasılık, frekans ve şiddet tablolarındaki her bir değer için üçgen üyelik fonksiyonu ile yeni değerler oluşturulmuştur (Şekil 3.49). Sonuç olarak Şekil 3.50’de verilen bulanık risk skorları elde edilmiş olacaktır.



Şekil 3.48 : Üyelik fonksiyonları (a-Olasılık, b-Frekans, c-Şiddet) ve risk aralığı (d).

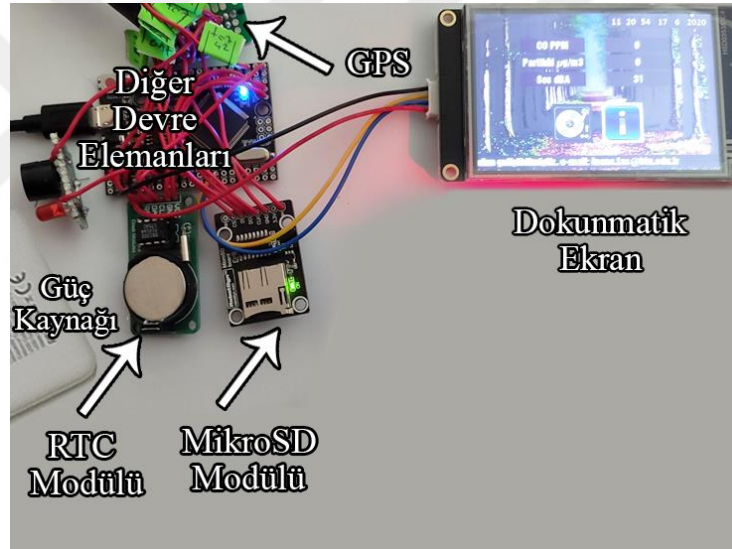


Şekil 3.49 : Üçgen üyelik fonksiyonları sonucu üretilecek risk skorları.

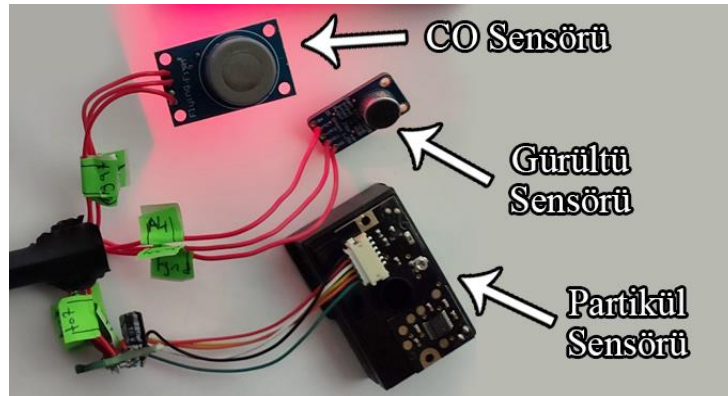
4. BULGULAR

4.1 TriSensor 4.0 Çoklu Ölçüm Cihazı

Arduino platformunda üretilen TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı iki ana üiteden oluşmaktadır. Bunlardan biri kontrol ve görüntü ünitesi, diğeri ise sensör ünitesidir. Şekil 4.1’de kontrol ve görüntü ünitesinde yer alan donanımlar görülmektedir. Bu ünite, dokunmatik ekran, güç kaynağı, GPS modülü, MikroSD kart, RTC modülü ve diğer devre elemanlarından oluşmaktadır. Sensör ünitesinde ise gürültü sensörü, partikül sensörü ve CO sensörü yer almaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1 : Sensör ünitesini oluşturan donanımlar.

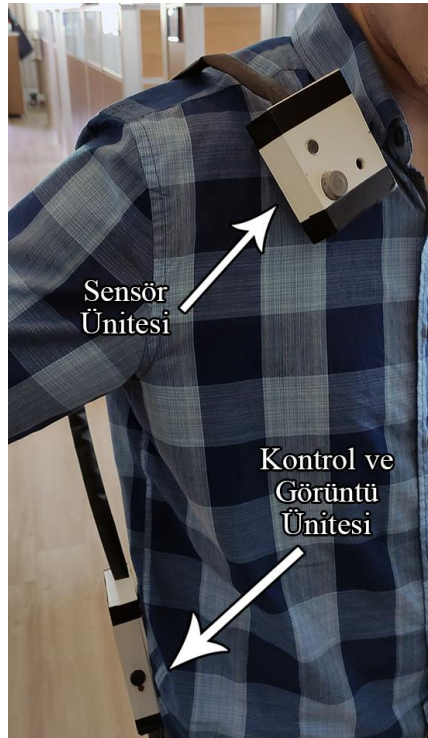


Şekil 4.2 : Kontrol ve görüntü ünitesini oluşturan donanımlar.

Cihazın kolay taşınması ve kullanılması için cihazı oluşturan üniteler plastik kasalara yerleştirilmiştir (Şekil 4.3). Ölçümler sırasında kontrol ve görüntü ünitesi operatörün arkasında bel kısmına yakın bir noktaya yerleştirilirken, sensör ünitesi omzun ön kısmında kulak ve ağız bölgesine yakın bir noktaya yerleştirilmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.3 : Plastik kasalara yerleştirilen cihazın son halinin görüntüsü.



Şekil 4.4 : TriSensor 4.0 ölçüm cihazının üniteleri.

4.2 Risk Faktörleri Bulguları

4.2.1 Gürültü Bulguları

4.2.1.1 Hüyük OİŞ gürültü bulguları

Endüstriyel ölçüm cihazı gürültü bulguları

Hüyük OİŞ çalışmalarında gürültü riski dört farklı üretim makinesinde ölçülmüştür. Bu makinelerle ait genel istatistik bilgileri Çizelge 4.1’de yer almaktadır. Çalışma sırasında gürültü ölçümleri makine kabini içerisinde yer alan operatör üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen istatistik verileri incelendiğinde endüstriyel cihaz ile yapılan ölçümlerde Hidromek HMK 220 için ortalama gürültü değeri 77,38 dBA, Volvo EC55 model yükleyici için 73,47 dBA, Kubota U55-4 model yükleyici için 77,88 dBA ve MAN TGA 18-440 model toprak kamyonu için 73,83 dBA olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1 : Hüyük OİŞ endüstriyel gürültü ölçerle ait genel istatistik bilgileri.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Hidromek HMK 220	14400	46	94	77,38	5,40
Volvo EC55	10800	51	93	73,47	8,07
Kubota U55-4	10740	58	98	77,88	6,41
MAN TGA 18-440	3720	53	95	73,83	8,25

TriSensor 4.0 cihazı gürültü bulguları

Hüyük OİŞ çalışmalarında geliştirilen TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sonucu elde edilen verilere dayalı olarak Hidromek HMK 220 için ortalama gürültü değeri 77,39 dBA, Volvo EC55 model yükleyici için 73,47 dBA Kubota U55-4 model yükleyici için 77,88 dBA ve MAN TGA 18-440 model toprak kamyonu için 73,83 dBA olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Hüyük OİŞ TriSensor 4.0 (gürültü) genel istatistik bilgileri.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Hidromek HMK 220	14400	44	97	77,39	6,26
Volvo EC55	10800	48	97	73,59	8,50
Kubota U55-4	10740	55	101	77,87	7,17
MAN TGA 18-440	3720	52	95	73,32	8,58

4.2.1.2 Osmangazi OİŞ gürültü bulguları

Endüstriyel ölçüm cihazı gürültü bulguları

Osmangazi OİŞ çalışmalarında gürültü riski New Holland TT55B model traktör üzerinde ölçülmüştür. Ölçümler operatör üzerine yerleştirilen endüstriyel gürültü ölçer ile alınmıştır ve traktöre ait kabin bulunmamaktadır. Toplamda 10800 adet gürültü verisi kaydedilmiştir. Bu verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde New Holland TT55B model traktörden alınan ortalama gürültü değeri 80,67 dBA olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 : Osmangazi OİŞ endüstriyel gürültü ölçere ait genel istatistiki bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
New Holland TT55B	10800	54	123	80,67	9,16

TriSensor 4.0 cihazı gürültü bulguları

New Holland TT55B model traktör üzerinde TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile toplam 10800 adet veri kaydedilmiştir. Cihaz kabinsiz traktör kullanan operatör üzerine yerleştirilmiştir. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde New Holland TT55B model traktörden alınan ortalama gürültü değeri 80,26 dBA olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 : Osmangazi OİŞ TriSensor 4.0 (gürültü) genel istatistik bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
New Holland TT55B	10800	51	125	80,26	10,50

4.2.1.3 Dağteke OİŞ gürültü bulguları

Endüstriyel ölçüm cihazı gürültü bulguları

Dağteke OİŞ çalışmalarında gürültü riski iki farklı üretim makinesinde ölçülmüştür. Bu makinelere ait genel istatistiki bilgiler Çizelge 4.5’ de yer almaktadır. Çalışma sırasında gürültü ölçümleri Türk-FIAT 80-66 tarım traktörü (kabinsiz) ve BMC PRO 827 tomruk kamyonu üzerinden alınmıştır. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde endüstriyel cihaz ile yapılan ölçümlerde Türk-FIAT 80-66 tarım traktörü için ortalama gürültü değeri 81,51 dBA, BMC PRO 827 tomruk kamyonu için ise 74,57 dBA olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5 : Dağtekte OİŞ endüstriyel gürültü ölçere ait genel istatistiki bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Türk-FIAT 80-66	7740	57	114	81,51	6,97
BMC PRO 827	2460	61	95	74,57	5,23

TriSensor 4.0 cihazı gürültü bulguları

Dağtekte OİŞ çalışmalarında gürültü riski iki farklı üretim makinesinde ölçülmüştür. Bu makinelere ait genel istatistiki bilgiler Çizelge 4.6’da yer almaktadır. Çalışma sırasında gürültü ölçümleri Türk-FIAT 80-66 tarım traktörü (kabinsiz) ve BMC PRO 827 tomruk kamyonu üzerinden alınmıştır. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde endüstriyel cihaz ile yapılan ölçümlerde Türk-FIAT 80-66 tarım traktörü için ortalama gürültü değeri 81,51 dBA, BMC PRO 827 tomruk kamyonu için ise 74,57 dBA olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.6 : Dağtekte OİŞ TriSensor 4.0 (gürültü) genel istatistik bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Türk-FIAT 80-66	7740	51	109	81,61	8,34
BMC PRO 827	2460	60	94	73,87	5,42

4.2.1.4 Çamlıhemşin OİŞ gürültü bulguları

Endüstriyel ölçüm cihazı gürültü bulguları

Çamlıhemşin OİŞ çalışmalarında gürültü riski URUS MIII kablolu hava hattı üzerinde ölçülmüştür. Ölçümler operatör üzerine yerleştirilen endüstriyel gürültü ölçer ile alınmıştır ve traktöre ait kabin bulunmamaktadır. Toplamda 2340 adet gürültü verisi kaydedilmiştir. Bu verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde URUS MIII kablolu hava hattından alınan ortalama gürültü değeri 82,05 dBA olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7 : Çamlıhemşin OİŞ endüstriyel gürültü ölçere ait genel istatistiki bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
URUS MIII	2340	37	123	82,05	16,56791

TriSensor 4.0 cihazı gürültü bulguları

URUS MIII kablolu hava hattı üzerinde TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile toplam 2340 adet veri kaydedilmiştir. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde URUS MIII kablolu hava hattından alınan ortalama gürültü değeri 82,83 dBA olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 : Çamlıhemşin OİŞ TriSensor 4.0 (gürültü) genel istatistik bilgileri.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
URUS MIII	2340	42	115	81,94	16,72

4.2.1.5 Karçkal OİŞ gürültü bulguları

Endüstriyel ölçüm cihazı gürültü bulguları

Karçkal OİŞ çalışmalarında gürültü riski MOZ500 kablolu hava hattı üzerinde ölçülmüştür. Ölçümler operatör üzerine yerleştirilen endüstriyel gürültü ölçer ile alınmıştır ve traktöre ait kabin bulunmamaktadır. Toplamda 6420 adet gürültü verisi kaydedilmiştir. Bu verilerden elde edilen istatistik bilgileri incelendiğinde MOZ500 kablolu hava hattından alınan ortalama gürültü değeri 71,96 dBA olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 : Karçkal OİŞ endüstriyel gürültü ölçere ait genel istatistik bilgileri.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
MOZ500	6420	48	110	71,96	8,74

TriSensor 4.0 cihazı gürültü bulguları

MOZ500 kablolu hava hattı üzerinde TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile toplam 6420 adet veri kaydedilmiştir. Verilerden elde edilen istatistik bilgileri incelendiğinde MOZ500 kablolu hava hattından alınan ortalama gürültü değeri 72,01 dBA olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 : Karçkal OİŞ TriSensor 4.0 (gürültü) genel istatistik bilgileri.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
MOZ500	6420	45	112	72,01	8,27

4.2.2 Partikül madde bulguları

4.2.2.1 Hüyük OİŞ partikül madde bulguları

Endüstriyel ölçüm cihazı partikül madde bulguları

Hüyük OİŞ çalışmalarında endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile dört farklı üretim makinesinde PM2.5 ve PM10 ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu makinelerden elde edilen PM2.5 verilerine ait genel istatistik bilgileri Çizelge 4.11’de yer

almaktadır. Buna ek olarak PM10 ölçümlerinden elde edilen genel istatistiki bilgiler ise Çizelge 4.12’de yer almaktadır. Çalışma sırasında gürültü ölçümleri makine kabini içerisinde yer alan operatör üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen istatistik veriler incelendiğinde Hidromek HMK 220 için ortalama PM2.5 değeri 61,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Volvo EC55 model yükleyici için 64,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Kubota U55-4 model yükleyici için 63,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, MAN TGA 18-440 model tomruk kamyonu için 78,80 olarak hesaplanmıştır. Aynı makineler için PM10 verilerine ait ortalama değerler ise sırasıyla 244,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 258,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 248,70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 125,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.11 : Hüyük OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler (PM2.5).

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Hidromek HMK 220	240	8	237	61,04	36,12
Volvo EC55	180	5	269	64,46	37,01
Kubota U55-4	180	8	115	63,68	31,45
MAN TGA 18-440	61	39	222	78,80	35,09

Çizelge 4.12 : Hüyük OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler (PM10).

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Hidromek HMK 220	240	45	671	244,03	113,04
Volvo EC55	180	29	1109	258,69	134,48
Kubota U55-4	180	57	984	248,70	118,71
MAN TGA 18-440	61	36	249	125,03	67,60

TriSensor 4.0 cihazı partikül madde bulguları

Hüyük OİŞ çalışmalarında TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile dört farklı üretim makinesinde PM2.5 ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu makinelerden elde edilen PM2.5 verilerine ait genel istatistiki bilgiler Çizelge 4.13’te yer almaktadır. Çalışma sırasında gürültü ölçümleri makine kabini içerisinde yer alan operatör üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen istatistik veriler incelendiğinde Hidromek HMK 220 için ortalama PM2.5 değeri 64,10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Volvo EC55 model yükleyici için 64,26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Kubota U55-4 model yükleyici için 63,91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, MAN TGA 18-440 model tomruk kamyonu için 78,48 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.13 : Hüyük OİŞ TriSensor 4.0 (PM2.5) genel istatistik bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Hidromek HMK 220	240	20	157	64,10	23,57
Volvo EC55	180	22	164	64,26	20,82
Kubota U55-4	180	16	101	63,91	18,90
MAN TGA 18-440	61	36	217	78,48	33,44

4.2.2.2 Osmangazi OİŞ partikül madde bulguları

Endüstriyel Ölçüm Cihazı Partikül Madde Bulguları

Osmangazi OİŞ çalışmalarında partikül madde riski New Holland TT55B model traktör üzerinde ölçülmüştür. Ölçümler operatör üzerine yerleştirilen endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile alınmıştır ve traktöre ait kabin bulunmamaktadır. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde New Holland TT55B model traktörden alınan ortalama partikül miktarı PM2.5 için 206,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10 için 1097,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14 : Hüyük OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maximum	Mean	Std, Deviation
New Holland TT55B (PM2.5)	180	88	335	206,22	69,45
New Holland TT55B (PM10)	180	196	1916	1097,68	488,02

TriSensor 4.0 Cihazı Partikül Madde Bulguları

Osmangazi OİŞ çalışmalarında partikül madde riski New Holland TT55B model traktör üzerinde ölçülmüştür. Ölçümler operatör üzerine yerleştirilen TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile alınmıştır ve traktöre ait kabin bulunmamaktadır. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde New Holland TT55B model traktörden alınan ortalama PM2.5 miktarı 188,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 : Osmangazi OİŞ TriSensor 4.0 (PM2.5) genel istatistik bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
New Holland TT55B	180	79	309	188,94	63,94

4.2.2.3 Dağtekte OİŞ partikül madde bulguları

Endüstriyel ölçüm cihazı partikül madde bulguları

Dağtekte OİŞ çalışmalarında partikül madde riski Türk-FIAT 80-66 model traktör (kabinsiz) ve BMC PRO 827 tomruk kamyonu üzerinde ölçülmüştür. Veriler operatör üzerine yerleştirilen endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile alınmıştır. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde Türk-FIAT 80-66 ve BMC PRO 827 alınan ortalama partikül miktarı PM2.5 için sırasıyla 114,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 56,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Çizelge 4.16), PM10 için sırasıyla 332,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 149,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Çizelge 4.17) olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.16 : Dağtekte OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler (PM2.5).

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Türk-FIAT 80-66	130	57	286	114,98	37,70
BMC PRO 827	48	8	222	56,56	41,38

Çizelge 4.17 : Dağtekte OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler (PM10).

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Türk-FIAT 80-66	130	137	792	332,18	111,81
BMC PRO 827	48	12	249	149,71	73,34

TriSensor 4.0 cihazı partikül madde bulguları

Dağtekte OİŞ çalışmalarında TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile iki farklı üretim makinesinde PM2.5 ölçümü gerçekleştirilmiştir. Bu makinelerden elde edilen PM2.5 verilerine ait genel istatistiki bilgiler Çizelge 4.18’de yer almaktadır. Elde edilen istatistik veriler incelendiğinde Hidromek HMK 220 için ortalama PM2.5 değeri 165,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, BMC PRO 827 için 50,15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.18 : Dağtekte OİŞ TriSensor 4.0 (PM2.5) genel istatistik bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Türk-FIAT 80-66	130	72	561	165,35	68,99
BMC PRO 827	48	14	111	50,15	23,05

4.2.2.4 Çamlıhemşin oış partikül madde bulguları

Endüstriyel ölçüm cihazı partikül madde bulguları

Çamlıhemşin OİŞ çalışmalarında partikül madde riski URUS MIII kablolu hava hattı üzerinde ölçülmüştür. Ölçümler operatör üzerine yerleştirilen endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile alınmıştır. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde URUS MIII kablolu hava hattından alınan ortalama partikül miktarı PM2.5 için 102,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10 için 214,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19 : Çamlıhemşin OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
URUS MIII (PM2.5)	110	34	283	102,73	39,50
URUS MIII (PM10)	110	58	639	214,20	106,93

TriSensor 4.0 cihazı partikül madde bulguları

Çamlıhemşin OİŞ çalışmalarında partikül madde riski URUS MIII kablolu hava hattı üzerinde ölçülmüştür. Ölçümler operatör üzerine yerleştirilen TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile alınmıştır. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde URUS MIII kablolu hava hattından alınan ortalama PM2.5 miktarı 102,16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 : Çamlıhemşin OİŞ TriSensor 4.0 (PM2.5) genel istatistik bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
URUS MIII	110	31	290	102,16	39,29

4.2.2.5 Karçkal OİŞ partikül madde bulguları

Endüstriyel ölçüm cihazı partikül madde bulguları

Karçkal OİŞ çalışmalarında partikül madde riski MOZ500 kablolu hava hattı üzerinde ölçülmüştür. Ölçümler operatör üzerine yerleştirilen endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile alınmıştır. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde MOZ500 kablolu hava hattından alınan ortalama partikül miktarı PM2.5 için 56,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10 için 88,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21 : Karçkal OİŞ Endüstriyel PM cihazı genel istatistiki bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
MOZ500 (PM2.5)	107	2	123	56,40	34,07
MOZ500 (PM10)	107	14	182	88,12	43,34

TriSensor 4.0 cihazı partikül madde bulguları

Karçkal OİŞ çalışmalarında partikül madde riski MOZ500 kablolu hava hattı üzerinde ölçülmüştür. Ölçümler operatör üzerine yerleştirilen TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile alınmıştır. Verilerden elde edilen istatistik bilgiler incelendiğinde MOZ500 kablolu hava hattından alınan ortalama PM2.5 miktarı 56,71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22 : Karçkal OİŞ TriSensor 4.0 (PM2.5) genel istatistik bilgiler.

Makine	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
MOZ500	107	9	120	56,71	27,52

4.3 İstatistik Bulgular

Çalışma kapsamında üretim makineleri üzerinden farklı ölçüm cihazları ile gürültü ve partikül madde verileri toplanmıştır. Bu ölçümlerde hem gürültü hem de PM2.5 verileri elde edilirken endüstriyel ölçüm cihazları ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı kullanılmıştır. TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazının endüstriyel cihazlar karşısındaki başarısının saptanması amacıyla veriler üzerinde korelasyon analizi ve eşleştirilmiş örneklem t-test yöntemleri kullanılmıştır. Korelasyon analizi farklı ölçüm cihazları arasındaki ilişki derecesini belirlemek için kullanılmıştır, buna bağlı olarak korelasyon katsayılarının yorumlanmasında Çizelge 4.23'ten yararlanılmıştır.

Çizelge 4.23 : Korelasyon Katsayısının Yorumu (Köklü ve diğ., 2006).

r	İlişki
0,00	İlişki Yok
0,01 - 0,29	Düşük Düzeyde İlişki
0,30 - 0,70	Orta Düzeyde İlişki
0,71 - 0,99	Yüksek Düzeyde İlişki
1,00	Mükemmel İlişki

Ölçüm cihazlarının kıyaslanması için bir sonraki adımda eşleştirilmiş örneklem t-testi kullanılmıştır. Eşleştirilmiş örneklem t-testi, iki eşleştirilmiş vaka grubunun ortalamasını karşılaştırmak için kullanılır. Standart bir t-testi için normal dağılım varsayımı gereklidir ancak çarpıklık ve basıklık aşırı değilse, örneğin ± 3 'ün üzerinde olmadıkça normal dağılıma uygunluk olmaması herhangi bir sorun teşkil etmemektedir (Ross ve Willson, 2017). Çalışmalarda elde edilen tüm veriler kontrol edilmiş ve normal dağılıma uygunluk göstermeyen veri gruplarına bakıldığında basıklık ve çarpıklık değerleri düşük olduğu için eşleştirilmiş örneklem t-testi uygulanmıştır.

4.3.1 Gürültü Bulguları

4.3.1.1 Hüyük OİŞ gürültü istatistikleri bulguları

Hüyük OİŞ çalışmalarında gürültü riski dört farklı üretim makinesinde ölçülmüştür. Endüstriyel ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan elde edilen veriler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için sırasıyla korelasyon analizi (Çizelge 4.24) ve

eşleştirilmiş örneklem t-testi (Çizelge 4.25) uygulanmıştır. Her bir üretim makinesi için bu ilişkiler kurulmuş ve incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre:

- Hidromek HMK 220 model hasatçı için korelasyon katsayısı 0,861 bulunarak ölçüm cihazları arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten büyük (0,75) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında fark olmadığı tespit edilmiştir.
- Volvo EC55 model yükleyici için korelasyon katsayısı 0,954 bulunarak ölçüm cihazları arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Ancak eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten küçük (0,00) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir.
- Kubota U55-4 model yükleyici için korelasyon katsayısı 0,082 bulunarak ölçüm cihazları arasında düşük düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten büyük (0,91) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında fark olmadığı söylenebilir.
- MAN TGA 18-440 tomruk kamyonu için korelasyon katsayısı 0,964 bulunarak ölçüm cihazları arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Ancak eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten küçük (0,00) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.24 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.

Ölçüm Yapılan Makine	Örnek Sayısı	Korelasyon Katsayısı
Hidromek HMK 220	14400	0,861
Volvo EC55	10800	0,954
Kubota U55-4	10740	0,082
MAN TGA 18-440	3720	0,964

Çizelge 4.25 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları.

Ölçüm Yapılan Makine	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	Farkın Güven Aralığı (%95)		t	P Değeri
				Alt	Üst		
Hidromek HMK 220	-0,01	3,18	0,03	-0,06	0,04	-0,32	0,75
Volvo EC55	-0,12	2,54	0,02	-0,17	-0,07	-5,03	0,00
Kubota U55-4	0,01	9,22	0,09	-0,16	0,18	0,11	0,91
MAN TGA 18-440	0,51	2,28	0,04	0,44	0,58	13,62	0,00

4.3.1.2 Osmangazi OİŞ gürültü bulguları

Osmangazi OİŞ çalışmalarında gürültü riski New Holland TT55B model traktör üzerinde ölçülmüştür. Endüstriyel ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan elde edilen veriler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için sırasıyla korelasyon analizi (Çizelge 4.26) ve eşleştirilmiş örneklem t-testi (Çizelge 4.27) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,869 ve eşleştirilmiş örneklem t-testine göre P değeri 0,05'ten küçük (0,00) bulunmuştur. Buna göre korelasyon analizinde yüksek düzeyde pozitif ilişki olsa da eşleştirilmiş örneklem t-testine göre gruplar arasında farklılıklar mevcuttur.

Çizelge 4.26 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.

Ölçüm Yapılan Makine	Örnek Sayısı	Korelasyon Katsayısı
New Holland TT55B	10800	0,869

Çizelge 4.27 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları.

Ölçüm Yapılan Makine	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	Farkın Güven Aralığı (%95)		t	P Değeri
				Alt	Üst		
New Holland TT55B	0,41	5,19	0,05	0,31	0,51	8,27	0,000

4.3.1.3 Dağtekte OİŞ gürültü bulguları

Dağtekte OİŞ çalışmalarında gürültü riski iki farklı üretim makinesinde ölçülmüştür. Endüstriyel ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı

cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan elde edilen veriler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için sırasıyla korelasyon analizi (Çizelge 4.28) ve eşleştirilmiş örneklem t-testi (Çizelge 4.29) uygulanmıştır. Her bir üretim makinesi için bu ilişkiler kurulmuş ve incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre:

- Türk-FIAT 80-66 model traktör için korelasyon katsayısı 0,797 bulunarak ölçüm cihazları arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten büyük (0,083) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında fark olmadığı tespit edilmiştir.
- BMC PRO 827 model tomruk kamyonu için korelasyon katsayısı 0,636 bulunarak ölçüm cihazları arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Ancak eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten küçük (0,00) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.28 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.

Ölçüm Yapılan Makine	Örnek Sayısı	Korelasyon Katsayısı
Türk-FIAT 80-66	7740	0,797
BMC PRO 827	2460	0,636

Çizelge 4.29 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları.

Ölçüm Yapılan Makine	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	Farkın Güven Aralığı (%95)		t	P Değeri
				Alt	Üst		
Türk-FIAT 80-66	-0,10	5,04	0,06	-0,21	0,01	-1,73	0,083
BMC PRO 827	0,70	4,55	0,09	0,52	0,88	7,62	0,000

4.3.1.4 Çamlıhemşin OİŞ gürültü bulguları

Çamlıhemşin OİŞ çalışmalarında gürültü riski URUS MIII kablolu hava hattı üzerinde ölçülmüştür. Endüstriyel ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan elde edilen veriler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için sırasıyla korelasyon analizi (Çizelge 4.30) ve

eşleştirilmiş örneklem t-testi (Çizelge 4.31) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,957 bulunarak, ölçümler arasında yüksek düzeyde pozitif ilişki bulunmuştur. Eşleştirilmiş örneklem t-testine göre P değerinin 0,05'ten büyük (0,273) olduğu saptanmıştır. Bu sonuca göre gruplar arasında fark olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.30 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.

Ölçüm Yapılan Makine	Örnek Sayısı	Korelasyon Katsayısı
URUS MIII	2340	0,957

Çizelge 4.31 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları.

Ölçüm Yapılan Makine	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	Farkın Güven Aralığı (%95)		t	P Değeri
				Alt	Üst		
URUS MIII	0,11	4,90	0,10	-0,09	0,31	1,10	0,273

4.3.1.5 Karçkal OİŞ gürültü bulguları

Karçkal OİŞ çalışmalarında gürültü riski MOZ500 kablolu hava hattı üzerinde ölçülmüştür. Endüstriyel ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan elde edilen veriler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için sırasıyla korelasyon analizi (Çizelge 4.32) ve eşleştirilmiş örneklem t-testi (Çizelge 4.33) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,888 bulunarak, ölçümler arasında yüksek düzeyde pozitif ilişki bulunmuştur. Eşleştirilmiş örneklem t-testine göre P değerinin 0,05'ten büyük (0,291) olduğu saptanmıştır. Bu sonuca göre gruplar arasında fark olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.32 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.

Ölçüm Yapılan Makine	Örnek Sayısı	Korelasyon Katsayısı
MOZ500	6420	0,888

Çizelge 4.33 : Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları.

Ölçüm Yapılan Makine	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	Farkın Güven Aralığı (%95)		t	P Değeri
				Alt	Üst		
MOZ500	-0,05	4,05	0,05	-0,15	0,05	-1,06	0,291

4.3.2 Partikül madde bulguları

4.3.2.1 Hüyük OİŞ partikül madde bulguları

Hüyük OİŞ çalışmalarında partikül madde (PM2.5) riski dört farklı üretim makinesinde ölçülmüştür. Endüstriyel ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan elde edilen veriler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için sırasıyla korelasyon analizi (Çizelge 4.34) ve eşleştirilmiş örneklem t-testi (Çizelge 4.35) uygulanmıştır. Her bir üretim makinesi için bu ilişkiler kurulmuş ve incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre:

- Hidromek HMK 220 model hasatçı için korelasyon katsayısı 0,695 bulunarak ölçüm cihazları arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten büyük (0,749) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında fark olmadığı tespit edilmiştir.
- Volvo EC55 model yükleyici için korelasyon katsayısı 0,895 bulunarak ölçüm cihazları arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Ancak eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten küçük (0,00) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir.
- Kubota U55-4 model yükleyici için korelasyon katsayısı 0,792 bulunarak ölçüm cihazları arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten büyük (0,913) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında fark olmadığı tespit edilmiştir.
- MAN TGA 18-440 tomruk kamyonu için korelasyon katsayısı 0,935 bulunarak ölçüm cihazları arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Ancak eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten küçük (0,00) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.34 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.

Ölçüm Yapılan Makine	Örnek Sayısı	Korelasyon Katsayısı
Hidromek HMK 220	240	0,695
Volvo EC55	180	0,895
Kubota U55-4	180	0,792
MAN TGA 18-440	61	0,935

Çizelge 4.35 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları.

Ölçüm Yapılan Makine	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	Farkın Güven Aralığı (%95)		t	P Değeri
				Alt	Üst		
Hidromek HMK 220	-0,01	3,18	0,03	-0,06	0,04	-0,32	0,749
Volvo EC55	-0,12	2,54	0,02	-0,17	-0,07	-5,03	0,000
Kubota U55-4	0,01	9,22	0,09	-0,16	0,18	0,11	0,913
MAN TGA 18-440	0,51	2,28	0,04	0,44	0,58	13,62	0,000

4.3.2.2 Osmangazi OİŞ partikül madde bulguları

Osmangazi OİŞ çalışmalarında partikül madde (PM_{2.5}) riski New Holland TT55B model traktör üzerinde ölçülmüştür. Endüstriyel ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan elde edilen veriler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için sırasıyla korelasyon analizi (Çizelge 4.36) ve eşleştirilmiş örneklem t-testi (Çizelge 4.37) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,537 ve eşleştirilmiş örneklem t-testine göre P değeri 0,05'ten küçük (0,00) bulunmuştur. Buna göre korelasyon analizinde yüksek düzeyde pozitif ilişki olsa da eşleştirilmiş örneklem t-testine göre gruplar arasında farklılıklar mevcuttur.

Çizelge 4.36 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.

Ölçüm Yapılan Makine	Örnek Sayısı	Korelasyon Katsayısı
New Holland TT55B	180	0,537

Çizelge 4.37 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları.

Ölçüm Yapılan Makine	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	Farkın Güven Aralığı (%95)		t	P Değeri
				Alt	Üst		
New Holland TT55B	17,28	64,37	4,80	7,81	26,75	3,60	0,000

4.3.2.3 Dağtekte OİŞ partikül madde bulguları

Dağtekte OİŞ çalışmalarında partikül madde (PM2.5) riski iki farklı üretim makinesinde ölçülmüştür. Endüstriyel ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan elde edilen veriler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için sırasıyla korelasyon analizi (Çizelge 4.38) ve eşleştirilmiş örneklem t-testi (Çizelge 4.39) uygulanmıştır. Her bir üretim makinesi için bu ilişkiler kurulmuş ve incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre:

- Türk-FIAT 80-66 model traktör için korelasyon katsayısı 0,446 bulunarak ölçüm cihazları arasında orta düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten küçük (0,00) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir.
- BMC PRO 827 model tomruk kamyonu için korelasyon katsayısı 0,913 bulunarak ölçüm cihazları arasında yüksek düzeyde pozitif bir ilişki olduğu saptanmıştır. Ancak eşleştirilmiş örneklem t-test sonuçlarına göre P değeri 0,05'ten büyük (0,053) olduğu için %95 güven düzeyi ile ölçüm yapılan cihazlar arasında fark olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.38 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.

Ölçüm Yapılan Makine	Örnek Sayısı	Korelasyon Katsayısı
Türk-FIAT 80-66	130	0,446
BMC PRO 827	48	0,913

Çizelge 4.39 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 Çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları.

Ölçüm Yapılan Makine	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	Farkın Güven Aralığı (%95)		t	P Değeri
				Alt	Üst		
Türk-FIAT 80-66	-50,37	62,13	5,45	-61,15	-39,59	-9,24	0,000
BMC PRO 827	6,42	22,41	3,23	-0,09	12,92	1,98	0,053

4.3.2.4 Çamlıhemşin OİŞ partikül madde bulguları

Çamlıhemşin OİŞ çalışmalarında partikül madde (PM2.5) riski URUS MIII kablolu hava hattı üzerinde ölçülmüştür. Endüstriyel ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan elde edilen veriler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için sırasıyla korelasyon analizi (Çizelge 4.40) ve eşleştirilmiş örneklem t-testi (Çizelge 4.41) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,932 bulunarak, ölçümler arasında yüksek düzeyde pozitif ilişki bulunmuştur. Eşleştirilmiş örneklem t-testine göre P değerinin 0,05'ten büyük (0,685) olduğu saptanmıştır. Bu sonuca göre gruplar arasında fark olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.40 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.

Ölçüm Yapılan Makine	Örnek Sayısı	Korelasyon Katsayısı
URUS MIII	110	0,932

Çizelge 4.41 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları.

Ölçüm Yapılan Makine	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	Farkın Güven Aralığı (%95)		t	P Değeri
				Alt	Üst		
URUS MIII	0,56	14,52	1,38	-2,18	3,31	0,41	0,685

4.3.2.5 Karçkal OİŞ partikül madde bulguları

Karçkal OİŞ çalışmalarında partikül madde (PM2.5) riski MOZ500 kablolu hava hattı üzerinde ölçülmüştür. Endüstriyel ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihazlardan elde edilen

veriler arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi için sırasıyla korelasyon analizi (Çizelge 4.42) ve eşleştirilmiş örneklem t-testi (Çizelge 4.43) uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,843 bulunarak, ölçümler arasında yüksek düzeyde pozitif ilişki bulunmuştur. Eşleştirilmiş örneklem t-testine göre P değerinin 0,05'ten büyük (0,843) olduğu saptanmıştır. Bu sonuca göre gruplar arasında fark olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.42 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazına ilişkin korelasyon katsayıları.

Ölçüm Yapılan Makine	Örnek Sayısı	Korelasyon Katsayısı
MOZ500	107	0,884

Çizelge 4.43 : Endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazına ilişkin eşleştirilmiş örneklem t-testi sonuçları.

Ölçüm Yapılan Makine	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	Farkın Güven Aralığı (%95)		t	P Değeri
				Alt	Üst		
MOZ500	-0,31	16,12	1,56	-3,40	2,78	-0,20	0,843

4.4 Risk değerlendirmesi bulguları

Orman ürünleri üretim çalışmalarında risk değerlendirmesi amacıyla ÇKKVY tabanlı Fine Kinney yöntemi kullanılmıştır. Buna göre risk skoru çizelgesinden (Çizelge 1.2) yararlanılarak risk sınıfları oluşturulmuş (Çizelge 4.44) ve elde edilen risk skorunun karşılığı olan risk sınıfı değeri yöntem sonuçlarına ilişkin çizelgelere eklenmiştir. Yapılan arazi çalışmalarında gürültü ve partikül madde ölçümlerinden elde edilen risk değerlendirme sonuçları birlikte verilmiştir.

Çizelge 4.44 : Fine Kinney Yöntemi Risk Sınıfları.

Risk Durumu	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Kabul Edilebilir Risk	<20	1
Olası Risk	21-70	2
Önemli Risk	71-200	3
Yüksek Risk	201-400	4
Çok Yüksek Risk	>400	5

4.4.1 Fine Kinney Yöntemi bulguları

Fine Kinney Yöntemi kullanılarak yapılan risk değerlendirme çalışmalarında toplamda beş farklı çalışma alanına ait dokuz farklı üretim makinesinden elde edilen ölçümlerden yararlanılmıştır. Bu ölçümlerde gürültü, endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile yapılmıştır. Benzer şekilde partikül ölçümleri de endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile yapılmıştır.

4.4.1.1 Fine Kinney gürültü bulguları

Hüyük OİŞ Fine Kinney gürültü bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Hidromek HMK 220 hasatçı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.45'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.45 : Hidromek HMK 220 Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Hidromek HMK 220	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	0,2	0,5	3	0,3	1
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,2	0,5	15	1,5	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	0,5	1	3	1,5	1
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,2	0,5	15	1,5	1
		121-140					
		>140					

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Volvo EC55 yükleyici için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.46'da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.46 : Volvo EC55 Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Volvo EC55	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	3	6	3	54	2
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,2	0,5	15	1,5	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	3	6	3	54	2
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,2	0,5	15	1,5	1
		121-140					
		>140					

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Kubota U55-4 yükleyici için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.47’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.47 : Kubota U55-4 Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Kubota U55-4	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	0,5	1	3	1,5	1
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,5	1	15	7,5	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	0,5	2	3	3	1
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,5	2	15	15	1
		121-140					
		>140					

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden MAN TGA 18-440 tomruk kamyonu için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.48’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.48 : Kubota U55-4 Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
MAN TGA 18-440	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	3	6	3	54	2
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,2	0,5	15	1,5	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	3	6	3	54	2
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,2	0,5	15	1,5	1
		121-140					
		>140					

Osmangazi OİŞ Fine Kinney gürültü bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden New Holland TT55B model traktör için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.49’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.49 : New Holland TT55B Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
New Holland TT55B	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	0,5	2	3	3	1
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	3	3	15	135	3
		121-140	0,2	0,5	40	4	1
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	1	0,5	3	1,5	1
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	3	3	15	135	3
		121-140	0,2	0,5	40	4	1
		>140					

Dağtekte OİŞ Fine Kinney gürültü bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Türk-FIAT 80-66 model traktör için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.50’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar

incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.50 : Türk-FIAT 80-66 Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Türk-FIAT 80-66	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	0,2	0,5	3	0,3	1
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	1	3	15	45	2
		121-140					
	TriSensor 4.0	>140					
		<30					
		30 - 65	0,5	1	3	1,5	1
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	3	3	15	135	3
		121-140					
		>140					

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden BMC PRO 827 tomruk kamyonu için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.51’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.51 : BMC PRO 827 Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
BMC PRO 827	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	0,5	1	3	1,5	1
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,2	0,5	15	1,5	1
		121-140					
	TriSensor 4.0	>140					
		<30					
		30 - 65	1	3	3	9	1
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,2	0,5	15	1,5	1
		121-140					
		>140					

Çamlıhemşin OİŞ Fine Kinney gürültü bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden URUS MIII kablolu hava hattı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.52’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.52 : Türk-FIAT 80-66 Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
URUS MIII	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	3	6	3	54	2
		66-90	6	6	7	252	4
		91-120	6	6	15	540	5
		121-140	0,2	0,5	40	4	1
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	3	6	3	54	2
		66-90	6	6	7	252	4
		91-120	6	6	15	540	5
		121-140					
		>140					

Karçkal OİŞ Fine Kinney gürültü bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden MOZ500 kablolu hava hattı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.53'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.53 : Türk-FIAT 80-66 Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
MOZ500	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	3	6	3	54	2
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,5	2	15	15	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	3	6	3	54	2
		66-90	10	6	7	420	5
		91-120	0,5	3	15	22,5	2
		121-140					
		>140					

4.4.1.2 Fine Kinney partikül madde bulguları

Hüyük OİŞ Fine Kinney partikül madde bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Hidromek HMK 220 hasatçı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.54'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.54 : Hidromek HMK 220 Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Hidromek HMK 220	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4	1	3	1	3	1
		15,5-40,4	3	6	3	54	2
		40,5-65,4	3	6	7	126	3
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4	0,5	1	40	20	1
		>250,4					
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	3	3	3	27	2
		40,5-65,4	6	6	7	252	4
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4	0,2	0,5	40	4	1
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54	0,2	0,5	1	0,1	1
		55-154	3	6	3	54	2
		155-254	6	6	7	252	4
		255-354	6	6	15	540	5
		355-424	1	3	40	120	3
		>424	1	3	100	300	4

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Volvo EC55 yükleyici için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.55’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.55 : Volvo EC55 Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Volvo EC55	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4	1	3	1	3	1
		15,5-40,4	3	6	3	54	2
		40,5-65,4	3	6	7	126	3
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4	0,2	0,5	40	4	1
		>250,4	0,2	0,5	100	10	1
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	3	3	3	27	2
		40,5-65,4	6	6	7	252	4
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4	0,2	0,5	40	4	1
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54	0,5	1	1	0,5	1
		55-154	3	6	3	54	2
		155-254	6	6	7	252	4
		255-354	3	6	15	270	4
		355-424	1	3	40	120	3
		>424	1	3	100	300	4

Çizelge 4.56 : Kubota U55-4 Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Kubota U55-4	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4	1	3	1	3	1
		15,5-40,4	3	6	3	54	2
		40,5-65,4	3	6	7	126	3
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4					
		>250,4					
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	3	3	3	27	2
		40,5-65,4	6	6	7	252	4
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4					
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54					
		55-154	3	6	3	54	2
		155-254	6	6	7	252	4
		255-354	3	6	15	270	4
		355-424	1	3	40	120	3
		>424	0,5	2	100	100	3

Çizelge 4.57 : MAN TGA 18-440 Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
MAN TGA 18-440	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	0,5	1	3	1,5	1
		40,5-65,4	6	6	7	252	4
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4	1	3	40	120	3
		>250,4					
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	0,2	0,5	3	0,3	1
		40,5-65,4	6	6	7	252	4
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4	0,5	2	40	40	2
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54	3	3	1	9	1
		55-154	6	6	3	108	3
		155-254	6	3	7	126	3
		255-354					
		355-424					
		>424					

Osmangazi OİŞ Fine Kinney partikül madde bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden New Holland TT55B model traktör için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.58’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.58 : New Holland TT55B Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
New Holland TT55B	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4					
		40,5-65,4					
		65,5-150,4	3	6	15	270	4
		150,5-250,4	6	6	40	1440	5
		>250,4	6	6	100	3600	5
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4					
		40,5-65,4					
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4	6	6	40	1440	5
		>250,4	3	6	100	1800	5
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54					
		55-154					
		155-254	0,5	1	7	3,5	1
		255-354	0,5	2	15	15	1
		355-424	0,5	2	40	40	2
		>424	10	6	100	6000	5

Dağteke OİŞ Fine Kinney partikül madde bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Türk-FIAT 80-66 model traktör için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.59’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden BMC PRO 827 tomruk kamyonu için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.60’ta verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde PM10 ölçüm grubunda çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.59 : Türk-FIAT 80-66 Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Türk-FIAT 80-66	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4					
		40,5-65,4	0,5	2	7	7	1
		65,5-150,4	10	6	15	900	5
		150,5-250,4	1	3	40	120	3
		>250,4	0,2	0,5	100	10	1
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4					
		40,5-65,4					
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4	6	6	40	1440	5
		>250,4	3	3	100	900	5
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54					
		55-154	0,2	0,5	3	0,3	1
		155-254	6	6	7	252	4
		255-354	3	6	15	270	4
		355-424	3	6	40	720	5
		>424	3	6	100	1800	5

Çizelge 4.60 : BMC PRO 827 Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
BMC PRO 827	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4	3	3	1	9	1
		15,5-40,4	3	6	3	54	2
		40,5-65,4	6	6	7	252	4
		65,5-150,4	3	6	15	270	4
		150,5-250,4	0,5	2	40	40	2
		>250,4					
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4	0,5	2	1	1	1
		15,5-40,4	6	6	3	108	3
		40,5-65,4	6	6	7	252	4
		65,5-150,4	3	6	15	270	4
		150,5-250,4					
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54	3	3	1	9	1
		55-154	3	6	3	54	2
		155-254	10	6	7	420	5
		255-354					
		355-424					
		>424					

Çamlıhemşin OİŞ Fine Kinney partikül madde bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden URUS MIII kablolu hava hattı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.61’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde PM10 ölçüm grubunda çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.61 : URUS MIII Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
URUS MIII	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	0,2	1	3	0,6	1
		40,5-65,4	3	3	7	63	2
		65,5-150,4	10	6	15	900	5
		150,5-250,4	1	3	40	120	3
		>250,4	0,2	0,5	100	10	1
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	0,5	2	3	3	1
		40,5-65,4	3	6	7	126	3
		65,5-150,4	10	6	15	900	5
		150,5-250,4	0,5	2	40	40	2
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54					
		55-154	6	6	3	108	3
		155-254	6	6	7	252	4
		255-354	3	6	15	270	4
		355-424	1	3	40	120	3
		>424	0,2	1	100	20	1

Karçkal OİŞ Fine Kinney partikül madde bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden MOZ500 kablolu hava hattı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.62’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde TriSensor 4.0 PM2.5 ölçüm grubunda çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.62 : MOZ500 Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
MOZ500	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4	3	3	1	9	1
		15,5-40,4	3	6	3	54	2
		40,5-65,4	3	6	7	126	3
		65,5-150,4	6	6	15	540	4
		150,5-250,4					
		>250,4					
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4	0,5	2	1	1	1
		15,5-40,4	3	6	3	54	2
		40,5-65,4	6	6	7	252	4
		65,5-150,4	6	6	15	540	5
		150,5-250,4					
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54	3	6	1	18	1
		55-154	10	6	3	180	3
		155-254	3	3	7	63	2
		255-354					
		355-424					
		>424					

4.4.2 Bulanık Fine Kinney Yöntemi bulguları

Bulanık Fine Kinney Yöntemi kullanılarak yapılan risk değerlendirme çalışmalarında toplamda beş farklı çalışma alanına ait dokuz farklı üretim makinesinden elde edilen ölçümlerden yararlanılmıştır. Bu ölçümlerde gürültü, endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile yapılmıştır. Benzer şekilde partikül ölçümleri de endüstriyel partikül madde ölçüm cihazı ve TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı olmak üzere iki farklı cihaz ile yapılmıştır.

4.4.2.1 Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları

Hüyük OİŞ Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Hidromek HMK 220 hasatçı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.63'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.63 : Hidromek HMK 220 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Hidromek HMK 220	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	0,2	0,5	3	18,7	1
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,2	0,5	15	18,7	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	0,5	1	3	18,7	1
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,2	0,5	15	18,7	1
		121-140					
		>140					

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Volvo EC55 yükleyici için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.64’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.64 : Volvo EC55 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Volvo EC55	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	3	6	3	63,3	2
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,2	0,5	15	18,7	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	3	6	3	63,3	2
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,2	0,5	15	18,7	1
		121-140					
		>140					

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Kubota U55-4 yükleyici için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.65’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.65: Kubota U55-4 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Kubota U55-4	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	0,5	1	3	18,7	1
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,5	1	15	18,7	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	0,5	2	3	18,7	1
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,5	2	15	18,7	1
		121-140					
		>140					

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden MAN TGA 18-440 tomruk kamyonu için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.66’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.66 : MAN TGA 18-440 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
MAN TGA 18-440	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	3	6	3	63,3	2
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,2	0,5	15	18,7	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	3	6	3	63,3	2
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,2	0,5	15	18,7	1
		121-140					
		>140					

Osmangazi OİŞ Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden New Holland TT55B model traktör için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.67’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar

incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.67 : New Holland TT55B Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
New Holland TT55B	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	0,5	2	3	18,7	1
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	3	3	15	160	3
		121-140	0,2	0,5	40	18,7	1
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	1	0,5	3	18,7	1
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	3	3	15	160	3
		121-140	0,2	0,5	40	18,7	1
		>140					

Dağteke OİŞ Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Türk-FIAT 80-66 model traktör için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.68’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.68 : Türk-FIAT 80-66 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Türk-FIAT 80-66	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	0,2	0,5	3	18,7	1
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	1	3	15	63,3	2
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	0,5	1	3	18,7	1
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	3	3	15	160	3
		121-140					
		>140					

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden BMC PRO 827 tomruk kamyonu için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.69’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.69 : BMC PRO 827 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
BMC PRO 827	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	0,5	1	3	18,7	1
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,2	0,5	15	18,7	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	1	3	3	18,7	1
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,2	0,5	15	18,7	1
		121-140					
		>140					

Çamlıhemşin OİŞ Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden URUS MIII kablolu hava hattı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.70’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.70 : Türk-FIAT 80-66 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
URUS MIII	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	3	6	3	63,3	2
		66-90	6	6	7	312	4
		91-120	6	6	15	467	5
		121-140	0,2	0,5	40	18,7	1
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	3	6	3	63,3	2
		66-90	6	6	7	312	4
		91-120	6	6	15	467	5
		121-140					
		>140					

Karçkal OİŞ Bulanık Fine Kinney gürültü bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden MOZ500 kablolu hava hattı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.71’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.71 : Türk-FIAT 80-66 Bulanık Fine Kinney gürültü risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Gürültü (dBA)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
MOZ500	Endüstriyel Cihaz	<30					
		30 - 65	3	6	3	63,3	2
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,5	2	15	18,7	1
		121-140					
		>140					
	TriSensor 4.0	<30					
		30 - 65	3	6	3	63,3	2
		66-90	10	6	7	467	5
		91-120	0,5	3	15	63,3	2
		121-140					
		>140					

4.4.2.2 Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları***Hüyük OİŞ Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları***

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Hidromek HMK 220 hasatçı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.72’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.72 : Hidromek HMK 220 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Hidromek HMK 220	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4	1	3	1	18,7	1
		15,5-40,4	3	6	3	63,3	2
		40,5-65,4	3	6	7	160	3
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4	0,5	1	40	63,3	2
		>250,4					
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	3	3	3	63,3	2
		40,5-65,4	6	6	7	312	4
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4	0,2	0,5	40	18,7	1
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54	0,2	0,5	1	18,7	1
		55-154	3	6	3	63,3	2
		155-254	6	6	7	312	4
		255-354	6	6	15	467	5
		355-424	1	3	40	160	3
		>424	1	3	100	312	4

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Volvo EC55 yükleyici için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.73'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.73 : Volvo EC55 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Volvo EC55	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4	1	3	1	18,7	1
		15,5-40,4	3	6	3	63,3	2
		40,5-65,4	3	6	7	160	3
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4	0,2	0,5	40	18,7	1
		>250,4	0,2	0,5	100	18,7	1
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	3	3	3	63,3	2
		40,5-65,4	6	6	7	312	4
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4	0,2	0,5	40	18,7	1
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54	0,5	1	1	18,7	1
		55-154	3	6	3	63,3	2
		155-254	6	6	7	312	4
		255-354	3	6	15	312	4
		355-424	1	3	40	160	3
		>424	1	3	100	312	4

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Kubota U55-4 yükleyici için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.74'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden MAN TGA 18-440 tomruk kamyonu için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.75'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.74 : Kubota U55-4 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Kubota U55-4	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4	1	3	1	18,7	1
		15,5-40,4	3	6	3	63,3	2
		40,5-65,4	3	6	7	160	3
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4					
		>250,4					
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	3	3	3	63,3	2
		40,5-65,4	6	6	7	312	4
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4					
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54					
		55-154	3	6	3	63,3	2
		155-254	6	6	7	312	4
		255-354	3	6	15	312	4
		355-424	1	3	40	160	3
		>424	0,5	2	100	160	3

Çizelge 4.75 : MAN TGA 18-440 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
MAN TGA 18-440	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	0,5	1	3	18,7	1
		40,5-65,4	6	6	7	312	4
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4	1	3	40	160	3
		>250,4					
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	0,2	0,5	3	18,7	1
		40,5-65,4	6	6	7	312	4
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4	0,5	2	40	63,3	2
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54	3	3	1	18,7	1
		55-154	6	6	3	160	3
		155-254	6	3	7	160	3
		255-354					
		355-424					
		>424					

Osmangazi OİŞ Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden New Holland TT55B model traktör için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.76’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar

incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.76 : New Holland TT55B Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
New Holland TT55B	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4					
		40,5-65,4					
		65,5-150,4	3	6	15	312	4
		150,5-250,4	6	6	40	467	5
		>250,4	6	6	100	467	5
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4					
		40,5-65,4					
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4	6	6	40	467	5
		>250,4	3	6	100	467	5
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54					
		55-154					
		155-254	0,5	1	7	18,7	1
		255-354	0,5	2	15	18,7	1
		355-424	0,5	2	40	63,3	2
		>424	10	6	100	467	5

Dağteke OİŞ Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden Türk-FIAT 80-66 model traktör için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.77’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı ölçüm cihazlarında çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden BMC PRO 827 tomruk kamyonu için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.78’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde PM10 ölçüm grubunda çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.77 : Türk-FIAT 80-66 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
Türk-FIAT 80-66	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4					
		40,5-65,4	0,5	2	7	18,7	1
		65,5-150,4	10	6	15	467	5
		150,5-250,4	1	3	40	160	3
		>250,4	0,2	0,5	100	18,7	1
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4					
		40,5-65,4					
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4	6	6	40	467	5
		>250,4	3	3	100	467	5
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54					
		55-154	0,2	0,5	3	18,7	1
		155-254	6	6	7	312	4
		255-354	3	6	15	312	4
		355-424	3	6	40	467	5
		>424	3	6	100	467	5

Çizelge 4.78 : BMC PRO 827 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
BMC PRO 827	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4	3	3	1	18,7	1
		15,5-40,4	3	6	3	63,3	2
		40,5-65,4	6	6	7	312	4
		65,5-150,4	3	6	15	312	4
		150,5-250,4	0,5	2	40	63,3	2
		>250,4					
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4	0,5	2	1	18,7	1
		15,5-40,4	6	6	3	160	3
		40,5-65,4	6	6	7	312	4
		65,5-150,4	3	6	15	312	4
		150,5-250,4					
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54	3	3	1	18,7	1
		55-154	3	6	3	63,3	2
		155-254	10	6	7	467	5
		255-354					
		355-424					
		>424					

Çamlıhemşin OİŞ Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden URUS MIII kablolu hava hattı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.79’da verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde PM10 ölçüm grubunda çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.79 : URUS MIII Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
URUS MIII	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	0,2	1	3	18,7	1
		40,5-65,4	3	3	7	63,3	2
		65,5-150,4	10	6	15	467	5
		150,5-250,4	1	3	40	160	3
		>250,4	0,2	0,5	100	18,7	1
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4					
		15,5-40,4	0,5	2	3	18,7	1
		40,5-65,4	3	6	7	160	3
		65,5-150,4	10	6	15	467	5
		150,5-250,4	0,5	2	40	63,3	2
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54					
		55-154	6	6	3	160	3
		155-254	6	6	7	312	4
		255-354	3	6	15	312	4
		355-424	1	3	40	160	3
		>424	0,2	1	100	63,3	2

Karçkal OİŞ Bulanık Fine Kinney partikül madde bulguları

Ölçüm yapılan üretim makinelerinden MOZ500 kablolu hava hattı için risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.80’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde TriSensor 4.0 PM2.5 ölçüm grubunda çok yüksek risk içeren verilerin bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.80 : MOZ500 Bulanık Fine Kinney partikül madde risk skorları.

Üretim Makinesi	Ölçüm Cihazı	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Olasılık	Frekans	Şiddet	Risk Skoru	Risk Sınıfı
MOZ500	Endüstriyel Cihaz PM2.5	0-15,4	3	3	1	18,7	1
		15,5-40,4	3	6	3	63,3	2
		40,5-65,4	3	6	7	160	3
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4					
		>250,4					
	TriSensor 4.0 PM2.5	0-15,4	0,5	2	1	18,7	1
		15,5-40,4	3	6	3	63,3	2
		40,5-65,4	6	6	7	312	4
		65,5-150,4	6	6	15	467	5
		150,5-250,4					
		>250,4					
	Endüstriyel Cihaz PM10	0-54	3	6	1	18,7	1
		55-154	10	6	3	160	3
		155-254	3	3	7	63,3	2
		255-354					
		355-424					
		>424					

4.4.3 Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney yöntemlerinin karşılaştırılması

Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney Yöntemleri kullanılarak toplam beş çalışma alanı altında dokuz farklı üretim cihazı üzerinden alınan veriler değerlendirilmiştir. Gürültü risk değerlendirmeleri endüstriyel gürültü ölçüm cihazı için Çizelge 4.81’de, TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı için ise Çizelge 4.82’de verilmiştir.

Çizelge 4.81 : Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney gürültü risk değerlendirme sonuçları (Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı).

Üretim Makinesi	Gürültü (dBA)	Fine Kinney Risk Skoru	Risk Sınıfı	Bulanık Fine Kinney Risk Skoru	Risk Sınıfı
Hidromek HMK 220	30 - 65	0,3	1	18,7	1
	66-90	420	5	467	5
	91-120	1,5	1	18,7	1
Volvo EC55	30 - 65	54	2	63,3	2
	66-90	420	5	467	5
	91-120	1,5	1	18,7	1
Kubota U55-4	30 - 65	1,5	1	18,7	1
	66-90	420	5	467	5
	91-120	7,5	1	18,7	1
MAN TGA 18-440	30 - 65	54	2	63,3	2
	66-90	420	5	467	5
	91-120	1,5	1	18,7	1
New Holland TT55B	30 - 65	3	1	18,7	1
	66-90	420	5	467	5
	91-120	135	3	160	3
	121-140	4	1	18,7	1
Türk-FIAT 80-66	30 - 65	0,3	1	18,7	1
	66-90	420	5	467	5
	91-120	45	2	63,3	2
BMC PRO 827	30 - 65	1,5	1	18,7	1
	66-90	420	5	467	5
	91-120	1,5	1	18,7	1
URUS MIII	30 - 65	54	2	63,3	2
	66-90	252	4	312	4
	91-120	540	5	467	5
	121-140	4	1	18,7	1
MOZ500	30 - 65	54	2	63,3	2
	66-90	420	5	467	5
	91-120	15	1	18,7	1

Çizelge 4.82 : Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney gürültü risk değerlendirme sonuçları (TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı).

Üretim Makinesi	Gürültü (dBA)	Fine Kinney Risk Skoru	Risk Sınıfı	Bulanık Fine Kinney Risk Skoru	Risk Sınıfı
Hidromek HMK 220	30 - 65	1,5	1	18,7	1
	66-90	420	5	467	5
	91-120	1,5	1	18,7	1
Volvo EC55	30 - 65	54	2	63,3	2
	66-90	420	5	467	5
	91-120	1,5	1	18,7	1
Kubota U55-4	30 - 65	3	1	18,7	1
	66-90	420	5	467	5
	91-120	15	1	18,7	1
MAN TGA 18-440	30 - 65	54	2	63,3	2
	66-90	420	5	467	5
	91-120	1,5	1	18,7	1
New Holland TT55B	30 - 65	1,5	1	18,7	1
	66-90	420	5	467	5
	91-120	135	3	160	3
	121-140	4	1	18,7	1
Türk-FIAT 80-66	30 - 65	1,5	1	18,7	1
	66-90	420	5	467	5
	91-120	135	3	160	3
BMC PRO 827	30 - 65	9	1	18,7	1
	66-90	420	5	467	5
	91-120	1,5	1	18,7	1
URUS MIII	30 - 65	54	2	63,3	2
	66-90	252	4	312	4
	91-120	540	5	467	5
MOZ500	30 - 65	54	2	63,3	2
	66-90	420	5	467	5
	91-120	22,5	2	63,3	2

Partikül madde risk değerlendirmeleri endüstriyel partikül ölçüm cihazı için PM2.5 ve PM10 olarak ölçülmüştür. PM2.5 için sonuçlar Çizelge 4.83’te, PM10 için Çizelge 4.84’te verilmiştir.

Çizelge 4.83 : Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney partikül madde (PM2.5) risk değerlendirme sonuçları (Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı).

Üretim Makinesi	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fine Kinney Risk Skoru	Risk Sınıfı	Bulanık Fine Kinney Risk Skoru	Risk Sınıfı
Hidromek HMK 220	0-15,4	3	1	18,7	1
	15,5-40,4	54	2	63,3	2
	40,5-65,4	126	3	160	3
	65,5-150,4	540	5	467	5
	150,5-250,4	20	1	63,3	2
Volvo EC55	0-15,4	3	1	18,7	1
	15,5-40,4	54	2	63,3	2
	40,5-65,4	126	3	160	3
	65,5-150,4	540	5	467	5
	150,5-250,4	4	1	18,7	1
	>250,4	10	1	18,7	1
Kubota U55-4	0-15,4	3	1	18,7	1
	15,5-40,4	54	2	63,3	2
	40,5-65,4	126	3	160	3
	65,5-150,4	540	5	467	5
MAN TGA 18-440	15,5-40,4	1,5	1	18,7	1
	40,5-65,4	252	4	312	4
	65,5-150,4	540	5	467	5
	150,5-250,4	120	3	160	3
New Holland TT55B	65,5-150,4	270	4	312	4
	150,5-250,4	1440	5	467	5
	>250,4	3600	5	467	5
Türk-FIAT 80-66	40,5-65,4	7	1	18,7	1
	65,5-150,4	900	5	467	5
	150,5-250,4	120	3	160	3
	>250,4	10	1	18,7	1
BMC PRO 827	0-15,4	9	1	18,7	1
	15,5-40,4	54	2	63,3	2
	40,5-65,4	252	4	312	4
	65,5-150,4	270	4	312	4
URUS MIII	15,5-40,4	0,6	1	18,7	1
	40,5-65,4	63	2	63,3	2
	65,5-150,4	900	5	467	5
	150,5-250,4	120	3	160	3
	>250,4	10	1	18,7	1
MOZ500	0-15,4	9	1	18,7	1
	15,5-40,4	54	2	63,3	2
	40,5-65,4	126	3	160	3
	65,5-150,4	540	5	467	5

Çizelge 4.84 : Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney partikül madde (PM10) risk değerlendirme sonuçları (Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı).

Üretim Makinesi	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fine Kinney Risk Skoru	Risk Sınıfı	Bulanık Fine Kinney Risk Skoru	Risk Sınıfı
Hidromek HMK 220	0-54	0,1	1	18,7	1
	55-154	54	2	63,3	2
	155-254	252	4	312	4
	255-354	540	5	467	5
	355-424	120	3	160	3
	>424	300	4	312	4
Volvo EC55	0-54	0,5	1	18,7	1
	55-154	54	2	63,3	2
	155-254	252	4	312	4
	255-354	270	4	312	4
	355-424	120	3	160	3
	>424	300	4	312	4
Kubota U55-4	55-154	54	2	63,3	2
	155-254	252	4	312	4
	255-354	270	4	312	4
	355-424	120	3	160	3
MAN TGA 18-440	0-54	9	1	18,7	1
	55-154	108	3	160	3
	155-254	126	3	160	3
New Holland TT55B	155-254	3,5	1	18,7	1
	255-354	15	1	18,7	1
	355-424	40	2	63,3	2
	>424	6000	5	467	5
Türk-FIAT 80-66	55-154	0,3	1	18,7	1
	155-254	252	4	312	4
	255-354	270	4	312	4
	355-424	720	5	467	5
	>424	1800	5	467	5
BMC PRO 827	0-54	9	1	18,7	1
	55-154	54	2	63,3	2
	155-254	420	5	467	5
URUS MIII	55-154	108	3	160	3
	155-254	252	4	312	4
	255-354	270	4	312	4
	355-424	120	3	160	3
	>424	20	1	63,3	2
MOZ500	0-54	18	1	18,7	1
	55-154	180	3	160	3
	155-254	63	2	63,3	2

Partikül madde (PM2.5) TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Ölçümlere göre risk değerlendirme sonuçları Çizelge 4.85’te verilmiştir.

Çizelge 4.85 : Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney partikül madde (PM2.5) değerlendirme sonuçları (TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı).

Üretim Makinesi	Partikül Madde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fine Kinney Risk Skoru	Risk Sınıfı	Bulanık Fine Kinney Risk Skoru	Risk Sınıfı
Hidromek HMK 220	15,5-40,4	27	2	63,3	2
	40,5-65,4	252	4	312	4
	65,5-150,4	540	5	467	5
	150,5-250,4	4	1	18,7	1
Volvo EC55	15,5-40,4	27	2	63,3	2
	40,5-65,4	252	4	312	4
	65,5-150,4	540	5	467	5
	150,5-250,4	4	1	18,7	1
Kubota U55-4	15,5-40,4	27	2	63,3	2
	40,5-65,4	252	4	312	4
	65,5-150,4	540	5	467	5
MAN TGA 18-440	15,5-40,4	0,3	1	18,7	1
	40,5-65,4	252	4	312	4
	65,5-150,4	540	5	467	5
	150,5-250,4	40	2	63,3	2
New Holland TT55B	65,5-150,4	540	5	467	5
	150,5-250,4	1440	5	467	5
	>250,4	1800	5	467	5
Türk-FIAT 80-66	65,5-150,4	540	5	467	5
	150,5-250,4	1440	5	467	5
	>250,4	900	5	467	5
BMC PRO 827	0-15,4	1	1	18,7	1
	15,5-40,4	108	3	160	3
	40,5-65,4	252	4	312	4
	65,5-150,4	270	4	312	4
URUS MIII	15,5-40,4	3	1	18,7	1
	40,5-65,4	126	3	160	3
	65,5-150,4	900	5	467	5
	150,5-250,4	40	2	63,3	2
MOZ500	0-15,4	1	1	18,7	1
	15,5-40,4	54	2	63,3	2
	40,5-65,4	252	4	312	4
	65,5-150,4	540	5	467	5

5. TARTIŞMA

5.1 TriSensor 4.0 Çoklu Ölçüm Cihazı

Orman ürünlerinin üretimi sırasında makine kaynaklı risk faktörlerinden gürültü ve partikül maddenin ele alındığı bu çalışmada risk değerlendirme yapılmış ve risk faktörlerinin tespit edilebilmesi amacıyla çalışma koşulları dikkate alınarak bir çoklu ölçüm cihazı geliştirilmiştir. Risk faktörleri endüstriyel cihazlar ve çalışmada üretilen TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüş ve bu verilerden yararlanılarak iki farklı yöntem ile risk değerlendirmeleri yapılmıştır. Çalışmaların tüm aşamalarında kullanılan TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ayrıntılı olarak incelenerek avantajları ve gelişmeye açık yönleri ortaya konmuştur.

TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ormancılık çalışmaları sırasında farklı cihazlar kullanılarak yapılan ölçümleri tek bir cihazda birleştirerek daha ergonomik şekilde ölçümlerin yapılabilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Cihaz kontrol ünitesi ve sensör ünitelerinden oluşmaktadır. Dolayısıyla solunum ve duyma bölgelerinden alınacak ölçümlerde endüstriyel cihazlara göre daha ergonomik yapıdadır. Cihazın batarya, LCD ekran vb. ağır bölümleri kontrol ünitesinde yer almakla birlikte bu kısım operatörlerin bel bölgesinde rahat hareket sağlayabilecekleri bir alana yerleştirilmektedir. Sensör kısmı ise daha hafif ve omuz bölgesine yerleştirilebilmekte ve operatörün baş-boyun hareketlerini engellememektedir. Mevcut ölçüm cihazları genellikle elde tutularak veya bir tripod üzerine yerleştirilerek kullanılmaktadır (Morelli ve diğ. 2015). Dolayısı ile çalışanların üzerinde denenmeleri ergonomik olmamaktadır.

Cihazın en önemli avantajlarından bazıları aynı anda üç değişik risk faktörünü ölçebilmesi, verileri saklayabilmesi, canlı olarak gösterebilmesi ve bunları yaparken konum bilgilerini de saklamasıdır. Ayrıca cihaz geliştirilmeye açık bir yapıda olup ileriki aşamalarda internet üzerinden veri aktarımı, bilgisayar veya telefon ile canlı takip sırasında verilerin okunabilmesi ve nesnelerin interneti (IoT) (Santhosh ve diğ., 2021) gibi uzaktan kontrol edilebilir teknolojik sistemleri desteklemesi sayesinde

oldukça yenilikçi bir yapıdadır. TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazının üretilmesinde kullanılan Arduino platformu, modül, donanım ve diğer ilave parçaların toplam maliyeti yaklaşık 1800 TL olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre yukarıda sayılan avantajlarına ek olarak, TriSensor 4.0 ölçüm cihazının maliyeti endüstriyel ölçüm cihazlarına kıyasla oldukça düşük kalmaktadır. Zira gürültü, partikül madde ve CO ölçümünde kullanılan ölçüm cihazlarının toplam piyasa değeri yaklaşık 72000 TL'dir.

Cihazın önemli avantajlarının yanında bazı geliştirmeye açık kısımları da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi cihaz üzerine çok fazla bileşen eklendiğinde mikrodenetleyici kapasitesinin düşük kalabilmesi veya karttan alınan enerjinin yeterli olmaması gibi durumlardır. Bu gibi durumlarda dışarıdan ek güç gerekmektedir. Cihazın geliştirilen ilk prototipinde Arduino UNO kullanılmış ancak mikrodenetleyicinin yetersiz kalması nedeniyle sonraki aşamalarda Arduino MEGA 2560 kullanılmıştır. Cihazın kapasitesini sınırlayan diğer konular ise endüstriyel ölçüm cihazlarına göre yıpranma ihtimalinin yüksek olması, kullanılan bileşenlerin daha kısa ömürlü olmaları ve yazılım sürecinde yaşanabilecek zorluklar olarak sıralanabilir.

5.2 Risk Faktörlerinin Karşılaştırılması

5.2.1 Gürültü riski

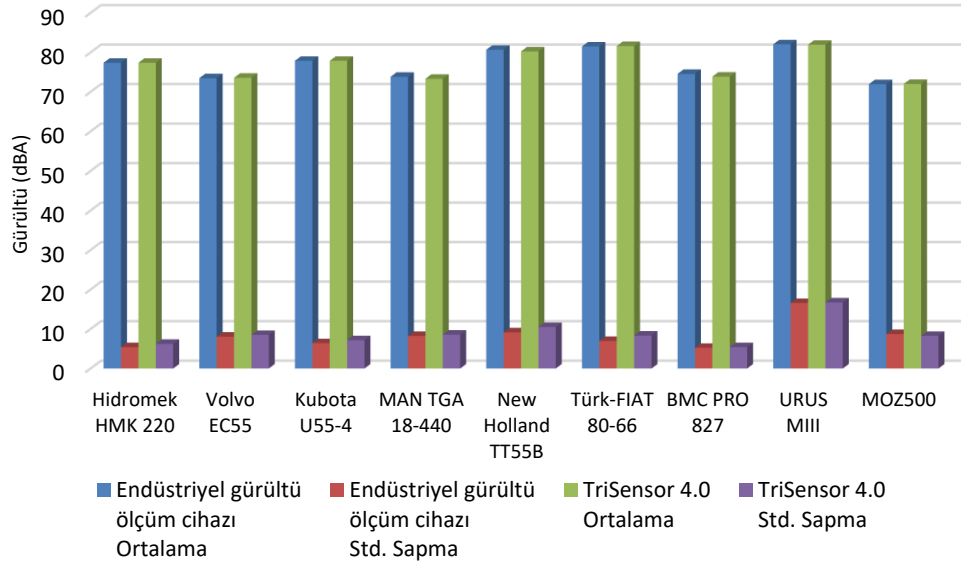
Çalışmalarda ölçümü yapılan risk faktörlerinden gürültü ele alındığında iki farklı ölçüm cihazından elde edilen veriler her bir üretim makinesi için ortalama değerler karşılaştırılarak Çizelge 5.1'de verilmiştir (Şekil 5.1). Sonuçlara bakıldığında her iki cihazda da üretim makinelerinden elde edilen ortalama gürültü değerlerinin insan sağlığına 2. derecede etkili olan 66-90 dBA aralığında yer aldığı görülmektedir (Toprak ve Aktürk, 2004).

Sonuçlara bakıldığında en düşük ortalama değerler MOZ500 kablolu hava hattından elde edilirken en yüksek değerler ise URUS MIII kablolu hava hattından kaynaklıdır. Üretim makineleri ve ölçümler değerlendirildiğinde Hidromek HMK 220, Volvo EC55, Kubota U55-4, MAN TGA 18-440 ve BMC PRO 827 model üretim araçlarının çalışma ortamı koşullarının benzerliği ve operatör kabinlerinin bulunması gibi durumlardan dolayı değerler birbirine yakın çıkmıştır. Bununla birlikte MOZ500 kablolu hava hattının uzaktan kumanda edilebilmesi sayesinde operatör motor

kaynaklı gürültüden daha az etkilenmektedir. Öte yandan URUS MIII kablolu hava hattının motor, vinç ve tambur kısımları operatör kabine oldukça yakın konumlandığı için gürültü etkisi oldukça fazladır (Şekil 5.2).

Çizelge 5.1 : Ortalama gürültü ölçüm değerleri (dBA).

Üretim Makineleri	Endüstriyel gürültü ölçüm cihazı		TriSensor 4.0	
	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
Hidromek HMK 220	77,4	5,4	77,4	6,3
Volvo EC55	73,5	8,1	73,6	8,5
Kubota U55-4	77,9	6,4	77,9	7,2
MAN TGA 18-440	73,8	8,3	73,3	8,6
New Holland TT55B	80,7	9,2	80,3	10,5
Türk-FIAT 80-66	81,5	7,0	81,6	8,3
BMC PRO 827	74,6	5,2	73,9	5,4
URUS MIII	82,1	16,6	81,9	16,7
MOZ500	72,0	8,7	72,0	8,3



Şekil 5.1 : Gürültü verilerinin karşılaştırılması.



Şekil 5.2 : MOZ500 (sol) ve URUS MIII (sağ)'de operatör konumları

Makinelerden kaynaklı gürültü riski ölçümlerine bakıldığında genel olarak 70-80 dBA ortalama gürültü şiddetleri mevcuttur. Gürültü ölçümlerinde makinelerin rölantide çalışması, yüklü ve yüksüz durumlardaki hareketleri ve bazı durumlarda kısa süreli olarak motorların kapatılması gibi çeşitli faktörler gürültü ölçümlerini etkilemiştir. Bu tip durumlar göz ardı edildiğinde ise özellikle kabinli makinelerin gürültüyü önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. Kabinsiz makineler incelendiğinde ortalama gürültü değerleri yaklaşık olarak 80 dBA civarındadır. Önceki çalışmalar dikkate alındığında Abd-El-Tawwab ve diğ. (2000) laboratuvar ortamında fabrikasyon kabin eklenmiş ve eklenmemiş traktörlerin gürültü ölçüm değerlerini karşılaştırmışlardır. Traktörler 3. viteste 10 km/h hız ile çalıştırılırken kabinsiz traktör 94 dBA, kabinli traktör ise 88 dBA olarak ölçülmüştür. Ancak bu ölçümlerde traktörün sabit olarak çalışması söz konusu olmakla birlikte, arazi şartlarında yukarıda belirtilen çeşitli faktörlerin yaşanması ile birlikte bu değerlerin bir miktar daha düştüğü gözlemlenmiştir.

Gürültü ölçümlerinde, ormancılık üretim işlerinde yoğun olarak kullanılan tarım traktörleri dikkate alındığında minimum ölçüm değeri 54 dBA, maksimum ölçüm değeri ise 123 dBA olarak kaydedilmiştir. Celen ve Arin (2003) traktör dışında kullanılan tarım makinelerinin gürültü seviyesinin 85 ile 117 dBA arasında değiştiğini bildirmektedir. Traktörler diğer makinelerden fazla kullanıldığı için daha sorunludurlar. Bu nedenle gürültü ve titreşimden en iyi şekilde izole edilmiş kabin kullanımı en önemli tedbirdir. Çalışmada, traktör operatörü üzerinden açık havadaki gürültü seviyeleri ölçülmüştür. Maksimum gürültü seviyesi egzozda 91,7 dBA, minimum gürültü seviyesi ise traktör operatörü çevresinde 79,7 dBA olarak ölçülmüştür. 1000'den 2000 rpm'e motor hızı değişiklikleri için 3 dBA'lık bir artış ölçülmüştür. Çalışmalar kıyaslandığında ilk olarak minimum ölçüm değerleri arasındaki farklar dikkat çekmektedir. Arazi ölçümleri sırasında bazı durumlarda kısa süreli duraksamaların yaşandığı ancak ölçüm cihazlarına müdahale edilememesinden kaynaklı olarak düşük ölçüm değerlerinin bulunduğu tespit edilmiştir. Maksimum ölçüm değerlerindeki fark operatör ile diğer işçiler arasındaki yüksek sesli iletişiminden kaynaklanabileceği düşünülmekle beraber bu konudaki en büyük dayanak nokta ölçüm cihazının operatörün ağız bölgesine oldukça yakın olmasıdır. Bu gibi durumlar çalışmalarda yaşanan bazı zorlukları da ortaya koymaktadır. Cihazların takibi, orman arazi yapısından kaynaklı zorluklar, hareket halindeki makinelerin takibinde yaşanan problemler ve eleman yetersizliği gibi durumlar çalışmaların

zorlaşmasında önemli etkiye sahiptir. Çevresel faktörlerden ve çalışma şartlarından kaynaklanan bu durumların giderilmesi makinelerden alınan ölçüm değerlerinin doğruluğunu arttıracaktır.

Gürültü ölçümlerinde özellikle kabinsiz üretim araçlarında ve URUS MIII gibi motor ve diğer gürültüye sebep olabilecek hareketli elemanların kabin kısmına yakın olmaları durumunda yüksek gürültüye maruz kalılabileceği görülmektedir. Bu tip üretim makinelerinin tasarımında operatör kabinlerinin makinenin doğru bölümüne yerleştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca kabinsiz üretim makinelerinin kullanımında gürültüyü engelleyici kulaklıkların önerilmesi ve kullanılmaya teşvik edilmesi operatör sağlığı açısından önemlidir.

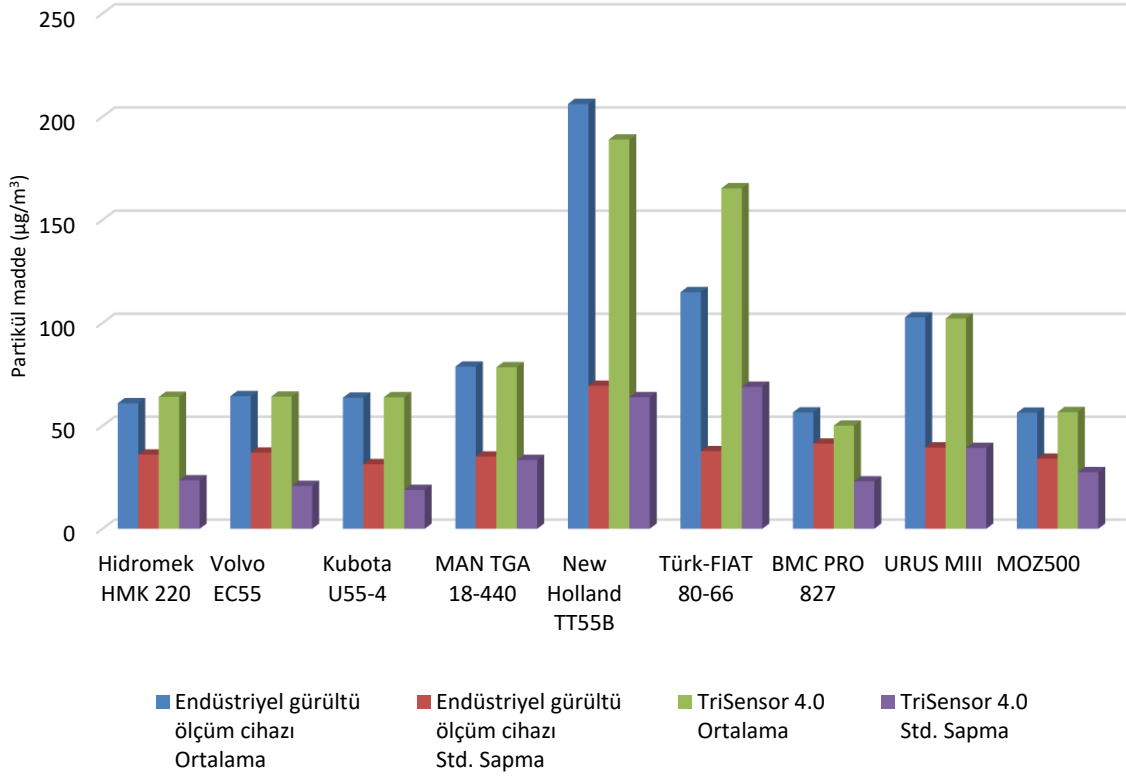
5.2.2 Partikül madde riski

Çalışmalarda ölçümü yapılan risk faktörlerinden partikül madde ele alındığında yine iki farklı ölçüm cihazı ile veriler toplanmıştır. Elde edilen verilerden yararlanılarak her bir üretim makinesi için ortalama değerler karşılaştırılmıştır. PM2.5 sonuçlarına ilişkin veriler ve grafik gösterim sırasıyla Çizelge 5.2’de ve Şekil 5.3’te verilmiştir.

Çizelge 5.2 : Ortalama PM2.5 ölçüm değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Üretim Makinesi	Endüstriyel PM ölçüm cihazı		TriSensor 4.0	
	Ortalama	Std. Sapma	Ortalama	Std. Sapma
Hidromek HMK 220	61,0	36,1	64,1	23,6
Volvo EC55	64,5	37,0	64,3	20,8
Kubota U55-4	63,7	31,4	63,9	18,9
MAN TGA 18-440	78,8	35,1	78,5	33,4
New Holland TT55B	206,2	69,5	188,9	63,9
Türk-FIAT 80-66	115,0	37,7	165,3	69,0
BMC PRO 827	56,6	41,4	50,1	23,0
URUS MIII	102,7	39,5	102,2	39,3
MOZ500	56,4	34,1	56,7	27,5

Sonuçlar incelendiğinde, “Giriş” bölümünde verilen ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) Hava Kalitesi İndeksi değerlerine (Çizelge 1.2) göre PM2.5 değerleri Hidromek HMK 220, Volvo EC55, Kubota U55-4, 18-440, BMC PRO 827 ve MOZ500 model üretim araçları için hassas gruplar için sağlıksız olarak nitelendirilen ve insan sağlığı açısından yüksek risk taşımayan gruplarda yer almaktadır. Diğer taraftan, EPA kriterlerine göre MAN TGA, URUS MIII ve Türk-FIAT 80-66 için PM2.5 değerleri sağlıksız, New Holland TT55B için ise çok sağlıksız gruplarda yer almaktadır.



Şekil 5.3 : PM2.5 verilerinin karşılaştırılması.

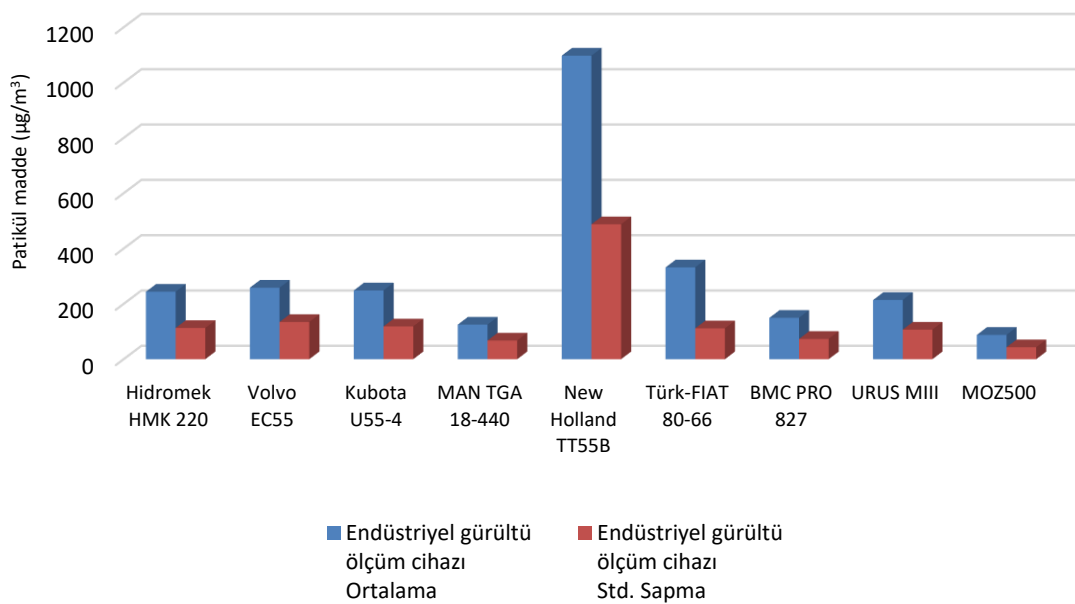
Ölçüm aşamaları dikkate alındığında diğer üretim makinelerinin aksine Türk-FIAT 80-66 ve New Holland TT55B model üretim makinelerinin kabinsiz olması ve toprak zeminde faaliyet göstermeleri PM2.5 maruziyetinin yüksek olmasında etkilidir. Bununla beraber Türk-FIAT 80-66 model traktörün New Holland TT55B model traktöre göre daha düşük PM2.5 değerlerine sahip olmasında arazi nemliliğinin etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ölçümlerin büyük bölümünde MAN TGA 18-440 model tomruk kamyonunun kumlu zeminde hareket etmesi ve açık araç pencerelerinin partikül maddeleri engelleyememesi gibi durumlardan dolayı aynı ortamda çalışan Hidromek HMK 220, Volvo EC55 ve Kubota U55-4 gibi üretim araçlarına göre PM2.5 değerleri fazla çıkmıştır.

Çalışmada, PM10 ölçümleri PM2.5 ile eşit şartlarda toplanmıştır. Bununla beraber TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı PM10 desteklememektedir. Dolayısıyla ölçümler PM10 için yalnızca endüstriyel partikül ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Üretim makinelerinden alınan verilere göre PM10 ortalama değerleri ve grafiksel gösterim sırasıyla Çizelge 5.3'te ve Şekil 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.3 : Ortalama PM10 ölçüm değerleri.

Üretim Makinesi	Endüstriyel PM ölçüm cihazı	
	Ortalama	Std. Sapma
Hidromek HMK 220	244,0	113,0
Volvo EC55	258,7	134,5
Kubota U55-4	248,7	118,7
MAN TGA 18-440	125,0	67,6
New Holland TT55B	1097,7	488,0
Türk-FIAT 80-66	332,2	111,8
BMC PRO 827	149,7	73,3
URUS MIII	214,2	106,9
MOZ500	88,1	43,3

Sonuçlar incelendiğinde EPA'ya göre Hidromek HMK 220, Kubota U55-4, MAN TGA 18-440, BMC PRO 827, URUS MIII ve MOZ500 model makinelerden elde edilen değerler orta ve hassas gruplar için sağlıklı olarak tanımlanan gruplarda yer almaktadır. Bununla birlikte Volvo EC55 ve Türk-FIAT 80-66 model üretim makineleri sağlıklı grupta yer almaktadır. Bu makinelerin çalışma ortamı şartları benzer olmakla beraber Türk-FIAT 80-66 model traktörde kabin bulunmaması sonuçları etkilemiştir. Elde edilen en yüksek PM10 değerleri New Holland TT55B model traktörden alınmıştır. Toprak üzerinde sürütme çalışmaları sırasında yapılan bu ölçümlerde yoğun toz oluşumu ile birlikte traktör kabininin bulunmamasının yüksek PM10 maruziyetine neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Türk-FIAT 80-66 model traktör ile ölçüm yapılırken arazinin nemli olmasından dolayı PM10 değerlerinin New Holland TT55B model traktöre göre düşük çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.4 : PM10 verilerinin karşılaştırılması.

Üretim makinelerinden kaynaklı partikül madde riski incelendiğinde kabinsiz makinelerin oldukça yüksek maruziyete uğradığı görülmektedir. Bununla birlikte zeminin ıslak veya nemli olması gibi durumlar da partikül madde oluşumunu etkilemektedir.

PM2.5 ölçümlerinde endüstriyel cihaz için minimum ve maksimum değerler 56,4-206,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ iken TriSensor 4.0 için 50,1-188,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ çıkmıştır. Önceki çalışmalar dikkate alındığında Choi ve diğ. (2019) metro çalışanları arasında hem PM2.5 hem de karbon siyahı maruziyetini değerlendirmiş ve toplamda 61 metro çalışanını incelenmiştir. PM2.5 ve karbon siyahı ölçümleri bu çalışanların solunum bölgelerinden alınmıştır. Bakım mühendisleri hem PM2.5 hem de karbon siyahına en yüksek ortalama maruziyet seviyelerine sahip çıkan grup iken (PM2.5, 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -karbon siyahı, 9,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) bunu makinistler (63,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve metro istasyonu yöneticileri (39,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) izlemiştir. Yapılan incelemeler bakım mühendisleri ve metro istasyonu yöneticilerinin görev ve çalışma yerlerindeki farklılığın maruziyeti önemli derecede etkilediğini göstermiştir. Dizel motorlu taşıtların tünel bakımında kullanılmasının, metro çalışanları arasında PM2.5 ve karbon siyahına maruz kalma seviyelerine önemli bir etkisi bulunmuştur. Bu nedenle, metro çalışanlarının hem PM2.5 hem de karbon siyahına maruziyetini azaltmak için tünellerdeki dizel motor bakım araçlarına DPF'lerin takılması da dahil olmak üzere proaktif önlemlere acilen ihtiyaç duyulmakta olduğu bildirilmiştir.

Çalışmalarda metro işçilerinin egzoz gazından çıkan PM2.5 ve karbon siyahından etkilendiği ancak bu miktarların odun hammaddesi üretiminde çalışan operatörlere göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bakım mühendislerinin en yüksek 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, odun hammaddesi üretiminde çalışan operatörlerin ise en fazla 206,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5 maruziyetine uğradığı görülmektedir. Dolayısıyla PM2.5 maruziyetini daha fazla yaşayan odun hammaddesi üretiminde ve özellikle kabinsiz üretim araçlarında çalışan operatörlerin partikül madde riskinden korunabilmesi için maskelere ihtiyaç vardır. Partikül maddeden etkilenen operatörlere kişisel koruyucu donanımlardan EN 149 tipi maskelerin önerilmesi ve kullanımına teşvik edilmesi gerekmektedir. Bu maskeler toz solunmasını engelleyecek yapıda üretilmiştir.

5.3 Ölçüm Cihazlarının Karşılaştırılması

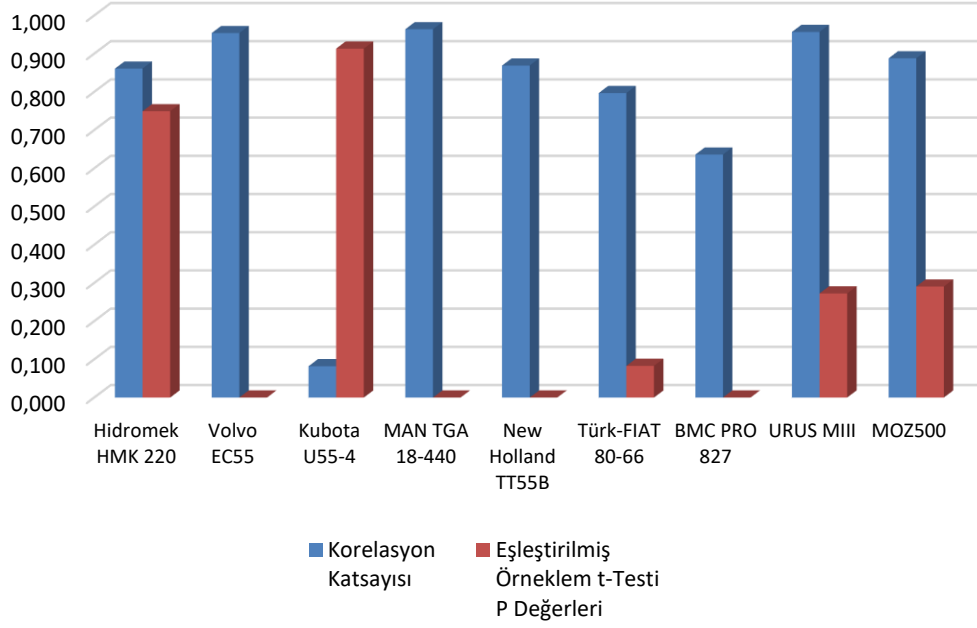
Çalışma kapsamında ormancılık faaliyetlerinin yürütüldüğü esnada endüstriyel cihazlarla ve bu cihazlara göre ergonomik ve pratik olması amaçlanarak tasarlanmış olan TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile ölçümler yapılmıştır. Endüstriyel cihazlar ile eşit şartlarda (aynı çalışma koşullarında, aynı ortamda ve eşit sürelerde) alınan ölçümler ile karşılaştırmalar yapılmıştır. İki ölçüm grubu arasında korelasyon analizi ve eşleştirilmiş örneklem t-testi yapılmıştır

5.3.1 Gürültü değerlerinin karşılaştırılması

Gürültü ölçümlerinde elde edilen verilerin tamamının kullanıldığı istatistiksel değerlendirmeler sonucu ölçüm cihazları arasındaki ilişki ve grafiksel gösterim sırasıyla Çizelge 5.4 ve Şekil 5.5'te verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre değeri 1'e yakın olan ölçümlerin pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir. Daha sonra eşleştirilmiş örneklem t-testi ile ölçümler kıyaslanmış ve p değeri 0,05'ten yüksek olan ölçümler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre endüstriyel gürültü ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı arasında Volvo EC55, MAN TGA 18-440, New Holland TT55B ve BMC PRO 827 model üretim makinelerinde yapılan ölçümlerde pozitif korelasyon olsa da eşleştirilmiş örneklem t-testine göre ölçüm gruplarının farklı olduğu bulunmuştur. Diğer taraftan, Hidromek HMK 220, Kubota U55-4, Türk-FIAT 80-66, URUS MIII ve MOZ500 model üretim makinelerinde yapılan ölçüm grupları kıyaslandığında pozitif korelasyon elde edilmiş ve eşleştirilmiş örneklem t-testi de başarılı sonuç vermiştir. Buna göre, TriSensor 4.0 ile endüstriyel ölçüm cihazı arasında anlamlı bir fark olmadığı, geliştirilen cihazın kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.4 : Gürültü ölçüm cihazlarının karşılaştırılmasına ilişkin test sonuçları.

Üretim Makinesi	Korelasyon Katsayısı	Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi P Değerleri
Hidromek HMK 220	0,861	0,749
Volvo EC55	0,954	0,000
Kubota U55-4	0,082	0,913
MAN TGA 18-440	0,964	0,000
New Holland TT55B	0,869	0,000
Türk-FIAT 80-66	0,797	0,083
BMC PRO 827	0,636	0,000
URUS MIII	0,957	0,273
MOZ500	0,888	0,291



Şekil 5.5 : Gürültü ölçüm cihazlarının karşılaştırılmasına ilişkin test sonuçları.

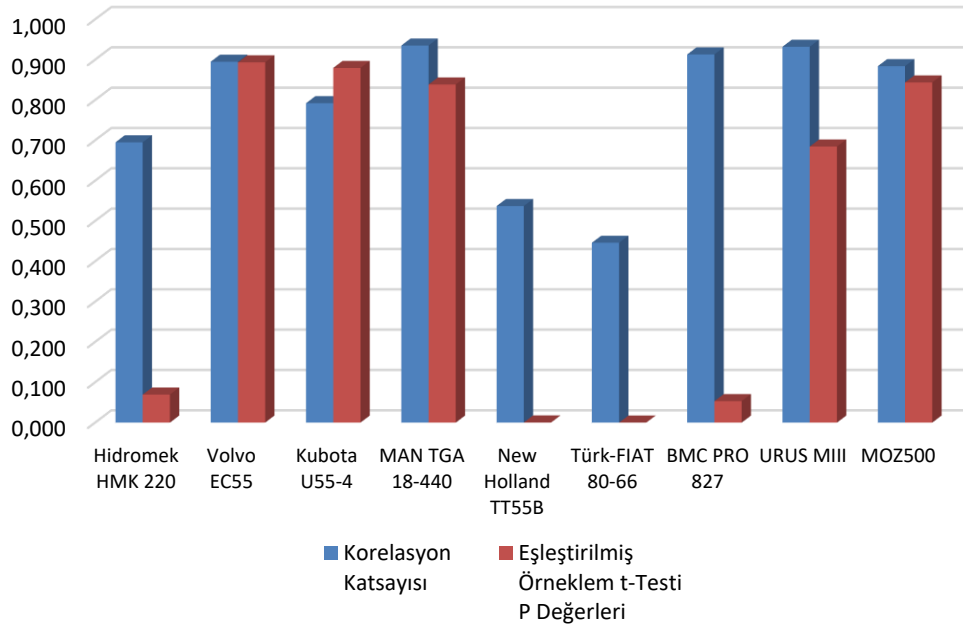
Bazı ölçümlerde başarısız sonuçlar veren TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazının geliştirme süreci dikkate alındığında, ilk ve son ölçümlerin daha başarılı olduğu görülmektedir. Burada en önemli faktörün bazı donanımsal değişiklikler olduğu saptanmıştır. Cihaz geliştirme sürecinde GPS modülünün eklenmesi sırasında bazı sensörlere yeterli gücün sağlanamaması sonucu yaşanan voltaj değişiklikleri cihazın verimsiz çalışmasına neden olmuştur. Bu sorun daha sonra cihaz üzerinde yapılan bazı değişiklikler ile giderilmiş ve aynı zamanda GPS modülünün cihazla uyumlu bir şekilde çalışması sağlanmıştır. Cihaz geliştirme aşamasında yaşanan bu durum PM2.5 ölçümleri için de geçerlidir.

5.3.2 Partikül madde ölçüm cihazlarının karşılaştırılması

Partikül madde ölçümlerinde elde edilen verilerin tamamının kullanıldığı istatistiksel değerlendirmeler sonucu ölçüm cihazları arasında bulunan ilişki ve grafiksel gösterim sırasıyla Çizelge 5.5 ve Şekil5.6’da verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre değeri 1’e yakın olan ölçümlerin pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir. Daha sonra eşleştirilmiş örneklem t-testi ile ölçümler kıyaslanmış ve P değeri 0,05’ten yüksek olan ölçümler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre endüstriyel partikül ölçüm cihazı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı arasında New Holland TT55B ve Türk-FIAT 80-66 model üretim makinelerinde yapılan ölçümlerde pozitif korelasyon olsa da eşleştirilmiş örneklem t-testine göre ölçüm gruplarının farklı olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.5 : Partikül madde (PM2.5) ölçüm cihazlarının karşılaştırılmasına ilişkin test sonuçları.

Üretim Makinesi	Korelasyon Katsayısı	Eşleştirilmiş Örneklem t-Testi P Değerleri
Hidromek HMK 220	0,695	0,070
Volvo EC55	0,895	0,894
Kubota U55-4	0,792	0,879
MAN TGA 18-440	0,935	0,838
New Holland TT55B	0,537	0,000
Türk-FIAT 80-66	0,446	0,000
BMC PRO 827	0,913	0,053
URUS MIII	0,932	0,685
MOZ500	0,884	0,843



Şekil 5.6: Partikül madde (PM2.5) ölçüm cihazlarının karşılaştırılmasına ilişkin test sonuçları.

TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı diğer ölçümlerin karşılaştırılmasında başarılı sonuçlar vermiştir. Hidromek HMK 220, Volvo EC55, MAN TGA 18-440, Kubota U55-4, BMC PRO 827, URUS MIII ve MOZ500 model üretim makinelerinde yapılan ölçüm grupları kıyaslandığında pozitif korelasyon elde edilmesi ile birlikte eşleştirilmiş örneklem t-testi de başarılı sonuç vermiştir. Dolayısı ile TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile endüstriyel gürültü ölçüm cihazı arasında fark olmadığı, geliştirilen cihazın kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir.

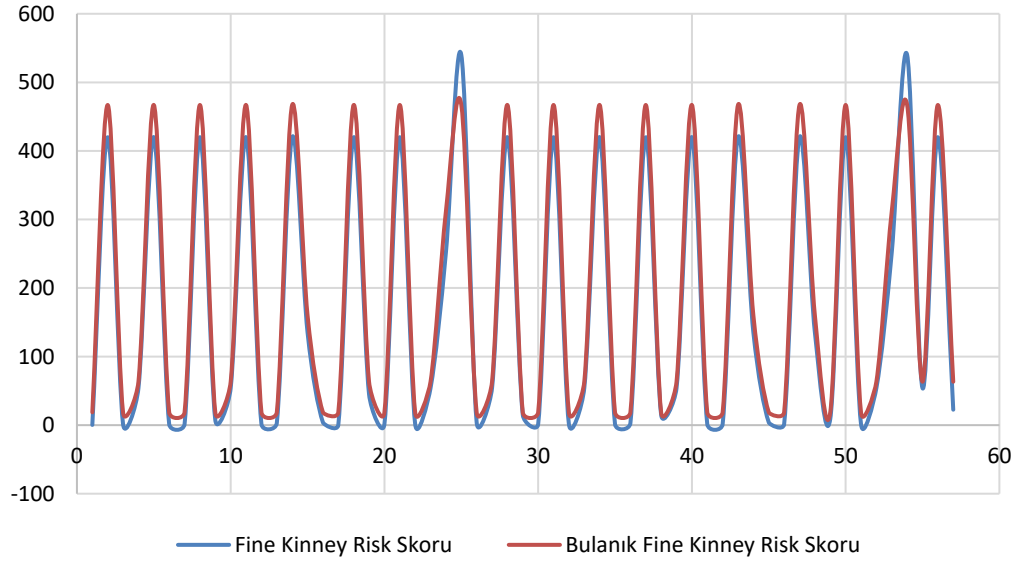
TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı ile elde edilen ortalama PM2.5 verileri 50,1-188,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. Khan ve diğ. (2021) yaptıkları bir çalışmada inşaat çalışmaları sırasında ince toz maruziyetine uğrayan işçilerin sağlık sorunlarına maruz kaldıklarını ve şantiye ortamında kritik düzeylerde partikül madde bulunduğunu ifade etmiştir. Çalışmada Arduino tabanlı iki farklı toz sensörü içeren bir cihaz kullanılmıştır. Sonuçlara göre PM2.5 değerleri iki farklı sensör için 236,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 471,30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Çalışma sonuçları kıyaslandığında yüksek partikül madde yoğunluğu bulunan kapalı inşaat alanlarının oldukça ciddi sağlık sorunlarına neden olabileceği görülmektedir. Bunun aksine ormancılık çalışmaları açık alanlarda gerçekleştirildiği için başta rüzgâr olmak üzere diğer faktörlerle beraber partikül madde yoğunluğu hızlı bir şekilde azalabilmektedir. Dolayısıyla çalışma sonuçlarından elde edilen veriler kıyaslandığında TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazının ölçümlerde başarılı olduğu görülmektedir.

5.4 Risk Değerlendirme Çalışmalarının Karşılaştırılması

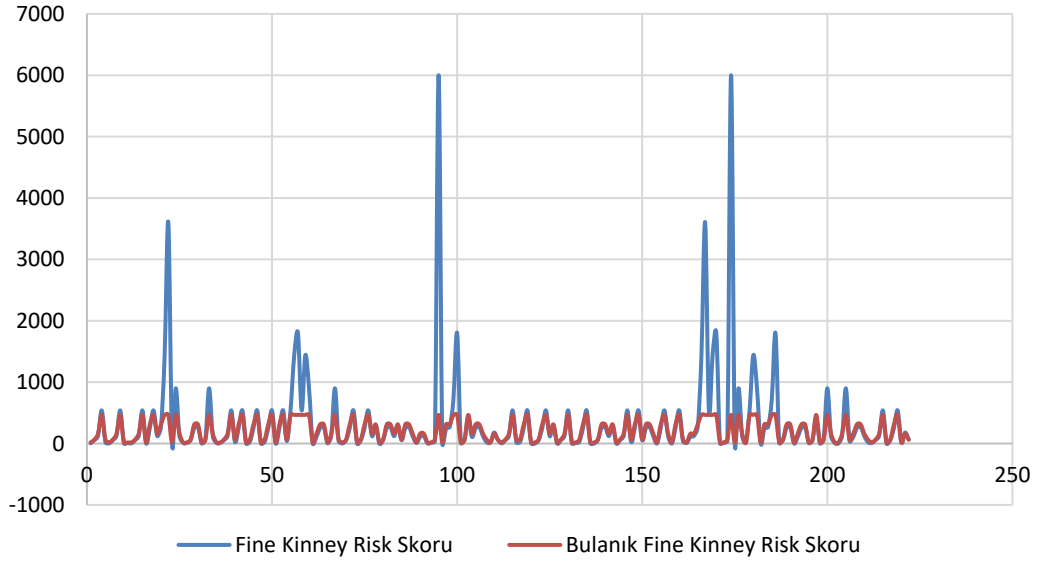
5.4.1 Risk değerlendirme skorlarının karşılaştırılması

Gürültü verileri ile yapılan risk değerlendirme çalışmalarından elde edilen risk skorları Çizelge 4.81 ve Çizelge 4.82’de verilmiştir. Bu skorlara dayanarak oluşturulan grafik (Şekil 5.7) yorumlandığında ve çizelgeler kontrol edildiğinde Fine Kinney risk değerlendirme sonuçlarının genel olarak Bulanık Fine Kinney sonuçlarından düşük olduğu görülmektedir. Bununla beraber bazı değerler Fine Kinney Yöntemi’nde daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni Bulanık Fine Kinney yönteminde risk skoru üst değerinin 600 ile sınırlandırılmasıdır (Çizelge 3.23). Fine Kinney yönteminde parametrelerin çarpımı alınarak risk skoru elde edildiği için benzer parametre puanları alan yüksek risk sınıflarında risk skoru daha yüksek çıkmaktadır. Diğer yandan düşük sınıflarda Bulanık Fine Kinney risk skorları daha yüksektir.

Partikül madde verileri ile yapılan risk değerlendirme çalışmalarından elde edilen risk skorları Çizelge 4.83 - Çizelge 4.85’te verilmiştir. Bu skorlara dayanarak oluşturulan grafik (Şekil 5.8) yorumlandığında ve çizelgeler kontrol edildiğinde Fine Kinney risk değerlendirme sonuçlarının genel olarak Bulanık Fine Kinney sonuçlarından düşük olduğu görülmektedir. Bununla beraber bazı değerler Fine Kinney yönteminde çok daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 5.7 : Gürültü risk skorlarının karşılaştırılması.



Şekil 5.8 : Partikül madde risk skorlarının karşılaştırılması.

5.4.2 Risk değerlendirme yöntemlerinin önceki çalışmalarla karşılaştırılması

Çalışma sonuçlarına göre Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney yöntemleri ile elde edilen risk skorlarında önemli değişimler bulunmaktadır. Bununla birlikte risk sınıfları genel olarak değişmemektedir. Bu konuda geçmiş çalışmalar ile kıyaslamalar yapılmış ve her iki yöntemin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Risk değerlendirme çalışmaları dikkate alındığında eski çalışmalara göre bazı farklılıklar dikkat çekmektedir. Risk skorlarındaki değişimler ve buna bağlı olarak risk sınıflarının değişimleri incelenmiştir. Çalışmada Fine Kinney yöntemine Bulanık Mantık yöntemi entegre edilirken risk sınıflarına genel olarak bağlı kalınmış ve

yalnızca üst limit değeri 600 olarak alınmıştır. Bu değerin daha düşük veya daha yüksek kullanıldığı önceki çalışmalarda risk skoru ve risk sınıflarındaki değişim incelenmiştir. Oturakçı ve Dağsuyu (2017) yaptıkları çalışmada Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney yöntemlerini birlikte kullanarak bir yapı merkezi inşaatında belirlenen riskleri değerlendirmeye almışlardır. Çalışmada risk skorları Bulanık Fine Kinney yöntemine atanırken alt limit 0, üst limit ise 400 olarak sınırlandırılmış. Dolayısıyla çalışma sonuçları dikkate alındığında risk skoru üst limiti 400 olarak belirlendiği için Bulanık Fine Kinney risk skorları bir miktar aşağı çekilmiştir. Bunun sonucunda çok yüksek risk grubunda yer alan riskler, yüksek risk grubunda görülebilmektedir. Farklı bir çalışmada ise Çınar ve diğ. (2021) gemilerin limanda yaptıkları manevralar üzerinde risk değerlendirme çalışması yaparak Bulanık Fine Kinney yöntemi uygulamışlardır. Çalışmada Bulanık Fine Kinney yöntemi risk sınıfları için alt limit değeri 0, üst limit değeri 1000 olarak alınmıştır. Dolayısıyla elde edilen risk skorları bir miktar yukarıya çekilmiştir. Bunun sonucunda ise yüksek risk grubunda yer alan bazı riskler, çok yüksek risk grubuna girebilmektedir. Çalışmaların tamamı göz önünde bulundurulduğunda Bulanık Fine Kinney yönteminde risk skorlarının tanımlanırken uygulamaya yönelik olarak farklılıklar gösterebileceği ortaya çıkmaktadır. Bu noktada uzman görüşleri veya deneysel çalışmaların sonuçları dikkate alınabilir. Öte yandan risk faktörlerindeki farklılıklar risk sınıfı değerlerinin belirlenmesinde oldukça önemlidir.

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında, odun hammaddesi üretimi sırasında makine kaynaklı risklerden gürültü ve partikül madde ele alınmıştır. Çalışmada, farklı şehirlerdeki (Bursa, İzmir, Konya, Rize, Artvin) beş orman işletme şefliğinde yürütülen üretim çalışmaları sırasında gürültü ve partikül madde verileri toplanmıştır. Bu verilerden yola çıkılarak makine operatörlerinin etkilenebileceği gürültü ve partikül madde risk seviyeleri araştırılmıştır. Arazi ölçümlerinde endüstriyel ölçüm cihazlarının yanı sıra bu çalışmada geliştirilen çoklu ölçüm cihazı (TriSensor 4.0) kullanılmıştır. TriSensor 4.0 cihazı ile ölçülen gürültü ve partikül madde maruziyet değerleri ile endüstriyel ölçüm cihazları kullanılarak elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca mekanik araçlardan kaynaklanan gürültü ve partikül madde maruziyetinin risk değerlendirme analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda, ÇKKVY yaklaşımlarından Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmada arazi ölçümleri sırasında risk oluşturabilecek olan gürültü ve partikül madde değerleri operatörler üzerine yerleştirilen ölçüm cihazları ile toplanmıştır. Üretim makinelerinden elde edilen ortalama gürültü değerlerinin insan sağlığına 2. derecede etkili olan 66-90 dBA aralığında kaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte en düşük ortalama değerler MOZ500 kablolu hava hattından elde edilirken, en yüksek değerler ise URUS MIII kablolu hava hattından kaydedilmiştir. Partikül madde (PM_{2.5}) maruziyeti değerlendirildiğinde, en yüksek değer ($>200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) New Holland TT55B model tarım traktöründe ölçüldüğü görülmüştür. Bu değer çalışma ortamının partikül madde açısından çok sağlıksız olduğunu göstermektedir. MAN TGA tomruk kamyonu, URUS MIII kablolu hava hattı ve Türk-FIAT 80-66 tarım traktöründe ise operatörlerin maruziyet değerlerinin sağlıksız ($65,5\text{-}150,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) olarak nitelendirilen aralıkta yer aldığı bulunmuştur.

Özellikle kabin olmayan traktörlerde operatörlerin hem gürültü hem de partikül madde maruziyetinden önemli derecede etkilenebileceği ortaya çıkmıştır. Çalışmalar sırasında MOZ500 gibi uzaktan kumanda edilebilen üretim makinelerinin önemli avantajlara sahip olduğu görülmektedir. Makineden uzakta çalışılması durumunda

operatörün hem gürültü hem de partikül maddeden daha az etkilendiği belirlenmiştir. Bununla birlikte nemli zeminde yapılan çalışmalarda partikül oluşumunun bir miktar daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Risk faktörlerine karşı alınacak operasyonel olarak operatörlerin vardiyalar halinde çalışmaları, çalışma sürelerinin düzenlenmesi ve mola ihtiyaçlarının arttırılması gibi önlemler alınabilir. Ayrıca yoğun partikül oluşturabilecek olan tozlu yapıdaki arazilerde sulama işlemi ile partikül madde oluşumu önemli ölçüde engellenebilir. Diğer yandan, kabinsiz üretim makinelerinde yoğun maruziyeti önemli oranda azaltabilmek için kişisel koruyucu donanımların kullanılması uygun olacaktır. Gürültüye maruz kalan operatörlerin EN 352 tipi gürültü engelleyici tkaçlar veya kulaklıklar, partikül maddeye maruz kalan operatörlerin ise EN 149 tipi toz ve partikül maddeyi önemli ölçüde süzen ve temiz bir solunum sağlayan maskeleri kullanması gerekmektedir.

Çalışmada geliştirilen TriSensör 4.0 çoklu ölçüm cihazı ölçümlerde kullanılmış ve kullanım kolaylığı ve veri hassasiyeti test edilmiştir. Cihazın planlandığı gibi kullanımı kolay, ergonomik ve aynı anda üç farklı risk faktörünü ölçebilme yeteneğine sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte GPS modülü ile konum bilgilerini alabilmesi ekstra özellikleri arasında yer almaktadır. İstatistiksel çalışmalarda korelasyon analizi ve eşleştirilmiş örneklem t-testi uygulanan veriler üzerinden cihazlar arasındaki uyumluluk incelenmiştir. Cihazlar genel itibari ile benzer sonuçlar vermektedir. TriSensor 4.0 çoklu ölçüm cihazı diğer endüstriyel cihazlar gibi kullanılabilir yapıdadır. Cihazın maliyetinin endüstriyel cihazlara oranla oldukça ucuz olması önemli bir diğer avantajdır. Diğer taraftan, bileşenlerin yüksek kalitede olmaması, mikrodenetleyici ve güç sorunlarının yaşanması gibi durumlar cihazın geliştirilmeye açık yönleri olduğunu göstermektedir. Cihazın geliştirilebilir olması ileriye dönük farklı çalışmalarda kullanılabilme potansiyeli olmasını sağlayacaktır.

ÇKKVY olan Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney yöntemlerinden yararlanılarak yapılan risk değerlendirme çalışmalarında bazı üretim makinelerinde risk faktörlerinin yüksek çıkması operatörler üzerinde önemli sağlık tehditlerinin bulunduğunu ortaya çıkarmaktadır. Fine Kinney ve Bulanık Fine Kinney yöntemleri kıyaslandığında risk skorlarının değiştiği görülmektedir. Bununla birlikte risk sınıfları genel olarak aynı çıkmakla beraber sınıf sınır değerlerine yakın risk skoru alan ölçümlerde sınıflarda değişim görülmektedir.

Bulanık Fine Kinney yöntemi pek çok risk değerlendirme çalışmasında başarıyla uygulanabilecek bir yapıya sahiptir. Fine Kinney parametrelerinden (olasılık, frekans, şiddet) yararlanılarak geliştirilen bu yönteme daha farklı parametrelerin eklenmesi ve mevcut parametrelerin çalışma konusuna uygun olarak düzenlenmesi sayesinde çalışmaların daha yüksek hassasiyetle sonuçlanacağı düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. (2012). *T. C. Resmî Gazete*, 28339, 30 Haziran 2013.

Abd-El-Tawwab, A. M., Abouel-Seoud, S. A., El-Sayed, F. M., & Abd-El-Hakim, T. A. (2000). Characteristics of agriculture tractor interior noise. *Journal of low frequency noise, vibration and active control*, 19 (2), 73-81.

Acar, H. H., & Eroğlu, H. (2016). *Ormancılık iş bilgisi ve iş güvenliği*. KTÜ, Orman Fakültesi. Genel Yayın, (239).

Acar, H. H., Akay, A. E., & Gümü, S. (2015). *Ormancılıkta Mekanizasyon*. Trabzon. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi. Genel Yayın No 234, Fakülte Yayın No (40).

Acar, H.H., Topalak, Ö., Eroğlu, H. (2002). Ormancılığımızda kullanılması gereken koruyucu elbise ve ekipmanların Uluslar Arası Çalışma Örgütü (ILO) Standartları açısından değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 121-133.

Akay, A. E., & Erdaş, O. (2007). Orman Ürünlerinin Nakliyatının Planlanmasında Ağ (Network) Modeli Yaklaşımı. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 57 (2), 1-20.

Akay, A. E., & Yenilmez, N. (2008). Kuzey Amerika’da orman ürünlerinin üretiminde kullanılan üretim makineleri. *Orman Mühendisliği Dergisi*, 45 (1-3), 24-28.

Akay, A. E., Serin, H., & Erdaş, O. (2007). Orman Ürünlerinin Üretiminde Optimum Boylama Yönteminin Uygulanması. *Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler*, 17-19.

Aksüt, G., Eren, T., & Tüfekçi, M. (2020). Ergonomik Risk Faktörlerinin Sınıflandırılması: Bir Literatür Taraması. *Ergonomi*, 3 (3), 169-192.

Altaş, İ. H. (1999). Bulanık mantık: bulanıklılık kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik*, 62, 80-85.

Aykut, T. (1984). Orman Ürünleri Taşımacılığında Araç ve Teknikler.

Aytaç, Z., & İlkılıç, C. (2019). Dizel Motorlarında Zararlı Egzoz Emisyonlarının Azaltılmasının Araştırılması. *In 4th International Symposium on Innovative Approaches in Engineering and Natural Sciences*.

Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The lancet*, 383 (9925), 1325-1332.

Beltran Jr, A., Dizon, K. J., Nones, K., Salanguit, R. L., Santos, J. B., & Santos, J. R. (2021). Arduino-based Disaster Management System. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2 (1), 24-28.

- Bernstein, P. L.** (1997). *Against the Gods: The Remarkable Story of Risk*. New York: John Wiley & Sons.
- Bodor, K., Szép, R., & Bodor, Z.** (2022). The human health risk assessment of particulate air pollution (PM_{2.5} and PM₁₀) in Romania. *Toxicology Reports*, 9, 556-562.
- Boopathi Rani, R., Wahab, D., Dung, G. B. D., & Seshadri, M. R. S.** (2022). Cattle Health Monitoring and Tracking System. *In Recent Trends in Electronics and Communication*, 789-795.
- Carvalho, D. F. D., Bueno, M. M., Leles, P. S. D. S., Abreu, J. F. G., Martins, R. D. C. F., & Medici, L. O.** (2021). Production and initial growth of forest species seedlings using sewage sludge and automated irrigation. *Ciência e Agrotecnologia*, 45.
- Celen, I. H., & Arin, S.** (2003). Noise levels of agricultural tractors. *Pakistan journal of biological sciences*, 6 (19), 1706.
- Ceylan, H.** (2000). *İmalat sistemlerindeki iş kazalarının tahmini için ağırlıklandırılmış ortalamalardan sapma tekniği*. (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ceylan, H., & Başhelvacı, V. S.** (2011). Risk değerlendirme tablosu yöntemi ile risk analizi: bir uygulama. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 3 (2), 25-33.
- Choi, S., Park, J. H., Kim, S. Y., Kwak, H., Kim, D., Lee, K. H., & Park, D. U.** (2019). Characteristics of PM_{2.5} and black carbon exposure among subway workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (16), 2901.
- Çalış, S.** (2022). Ö. Ü. S. İş Sağlığı ve Güvenliğinde Ölçüm Gürültü.
- Çınar, F., Solmaz, M. S., & Çakmak, E.** (2021). Evaluation of ship manoeuvres in port by using fuzzy Fine Kinney method. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 8 (4), 537-548.
- Dinç, B.** (1999). *Doğu Karadeniz Bölgesinde Kış Üretimi*. (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Erdaş, O.** (1986). Odun hammaddesi üretimi, bölmeden çıkarma ve taşıma safhalarında sistem seçimi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fak. Dergisi*, 9, 91-113.
- Erdaş, O.** (1993). Bölmeden çıkarma sırasında traktör kullanımının orman toprağının mekanik özelliklerine etkisi ve bunun biyolojik sonuçları. *Türk J Agric For*, 17, 1-10.
- Erdaş, O., Acar, H. H., & Eker, M.** (2014). *Orman ürünleri transport teknikleri*. Trabzon. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın, (233/39).
- Felekoğlu, B., & Taşan, S. Ö.** (2017). İş ile ilgili kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına yönelik ergonomik risk değerlendirme: Reaktif/proaktif bütünlük bir sistematik yaklaşım. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32 (3).
- Fezari, M., & Al Dahoud, A.** (2018). Integrated Development Environment “IDE” For Arduino. *WSN applications*, 1-12.
- Fine, W. T.** (1971). Mathematical evaluations for controlling hazards. Naval Ordnance Lab White Oak Md.

- Garland, J. J.** (1983). Designated skid trails minimize soil compaction.
- Geravandi, S., Takdastan, A., Zallaghi, E., Vousoghi Niri, M., Mohammadi, M. J., Saki, H., & Naiemabadi, A.** (2015). Noise pollution and health effects. *Jundishapur Journal of Health Sciences*, 7 (1).
- Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z.** (1994). Gürültü. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, 19.
- Gürcanlı, G. E., Müngen, U., & Akad, M.** (2008). Construction equipment and motor vehicle related injuries on construction sites in Turkey. *Industrial health*, 46 (4), 375-388.
- Hussein, K., Hadi, H. J., Abdul-Mutaleb, R., & Mezaal, Y. S.** (2020). Low cost smart weather station using Arduino and ZigBee. *Telkomnika*, 18 (1), 282-288.
- Jokiluoma, H., & Tapola, H.** (1993). Forest worker safety and health in Finland. *Unasylva* (FAO).
- Karaman, A.** (1997). *Doğu Karadeniz yöresinde farklı çalışma koşullarında kesim ve sürütme işlerinde iş gücü kriterlerinin araştırılması ve verim üzerine etkisinin belirlenmesi*. (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kasperson, R. E., Kasperson, J. X.** (1991). *Hidden hazards. In: Acceptable Evidence: Science and Values in Risk Management*. New York: Oxford University Press.
- Kayet, N.** (2021). Forest Fire Risk Assessment for Effective Geoenvironmental Planning and Management using Geospatial Techniques. *In Spatial Modeling in Forest Resources Management*, 281-295.
- Kellogg, L. D., & Brinker, M.** (1992). Mechanized felling in the Pacific Northwest: Existing and future technology.
- Kellogg, L. D., Bettinger, P., & Studier, D. D.** (1993). Terminology of ground-based mechanized logging in the Pacific Northwest.
- Kellogg, L. D., Bettinger, P., Robe, S., & Steffer, A.** (1992). Compendium of mechanized harvesting research. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis, OR.
- Keskenler, M. F., & Keskenler, E. F.** (2017). Bulanık mantığın tarihi gelişimi. *Takvim-i Vekayi*, 5 (1), 1-10.
- Khan, M., Khan, N., Skibniewski, M. J., & Park, C.** (2021). Environmental particulate matter (pm) exposure assessment of construction activities using low-cost pm sensor and Latin hypercube technique. *Sustainability*, 13 (14), 7797.
- Kinney, G. F., & Wiruth, A. D.** (1976). Practical risk analysis for safety management. *Naval Weapons Center*, China Lake CA.
- Kök, F.** (2020). Yangında açığa çıkan gazların, insan sağlığına vereceği zararın engellenmesi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3 (2), 83-94.
- Köklü, N., Büyüköztürk, Ş., & Çokluk-Bökeoğlu, Ö.** (2006). *Sosyal Bilimler İçin İstatistik*. Ankara.
- Krishnamurthi, K., Thapa, S., Kothari, L., & Prakash, A.** (2015). Arduino based weather monitoring system. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3 (2), 452-458.

- Kurt, M., & Ceylan, H.** (2001). İş güvenliğinde tehlike değerlendirme teknikleri. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14 (4), 1117-1130.
- Laden, F., Schwartz, J., Speizer, F. E., & Dockery, D. W.** (2006). Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended follow-up of the Harvard Six Cities study. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 173 (6), 667-672.
- Lamoste, Aime C., Ivan Angelo A. Pitogo, and Joseph Karl Salva Jr.** (2020). Project Tarzan: Transportable Arduino-Based Natural Disaster And Human Activity Detection Device For Forest Sanctuary Zones And Natural Habitats.
- Leszczynski, K.** (2014.) The concentration of carbon monoxide in the breathing areas of workers during logging operations at the motor-manual level. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 27 (5), 821-829.
- Makkonen, I.** (1991). Silver Streak single-grip harvester in Nova Scotia. FERRIC, Pointe Claire, Que. Field Note No. TR-94: 18.
- Medina, S., Plasencia, A., Ballester, F., Mücke, H. G., & Schwartz, J.** (2004). Apheis: public health impact of PM10 in 19 European cities. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 58 (10), 831-836.
- Modic, J.** (2003). Carbon monoxide and COHb concentration in blood in various circumstances. *Energy and Buildings*, 35 (9), 903-907.
- Morelli, X., Foraster, M., Aguilera, I., Basagana, X., Corradi, E., Deltell, A., & Slama, R.** (2015). Short-term associations between traffic-related noise, particle number and traffic flow in three European cities. *Atmospheric Environment*, 103, 25-33.
- Niranjana, R., & HemaLatha, T.** (2018). An autonomous IoT infrastructure for forest fire detection and alerting system. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119 (12), 16295-16302.
- NRC.** (1983). *Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*. National Research Council. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC.** (1994). *Science and Judgment in Risk Assessment*. National Research Council. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC.** (1996). *Understanding Risk: Informing Decisions in a Democratic Society*. National Research Council. Washington, DC: National Academy Press.
- Osada, Y.** (1988). An overview of health effects on noise. *Journal of sound and vibration*, 127 (3), 407-410.
- Oturakçı, M., & Dağsuyu, C.** (2017). Fuzzy Fine-Kinney Approach in Risk Assessment and an Application. *Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety*, 1 (1), 17-25.
- Ozgur, M.** (2013). Risk Assessment Implementation in Metal Sector. Republic of Turkey Ministry of Labour and Social Security Labour Inspection Board. Labour Inspector Research Study.
- Özkılıç, Ö.** (2007). İş sağlığı, güvenliği ve çevresel etki risk değerlendirmesi. MESS.
- Özkılıç, Ö.** (2005). *İş sağlığı ve güvenliği, yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri*. Ankara.

- Öztürk, T.** (1996). Artvin bölgesinde vinçli hava hatlarından yararlanma imkanları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 47 (2), 147-174.
- Öztürk, T., & Akay, A. E.** (2007). Tarım traktörlerinin orman ürünlerinin üretiminde kullanılmak üzere modifiye edilmesi. *Orman Kaynaklarının İşlevleri Kapsamında Darboğazlar, Çözüm Önerileri ve Öncelikler*, 17-19.
- Polichetti, G., Cocco, S., Spinali, A., Trimarco, V., & Nunziata, A.** (2009). Effects of particulate matter (PM10, PM2. 5 and PM1) on the cardiovascular system. *Toxicology*, 261(1-2), 1-8.
- Pope III, C. A., Burnett, R. T., Thurston, G. D., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., & Godleski, J. J.** (2004). Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation*, 109 (1), 71-77.
- Pönkä, A., Savela, M., & Virtanen, M.** (1998). Mortality and air pollution in Helsinki. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 53 (4), 281-286.
- Radun, J., Maula, H., Saarinen, P., Keränen, J., Alakoivu, R., & Hongisto, V.** (2022). Health effects of wind turbine noise and road traffic noise on people living near wind turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157.
- Raub, J. A., Mathieu-Nolf, M., Hampson, N. B., & Thom, S. R.** (2000). Carbon monoxide poisoning—a public health perspective. *Toxicology*, 145 (1), 1-14.
- Raymond, K.** (1988). Forwarder operations in Australia. *Logging Industry Research Association, Roto rua, New Zealand. Report*, 13 (27), 1-6.
- Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik.** (2013). *T. C. Resmî Gazete*, 28721, 28 Temmuz 2013.
- Ross, A., & Willson, V. L.** (2017). Paired samples T-test. *In Basic and advanced statistical tests*, 17-19.
- Santhosh, C., Kumer, S. A., Krishna, J. G., Vaishnavi, M., Sairam, P., & Kasulu, P.** (2021). IoT based smart energy meter using GSM. *Materials Today: Proceedings*, 46, 4122-4124.
- Serin, H., & Akay, A. E.** (2018). Tomruklama Sırasında Ortaya Çıkan Gürültü Düzeyinin Analizi.
- Sessions, J.** (1988). Making better tree-bucking decisions in the woods. *Journal of Forestry*, 86 (10), 43-45.
- Singh, D., Sharma, N., Gupta, M., & Sharma, S.** (2017). Development of system for early fire detection using Arduino UNO. *Int. J. Eng. Sci. Comput*, 7 (5), 10857-10860.
- Taş, İ., Akay, A.E.** (2019). Analysis of Dust Exposure during Chainsaw Felling Operations. *V. Science Technology and Innovation Congress*. Alanya, Antalya, Turkey: April 17-21.
- Toprak, R., & Aktürk, N.** (2004). Gürültünün insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 61 (1), 49-58.
- Tun, M. Z., & Myint, H.** (2020). Arduino based Fire Detection and Alarm System Using Smoke Sensor.

Tunay, M., & Melemez, K. (2008). Noise induced hearing loss of forest workers in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11 (17), 2144-2148.

Url-1. <<https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>>, erişim tarihi 10.01.2022.

Url-2. <<https://www.arduino.cc/en/hardware>>, erişim tarihi 12.01.2022.

Url-3. <https://konyaobm.ogm.gov.tr/BeysehirOIM/Lists/OrmanVarligi/AllItems.aspx>, erişim tarihi 15.01.2022.

Url-4. <<https://bursaobm.ogm.gov.tr/BursaOIM/Lists/OrmanVarligi1/a.aspx>>, erişim tarihi 18.01.2022.

Url-5. <<https://izmirobm.ogm.gov.tr/GaziemirOIM/Lists/Orman%20Varl/AllItems.aspx>>, erişim tarihi 18.01.2022.

Url-6.

<<https://trabzonobm.ogm.gov.tr/PazarOIM/Lists/OrmanVarligi/AllItems.aspx>>, erişim tarihi 18.01.2022.

Url-7. <https://artvinobm.ogm.gov.tr/SavsatOIM/Lists/OrmanVarligi/AllItems.aspx>, erişim tarihi 19.01.2022.

Url-8. <https://www.pce-instruments.com/turkish/oel_uem-teknolojisi/oel_uem-cihazlar/guerueltue-oel_uem-cihazae_-pce-instruments-guerueltue-oel_uem-cihazae_-pce-430-det_5847716.htm>, erişim tarihi 19.01.2022.

Url-9. <https://www.pce-instruments.com/turkish/oel_uem-teknolojisi/oel_uem-cihazlar/hijyen-gae_da-oel_uem-cihazae_-pce-instruments-gae_da-oel_uem-cihazae_-pce-pco-2-det_5852739.htm>, erişim tarihi 21.01.2022.

Url-10. <<https://www.hidromek.com.tr/upload/dokumanlar/2192017151554656220-lcfoytr.pdf>>, erişim tarihi 22.01.2022.

Url-11. <<https://www.tr.lectura-specs.com/tr/model/insaat-makinalari/mini-ekskavatorler-volvo/ec55c-1049148>>, erişim tarihi 04.02.2022.

Url-12. <<https://www.truck-manuals.net/app/download/15555767322/MAN+-TGA+Operator%27s+Manual.pdf?t=1609609641>>, erişim tarihi 07.02.2022.

Url-13. <<https://www.tr.lectura-specs.com/tr/model/tarim-makinalari/traktorler-4wd-new-holland/tt55-11708142>>, erişim tarihi 10.02.2022.

Url-14. <<https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/T%C3%BCrk%20Trakt%C3%B6r%20A.%C5%9E.4.pdf>>, erişim tarihi 10.02.2022.

Url-15. <http://www.dersadiesel.com/files/pro_827_zhf.pdf>, erişim tarihi 10.02.2022.

Url-16. <http://www.dempogroup.com/urundokuman_dosya/1491831131.pdf>, erişim tarihi 11.02.2022.

Url-17. <Erişim: 30 Kasım, 2019, <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>>, erişim tarihi 14.02.2022.

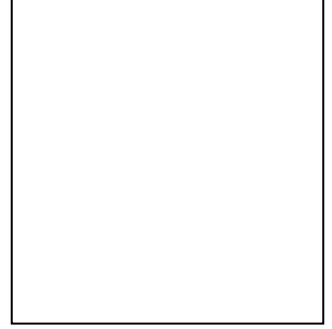
Url-18. <<https://www.audiowell.com/dustsensor/62.html>>, erişim tarihi 15.01.2022.

URL-19. <<https://www.pololu.com/file/0J313/MQ7.pdf>>, erişim tarihi 20.02.2022.

Url-20. <<https://www.arduino.cc/en/Reference/RTC>>, erişim tarihi 21.02.2022.

- Url -21.** <<https://www.arduino.cc/en/reference/SD>>, erişim tarihi 24.02.2022.
- Url-22.** <<https://www.resmigaze-te.gov.tr/eskiler/2013/07/20130728-11.htm>>, erişim tarihi 01.03.2022.
- Url-23.** <<https://www.resmigaze-te.gov.tr/eskiler/2008/06/20080606-6.htm>>, erişim tarihi 01.03.2022.
- Watts, G. R.** (1995). A comparison of noise measures for assessing vehicle noisiness. *Journal of sound and vibration*, 180 (3), 493-512.
- World Health Organization.** (2002). *The world health report 2002: reducing risks, promoting healthy life*. World Health Organization.
- Yıldırım, M.** (1989). Hasat işlerinde sınırlayıcı faktörler. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 39 (4), 100-116.
- Yücalar, F., & Borandağ, E.** (2019). Konum Bazlı Karbon Monoksit Takip Sistemi. *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 2 (29), 10-22.
- Zadeh, L. A.** (1965). Information and control. *Fuzzy sets*, 8 (3), 338-353.
- Zadeh, L. A.** (1973). Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. *IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics*, (1), 28-44.
- Zadeh, L. A.** (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning - I. *Information sciences*, 8 (3), 199-249.
- Zadeh, L. A.** (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning - II. *Information sciences*, 8 (4), 301-357.
- Zadeh, L. A.** (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning - III. *Information sciences*, 9 (1), 43-80.
- Zencirci, S. A., & Işıklı, B.** (2017). Hava kirliliği. *Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi*, 2 (2), 24-36.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad :

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** :
- **Yüksek Lisans** :

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

-
-

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

-
-
-

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

-
-