

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ADLİ TIP ENSTİTÜSÜ
FEN BİLİMLERİ ANABİLİMDALI

Prof.Dr. Hüseyin Bülent ÜNER

ADLİ BİLİMLER LABORATUVARLARINDA KULLANILAN ÖLÇÜM CİHAZLARININ
KALİBRASYON PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE KALİBRASYON
PROSEDÜRLERİNİN OLUŞTURULMASI

FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YUSUF UĞUR POLAT

İstanbul, 2015

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim süresince, her aşamada desteğini esirgemeyen, bilgi birikimini, tecrübesini ve değerli zamanını benimle paylaşan; tezin oluşumunda, düzenlenmesinde ve değerlendirilmesinde bana yön veren ve her türlü katkıda bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin Bülent ÜNER'e,

Her zaman varlıklarını ve desteklerini yanımda hissettiğim; eşim ve tüm aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

İçindekiler	ii
Tablolar Listesi.....	vi
Şekiller Listesi.....	xii
Semboller/Kısaltmalar Listesi	xiii
1. Giriş ve Amaç.....	1
2. Genel Bilgiler	5
2.1. Metroloji	5
2.1.1. Endüstriyel ve bilimsel metroloji	5
2.1.2. Konu alanları	5
2.1.3. Ölçüm standartları	8
2.1.4. Sertifikalı referans malzemeler	8
2.1.5. İzlenebilirlik ve kalibrasyon	8
2.1.6. Referans prosedürler	9
2.1.7. Belirsizlik	9
2.1.8. Test	11
2.2. Yasal Metroloji	12
2.2.1. Ölçüm cihazlarının mevzuatı	12
2.2.2. Ölçüm cihazları için AB mevzuatı	12
2.2.3. Ölçüm cihazları mevzuatının AB uygulaması	13
2.3. Metrolojik Yapılanma	14
2.3.1. Uluslararası yapı	14
2.3.1.1. <i>Metre konvansiyonu</i>	14
2.3.1.2. <i>CIPM karşılıklı tanıma anlaşması</i>	15
2.3.1.3. <i>Ulusal metroloji enstitüleri</i>	16
2.3.1.4. <i>Yetkilendirilmiş kuruluşlar</i>	17
2.3.1.5. <i>Akredite laboratuvarlar</i>	18
2.3.1.6. <i>Bölgesel metroloji kuruluşları</i>	18
2.3.1.7. <i>ILAC</i>	18
2.3.1.8. <i>OIML</i>	19
2.3.1.9. <i>IUPAP</i>	20
2.3.1.10 <i>IUPAC</i>	20
2.3.2. Avrupa altyapısı	21
2.3.2.1. <i>Metroloji – Euromet</i>	21

2.3.2.2. Akreditasyon – EA	21
2.3.2.3. Yasal metroloji – WELMEC	22
2.3.2.4. EUROLAB	23
2.3.2.5. EURACHEM	23
2.3.2.6. COOMET	23
2.3.3. Kuzey ve Güney Amerika altyapısı	24
2.3.3.1. Metroloji – SIM	24
2.3.3.2. Akreditasyon – IAAC	24
2.3.4. Asya pasifik altyapısı	24
2.3.4.1. Metroloji – APMP	24
2.3.4.2. Akreditasyon – APLAC	25
2.3.4.3. Yasal Metroloji – APLMF	25
2.3.5. Afrika altyapısı	25
2.3.5.1. Metroloji – AFRIMETS	25
2.3.5.2. Metroloji – SADC MET	26
2.3.5.3. Akreditasyon – SADCA	26
2.3.5.4. Yasal metroloji - SADC MEL	26
2.3.6. Türkiye’ de metroloji ile ilgili organizasyonlar	27
2.3.6.1. Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)	27
2.3.6.2. Metroloji ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü	29
2.3.6.3. Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK)	30
2.3.6.4. Türk Standartları Enstitüsü (TSE)	31
2.4. Metroloji Birimleri	33
2.4.1. Temel SI birimleri	34
2.4.2. Türetilmiş SI birimleri	36
2.4.3. SI harici birimler	36
2.4.4. SI ön ekleri	37
2.4.5. SI birim ve sembollerin yazımı	38
3. Gereç ve Yöntem	39
3.1. Kalibrasyonu yapılan standart laboratuvar ölçüm cihazları	40
3.1.1. Manometre	40
3.1.2. Göstergeli sıcaklık ölçer	41
3.1.3. Terazî	42
3.1.4. Etüv	43
3.1.5. Otoklav	44

3.1.6. Su Banyosu	45
3.1.7. Buzdolabı ve derin dondurucu	46
3.1.8. Pipet	47
3.1.9. Santrifüj	48
3.1.10 Termokupl	49
3.1.11 pH metre	51
3.1.12. Kül fırını	52
3.2. Belirsizlik prosedürleri	53
3.2.1. Manometre	53
3.2.2. Göstergeli sıcaklık ölçer	59
3.2.3. Terazi	62
3.2.4. Etüv	66
3.2.5. Otoklav	68
3.2.6. Su banyosu	68
3.2.7. Buzdolabı ve derin dondurucu	68
3.2.8. Pipet	69
3.2.9. Santrifüj	71
3.2.10 Termokupl	72
3.2.11 pH metre	72
3.2.12. Kül fırını	74
4. Bulgular	77
4.1. Manometre ölçümleri	77
4.2. Göstergeli sıcaklık ölçer ölçümleri	87
4.3. Terazi ölçümleri	90
4.4. Etüv ölçümleri	96
4.5. Otoklav ölçümleri	101
4.6. Su banyosu ölçümleri	106
4.7. Buzdolabı ve derin dondurucu ölçümleri	110
4.8. Pipet ölçümleri	115
4.9. Santrifüj ölçümleri	117
4.10 Termokupl ölçümleri	120
4.11 pH metre ölçümleri	123
4.12. Kül fırını ölçümleri	125
5. TARTIŞMA	128
5.1. Manometre ölçümleri	128

5.2. Göstergeli sıcaklık ölçer ölçümleri	128
5.3. Terazî ölçümleri	129
5.4. Etüv ölçümleri.....	130
5.5. Otoklav ölçümleri	130
5.6. Su banyosu ölçümleri.....	131
5.7. Buz dolabı ve derin dondurucu ölçümleri.....	131
5.8. Pipet ölçümleri	132
5.9. Santrifüj ölçümleri	132
5.10 Termokupl ölçümleri	133
5.11 pH metre ölçümleri	133
5.12. Kül fırını ölçümleri	133
6. SONUÇ	134
ÖZET.....	136
SUMMARY	137
KAYNAKLAR.....	138
ÖZGEÇMİŞ	143

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1	Konu alanları, alt alanlar ve önemli ölçüm standartları	21
Tablo 2	Güvenilirlik düzeyine göre kapsam faktörü değerleri	27
Tablo 3	Temel SI birimleri.....	49
Tablo 4	Temel SI birimleri ile ifade edilen türetilmiş SI birimler	51
Tablo 5	Özel isim ve sembolleri olan türetilmiş SI birimleri.....	52
Tablo 6	Belirli konu alanlarında kullanımları kabul edilen SI harici birimler	53
Tablo 7	Belirli konu alanlarında kullanımları kabul edilen ve değerleri	53
Tablo 8	SI ön ekleri	62
Tablo 9	DIN 43710 ve IEC-584 standartlarında endüstride en çok kullanılan eleman telleri .	65
Tablo 10	Prosedürde kullanılan semboller, birimleri ve açıklamaları	69
Tablo 11	Manometre için ölçüm alınan noktalar	70
Tablo 12	0-25 bar arası manometrede ölçüm sonuçları	71
Tablo 13	0-25 bar arası manometrede ölçüm sonuçları [2]	71
Tablo 14	Testi yapılan manometrenin referans manometreye göre karşılık gelen belirsizlik değerleri.....	72
Tablo 15	Ölçüm noktalarına karşılık gelen histerisiz sapması ve belirsizlikleri.....	73
Tablo 16	Ölçüm noktalarına karşılık gelen toplam ve beyan belirsizlik değerleri	73
Tablo 17	Göstergeli sıcaklık ölçer prosedüründe kullanılan semboller	74
Tablo 18	120 °C deki ölçüm sonuçları	75
Tablo 19	Test termometresinin tekralanabilirliğinden gelen belirsizlik	76
Tablo 20	Terazi prosedüründe kullanılan semboller	77
Tablo 21	Terazi tekrarlanabilirlik ölçüm sonuçları.....	78
Tablo 22	Terazi merkez dışı yükleme sonuçları	79
Tablo 23	Terazi gösterge hatası ölçüm sonuçları	79
Tablo 24	Etüv prosedüründe kullanılan kısaltmalar.....	81
Tablo 25	Sıcaklık sensörlerindeki ölçüm değerleri.....	82
Tablo 26	Pipet prosedüründe kullanılan semboller.....	84
Tablo 27	Santrifüj prosedüründe kullanılan semboller	86
Tablo 28	Santrifüjün 1000 rpm'deki ölçüm değerleri.....	86
Tablo 29	Ph metre prosedüründe kullanılan semboller.....	87
Tablo 30	Kül Fırını prosedüründe kullanılan semboller	89
Tablo 31	Kül fırını 1000 °C'deki ölçüm değerleri	90
Tablo 32	Manometre 1. ölçümdeki genel değerler.....	92

Tablo 33 Manometre 1. ölçümdeki tekrarlanabilirlik değerleri	92
Tablo 34 Manometre 1 ölçümdeki sıfır sapması değerleri	92
Tablo 35 Manometre 2. ölçümdeki genel değerler	93
Tablo 36 Manometre 2. ölçümdeki tekrarlanabilirlik değerleri	93
Tablo 37 Manometre 2. ölçümdeki sıfır sapması değerleri	93
Tablo 38 Manometre 3. ölçümdeki genel değerler	94
Tablo 39 Manometre 3. ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik	94
Tablo 40 Manometre 3. ölçümdeki sıfır sapması	94
Tablo 41 Manometre 4. ölçümdeki genel değerler	95
Tablo 42 Manometre 4. ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik	95
Tablo 43 Manometre 4. ölçümdeki sıfır sapması	95
Tablo 44 Manometre 5. ölçümdeki genel değerler	96
Tablo 45 Manometre 5. ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik	96
Tablo 46 Manometre 5. ölçümdeki sıfır sapması	96
Tablo 47 Manometre 6. ölçümdeki genel değerler	97
Tablo 48 Manometre 6. ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik	97
Tablo 49 Manometre 6. ölçümdeki sıfır sapması	97
Tablo 50 Manometre 7. ölçümdeki genel değerler	98
Tablo 51 Manometre 7. ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik	98
Tablo 52 Manometre 7. ölçümdeki sıfır sapması	98
Tablo 53 Manometre 8. ölçümdeki genel değerler	99
Tablo 54 Manometre 8. ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik	99
Tablo 55 Manometre 8. ölçümdeki sıfır sapması	99
Tablo 56 Manometre 9. ölçümdeki genel değerler	100
Tablo 57 Manometre 9. ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik	100
Tablo 58 Manometre 9. ölçümdeki sıfır sapması	100
Tablo 59 Manometre 10. ölçümdeki genel değerler	101
Tablo 60 Manometre 10. ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik	101
Tablo 61 Manometre 10. ölçümdeki sıfır sapması	101
Tablo 62 Göstergeli sıcaklık ölçer 1. ölçüm değerleri	102
Tablo 63 Göstergeli sıcaklık ölçer 2. ölçüm değerleri	102
Tablo 64 Göstergeli sıcaklık ölçer 3. ölçüm değerleri	102
Tablo 65 Göstergeli sıcaklık ölçer 4. ölçüm değerleri	103
Tablo 66 Göstergeli sıcaklık ölçer 5. ölçüm değerleri	103
Tablo 67 Göstergeli sıcaklık ölçer 6. ölçüm değerleri	103

Tablo 68 Göstergeli sıcaklık ölçer 7. ölçüm değerleri	104
Tablo 69 göstergeli sıcaklık ölçer 8. ölçüm değerleri	104
Tablo 70 göstergeli sıcaklık ölçer 9. ölçüm değerleri	104
Tablo 71 göstergeli sıcaklık ölçer 10. ölçüm değerleri	105
Tablo 72. terazi 1. ölçüm tekrarlanabilirlik ve merkez dışı yükleme.....	105
Tablo 73. terazi 1. ölçüm gösterge sapması	105
Tablo 74 terazi 2. ölçüm tekrarlanabilirlik ve merkez dışı yükleme.....	106
Tablo 75 terazi 2. ölçüm gösterge sapması	106
Tablo 76 terazi 3. ölçüm tekrarlanabilirlik ve merkez dışı yükleme.....	106
Tablo 77 terazi 3. ölçüm gösterge sapması	106
Tablo 78 terazi 4. ölçüm tekrarlanabilirlik ve merkez dışı yükleme.....	107
Tablo 79 terazi 4. ölçüm gösterge sapması	107
Tablo 80 terazi 5. ölçüm tekrarlanabilirlik ve merkez dışı yükleme.....	107
Tablo 81 terazi 5. ölçüm gösterge sapması	108
Tablo 82 Terazi 6. ölçüm tekrarlanabilirlik ve merkez dışı yükleme	108
Tablo 83 Terazi 6. ölçüm gösterge sapması	108
Tablo 84 Terazi 7. ölçüm tekrarlanabilirlik ve merkez dışı yükleme	109
Tablo 85 Terazi 7. ölçüm gösterge sapması	109
Tablo 86 Terazi 8. ölçüm tekrarlanabilirlik ve merkez dışı yükleme	109
Tablo 87 Terazi 8. ölçüm gösterge sapması	109
Tablo 88 Terazi 9. ölçüm tekrarlanabilirlik ve merkez dışı yükleme	110
Tablo 89 Terazi 9. ölçüm gösterge sapması	110
Tablo 90 Terazi 10. ölçüm tekrarlanabilirlik ve merkez dışı yükleme	110
Tablo 91 Terazi 10. ölçüm gösterge sapması	111
Tablo 92 Etüv 1. ölçüm değerleri.....	111
Tablo 93 Etüv 2. ölçüm değerleri.....	112
Tablo 94 Etüv 3. ölçüm değerleri.....	112
Tablo 95 Etüv 4. ölçüm değerleri.....	113
Tablo 96 Etüv 5. ölçüm değerleri.....	113
Tablo 97 Etüv 6. ölçüm değerleri.....	114
Tablo 98 Etüv 7. ölçüm değerleri.....	114
Tablo 99 Etüv 8. ölçüm değerleri.....	115
Tablo 100 Etüv 9. ölçüm değerleri.....	115
Tablo 101 Etüv 10. ölçüm değerleri.....	116
Tablo 102 Otoklav 1. ölçüm değerleri	116

Tablo 103 Otoklav 2. ölçüm değerleri	117
Tablo 104 Otoklav 3. ölçüm değerleri	117
Tablo 105 Otoklav 4. ölçüm değerleri	118
Tablo 106 Otoklav 5. ölçüm değerleri	118
Tablo 107 Otoklav 6. ölçüm değerleri	119
Tablo 108 Otoklav 7. ölçüm değerleri	119
Tablo 109 Otoklav 8. ölçüm değerleri	120
Tablo 110 Otoklav 9. ölçüm değerleri	120
Tablo 111 Otoklav 10. ölçüm değerleri	121
Tablo 112 Su banyosu 1. ölçüm değerleri.....	121
Tablo 113 Su banyosu 2. ölçüm değerleri.....	122
Tablo 114 Su banyosu 3. ölçüm değerleri.....	122
Tablo 115 Su banyosu 6. ölçüm değerleri.....	122
Tablo 116 Su banyosu 5. ölçüm değerleri.....	123
Tablo 117 Su banyosu 6. Ölçüm Değerleri	123
Tablo 118 Su banyosu 7. Ölçüm Değerleri	124
Tablo 119 Su banyosu 8. Ölçüm Değerleri	124
Tablo 120 Su banyosu 9. ölçüm Değerleri.....	124
Tablo 121 Su banyosu 10. ölçüm Değerleri	125
Tablo 122 Buzdolabı ve derin dondurucu 1. ölçüm değerleri.....	125
Tablo 123 Buzdolabı ve derin dondurucu 2. ölçüm değerleri.....	126
Tablo 124 Buzdolabı ve derin dondurucu 3. ölçüm değerleri.....	126
Tablo 125 Buzdolabı ve derin dondurucu 4. ölçüm değerleri.....	127
Tablo 126 Buzdolabı ve derin dondurucu 5. ölçüm değerleri.....	127
Tablo 127 Buzdolabı ve derin dondurucu 6. ölçüm değerleri.....	128
Tablo 128 Buzdolabı ve derin dondurucu 7. ölçüm değerleri.....	128
Tablo 129 Buzdolabı ve derin dondurucu 8. ölçüm değerleri.....	129
Tablo 130 Buzdolabı ve derin dondurucu 9. ölçüm değerleri.....	129
Tablo 131 Buzdolabı ve derin dondurucu 10. ölçüm değerleri.....	130
Tablo 132 Pipet 1. ölçüm değerleri	130
Tablo 133 Pipet 2. ölçüm değerleri	130
Tablo 134 Pipet 3. ölçüm değerleri	131
Tablo 135 Pipet 4. ölçüm değerleri	131
Tablo 136 Pipet 5. ölçüm değerleri	131
Tablo 137 Pipet 6. ölçüm değerleri	131

Tablo 138 Pipet 7. ölçüm değerleri	131
Tablo 139 Pipet 8. ölçüm değerleri	132
Tablo 140 Pipet 9. ölçüm değerleri	132
Tablo 141 Pipet 10. ölçüm değerleri	132
Tablo 142 Santrifüj 1. ölçüm değerleri	132
Tablo 143 Santrifüj 2. ölçüm değerleri	133
Tablo 144 Santrifüj 3. ölçüm değerleri	133
Tablo 145 Santrifüj 4. ölçüm değerleri	133
Tablo 146 Santrifüj 5. ölçüm değerleri	133
Tablo 147 Santrifüj 6. ölçüm değerleri	134
Tablo 148 Santrifüj 7. ölçüm değerleri	134
Tablo 149 Santrifüj 8. ölçüm değerleri	134
Tablo 150 Santrifüj 9. ölçüm değerleri	134
Tablo 151 Santrifüj 10. ölçüm değerleri	135
Tablo 152 Termokpul 1. ölçüm değerleri.....	135
Tablo 153 Termokpul 2. ölçüm değerleri.....	135
Tablo 154 Termokpul 3. ölçüm değerleri.....	136
Tablo 155 Termokpul 4. ölçüm değerleri.....	136
Tablo 156 Termokpul 5. ölçüm değerleri.....	136
Tablo 157 Termokpul 6. ölçüm değerleri.....	137
Tablo 158 Termokpul 7. ölçüm değerleri.....	137
Tablo 159 Termokpul 8. ölçüm değerleri.....	137
Tablo 160 Termokpul 9. ölçüm değerleri.....	138
Tablo 161 Termokpul 10. ölçüm değerleri.....	138
Tablo 162 pH metre 1. ölçüm değerleri	138
Tablo 163 pH metre 2. ölçüm değerleri	138
Tablo 164 pH metre 3. ölçüm değerleri	139
Tablo 165 pH metre 4. ölçüm değerleri	139
Tablo 166 pH metre 5. ölçüm değerleri	139
Tablo 167 pH metre 6. ölçüm değerleri	139
Tablo 168 pH metre 7. ölçüm değerleri	139
Tablo 169 pH metre 8. ölçüm değerleri	140
Tablo 170 pH metre 9. ölçüm değerleri	140
Tablo 171 pH metre 10. ölçüm değerleri	140
Tablo 172 Kül fırını 1. ölçüm değerleri	140

Tablo 173 Kül fırını 2. ölçüm değerleri	140
Tablo 174 Kül fırını 3. ölçüm değerleri	141
Tablo 175 Kül fırını 4. ölçüm değerleri	141
Tablo 176 Kül fırını 5. ölçüm değerleri	141
Tablo 177 Kül fırını 6. ölçüm değerleri	141
Tablo 178 Kül fırını 7. ölçüm değerleri	141
Tablo 179 Kül fırını 8. ölçüm değerleri	142
Tablo 180 Kül fırını 9. ölçüm değerleri	142
Tablo 181 Kül fırını 10. ölçüm değerleri	142

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Royal Kübit	17
Şekil 2. Manometre	54
Şekil 3. Göstergeli sıcaklık ölçer.....	55
Şekil 4. Terazî	56
Şekil 5. Etüv	57
Şekil 6. Otoklav.....	58
Şekil 7. Su banyosu	60
Şekil 8. Buzdolabı ve derin dondurucu	61
Şekil 9. Pipet	62
Şekil 10. Santrifüj.....	63
Şekil 11. Termokupl.....	64
Şekil 12. pH metre.....	65
Şekil 13. Kül fırını.....	66

KISALTMALAR

CIPM Comité International des Poids et Mesures

(Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Komitesi)

MRA Mutual Recognition Agreement

(Karşılıklı Tanıma Anlaşması)

ILAC International Laboratory Accreditation Cooperation

(Uluslararası Laboratuvarlar Akreditasyon Birliği)

BIPM Bureau International des Poids et Mesure

(Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu)

EURAMET European Association of National Metrology Institutes

(Avrupa Metroloji) Enstitüleri Birliği

SRM Sertifikalı Referans Malzeme

UME Ulusal Metroloji Enstitüsü

ISO International Organisation for Standardisation

(Uluslararası Standartlar Teşkilâtı)

GUM Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement

(Ölçüm Belirsizliğinin Hesaplanması Kılavuzu)

EA-4/02 Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration

OIML Organisation Internationale de Métrologie Légale

(Uluslararası Yasal Metroloji Örgütü)

NAWI Non Automatic Weighing Instruments Directive

(Otomatik Olmayan Tartı Cihazları Direktifinin)

MID Measurement Instruments Directive

(Ölçüm Cihazları Direktifinin)

CE Conformité Européenne

CGPM Conférence Générale des Poids et Mesures

(Ölçüler ve Ağırlıklar Genel Konferansı)

JCDCMAS Joint Committee on Co-ordination of Assistance to Developing Countries in

Metrology, Accreditation and Standardization

(Gelişmekte Olan Ülkelere Metroloji, Akreditasyon ve Standartlaştırma Alanlarında Verilen

Destegin Koordinasyonu için Ortak Komitesi)

JCGM Joint Committee for Guides in Metrology

(Metroloji Kılavuzları Hazırlama Ortak Komitesi)

JCRB Joint Committee of the Regional Metrology Organizations

(Bölgesel Metroloji Kuruluşları Ortak Komitesi)

JCTLM The Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine

(Tıbbi Laboratuvarlarda İzlenebilirlik için Ortak Komite)

CMCs Calibration and Measurement Capabilities

(Kalibrasyon ve Ölçüm Yetenekleri)

NMI National Measurement Institute

(Ulusal Metroloji Enstitüsü)

IUPAP The International Union of Pure and Applied Physics

(Uluslararası Temel ve Uygulamalı Fizik Birliği)

IUPAC The International Union of Pure and Applied Chemistry

(Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği)

iMERA Implementing the Metrology European Research

(Metroloji’de Avrupa Araştırma Alanı Uygulaması)

EMRP European Metrology Research Programme

(Avrupa Metroloji Araştırma Programı)

ERANET-Plus Euro-Russian Academic Network Plus

IAF International Accreditation Forum

(Uluslararası Akreditasyon Forumu)

WELMEC Western European Legal Metrology Co-operation

(Batı Avrupa Yasal Metroloji işbirliği)

EFTA European Free Trade Association

(Avrupa Serbest Ticaret Birliği)

EUROLAB European Federation of National Associations of Measurement, Testing and Analytical Laboratories

(Avrupa Ulusal Ölçüm, Test ve Analitik Laboratuvarlar Birlikleri Federasyonu)

EURACHEM A Focus for Analytical Chemistry in Europe

(Avrupa Analitik Kimya Laboratuvarları Birliği)

COOMET Euro-Asian Cooperation of National Metrological

(Avrasya Ulusal Metroloji Enstitüleri işbirliği)

SIM Sistema Interamericano de Metrología

(Amerika Kıtası Metroloji Sistemi)

OAS Organization of American States

(Amerika Kıtası Devletleri Örgütü)

IAAC The Inter-American Accreditation Cooperation

(Amerika Kıtası Akreditasyon işbirliği)

APMP The Asia Pacific Metrology Programme

(Asya Pasifik Metroloji Programı)

APLAC Asia Pacific Laboratory Accreditation Cooperation

(Asya Pasifik Laboratuvar Akreditasyon işbirliği)

APLMF Asia Pacific Legal Metrology Forum

(Asya-Pasifik Yasal Metroloji Forumu)

APEC Asia-Pacific Economic Cooperation

(Standartlar ve Uyum Alt Komitesi)

AFRIMETS Intra-Africa Metrology System

(Afrika içi Metroloji Sistemi)

NEPAD New Partnership for Africa's Development

(Afrika'nın Kalkınması için Yeni Ekonomik Ortaklığı)

CEMACMET Economic and Monetary Community of Central Africa Metrology Cooperation

(Orta Afrika ülkeleri metroloji işbirliği)

EACMET Doğu Afrika ülkeleri metroloji birliği,

MAGMET Mağrip ülkeleri metroloji birliği,

SADCMET Güney Afrika ülkeleri metroloji birliği

SOAMET Batı Afrika ülkeleri metroloji birliği

SADC Southern African Development Community

(Güney Afrika Kalkınma Topluluğu)

MSGM Metroloji ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü

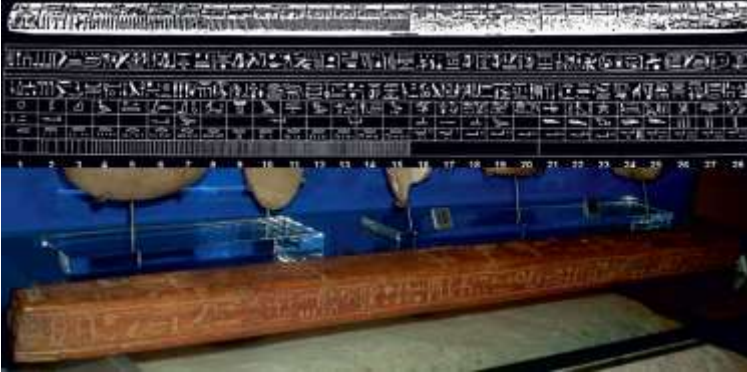
TÜRKAK Türk Akreditasyon Kurumu

TSE Türk Standardları Enstitüsü

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Metroloji Yunanca kökenli bir kelime olan “Metron” kelimesinin türetilmesiyle oluşmuştur. Türkçe anlamı ise “Ölçüm bilimi” olarak kullanılmaktadır. Metrolojinin amacı, dünyanın birçok ülkesi tarafından kabul edilmiş bazı antlaşmalar ve kabuller gereği yapılan bütün ölçümlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini güvence altına almak ve bu ölçümlerin belirli bir standart altında yapılmasını sağlamaktır.

Eski Mısır’da her dolunayda, standart uzunluk birimini kalibre etme görevini unutan ya da ihmal edenler ölüm cezası ile karşılaşarlardı. Milattan önce 3000 yıllarında Firavunların piramitlerini ve tapınaklarını inşa etmekten sorumlu olan kraliyet mimarları böylesi bir tehlike ile karşı karşıyaydılar. İlk kraliyet uzunluk ölçüsü birimi olan kübit (şekil 1), tahttaki Firavun’un dirseğinden, elinin orta parmağının ucuna kadar olan mesafe ile elinin genişliğinin toplamı olarak tanımlanmıştı. Bu ilk ölçü, siyah granit üzerine aktararak kazanılmıştı. İnşaat alanındaki işçilere de granit ya da tahta kopyalar verilmiş olup, bu kopyaları muhafaza etme görevi mimarların sorumluluğundaydı.



Şekil 1. Royal Kübit

Daha yakın bir zamanda, 1799 yılında Paris’te, bugünkü Uluslararası Birimler Sisteminin –SI sistemi- öncüsü olarak Metrik Sistem, metre ve kilogramı temsil eden iki platin standardın oluşturulması ile kurulmuştur.

Bugünün Avrupa’sında, toplam gayri safi milli hasılamızın % 6’sına karşılık gelen bir maliyetle birçok alandan ölçümler yapıldığından, metroloji günlük hayatımızın doğal ve hayati bir parçası olmuştur. Ölçü değeri verilmeden herhangi bir şeyi tanımlamak neredeyse imkânsızdır; güneşli saatler, alkol oranları, mektup ağırlıkları, oda sıcaklığı, lastik hava basıncı vs. gibi günlük hayatımızın her anında bir büyüklüğün değerini belirtmeden tarif etmek oldukça güçtür.

Bunlara ek olarak, ölçümlere bağımlı olan ticaret ve yasal düzenlemeler de mevcuttur. Pilot, yüksekliğini, rotasını, yakıt sarfiyatını ve hızını dikkatlice gözlemler, gıda denetçileri bakteri içeriğini ölçer, denizcilik yetkilileri üretilen araçların suda yüzebilme özelliğini test eder, şirketler ölçü ve ağırlıklara dayanarak hammadde satın alır ve ürünlerini aynı birimlerle belirtir. Ölçümler sonucunda süreçler düzenlenir ve uyarılar verilir. Belirsizlik düzeyi bilinen sistematik ölçümler endüstriyel kalite kontrolün temellerinden biridir. Genel olarak belirtmek gerekirse, modern endüstrilerin çoğunda ölçümlerin yapılmasının maliyeti üretim maliyetlerinin % 10 ile % 15'ini oluşturur. Bununla birlikte, doğru ölçümler ürünün değerini, etkinliğini ve kalitesini önemli ölçüde artırabilir (1,2).

Ceza yargılamasında herhangi bir tereddüde düşülmeksizin suç unsuru içeren olayların aydınlatılması ve hakikate ulaşılması adaletin tecelli ettirilmesi açısından temel amaçtır. Bu amacın temel dayanağı ise yargıçların ve diğer kanun uygulayıcıların en büyük yardımcısı ve destekçisi, suçlular aleyhine dilsiz birer tanık olan maddi suç delilleridir.

Adli bilim laboratuvarlarında gerçekleştirilen çalışmalarda meydana gelebilecek herhangi bir zafiyetin suç soruşturmasına doğrudan olumsuz olarak etkilemesi olasıdır. Bu yaklaşım çerçevesinde yapılandırılan suç soruşturması zincirinin önemli halkaları arasında yer alan laboratuvar birimlerinin etkin, verimli ve ahenkli çalışması ile gerçekleştirilen inceleme ve analizlerin, meydana gelen olayların aydınlatılmasında hayati önemi bulunmaktadır.

Adil ve tarafsız bir yargılamanın yapılabilmesi için, olay yerinde bulunabilecek delillerin bilimsel teknikler ve modern yöntemler kullanılarak araştırılması, usulüne uygun olarak toplanması ve kayıt altına alınmasının yanı sıra delillerin geçerliliği ve güvenilirliği sağlanmış metotlar kullanılarak analizlerinin yapıldığı, hizmetlerin ulusal ve uluslararası kabul görmüş bilimsel ölçütlere uygun olarak yürütüldüğü belgelendirilerek akredite olmuş laboratuvarlarda incelenmesi vazgeçilmez uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünyada benzer yaklaşımların oluşturulması, benzer sertifikalandırma, standartların uygulanmasında uyum, bilgi transferi, izlenebilirliğin sağlanması ve karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla, test ve kalibrasyon laboratuvarları için akreditasyon çalışmaları başlatılmıştır (3). Uluslararası kabul edilmiş ortak ölçütlere göre yapılandırılan ve çalıştırılan akreditasyon sistemleri; uygunluk değerlendirmesi hizmetlerinin farklı ülkelerde farklı niteliklerde yürütülmesinin engellenmesi, test ve belgelendirme konusunun teknik engel haline gelmesine yol açacak bir zemin oluşturma halinin önüne geçilmesi, kullanılan hizmet ve malların güvenilirliklerini ve etkinliklerini arttırmak gayesiyle son yıllarda gelişen bir çözüm vasıtası olarak devreye girmiştir (4).

Adli bilimlerde kalibrasyon son derecede önemli bir yer tutar. Ölçüm sonuçlarına göre verilen bilirkişi raporları hakimın karar vermesinde birinci derecede etkilidir. Çünkü mahkemeler teknik ve uzmanlık gerektiren konularda bilirkişi raporuna başvurular. Örneğin olay yerinden elde edilen bir kovan ya da mermi çekirdeğinin hangi silahtan atılıp atılmadığı, herhangi bir biyolojik sıvının şüpheli veya mağdura ait olup olmadığı, DNA testi, parmak izi, belge inceleme ve bunun gibi birçok biyolojik, kimyasal ve fiziksel delillerin laboratuvar ortamında incelenmesi gereken ve uzmanlık gerektiren konularda bilirkişiye başvurulur. Bu raporlar verilirken de laboratuvarların güvenilirliği uzmanın bilgi ve becerisi kadar önemlidir. Uzman da bilgisini kullanmak için laboratuvar cihazlarından aldığı sonuçları kullanır. Bu ölçümlerin doğruluğu da ancak laboratuvarları akredite olmuş kuruluşlar tarafından kalibrasyonlarının yapılması ve bunun da sertifikalandırılması ile olur (5).

Sonuç olarak bilimin dayandığı en büyük temel, ölçümlerdir. Bilimin her alanında ölçümlere ihtiyaç duyulur ki, bu ölçümler araştırmayı yapan bilim adamlarını yönlendirir ve ulaşılması amaçlanan bulgulara ışık tutar. Yapılan araştırmanın belgelenmesinde her türlü ölçüm cihazının varlığı, laboratuvarlarda kullanılan bu cihazların operatörlerinin cihazları iyi tanınması ve verdikleri sonuçları değerlendirebilecek ölçüde yeterli bilgiye sahip olması gerekmektedir.

Metroloji, birçok kişinin günlük hayatında veya çalıştığı ortamda sıklıkla kullandığı uzunluk, ağırlık, hacim gibi büyüklüklerdir. İlk bakışta zor bir algı olmadığı düşünülen bu büyüklüklerin aslında birçok kişinin bilmediği geniş kapsamlı bir alanın yüzeysel bir kısmıdır. Metrolojinin bilim ve iş alanında veya günlük yaşantımızda coğrafik konumu veya alanı ne olursa olsun, bu alanlarda bir ortaklık sağlaması açısından güvenilirlik son derecede önemlidir. Bu güvenilirlik farklı ülkelerde bulunan ölçüm standartlarının ve laboratuvarlarının tanınması, akreditasyonu ve karşılaştırılmalarının, tüm dünyada kullanılan ölçüm birimlerinin ve ölçüm prosedürlerinin herkes tarafından kullanılması ile güvenirliliğin artması sağlanır (6).

Metroloji üç ana başlıkta faaliyetleri içerir;

- Uluslararası düzeyde kabul edilen örneğin; metre kilogram gibi ölçüm birimlerinin tanımlarının yapılmasını sağlamak.
- Uluslararası düzeyde kabul edilen bu ölçüm birimlerinin bilimsel yöntemler kullanılarak belirlenmesi, Örneğin, metre biriminin lazer sistemli bir düzenek kullanılarak elde edilmesi.
- Herhangi bir ölçüm değeri veya bir ölçümün kesinliğinin belirlenerek belgelenmesi ve buna bağlı olarak elde edilen bilginin izlenebilirlik zincirinin kullanılarak yayılması.

Bilimsel araştırmalar ile metroloji bilimi arasında vazgeçilmez bir bağ vardır. Bilimsel araştırmaların bir sonuca bağlanabilmesi ve değerlendirilebilmesi için metroloji gereklidir. Bilimsel çalışmalarda metrolojinin gelişmesine katkı sağlamaktadır. Bilimin her zaman yeni buluşlar yapma amacı ve yeni cihazlar kullanarak çalışmalara devam etmesi metroloji biliminin de kendini yenileyerek, yeni cihazlar yeni prosedürler ve ölçümlerin hassasiyetini arttıracak çalışmalar yapmasına sebep olacaktır.

Metroloji, karmaşıklık ve doğruluk derecesine göre üç kategoride incelenir.

- Bilimsel metroloji, ölçüm prosedürlerinin ve standartlarının düzenlenmesi, buna bağlı olarak geliştirilmesi ve var olanın değişikliklere uğramadan korunmasıyla ilgilenir.
- Endüstriyel metroloji, sanayi alanında, üretim yapan tesislerde veya test çalışmalarında kullanılan ölçüm cihazlarının günlük yaşamımızdaki kalite seviyesini korumak, üniversite ve Ar-Ge laboratuvarlarında yapılan araştırmaları ve çalışmaları güvence altına almak.
- Yasal metroloji, ekonomik işlemlerde güvenilirliği etkileyen ve daha çok yasal anlamda doğrulanması zorunlu bulunan cihazların ölçümleri ile ilgilenir.

Bu çalışmanın amacı Adli Bilimler laboratuvarlarında kullanılan standart ölçüm cihazlarının belirli periyotlarla ölçümlerinin yapılması ve bu periyotlardaki sapmalarının, belirsizlik değerlerinin hesaplanarak ölçüm sonuçlarını ne düzeyde etkilediğini saptamaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Metroloji

2.1.1 Endüstriyel ve Bilimsel Metroloji

Kalibrsayon, metrolojik çalışmalar, test ve ölçümler; endüstriyel alanda ve günlük yaşantımızın kalitesini etkileyen önemli kriterlerdir. Dolayısıyla, bir ölçümün yapılması kadar, bu ölçümünde uluslararası yapılan anlaşmalarla izlenebilirliğin yapılması zorunludur. İzlenebilirlik zinciri, CIPM, MRA, ILAC, MRA gibi karşılıklı tanıma anlaşmaları veya akreditasyon ile sağlanabilir (7,8).

2.1.2. Konu Alanları

Bilimsel metroloji, BIPM tarafından 9 teknik konu alanına bölünmüştür. Bu konular; akustik, madde miktarı, elektrik ve manyetizma, iyonize radyasyon ve radyoaktivite, uzunluk, kütle, fotometri ve radyometri, sıcaklık, zaman ve frekanstır. EURAMET bünyesinde akışkanlar, disiplinler arası metroloji ve kalite olmak üzere üç adet ilave konu alanı bulunmaktadır. Alt konu alanlarının uluslararası resmi bir tanımı bulunmamaktadır.

**Tablo 1 Konu alanları, alt alanlar ve önemli ölçüm standartları.
(Sadece teknik konu alanları dahil edilmiştir.)**

KONU ALANI	ALT ALAN	ÖNEMLİ ÖLÇÜM STANDATLARI
Kütle ile ilgili büyüklükler	Kütle	Kütle standartları, standart teraziler, kütle komparatörleri
	Kuvvet ve Basınç	Yük hücreleri, ölü ağırlık test cihazları, kuvvet, moment ve tork dönüştürücüleri, hidrolik/pnömatik piston silindir üniteli basınç terazileri, kuvvet test makineleri, kapasitans manometreleri, iyonizasyon ölçerler
	Hacim ve yoğunluk Viskozite	Laboratuvar cam gereçleri, kılcal cam viskozimetreler, rotasyon viskozimetreleri
Elektrik ve Manyetizma	DC Elektrik	Düşük sıcaklık akım komparatörleri, “Josephson” ve “Quantum Hall” etkisi, Zener diyot referanslar, potansiyometrik yöntemler, karşılaştırma köprüleri

	AC Elektrik	AC/DC dönüştürücüler, standart kapasitörler, hava kapasitörleri, standart indüktörler, kompansatörler, Wattmetreler
	Yüksek frekans	Isıl dönüştürücüler, kalorimetreler,
	Yüksek akım ve yüksek gerilim	Akım ve gerilim ölçüm transformatörleri, referans yüksek gerilim kaynakları
Uzunluk	Dalga boyları ve enterferometre	Kararlı lazerler, enterferometreler, lazer enterferometrik ölçüm sistemleri, enterferometrik komparatörler
	Boyutsal metroloji	Mastar bloklar, step mastarlar, halka mastarlar, referans tamponlar, yükseklik mastarları, ölçü saatleri, ölçüm mikroskopları, optik düzlük standartları, koordinat ölçüm makineleri, lazer tarayıcılı mikrometreler, derinlik mikrometreleri, arazi ölçüm cihazlar
	Açısal ölçümler	Otokolimatörler, döner tablalar, açı mastar blokları, poligonlar, seviye ölçerler
Zaman ve Frekans	Zaman ölçümleri	Sezyum atomik saati, zaman aralığı ölçüm cihazı
	Frekans	Atomik saat ve fiske, kuvars osilatörler, lazerler, elektronik sayıcılar ve sentezleyiciler,
Sıcaklık	Kontak sıcaklık ölçümleri	Gaz termometreleri, ITS-90 sabit noktaları, direnç termometreleri, ısı çiftler
	Radyasyon sıcaklık ölçümleri	Yüksek sıcaklık siyah cisimler, düşük sıcaklık radyometreleri, radyasyon termometreleri, Si foto diyotlar
	Nem	Optik çiy-noktası ölçerler veya elektronik nemölçerler, iki basınç/sıcaklık nem kaynakları
	Soğurulmuş doz Sağlık ürünleri	Kalorimetreler, iyonizasyon odaları
	Radyasyon korunma	İyonizasyon odaları, referans radyasyon demetleri/alanları, oransal ve diğer sayaçlar, TEPC, Bonner nötron spektrometreler

	Radyoaktivite	Kuyu tipi iyonizasyon odaları, sertifikalı radyasyon kaynakları, gama ve alfa spektroskopisi, 4 Π detektörleri
Fotometri ve Radyometri	Optik radyometri	Düşük sıcaklık radyometre, optik detektörler, kararlı lazer referans kaynakları, referans malzemeler
	Fotometri	Görünür bölge detektörleri, Si foto diyotlar, kuantum verimli detektörler
	Renk ölçümleri/kalorimetreler	Spektrofotometre
	Optik fiberler	Referans malzemeler
Akışkanlar	Gaz akışkanlar (hacim)	Bell prover, rotary gaz sayaçları, türbin gaz sayaçları, sonik nozul transfer sayaçları
	Sıvı akışı (hacim, kütle ve enerji)	Hacim standartları, Coriolis kütle ilişkili standartlar, seviye ölçerler, indüktif akı ölçerler, ultrasonik akı ölçerler
Akustik, Ultrasonik ve Titreşim	Gazlarda akustik ölçümler	Standart mikrofonlar, piston fonlar, ses kalibratörleri
	İvme ölçümü	İvme ölçerler, kuvvet dönüştürücüler, titreştiriciler, lazer enterferometre
	Sıvılarda akustik ölçümler	Hidrofonlar
	Ultrasonik	Ultrasonik güç ölçerler, radyasyon kuvvet terazisi
Kimya	Çevre kimyası	Sertifikalı referans malzemeler, kütle spektrometreleri, standartlar
	Klinik kimya	
	Malzeme kimyası	Saf malzemeler, sertifikalı referans malzemeler
	Gıda kimyası	Sertifikalı referans malzemeler
	Biyokimya	
	Mikrobiyoloji	
	pH ölçümü	Sertifikalı referans malzemeler, standart elektrot

2.1.3. Ölçüm Standartları

Ölçüm standardı veya etalon, bir birimin veya referans olabilmesi için bir büyüklüğün, bir veya birden fazla değerinin tanımlanması, gerçekleştirilmesi, muhafaza edilmesi veya yeniden oluşturulması için bir maddi ölçüt, ölçüm cihazı, referans malzeme veya ölçüm sistemidir.

Örnek olarak metre, ışığın boşlukta, saniyenin $1/299.792.458$ 'i kadar bir zaman aralığında kat ettiği mesafenin uzunluğu olarak tanımlanmıştır. Birincil seviye metre standardı, iyotla kararlı hale getirilmiş helyum-neon lazerinin dalga boyundan sağlanır. Alt seviyelerde, master blokları gibi maddi ölçütler kullanılır ve izlenebilirlik, yukarıda bahsedilen lazer dalga boyu referans alınarak, master bloklarının uzunluklarının optik enterferometre ile belirlenmesi ile sağlanır (9).

2.1.4. Sertifikalı Referans Malzemeler

Bir sertifikalı referans malzeme (SRM) bir veya birden fazla özellik değerlerinin ifade edildiği bir birime izlenebilirliği sağlayan bir prosedür ile sertifikalandırılan bir referans malzemedir. Her sertifikalı değer, bulunduğu seviyedeki belirsizlik değeri ile verilir. Sertifikalı referans malzeme sıklıkla gruplar halinde üretilir ve üretilen bu malzemeler arasından bir numune seçilir ve seçilen numuneler ile yapılan ölçümlerde daha önceden beyan edilen belirsizlik sınırları içerisinde özellik değeri belirlenir (10).

2.1.5. İzlenebilirlik ve Kalibrasyon

İzlenebilirlik zinciri, her birimin belirsizliği ifade edilmiş kesintisiz bir karşılaştırmalar zinciridir. Bu da yapılan ölçümün ya da belirlenen ölçüm standardının kendinden daha yüksek seviyedeki referanslarla bağ kurmasını sağlar. En üst seviyede birincil standart bulunur. Biyoloji ve kimyada sertifikalı referans malzeme kullanılarak izlenebilirlik sağlanabilir. Kullanıcı izlenebilirliği, UME'den yetki almış ikincil seviyede akredite olmuş bir kalibrasyon laboratuvarı sayesinde elde edilebilir. Karşılıklı tanıma anlaşmaları ile uluslararası seviyede tanınan izlenebilirlik, kullanıcının ülkesinden başka ülkelerdeki laboratuvarlar tarafından da sağlanmış olur.

İzlenebilirlik sağlanırken, ölçüm cihazı, kalibrasyon ve referans malzemeler kullanılır. Kalibrasyon, ölçüm cihazının, kullanılan sistemin veya referans malzemenin, kendinden daha hassas ölçümler yapabilen, cihaz veya sistemler kullanılarak ölçümlerin doğruluğunu belirler. Bu işlemler sonucunda standart sapmaların ve ölçüm belirsizliklerini gösteren bir sertifika hazırlanır. Daha sonra kalibrasyon işlemini gerçekleştiren firmanın da bilgilerini içeren aynı

zamanda kalibrasyonun yapıldığı tarihi de belirten bir etiket hazırlanarak cihazın görünür bir bölgesine yapıştırılır.

Bir cihazın kalibre edilmesini gerektiren dört ana neden:

- İzlenebilirliği oluşturmak ve göstermek,
- Cihazdan alınan değerlerin diğer ölçümlerle tutarlı olmasını güvence altına almak,
- Cihazdan alınan değerlerin doğruluğunu belirlemek
- Cihazın güvenilirliğini belirlemektir.

2.1.6. Referans Prosedürler

Referans prosedürler veya yöntemler, karşılaştırma yapılabilecek ölçümler için diğer prosedürlerin kalite değerlendirmesini yapmak, standart referans malzemelerin belirlenmesini ve bu referans malzemelerin miktarlarının belirlenmesi amacı ile başvuru ve bütünüyle karakterize edilmiş ve kontrol altında oldukları kanıtlanmış test, ölçüm veya analiz prosedürleri olarak tanımlanabilir (8).

Referans prosedürler oluşturulurken hesaba katılması gereken tüm belirsizlik bileşenleri eklenerek sonuçların belirsizliği hesaplanmalı ve hesaplanan bu değer kullanım için uygun verileri içermelidir. Dolayısıyla bir işlemde kullanılan diğer ölçüm ve test prosedürlerini uygulanabilir kılmak ve belirsizlik değerlerini belirlemek veya birçok alanda ölçümlerde kullanılacak referans değerleri belirlemek amacıyla bu referans prosedürler kullanılır.

2.1.7. Belirsizlik

Belirsizlik, ölçüm sonuçlarının diğer ölçüm sonuçları, referanslar, şartnameler veya standartlar ile karşılaştırılmasına imkân veren, bir ölçüm sonucunun kalitesinin bir nicel ölçütüdür (8,11).

Yapılan tüm ölçümlerde elde edilen sonucun doğru değerinden ne kadar saptığı bununla birlikte ölçüm belirsizliği tespit edilebilir. Elde edilen sapma değeri de kalibrasyonun yardımıyla düzeltilebilir. Ölçüm belirsizliğinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan ve kullanılması kabul edilen yöntem ISO'nun da önerdiği "Ölçüm Belirsizliğinin Hesaplanması Kılavuzu"nda tanımlanan GUM yöntemidir (12).

Ölçüm sonuçları sertifikalandırma aşamasında;

$$Y = y \pm U$$

Olarak belirtilir.

U yani belirsizlik, iki anlamlı basamaktan daha fazla verilmemiş ve y de U' ya bağlı olarak aynı sayıda basamağa karşılık gelecek şekilde yuvarlanmış olarak belirtilen bir sayıdır. Örnek olarak;

Bir göstergeli sıcaklık ölçer bir sıcaklık kalibratörü tarafından oluşturulan 20 °C'lik bir ortamı 20,06 °C olarak ölçmektedir. Üreticinin şartnamesinde sunduğu cihaz için belirsizlik değeri ise 0, 09 °C 'dir. Dolayısıyla sertifikada belirtilen değer;

$T=(20,06 \pm 0,09) ^\circ\text{C}$ olup;

Kapsam Faktörü $k = 2$ 'dir

Genellikle, sertifikada verilen belirsizlik, bileşik standart belirsizliğin, yaklaşık % 95 güvenilirlik seviyesine denk gelen sayısal kapsam faktörü $k = 2$ ile çarpımı sonucunda elde edilen genişletilmiş belirsizliktir.

GUM belirsizlik felsefesi;

- Değeri tam olarak bilinmeyen bir ölçüm büyüklüğü X, bir olasılık fonksiyonunun istatistiki değişkeni olarak varsayılır.
- x ölçüm sonucu, beklenen değer $E(X)$ 'in bir tahminidir.
- Standart belirsizlik $U(x)$, $V(X)$ varyansının tahmini değerinin kareköküne eşittir.
- A tipi belirsizlik hesaplaması

Beklenen değer ve varyans tekrarlanan ölçümlerin istatistiksel analizlerinden elde edilir.

- B tipi belirsizlik hesaplaması

Beklenen değer ve varyans diğer yöntemlerle belirlenir. En çok kullanılan yöntem, deneyim ve diğer bilgilere dayanan bir olasılık dağılımının varsayılmasıdır. Örn. dikedörtgensel dağılım yöntemi

- Ölçüm belirsizliğinin tüm önemli bileşenlerini belirlemek

Ölçüm belirsizliğini etkileyen birçok kaynak vardır. Kaynakları belirlemek için mevcut ölçüm metoduna bir model uygulanır. Ölçüm büyüklüklerini matematiksel bir modelde kullanılır.

- Ölçüm belirsizliğinin her bileşeninin standart belirsizliğini hesaplamak

Ölçüm belirsizliğinin her bileşeni, A tipi veya B tipi değerlendirmeden elde edilmiş standart belirsizlik olarak ifade edilir.

- Bileşik belirsizliği hesaplamak

Prensipte:

Bileşik belirsizlik her bir belirsizlik bileşeninin, belirsizliğin yayılımı kuralına göre birleştirilmesiyle hesaplanır.

Uygulamada:

Bileşenlerin toplamı veya farkları için, bileşik belirsizlik, bileşenlerin standart belirsizliklerinin karelerinin toplamının karekökü olarak hesaplanır.

Bileşenlerin çarpımı veya oranı için, bileşenlerin bağıl standart belirsizliklerine aynı “toplam/fark” kuralı uygulanır.

- Genişletilmiş belirsizliği hesaplamak

Bileşik belirsizliği kapsam faktörü k ile çarpılır.

Faktör, bir ölçüm modelinin çıktı büyüklüklerinin olasılık dağılımları tipine ve seçilen kapsam olasılığına bağlıdır.

Bu tanımdaki “faktör” terimi kapsam faktörünü ifade eder.

- Ölçüm sonucunu aşağıdaki şekilde ifade etmek

$$Y = y \pm U \quad [2]$$

Kapsam faktörünün değeri hedeflenen güvenilirlik düzeyine göre seçilir. Metrolojik ölçümlerin çoğunda $k = 2$ olarak kullanılır. Bu değere karşılık gelen güvenilirlik düzeyi %95’tir. Standart ölçüm belirsizliği GUM (12) ve EA-4/02 (13) dokümanlarına uygun olarak belirlenmelidir.

Tablo 2 Güvenilirlik düzeyine göre kapsam faktörü değerleri

Güvenirlik Düzeyi P(%)	Kapsam faktörü Kp
68.27	1
90	1,645
95	1,960
99	2,576
100	3

2.1.8 Test

Test, bir ürün, bir süreç veya yapılacak olan işe ait özelliklerin belli süreçlere, yöntemlere veya nelere ihtiyaç duyulduğunun belirlenmesidir (8).

Testin amacı, elde edilmeye çalışılan ürünün güvenlik düzeyini, ticari şartnamelerde belirtilen özellikleri taşıyıp taşımadığının kontrolü sağlamak olabilir. Bu nedenle testler üretim sürecinde farklı düzeylerde uygulanırken, dolayısı ile de uygulanma düzeyine göre farklı doğruluk gereksinimlerine ihtiyaç duyulur.

Testler, birinci, ikinci veya üçüncü taraf laboratuvarlar tarafından yapılır. Birinci taraf laboratuvarlar üreticiler, ikinci taraf laboratuvarlar müşteriler, üçüncü grup laboratuvarlar da üreticiler ve müşterilerden bağımsız olan laboratuvarlardır. Metroloji, ölçüm birimlerini tanımlayarak, izlenebilirliği ve ölçüm sonuçlarına ait belirsizliği sağlayarak test sonuçlarının karşılaştırılabilmesi için temel oluşturur.

2.2. Yasal Metroloji

Yasal metroloji, ticari ilişkilerde adaleti sağlanması, özellikle de ölçüler ve ağırlıklar alanında bir kuruluş tarafından güvence altına alınması gerektiği için oluşturulmuştur. Yasal metrolojinin asıl amacı resmi ve ticari işlemlerde kullanılan ölçüm cihazlarının ve sonuçlarının doğruluğunu ortak bir paydada güvence altına almaktır.

OIML, “Uluslararası Yasal Metroloji Organizasyonu” yasal metroloji dışında, ölçümlerin yönetmelik veya mevzuatlara uygunluğunun değerlendirilmesinin gerekli olduğu havacılık, sağlık, yapı malzemeleri, çevre ve kirlilik kontrolü gibi birçok mevzuat alanı bulunmaktadır (14).

2.2.1 Ölçüm cihazlarının mevzuatı

Yasal metrolojinin uygulanma aşamasında ölçüm sonuçlarını kullanan kişilerin metroloji uzmanı olmaları şartı aranmamaktadır. Zaten bu ölçümlerin güvenilirliğini sağlamak devletin sorumluluğundadır. Çalışma şartlarını, cihazların kullanımı sürelerini ve ölçüm sonuçlarının kabul edilebilir hata sınırı içerisinde kalması devlet kanalıyla garanti altına alınmalıdır. Böylece uluslararası düzeyde ve bölgesel düzeyde ölçüm ve testler için olması gereken şartlar belirlenmiş olur.

2.2.2 Ölçüm Cihazları için AB Mevzuatı

Avrupa’da yasal olarak kontrol edilen ölçüm cihazlarının uyumlaştırılması halen 71/316/EEC Direktifine dayanmaktadır. 71/316/EEC Direktifi bütün kategorilerdeki ölçüm cihazları için yatay gereklilikleri ve ek olarak 1971’den beri yayınlanan ölçüm cihazlarının her bir kategorisini içeren diğer özel yönetmelikleri kapsamaktadır. Bu yönetmeliklere tabi olan üye devletler varolan ulusal mevzuatlarını feshetmek zorunda değildirler. EC tip onayı alan (tüm cihazları kapsamamaktadır) ve EC ön doğrulaması yapılan ölçüm cihazları, daha fazla test veya tip onayı gerekmeksizin bütün üye ülkelerde piyasaya sürülebilir ve kullanılabilir. Tarihsel nedenlerden dolayı yasal metroloji kapsamı bütün ülkelerde aynı değildir. Otomatik Olmayan Tartı Cihazları (NAWI) Direktifinin 1 Ocak 1993’de ve Ölçüm

Cihazları Direktifinin (MID) 30 Ekim 2006'da yürürlüğe girmesi ile ölçüm cihazları ile ilgili varolan birçok yönetmelik feshedilmiştir. Otomatik Olmayan Tartı Cihazları (NAWI) için AB Direktifi 90/384/EEC NAWI Direktifi (93/68/EEC Direktifi ile değiştirilmiş olan) ticaretteki teknik engelleri kaldırır, böylece 'tek' pazar yaratarak cihazların kullanımını ticari, yasal ve tıbbi amaçlar için ticari terazilerden endüstriyel kantarlara kadar düzenler.

AB Ölçüm Cihazları Direktifi (MID);

2004/22/EC Ölçüm Cihazları Direktifi de ticaretteki teknik engelleri kaldırma işlemini devam ettirerek aşağıdaki ölçüm cihazlarının pazarlanmasını ve kullanımını düzenler:

MI-001 su sayaçları

MI-002 gaz sayaçları

MI-003 elektrik sayaçları ve ölçüm trafosu

MI-004 ısı sayaçları

MI-005 su haricindeki diğer sıvılar için ölçüm sistemleri

MI-006 otomatik tartı cihazları

MI-007 taksimetreler

MI-008 maddi ölçütler

MI-009 boyutsal ölçüm sistemleri

MI-010 egzoz gazı analizatörleri

Üye ülkeler düzenlemeyi istedikleri cihaz tiplerine karar verme seçeneğine sahiptirler. Geçici hükümlere bağlı olarak varolan ulusal yönetmeliklerin yeni cihazlara uygulanması sona erdirilmiştir. Varolan direktiflerde elektronik cihazlar yer almazken, NAWI ve MID direktifleri bu cihazları kapsamaktadır.

2.2.3. Ölçme Cihazları Mevzuatının AB Uygulaması

Cihazların pazarlamasından önce yasal kontrollerinin yapılarak onaylanmış ve doğrulanmış olması gerekmektedir. Üretimi yapan firmalar, ürettikleri cihaz için yasalarla düzenlenen gereklilikleri yerine getirdikten sonra üye ülke tarafından yetki verilmiş ve yeterliliğe sahip bir kurum tarafından tip onayı alır. Seri şekilde üretilen ölçüm cihazları bu tip onayını aldığında, onaylanmış yöntemde öngörülen şartları yerine getirmiş olduğu kabul edilir. Her aşamada kullanılabilen bu ölçüm cihazlarının yasal şartlara uygunluğunun devamını garanti etmek için periyodik denetimler yapılmalıdır. Bu denetimlerin uluslararası standartlarda belirtilen izlenebilirlik şartlarını yerine getirmelidir. Cihazların yasal kontrolü de üye ülkelere bırakılmıştır.

NAWI ve MID’de bulunan çeşitli uygunluk değerlendirme aşamaları için modüller, tüm teknik uyumlaştırma direktiflerine uygulanan 93/465/EEC Direktifindekilere karşılık gelir. Direktiflerin tanımladıklarında üreticinin sorumluluğu, NAWI Direktifi ve MID’e göre uygunluk değerlendirme sürecinin geçerliliğini garanti eden Onaylanmış Kuruluş’un numarası ile birlikte ürün üzerine, CE işaretini ve tamamlayıcı metroloji işaretini iliştiirmekle yükümlüdür. İşaretlerin iliştilmesi, ürünün direktif şartlarına uygun olduğunun beyanıdır. Hem NAWI hem de MID zorunlu direktiflerdir. Önceden paketlenmiş ürünlerin toptancıları ve ithalatçıları, ürün paketlerinin, paketlemenin üç kuralına uygun olmasını sağlamalıdır. Bunu yapmak için, kurallara titizlikle uydukları sürece toptancılar, kontrol ve miktar denetimi için istedikleri herhangi bir yöntemi kullanmakta serbesttirler. Gerektiğinde, üç kurala uyumluluk yerel yönetimin ticari standartlar memurları tarafından yürütülen, referans testler dahil olmak üzere uygun testler ile belirlenebilir. Ön-Paketleme Direktifi zorunlu bir direktif değildir. Devletin sorumluluğunda devlet, yasal metrolojik kontrole tabi olan ve direktiflerin ilgili hükümleriyle uyumlu olmayan ölçüm cihazlarının piyasada bulunmasını ve/veya kullanıma alınmasını engellemekle yükümlüdür.

2.3. Metrolojik Yapılanma

2.3.1. Uluslararası Yapı

2.3.1.1 Metre Konvansiyonu

19. yüzyılın ortalarında dünya çapında yapılmaya başlanılan endüstriyel fuarlar sırasında evrensel ondalık metrik sisteme ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmıştır. 1875 yılında, Paris’te metre ile ilgili diplomatik bir konferans düzenlenmiş ve 17 devlet tarafından diplomatik bir antlaşma olan “Metre Konvansiyonu” imzalanmıştır. Bu Konvansiyona katılan ülkeler, Uluslararası Ölçüler ve Ağırlıklar Bürosu (BIPM) adında bilimsel bir enstitü kurarak, aynı zamanda da parasal destek sağlanması konusunda fikir birliğine varmışlardır. Daha sonra 1921 yılında Metre Konvansiyonunda küçük değişiklikler yapılmıştır.

Üye devletlerin temsilcileri Ölçüler ve Ağırlıklar Genel Konferansı (CGPM)’nda her 4 yılda bir toplanarak ulusal metroloji enstitüleri ve BIPM bünyesinde yapılan uygulamaları gözden geçirerek değerlendirir ve gelişmeleri yönünde fikir alışverişinde bulunurlar.

2008 yılı itibariyle Metre Konvansiyonuna üye 51 ülke ve CGPM’ye gözlemci gönderme hakkına sahip 27 ülke ve ekonomi bulunmaktadır. CGPM, her yıl toplanan Ölçüler ve Ağırlıklar Uluslararası Komitesi (CIPM) için en fazla 18 temsilciyi seçer. CIPM, BIPM’yi CGPM adına yönetir ve diğer uluslararası metroloji kuruluşları ile işbirliği yapar. CIPM, CGPM tarafından verilecek teknik kararlar için ön hazırlıkları üstlenir. CIPM, 10 danışma

komitesi tarafından desteklenir. Her danışma komitesinin başkanı genelde CIPM'nin üyesidir. Danışma komitelerinin diğer üyeleri ulusal metroloji enstitülerinin temsilcileri ve diğer uzmanlardır. BIPM ve diğer uluslararası kuruluşlar, belirli görevler için Ortak Komiteler oluşturmuştur. Bu komitelerden bazıları, JCDCMAS Gelişmekte Olan Ülkelere Metroloji, Akreditasyon ve Standartlaştırma alanlarında verilen desteğin koordinasyonu için Ortak

Komitesi, JCGM Metroloji Kılavuzları için Ortak Komitesi, JCRB Bölgesel Metroloji Kuruluşları ve BIPM Ortak Komitesi, JCTLM Tıbbi Laboratuvarlarda izlenebilirlik için Ortak Komitesidir (15,16).

2.3.1.2. CIPM Karşılıklı Tanınma Anlaşması

CIPM Karşılıklı Tanınma Anlaşması, CIPM ve MRA, ulusal metroloji enstitüleri arasında bir anlaşmadır. İki kısımdan oluşan bu anlaşma 1999 yılında imzalanmış, 2003 yılında da bazı teknik konularda revize edilmiştir. İlk kısım ulusal ölçüm standartlarının denklik derecesinin saptanmasına ilişkindir. İkinci kısım ise katılımcı enstitüler tarafından verilen kalibrasyon ve ölçüm sertifikalarının karşılıklı tanınmasını içerir. Her ülkeden sadece bir ulusal metroloji enstitüsü CIPM, MRA anlaşmasını imzalayabilir, fakat aynı ülkede bulunan ve kabul edilmiş ulusal standartları bünyesinde barındıran diğer kuruluşlar, anlaşmayı imzalamış olan enstitü üzerinden yetkilendirilebilir ve katılımcı olabilirler. Bu tür kuruluşlar genellikle yetkilendirilmiş kuruluşlar (YK) olarak tanımlanır. Bir ulusal metroloji enstitüsü CIPM, MRA'nın sadece birinci kısmına ya da her iki kısmına birden katılmayı seçebilir. Metre konvansiyonuna gözlemci sıfatıyla dahil olan ülkelerin ulusal metroloji enstitüleri yalnızca bulundukları Bölgesel Metroloji Kuruluşları üzerinden CIPM MRA'ya katılabilirler. CIPM tarafından yetkilendirilen uluslararası ve hükümetler arası organizasyonlar da CIPM MRA'ya katılabilirler. CIPM MRA anlaşmasının herhangi bir kısmının kapsamını genişletmez veya yerini almaz. Bu anlaşma diplomatik bir anlaşma olmayıp, ulusal metroloji enstitülerinin yöneticileri arasındaki teknik bir düzenlemedir.

CIPM MRA'nın hedefleri; Ulusal metroloji enstitüleri tarafından muhafaza edilen ulusal ölçüm standartlarının denklik derecesini saptamak, Ulusal metroloji enstitüleri tarafından verilen kalibrasyon ve ölçüm sertifikalarının karşılıklı tanınmasını sağlamak ve böylece devletlere ve diğer kuruluşlara, uluslararası ticaret ve idari işlerde daha geniş çaplı anlaşmalar için güvenli teknik bir altyapı sağlamaktır.

Bu hedeflere, katılımcı ulusal metroloji enstitülerinin ve yetkilendirilmiş kuruluşların beyan ettikleri Ölçüm ve Kalibrasyon Yeteneklerinin (CMCs) gözden geçirilmesi, Ulusal metroloji enstitülerinin ve yetkilendirilmiş kuruluşların ölçüm standartlarının uluslararası

karşılaştırmalarına etkin katılımı (anahtar karşılaştırmalar veya tamamlayıcı karşılaştırmalar), Katılımcı ulusal metroloji enstitülerinin ve yetkilendirilmiş kuruluşların kalite sistemlerinin gözden geçirilmesi ve yeterliliklerinin ispatlanması süreçleri ile ulaşılır.

Bu süreçlerin çıktıları, BIPM tarafından tutulan ve internet üzerinden kamuya açık bir veri tabanında yayınlanan her bir ulusal metroloji enstitüsünün ve yetkilendirilmiş kuruluşun ölçüm yeteneklerinin beyanı (CMCs) ve karşılaştırma sonuçlarıdır.

Ulusal metroloji enstitülerinin yöneticileri, ülkelerindeki uygun mercilerin onayı ile MRA'yı imzalar ve böylece; CIPM MRA anlaşmasında belirtilen veri tabanının oluşturulma sürecini onaylar, anahtar ve tamamlayıcı karşılaştırmaların sonuçlarını veri tabanında beyan edildiği şekliyle tanır, diğer katılımcı ulusal metroloji enstitülerinin ve yetkilendirilmiş kuruluşların kalibrasyon ve ölçüm yeteneklerini veri tabanında beyan edildiği şekliyle tanır. Bir ulusal metroloji enstitüsünün CIPM MRA'ya katılması, ulusal akreditasyon kurumlarının ve diğer kuruluşların o enstitünün sağladığı ölçümlerin uluslararası güvenilirliğinden ve kabul edilebilirliğinden emin olmasını sağlar. Bu, aynı zamanda, akredite olmuş test ve kalibrasyon laboratuvarlarının, katılımcı ulusal metroloji enstitülerine ve yetkilendirilmiş kuruluşlara izlenebilirliklerini göstermeleri şartı ile, yaptıkları ölçümlerin uluslararası alanda tanınmasını da sağlar.

CIPM MRA'nın imzalanması, ülkedeki diğer kurumlardan ziyade imza sahibi katılımcı ulusal metroloji enstitüsünü bağlar. Bir ulusal metroloji enstitüsünün yaptığı kalibrasyon ve ölçümlerin sorumluluğu tümüyle kendisine aittir. CIPM MRA tarafından bu sorumluluk başka bir metroloji enstitüsüne yüklenerek genişletilemez.

CIPM, MRA, BIPM ve danışmanlık komiteleri tarafından koordine edilir. Bölgesel Metroloji Kuruluşları ve BIPM, yukarıda anlatılan süreci idare etmek ile sorumludur. Bölgesel Metroloji Kuruluşları ve BIPM Ortak Komitesi ise veri tabanı girişlerinin analizini yapmaktan ve onaylamaktan sorumludur. 2008 yılı itibari ile CIPM MRA, 45 üye ülkeden 73 kuruluş, 26 CGPM gözlemci üyesi ve 2 uluslararası organizasyon tarafından imzalanmıştır ve imzalayan kurumlar tarafından yetkilendirilmiş 117 kuruluşu daha kapsamaktadır. Günümüzde, dünya ihraç mal ticaretinin yaklaşık % 90'ı CIPM MRA katılımcısı ülkeler arasında yapılmaktadır (17-20).

2.3.1.3. Ulusal Metroloji Enstitüleri

Bir Ulusal Metroloji Enstitüsü (NMI), bir ya da daha fazla büyüklük için, ulusal ölçüm standartlarını geliştirmek ve muhafaza etmek amacıyla ulusal karar ile görevlendirilmiş kuruluştur.

Bir ulusal metroloji enstitüsü, ülkeyi uluslararası alanda, diğer ülkelerin ulusal metroloji enstitüleri, Bölgesel Metroloji Kuruluşları ve BIPM nezdinde temsil eder. Ulusal metroloji enstitüleri uluslararası metroloji organizasyonunun temel direğidir.

Ulusal metroloji enstitüleri ve yetkilendirilmiş kuruluşların bir listesi BIPM'ye ait internet sitesinde ve bölgesel metroloji kuruluşlarında mevcuttur, örneğin, Avrupa'da bulunan, EURAMET'e bağlı Ulusal metroloji enstitüleri ile gözlemci üye statüsündeki yetkilendirilmiş kuruluşların bir listesi EURAMET'in internet sitesinde bulunabilir.

Bazı Ulusal Metroloji Enstitüleri bazı birimleri diğer Ulusal Metroloji Enstitülerine izlenebilir ikinci seviye standartlar kullanarak elde ederken, pek çok ulusal metroloji enstitüsü metrolojide kullanılan temel ve türetilen birimleri, ulaşılabilir en yüksek uluslararası düzeyde, birinci seviyede gerçekleştirerek garanti altına alırlar.

Yukarıda tanımlanan faaliyetlere ek olarak, Ulusal Metroloji Enstitüleri genellikle; SI birimlerinin akredite olmuş laboratuvarlara, endüstriye, akademiye, yetkili makamlara dağıtımı, metroloji alanında araştırma yapılması, yeni ve iyileştirilmiş ölçüm standartları (birincil ve ikincil) ve ölçüm metotlarının geliştirilmesi, uluslararası en üst seviye karşılaştırmalara katılım, ulusal kalibrasyon/izlenebilirlik hiyerarşisinin (Ulusal Ölçüm Sistemi) genel olarak gözlem altında tutulması gibi faaliyetlerden de sorumludur (21).

2.3.1.4. Yetkilendirilmiş Kuruluşlar

Ulusal Metroloji Enstitüsü ya da bağlı olduğu devlet, uygun olduğu takdirde, belirli ulusal standartların korunması için ülke içindeki diğer kuruluşları görevlendirebilir ve bu laboratuvarlar, özellikle eğer CIPM, MRA aktivitelerine katılırlarsa, 'Yetkilendirilmiş Kuruluşlar' olarak adlandırılır. Bazı ülkelerde, içinde tek Ulusal Metroloji Enstitüsü bulunduran merkezi bir metroloji yapılanması mevcuttur. Diğer Ülkelerde, lider bir ulusal metroloji enstitüsü ile ülke içinde ulusal görev alanlarına bağlı olarak, ulusal metroloji enstitüsü statüsünde olan veya olmayan çeşitli yetkilendirilmiş kuruluşlardan oluşan, merkezi olmayan bir yapılanma mevcuttur.

Yetkilendirilmiş laboratuvarlar, ülkenin metroloji politikasına ve değişik konu alanlarındaki metrolojik faaliyet planına uyumlu olarak görevlendirilir. Kimya, tıp ve gıda gibi ticari olmayan alanlarda metrolojinin önemi arttıkça, bütün çalışma alanlarını kapsayan bir ulusal metroloji enstitüsüne sahip ülke sayısı azalmakta ve böylece günümüzde yetkilendirilmiş kuruluşların sayısı artmaktadır.

2.3.1.5. Akredite Laboratuvarlar

Akreditasyon, laboratuvarın teknik yeterliliği, kalite sistemi ve tarafsızlığının üçüncü kişiler tarafından tanınmasıdır (8). Özel laboratuvarlar gibi resmi laboratuvarlar da akredite olabilir. Akreditasyon gönüllülüğe bağlıdır, fakat bir çok uluslararası ve ulusal otorite, test ve kalibrasyon laboratuvarlarının kendi yeterlilik alanlarındaki kalitesini, bir akreditasyon kuruluşundan akreditasyon isteyerek güvence altına alırlar. Bazı ülkelerde, örneğin, gıda sektöründe çalışan laboratuvarlar veya perakende satış mağazalarında kullanılan tartıları kalibre eden laboratuvarlar için akreditasyon istenmektedir.

Akreditasyon, laboratuvar değerlendirmesi ve düzenli gözetimler sonucu verilir. Akreditasyon, genellikle ISO/IEC 17025, “Deney ve Kalibrasyon laboratuvarlarının Yeterliği için Genel şartlar” gibi ulusal ve uluslararası standartlara ve o laboratuvar ile ilgili teknik şartnamelere ve talimatlara dayanmaktadır. Bununla, bir üye ülkede, akredite olmuş laboratuvarlar tarafından yapılan test ve kalibrasyonların, tüm üye ülkelerdeki otoriteler ve endüstri tarafından kabul edilmesi amaçlanmaktadır. Bu sebeple, akreditasyon kurumları, akredite kuruluşlar tarafından verilen sertifika ve test raporlarını ve birbirlerinin sistemlerini tanıma ve denkliklerini kabul etmek için uluslararası ve bölgesel olarak kabul gören çok taraflı anlaşmalar yapmaktadır.

2.3.1.6. Bölgesel Metroloji Kuruluşları

Ulusal metroloji enstitülerin bölgesel seviyedeki işbirlikleri Bölgesel Metroloji Kuruluşları tarafından koordine edilmektedir. Bölgesel metroloji kuruluşlarının faaliyetleri bölgeye özgü gereksinimlere odaklanmakla beraber, genel olarak; Ulusal Ölçüm standartlarının karşılaştırmaları ve CIPM, MRA’nın diğer faaliyetlerinin koordinasyonu, metroloji alanında Ar-Ge faaliyetlerinde işbirliği, birinci seviyede oluşturulan SI birimlerine izlenebilirliğine olanak sağlanması, üye ülkelerin metroloji altyapılarının geliştirilmesi için işbirliği, ortak eğitim ve danışmanlık faaliyetleri, teknik imkân ve tesislerin paylaşımı gibi durumları kapsamaktadır.

Gözden geçirme sürecinin yürütülmesi ve sonuçlarının bölgesel kuruluşlar ile BIPM’nin ortak komitesi olan JCRB’ye raporlanması gibi sorumluluklarından dolayı bölgesel metroloji kuruluşları CIPM, MRA içerisinde büyük bir öneme sahiptir.

2.3.1.7. ILAC

Uluslararası Laboratuvarlar Akreditasyon Birliği (ILAC), dünya çapında değişik laboratuvar akreditasyon sistemleri arasındaki işbirliğini sağlayan uluslararası bir kuruluştur.

1977 yılında bir konferans olarak başlayan ILAC, 1996 yılında resmi bir kimliğe kavuşturulmuştur. 2000 yılında, ILAC'a üye 36 ülke tarafından ILAC-MRA (Karşılıklı Tanınma Anlaşması) imzalanmış ve 2008 yılı itibariyle ILAC MRA'nın üye sayısı 60'a yükselmiştir (22).

Katılımcı akreditasyon kurumların ILAC içinde değerlendirilmeleri sonucunda, test sonuçlarının uluslararası kabulü ve Dünya Ticaret Örgütü'nün Ticarete Teknik Engellerin Ortadan Kaldırılması Anlaşması'nın tavsiye ettiği ve desteklediği şekilde ticaretteki teknik engellerin kaldırılması konularında iyileştirmeler sağlanmaktadır. ILAC, laboratuvar akreditasyonu uygulamaları ve prosedürlerinin geliştirilmesi için dünyanın önde gelen uluslararası forumudur.

ILAC, laboratuvar akreditasyonunu, ticareti kolaylaştıran ve dünya üzerindeki yeterli donanımına sahip kalibrasyon ve test laboratuvarlarının tanınmasını sağlayan bir araç olarak teşvik eder. Küresel yaklaşımının bir parçası olarak, ILAC, aynı zamanda, kendi laboratuvar akreditasyon sistemlerini geliştirmekte olan ülkelere danışmanlık ve destek verir. Gelişmekte olan bu ülkeler, ILAC'a gözlemci üye olarak katılabilirler ve böylece ILAC'ın daha gelişmiş üye ülkelerin kaynaklarına erişim sağlayabilirler (23).

2.3.1.8. OIML

Uluslararası Yasal Metroloji Örgütü (OIML), 1955 yılında, devletlerarası bir anlaşma organizasyonu olarak kurulmuştur. Bu örgüte temel oluşturan anlaşma 1968 yılında değişime uğramıştır. OIML'nin amacı, yasal metroloji prosedürlerinin küresel çapta uyumlaştırılmasını teşvik etmektir. 2008 yılı itibariyle, OIML bünyesinde, 59 tam ve 57 gözlemci üye ülke bulunmaktadır. OIML, kuruluşundan bu yana geliştirdiği dünya çapındaki teknik altyapı ile üyelerine yasal metroloji uygulamaları için, ölçüm cihazlarının üretimi ve kullanımı konusunda, ulusal ve bölgesel gerekliliklerin belirlenmesine yönelik metrolojik rehberlik sağlar. OIML, üyelerine, çeşitli kategorilerdeki ölçüm cihazlarına dair ulusal bir mevzuatın oluşturulmasına temel sağlayan, uluslararası kabul görmüş tavsiyeler yayımlamaktadır.

OIML taslak tavsiyeleri ve dokümanları üye ülke temsilcilerinden oluşan teknik komite ve alt komiteler tarafından geliştirilmektedir. 2008 yılı itibariyle, OIML bünyesinde 18 teknik komite bulunmaktadır. 1991 yılında bağlatılan OIML Sertifika Sistemi, üreticilere, bir cihaz tipinin ilgili OIML uluslararası tavsiyelerinin şartlarına uygunluğunu gösteren bir OIML sertifikası ya da test raporu edinme imkanı vermektedir. OIML sertifikaları, cihazlarına tip onay sertifikası isteyen üreticilerden gelen başvuruların değerlendirilmesinden sorumlu bir ya da daha fazla onaylanmış kuruluşu bulunan OIML üyesi ülkeler tarafından verilmektedir. Bu

sertifikaların ulusal metroloji kuruluşları tarafından kabul edilmeleri gönüllülük esasına dayanır. 2005 yılında OIML Karşılıklı Kabul Anlaşması'nın (OIML, MAA) yürürlüğe alınması süreci başlatılmıştır. OIML, MAA, OIML Tip Onayları ile ilgilidir. Amaç, her bir alanda Karşılıklı Güven Beyannamesi imzalamaktır. Bu süreç halı hazırda devam etmektedir (24-27).

2.3.1.9. IUPAP

Uluslararası Temel ve Uygulamalı Fizik Birliği (IUPAP), 1923 yılında kurulmuştur. 2008 yılı itibariyle, IUPAP'nin 48 fizik topluluğunun üyeliği bulunmaktadır ve çalışmaları 20 komisyon tarafından düzenlenmektedir. Bunlardan bir tanesi olan Standartlar, Birimler, Bilimsel Adlandırma, Atomik Kütleler ve Temel Sabitler Komisyonu'nun misyonunun ilk fıkrası,

- a. fiziksel ölçümler
- b. temel ve uygulamalı metroloji
- c. fiziksel büyüklükler ve birimler için terminoloji ve semboller
- d. atomik kütleler ve temel fiziksel sabitler için önerilen değerlerin geliştirilmesine katkısı olan çalışmaları teşvik etmek ve onların evrensel kabulünü desteklemek de dahil olmak üzere uluslararası bilimsel topluluk üyeleri arasında Temel Sabitler alanında bilgi ve fikir alışverişini arttırmayı içerir. IUPAP, "Semboller, Birimler ve Fizikte Terminoloji" üzerine bir "kırmızı kitap" yayımlamaktadır (28).

2.3.1.10. IUPAC

Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), kimya bilimlerinin küresel boyutunu öne çıkarmayı ve kimya bilimleriyle ilgili meseleleri çözmeye yönelik kimya uygulamalarına katkıda bulunmayı hedefleyen, uluslararası sivil bir yapıdır. IUPAC, 1919 yılında kurulmuştur.

IUPAC, kimya alanında etkili ulusal kuruluşlardan oluşan bir birlik olup, 2008 yılı itibariyle 50 üye kuruluşun yanı sıra 17 gözlemci üyeye sahiptir. IUPAC'ın 8 bölümü vardır. IUPAC, kimyasal sınıflandırma, terminoloji, standart ölçüm yöntemleri, atomik ağırlıklar ve kritik değerlendirmeye tabi tutulan diğer veriler gibi birçok konuyla ilgilenir ve bu konularda dünya çapında bir otorite olarak kabul edilir. IUPAC kimyanın değişik alanlarında, kimyasal sınıflandırma ve terminoloji üzerine bir kitap serisi yayımlamaktadır (29).

2.3.2. Avrupa Altyapısı

2.3.2.1. Metroloji – Euramet

Avrupa metrolojisi yaklaşık 20 yıl boyunca Avrupa Ölçüm Standartları Birliği (EUROMET), tarafından Mutabakat Zaptı'na dayanarak koordine edilmekteydi. Avrupa metrolojisinde, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin entegrasyon ve koordinasyon düzeyinin artırma zorunluluğu Avrupa metrolojisinin koordinasyonu için yasal bir oluşum kurulması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. 2007'nin Ocak ayında Avrupa Metroloji Enstitüleri Birliği (EURAMET e.V.) Alman yasaları uyarınca kamu yararına çalışan birlik olarak kurulmuştur. 1 Temmuz 2007'de EURAMET, Avrupa Bölgesel Metroloji Kuruluşu olarak EUROMET'in yerini almıştır.

EURAMET'in 12 teknik komitesi bulunmaktadır. 2008 yılında, EURAMET'e tam üye olan 32 ulusal metroloji enstitüsüne ilaveten kısmi üye olarak Avrupa Komisyonuna bağlı IRMM ve aday statüsündeki 4 ulusal metroloji enstitüsü bulunmaktadır. Üye ulusal metroloji enstitüsü bulunan ülkelerin yetkilendirilmiş kuruluşları EURAMET çalışmalarına gözlemci olarak katılmaktadır.

EURAMET'in amaçlarından biri, Avrupa çapında koordine olmuş metrolojik araştırma faaliyetleri aracılığı ile daha büyük etkiler yaratmaktır. Bu amaç, metrolojide yakın zamanda ortaya çıkacak ortak ihtiyaçların analizlerini, ortak hedef ve programların tanımlanmasını ve katılımcı ulusal metroloji enstitülerinin uzmanlıklarını bir araya getiren ortak araştırma projelerinin planlanmasını ve yürütülmesini kapsar. iMERA (Metroloji'de Avrupa Araştırma Alanı Uygulaması) projesi çerçevesinde bir Avrupa Metroloji Araştırma Programı (EMRP) ayrıntılandırılmış ve yürütülmesi için EURAMET bünyesinde prosedürler ve altyapı geliştirilmiştir. 2008 yılında, EMRP'in birinci aşaması olan ve katılımcı 20 ülke ve Avrupa Komisyonu'nun ERANET Plus programı tarafından finanse edilen, 64 milyon bütçeye sahip üç yıllık bir program başlatılmıştır (21).

2.3.2.2. Akreditasyon - EA

Avrupa Akreditasyon işbirliği (EA), Kasım 1997'de kurulmuş olan kar amacı gütmeyen bir kuruluştur ve Haziran 2000'de, Hollanda'da, bir dernek olarak tescil edilmiştir. EA, Avrupa Belgelendirme Akreditasyonu ve Avrupa Laboratuvar Akreditasyonu işbirliği'nin birleşmesi sonucu oluşturulmuştur. EA, Avrupa coğrafyasında kurulu, ulusal temelde tanınan akreditasyon kurumlarının oluşturduğu bir ağıdır. EA, bir bölgeyi temsilen, Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon işbirliği (ILAC) ve Uluslararası Akreditasyon Forumu'nun (IAF) bir üyesidir. Gözetim değerlendirmesini başarıyla geçen EA üyeleri, laboratuvar (kalibrasyon

ve test), muayene kuruluşları, belgelendirme kuruluşları gibi kurumların akreditasyonunu kapsayan çok taraflı anlaşmayı (EA, MLA) için imzalayabilirler. Böylece, üyeler birbirlerinin sistemlerini ve akredite ettikleri kuruluşlar tarafından verilen sertifikalar ve raporların denkliğini tanırırlar.

2008 yılı itibariyle, EA'ya tam üye 35 akreditasyon kurumu ve EA, MLA'yı imzalayan 27 Avrupa ülkesinden kuruluş mevcuttur. Haziran 2005'te, EA ve EUROMET, iki organizasyon arasındaki sürekli işbirliğini destekleme amacı ile karşılıklı bir Mutabakat Zaptı (MoU) imzalamışlardır. Avrupa'nın bölgesel metroloji kuruluşu olarak EURAMET'in kurulmasını takiben, EA ve EURAMET arasında yeni bir Mutabakat Zaptı imzalanacaktır. Kalibrasyona özgü dokümanların yönetimi EA'dan EURAMET'e aktarılmıştır ve ayrıca EURAMET, kalibrasyonla ilgili laboratuvarlar arası karşılaştırmaları konusunda EA'ya destek vermektedir.

Çoğu ülkede metroloji altyapısı, Ulusal Metroloji Enstitülerini, yetkilendirilmiş ulusal laboratuvarları ve akredite edilmiş laboratuvarları kapsamaktadır. Birçok ülkedeki eğilim, ulusal metroloji enstitülerinin ve yetkilendirilmiş laboratuvarların kalite sistemlerinin, akreditasyon, belgelendirme veya gözetim değerlendirmesi yoluyla üçüncü taraf değerlendirmesine tabi tutulması yönündedir (30).

2.3.2.3. Yasal Metroloji - WELMEC

Batı Avrupa Yasal Metroloji işbirliği (WELMEC), “Yeni Yaklaşım” direktiflerinin hazırlanması ve zorunlu hale getirilmesi ile bağlantılı olarak, Avrupa Birliği'ne üye 15 ülke ve Avrupa Serbest Ticaret Alanına üye 3 ülke tarafından imzalanan bir Mutabakat Zaptı ile 1990 yılında kurulmuştur. Bu işbirliği'nin adı 1995'te “Yasal Metrolojide Avrupa işbirliği” olarak değiştirilmiştir ancak kısaltması WELMEC olarak kalmıştır. O zamandan beri, WELMEC, Avrupa Birliği ile anlaşma imzalayan ülkelerin kısmi üyeliklerini kabul etmiştir. WELMEC üyeleri, AB'ye ve EFTA'ya üye ülkelerdeki ulusal yasal metrolojiden sorumlu kurumlardır. AB üyeliğine geçiş sürecindeki ülkelerdeki yasal metrolojiden sorumlu ulusal kurumlar kısmi üyelerdir. 2008 yılı itibariyle WELMEC, 33 tam, 3 kısmi üyeden oluşmaktadır.

WELMEC'in hedefleri; Avrupa'daki yasal metroloji kurumları arasında karşılıklı güveni geliştirmek, yasal metroloji faaliyetlerini uyumlaştırmak, ilgili tüm kurumlar arasındaki bilgi paylaşımını arttırmaktır.

WELMEC komitesi, üye ve kısmi üye devletlerin temsilcileri ile EURAMET, EA, OIML ve yasal metroloji ile ilgili diğer bölgesel kuruluşlardan gelen gözlemcilerden oluşur.

Komite yılda en az bir kez toplanır ve birkaç çalışma grubu tarafından desteklenir. Küçük bir Başkanlık Grubu, stratejik konularda başkana danışmanlık yapar. WELMEC, Avrupa Birliği Komisyonu'na ve Konseyi'ne, Ölçüm Cihazları Direktifi ve Otomatik Olmayan Cihazlar Direktifi gibi, yasal metroloji alanındaki direktiflerin geliştirilmesine ve uygulamasına yönelik tavsiyelerde bulunur (31-33).

2.3.2.4. EUROLAB

EUROLAB, yaklaşık 2000 adet Avrupa laboratuvarını bünyesinde bulunduran, Avrupa Ulusal Ölçüm, Test ve Analitik Laboratuvarlar Birlikleri Federasyonu'dur. EUROLAB, örnek olarak Avrupa Komisyonu, Avrupa Standardizasyonu ve uluslararası konulara ilişkin faaliyetleri koordine ederek, laboratuvarlar topluluğunun görüşlerini, teknik ve siyasi olarak temsil eden ve yayan gönüllü bir işbirliğidir. EUROLAB, çalıştaylar ve sempozyumlar düzenler, mütalaa belgeleri ve teknik raporlar hazırlar. Metroloji ile ilgilenen birçok laboratuvar aynı zamanda EUROLAB üyesidir (34).

2.3.2.5. EURACHEM

1989 yılında kurulan EURACHEM, Avrupa'dan 33 ülke ve Avrupa Komisyonunun üye olduğu, kimyasal ölçümlerde uluslararası izlenebilirliği oluşturmak ve iyi kalite uygulamalarını yaymak için bir sistem kurulmasını hedefleyen bir kuruluşlar ağıdır. Üye ülkelerin çoğu ulusal EURACHEM ağı kurmuşlardır. EURACHEM ve EURAMET, yetkilendirilmiş laboratuvarların kurulması, referans malzemelerin kullanımı ve madde miktarı SI birimi mol'a izlenebilirlik konularında işbirliği içindedirler. Teknik konular ile Kimyada Metroloji Ortak Teknik Komitesi (MetChem) ilgilenir (35).

2.3.2.6. COOMET

Avrasya Ulusal Metroloji Enstitüleri işbirliği (COOMET) 1991 yılında kurulmuştur ve Orta ve Doğu Avrupa ile Orta Asya ülkelerinden 17 Ulusal Metroloji Enstitüsü'nün oluşturduğu bir işbirliği kuruluşudur. COOMET, Avrasya için Bölgesel Metroloji Kuruluşudur ve üyeleri, bilimsel ve yasal metroloji ile kalibrasyon hizmetleri alanlarında işbirliği yapar (36).

2.3.3. Kuzey ve Güney Amerika Altyapısı

2.3.3.1. Metroloji - SIM

Amerika Kıtası Metroloji Sistemi (SIM), Amerika Kıtası Devletleri Örgütü'ne (OAS) üye 34 ülkenin ulusal metroloji kuruluşları arasında yapılan bir anlaşma sonucu kurulmuştur. SIM, Güney ve Kuzey Amerika'nın, CIPM MRA nezdindeki Bölgesel Metroloji Kuruluşu'dur. Metrolojide uluslararası, özellikle Amerika kıtası ülkeleri arasında ve bölgesel işbirliğini teşvik etmek için kurulmuş olan SIM, Güney ve Kuzey Amerika içerisinde tüm kullanıcıların güvenebileceği, küresel bir ölçüm sisteminin uygulanmasını üstlenmiştir. Sağlam bölgesel bir ölçüm sisteminin kurulması için çalışan SIM, Kuzey Amerika için NORAMET, Karayipler için CARIMET, Orta Amerika için CAMET, And bölgesi ülkeleri için ANDIMET, Güney Amerika ülkeleri için SURAMET olmak üzere beş alt bölge halinde örgütlenmiştir.

SIM, ayrıca Güney ve Kuzey Amerika'da yasal metroloji konuları ile de ilgilenmektedir. Yasal Metroloji Çalışma Grubunun amacı, Güney ve Kuzey Amerika'da yasal metroloji gereksinimlerini ve faaliyetlerini, OIML Tavsiyelerini ve Dokümanlarını göz önünde tutarak uyumlaştırmaktır (37,38).

2.3.3.2. Akreditasyon - IAAC

Amerika Kıtası Akreditasyon işbirliği (IAAC), Amerika kıtasındaki akreditasyon kurumları ve uygunluk değerlendirmesiyle ilgili diğer kuruluşların birliğidir. Misyonu, Amerika kıtasındaki akreditasyon kurumları arasında uluslararası tanınırlığı olan karşılıklı tanınma anlaşmaları gerçekleştirmektir. IAAC ayrıca, ürünlerin, süreçlerin ve hizmetlerin iyileştirilmesine yönelik uygunluk değerlendirme yapısının geliştirilmesi hedefiyle, Amerika kıtasındaki akreditasyon kurumları ve ilgili taraflar arasındaki işbirliğinin gelişmesini teşvik eder. Hem laboratuvar hem de yönetim sistemleri akreditasyon kurumları IAAC üyesi olabilirler. IAAC, üyeleri için geniş kapsamlı eğitim programları sağlamaktadır. IAAC, 20 tam üye, 7 gözlemci üye ve 22 ülkeden 22 paydaş üyeye sahiptir. ILAC ve IAF, IAAC'yi Amerika kıtasının bölgesel temsilci kurumu olarak tanımışlardır (39,40).

2.3.4. Asya Pasifik Altyapısı

2.3.4.1. Metroloji – APMP

Asya Pasifik Metroloji Programı (APMP), Asya-Pasifik bölgesinin Bölgesel Metroloji Kuruluşu'dur. Bölgesel Metroloji Kuruluşlarının sorumluluklarını yerine getirir. 1977'de kurulan APMP, faaliyetlerini kesintisiz sürdüren, dünyadaki en eski bölgesel metroloji

grubudur. APMP, gelişmekte olan ülkelerin ulusal metroloji enstitülerinin ihtiyaçlarını belirlemek, ilgili çalışma programlarının düzenlenmesi ve koordine edilmesi amacıyla Gelişmekte olan Ekonomiler Komitesi'ni (DEC) kurmuştur (41,42).

2.3.4.2 Akreditasyon - APLAC

Asya Pasifik Laboratuvar Akreditasyon işbirliği (APLAC), Asya Pasifik bölgesindeki kalibrasyon, test ve muayene işletmelerinin akredite edilmesinden sorumlu kuruluşların işbirliği kurumudur. Üyeleri, ulusal olarak tanınan ve genellikle devlete ait veya devlet tarafından onaylanan akreditasyon kurumlarıdır. APLAC üyeleri, laboratuvarları ve muayene kuruluşlarını uluslararası standartlara göre denetler ve belirli test veya muayeneleri gerçekleştirmeye yetkinliklerini akredite eder. APLAC, akreditasyon kurumları arasında bilgi paylaşımını sağlamak, prosedürleri uyumlaştırmak ve akredite test ve muayene sonuçlarının ulusal sınırların ötesinde tanınmasını sağlamak amacıyla Karşılıklı Tanınma Anlaşmalarını geliştirmek için bir forum olarak 1992 yılında kurulmuştur. APLAC; üyeler arası bilgi paylaşımı, teknik kılavuz dokümanlarının geliştirilmesi, laboratuvarlar arası karşılaştırmalar, yeterlilik testleri, laboratuvar denetçilerinin eğitimi, gibi konularda aktif olarak çalışmaktadır (43,44).

2.3.4.3. Yasal Metroloji - APLMF

Asya-Pasifik Yasal Metroloji Forumu (APLMF), amacı yasal metrolojinin geliştirilmesi ve bölgede yasal metrolojide uyumlaştırma ve ticarete teknik veya idari engellerin kaldırılması yoluyla, serbest ve açık ticaretin desteklenmesi olan yasal metroloji kuruluşları grubudur. OIML ile yakın ilişki içinde çalışan bölgesel kuruluşlardan birisi olan APLMF, yasal metroloji kuruluşları arasında iletişim ve etkileşimi destekler ve Asya Pasifik bölgesindeki yasal metrolojinin uyumlaştırılmasını amaçlar. APMP, APLAC ve APLMF, Asya Pasifik Ekonomik işbirliği (APEC) tarafından Bölgesel Uzman Kuruluşlar olarak tanınmışlardır. Bölgesel Uzman Kuruluşlar bölgedeki ticarete teknik engellerin ortadan kaldırılması amacıyla APEC Standartlar ve Uyum Alt Komitesine yardım sağlar (45,46).

2.3.5. Afrika Altyapısı

2.3.5.1. Metroloji - AFRIMETS

Afrika içi Metroloji Sistemi (AFRIMETS), SADCMET öncülüğünde ve Afrika Birliği'nin (AU) Afrika'nın Kalkınması için Yeni Ekonomik Ortaklığı (NEPAD) desteğiyle toplanan bir Genel Kurul tarafından Temmuz 2007'de kurulmuştur. Bütün kıtanın etkili ve

verimli bir şekilde temsil edilmesi için tercih üzerine temel üye olan Bölgesel Ekonomik Toplulukların (örneğin SADC, EAC, CEMAC, ECOWAS, UEMOA) yerel metroloji işbirlikleri üzerine kurulmuştur. AFRIMETS, bilimsel, endüstriyel ve yasal metrolojiyi kapsamaktadır. AFRIMETS'in temel üyeleri olarak, CEMACMET – Orta Afrika ülkeleri metroloji işbirliği, EACMET – Doğu Afrika ülkeleri metroloji birliği, MAGMET – Magrip ülkeleri metroloji birliği, SADC MET – Güney Afrika ülkeleri metroloji birliği (yasal metroloji için SADC MEL'i içerir), SOAMET – Batı Afrika ülkeleri metroloji birliği Alt Bölgesel kuruluşlarda yer almayan ülkeler, olmak üzere 5 alt bölgesel kuruluş vardır (47,48).

2.3.5.2. Metroloji – SADC MET

SACMET, 14 tam ve 5 gözlemci üyeye sahip, *SADC Ölçüm izlenebilirliği* işbirliği 'dir. Üyeleri, ulusal metroloji enstitüleri veya fiili olarak metroloji enstitüsü olarak hareket eden kuruluşlardır. SADC MET, kıtanın sadece bazı kısımlarını kapsamına rağmen, CIPM MRA nezdinde Afrika için Bölgesel Metroloji Kuruluşu işlevini yerine getirmiştir. Yakın zamanda kurulmuş olan AFRIMETS'in, Bölgesel Metroloji Kuruluşu olarak, CIPM MRA nezdinde, Afrika kıtasının tamamını kapsayacak biçimde, SADC MET'in yerini alması planlanmaktadır. AFRIMETS'in, Bölgesel Metroloji Kuruluşu görevini devralmasıyla beraber, SADC MET, AFRIMETS'in alt bölgesel bir üyesi olarak varlığını sürdürecektir (49).

2.3.5.3. Akreditasyon - SADCA

SADC Akreditasyon işbirliği (SADCA), bölgede uluslararası alanda kabul edilebilir akredite laboratuvarlar ve belgelendirme kuruluşlarının (kalite ve çevre yönetim sistemleri dahil, insan kaynakları, ürünler ve sistemler için) oluşturulmasına öncülük eder ve hem gönüllü hem de zorunlu alanlarda ticarete teknik engellerin kaldırılması için akreditasyonu bir araç olarak üye ülkelere sunar. SADCA'nın görevi, ya üye ülkelerin kurumları için, kendi ülkeleri içindeki uluslararası tanınırlığı olan ulusal akreditasyon kuruluşların akreditasyon hizmetlerine erişim sağlayabilecekleri uygun bir akreditasyon altyapısı tanımlamak veya bölgesel bir akreditasyon kurumu (SADCAS) oluşturmaktır (50,51).

2.3.5.4. Yasal Metroloji - SADC MEL

SADC Yasal Metroloji işbirliği (SADC MEL), hem üye ülkeler arasında hem de SADC ile diğer bölgesel ve uluslararası ticaret toplulukları arasında ulusal yasal metroloji mevzuatlarının uyumlaştırılmasını teşvik eder. Bu işbirliğinin olağan üyeleri SADC üye ülkelerinin yasal metroloji kuruluşlarıdır.

2.3.6. Türkiye’de Metroloji İle İlgili Organizasyonlar

Ülkemizde, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) bilimsel metroloji, Metroloji ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü (MSGM) yasal metroloji, Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) akreditasyon ve Türk Standardları Enstitüsü (TSE) ise standardizasyon alanı için görevlendirilmiş kamu kurumlarıdır.

2.3.6.1. TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME)

Ülkemizde bilimsel metrolojiden sorumlu olan UME’nin kurulmasına yönelik ilk çalışmalar, 1981 yılında, Başbakanlığın, kamu ve özel sektörün izlenebilirlik ihtiyaçlarına cevap vermek üzere, “birincil seviye ve ulusal ölçekte bir metroloji merkezinin kurulmasına karar vermesi ve fizibilite çalışmalarını yürütmek üzere Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu’nu (TÜBİTAK) görevlendirmesiyle başladı ve 14 Ocak 1982 yılında bu merkezin kurulması görevi TÜBİTAK’a verildi. 1986 yılında bu laboratuvar “Milli Fizik ve Teknik Ölçme Standartları Merkezi” adını alarak, aynı yıl Ağustos faaliyetlerine başladı.

Ocak 1992 tarihinde, Milli Fizik ve Teknik Ölçme Standartları Merkezi, Marmara Araştırma Merkezi (MAM) bünyesinde enstitü statüsüne dönüştürülerek Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) adını aldı. Enstitü, 1 Ocak 1997 tarihinde TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi’nden ayrılarak, doğrudan TÜBİTAK Başkanlığı’na bağlı bir enstitü statüsüne kavuştu (52).

TÜBİTAK UME’nin misyonu, yaşam kalitesinin ve ülkemizin rekabet gücünün artmasına katkıda bulunmak amacıyla ölçüm birliği ve güvenilirliğini sağlamak, bu doğrultuda uluslararası kabul gören referans ölçüm standartları ve teknikleri oluşturmak, geliştirmek, muhafaza etmek ve yaygınlaştırmaktır.

Bu çerçevede TÜBİTAK UME’nin amacı,

- Ulusal ölçüm standartlarını oluşturmak ve uluslararası izlenebilirliğini sağlamak,
- Ülkemizde yapılan ölçümleri güvence altına almak,
- Türkiye'nin bilimsel ve teknolojik gelişimine katkıda bulunmak,
- Ölçüm teknikleri, kalibrasyon yöntemleri ve temel metroloji alanlarında uluslararası düzeyde araştırma ve geliştirme çalışmalarına katılmak,
- Yeni ölçüm teknikleri geliştirmek,
- Metroloji konusunda uluslararası kuruluşlar nezdinde Türkiye'yi temsil etmek,
- Türk endüstriyel ürünlerinin kalitesini artırmak için gerekli Ulusal Metroloji Sistemi'nin kurulmasına katkıda bulunmak,

- Uluslararası ticarete karşılaşılan teknik engellerin aşılmasında ülke endüstrisine yardımcı olmaktır.

Görev ve Sorumlulukları;

TÜBİTAK UME'nin yönetmeliklerle tanımlanan görevleri aşağıda özetlenmiştir:

- Türkiye'de kullanılan temel ve türetilmiş ölçme birimlerinin ulusal referans standart ve sistemlerini geliştirmek ve muhafaza etmek,
- Ulusal ölçüm standartlarının uluslararası ölçüm standartlarına izlenilirliğini sağlamak, bunun için Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu (BIPM) (16) ve diğer ülkelerin ulusal metroloji merkezleri ile gerekli teknik ve idari bağları kurmak,
- Türkiye'yi teknik yönden BIPM nezdinde temsil etmek,
- Türkiye'nin bilimsel ve teknolojik gelişimine katkıda bulunmak,
- Türk endüstriyel ürünlerinin kalitesini artırmak için gerekli Ulusal Metroloji Sistemi'nin kurulmasına katkıda bulunmak,
- Ölçüm teknikleri, kalibrasyon yöntemleri ve temel metroloji alanlarında uluslararası düzeyde araştırma ve geliştirme çalışmalarına katılmak,
- Kamu ve özel sektörde faaliyet gösteren kalibrasyon, deney, analiz ve ölçüm laboratuvarlarına ve bu konularda çalışan kuruluşlara kalibrasyon, ölçüm, danışmanlık ve eğitim hizmeti vermek ile verilen hizmetleri belgelendirmektir (53).

TÜBİTAK UME, Türkiye'de yapılan ölçümlerin uluslararası geçerliliğinin sağlanması amacıyla gerekli faaliyetleri yerine getirmekle birlikte Avrupa Metroloji Enstitüleri Birliği'nin (EURAMET) de kurucu üyelerindendir.

TÜBİTAK UME tarafından verilen tüm hizmetler, ISO/IEC 17025 “Deney ve Kalibrasyon Laboratuvarlarının Yeterliliği için Genel Şartlar” standardına uygun olarak kurulmuş TÜBİTAK UME Kalite Yönetim Sistemi'nin kapsamındadır ve Kalite Yönetim Sistemi'nin uluslararası düzeyde tanınırlığı sağlanmıştır. Kalite Yönetim Sistemi ve kalibrasyon konusundaki yeterliliği, EURAMET'in KaliteTeknik Komitesi (TC-Q) tarafından denetlenmektedir.

TÜBİTAK UME, CIPM, EURAMET gibi uluslararası metroloji organizasyonları tarafından, uluslararası alanda düzenlenen laboratuvarlar arası karşılaştırma veya yeterlik deney programlarında aldığı başarılı sonuçlar ile, oluşturduğu ve muhafaza ettiği ulusal standartların diğer ülkelerin ulusal standartları ile denkliğini göstermiş ve ölçüm sonuçlarının geçerliliğini kanıtlamıştır. Bu doğrultuda, TÜBİTAK UME tarafından gerçekleştirilen kalibrasyon ve ölçümler, CIPM (Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Komitesi) CMC (Kalibrasyon ve Ölçüm Kabiliyetleri) veri tabanında yer alır.

Bugün CIPM Karşılıklı Tanıma Düzenlemesi (Mutual Recognition Agreement, MRA) çerçevesinde Metre Konvansiyonu'na tam ve ortak üyesidir. CIPM MRA'e göre, TÜBİTAK UME tarafından gerçekleştirilen kalibrasyon ve ölçümler için düzenlenen sertifika ve raporlar, bugün sayısı 85'den fazla olan CIPM MRA'e üye ülkeler tarafından tanınmaktadır.

Ayrıca TÜBİTAK UME'nin kalibrasyon ve deney hizmetleri geniş bir kapsamla Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) tarafından TS EN ISO/IEC 17025 standardına göre akredite edilmiştir.

Aynı zamanda uluslararası metroloji dünyasında önemli kuruluşlar olan, IMEKO (Uluslararası Ölçme Konfederasyonu) ve EURACHEM'e (Avrupa Analitik Kimya Laboratuvarları Birliği) tam üyedir (54).

2.3.6.2 Metroloji Ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü

Ülkemizde yasal metroloji kapsamındaki faaliyetler, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na bağlı olan Metroloji ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü tarafından yürütülür.

Görev ve Sorumlulukları;

- Metroloji politikasını belirlemek, metroloji alanında stratejiler geliştirmek ile uygulamasını sağlamak ve izlemek,
- Yasal metroloji ve hazır ambalajlama alanında teknik düzenlemeler ile ilgili standart listelerini hazırlamak, uygulamaya koymak, bu alanda piyasa gözetimi ve denetimi yapmak yaptırmak,
- Yasal metroloji kapsamına alınacak veya kapsamdan çıkartılacak ölçü aletlerini belirlemek, yasal metroloji alanında izlenebilirliği sağlamak için gerekli teknik ve idari altyapıyı oluşturmak,
- Ulusal ölçü etalonlarının bulundurulma ve kontrol esaslarını belirlemek,
- Türk Standartları Enstitüsü tarafından hazırlanan ve Bakanlık tarafından gerekli görülen standartlara ilişkin düzenlemeler yapmak ve uygulamasını sağlamak,
- Yasal metroloji ve hazır ambalajlama alanında teknik düzenlemesi ve standardı bulunmayan ürünlerin denetimine esas olacak özellikleri tespit etmek veya ettirmek,
- Metroloji, standardizasyon, akreditasyon ve uygunluk değerlendirmesi alanlarında stratejiler belirlemek, bunların uygulanmasında ilgili kuruluşlar arasında koordinasyonu sağlamak,
- Laboratuvarlar kurmak veya kurdurmak, kurulan laboratuvarların belirlenen usul ve esaslar çerçevesinde çalışmalarını sağlamak ve kontrol etmek,
- Yasal metroloji alanında uluslararası gelişmeleri izlemek ve değerlendirmek, bu alanda faaliyet gösteren uluslararası kuruluşlara katılmak ve işbirliği yapmak,

-Yasal metroloji alanında yetkilendirilecek uygunluk değerlendirme kuruluşları ile teknik hizmet kuruluşlarının taşınması gereken nitelikleri belirlemek, bunları görevlendirmek, gerektiğinde görevlendirmeyi geçici olarak durdurmak veya iptal etmek,

- Bakan tarafından verilen benzeri görevleri yapmak (55).

2.3.6.3. Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK)

TÜRKAK, uygunluk değerlendirmesi alanında ülkemizdeki ulusal akreditasyon kuruluşu olup, ülkemizde üretilen malların piyasalarda dolaşımı için, anlaşmaların öngördüğü şekilde; güvenilir ve şeffaf uygunluk değerlendirmesi işlemlerinden geçirilerek ilgili rapor ve belgelerin tanzim edilmesini sağlamak amacıyla faaliyet gösterir. TÜRKAK, Avrupa Birliği Bakanlığı ile ilgili, özel hukuk hükümlerine tabi, tüzel kişiliği haiz, idari ve mali özerkliğe sahip bir kurumdur.

Görev ve sorumlulukları;

- Ülkemizde uygunluk değerlendirme kuruluşlarına akreditasyon hizmeti sunan tek kuruluş olarak Kurum faaliyetleri ile ilgili düzenlemeleri yapmak, akreditasyon ile ilgili gerekli kısıtlar ve tedbirleri belirlemek, bunları uygulamak ve gerektiğinde değiştirmek, yürürlükten kaldırmak ve ilgili önlemleri almak,
- Akredite edilmek üzere başvuran kuruluşların ilgili standartlara ve ölçütlere göre denetimini yapmak ve bu denetim sonucunda kuruluşun akredite edilip edilmemesine karar vermek, akredite edilen kuruluşları izlemek, akreditasyonun kapsamını değiştirmek, gerektiğinde akreditasyonu askıya almak veya iptal etmek ve akredite edilen kurum ve kuruluşlar arasında Kurumun görev alanına giren konularda işbirliğini sağlamak,
- Uluslararası ve bölgesel akreditasyon birlikleri ve örgütleri, ülkelerin akreditasyon kuruluşları ve akreditasyon kuruluşu bulunmayan ülkelerdeki akreditasyonla ilgili kurum ve kuruluşlarla ilişkiler kurmak ve iş birliğinde bulunmak,
- Akreditasyon amacıyla başvuran kuruluşların müracaatı, değerlendirilmesi ve akredite edilmesi ile ilgili olarak elde edilmiş bilgilerin gizliliğini korumak,
- Yurt içinde ve yurt dışında, akreditasyonun önemini ve kalite bilincini artırıcı faaliyetlerde bulunmak, görev alanına giren konularda eğitim vermek, araştırma ve yayın yapmak,
- Kurum faaliyetlerinin icrası için hizmet almak, taşınır ve taşınmaz mal satın almak, yaptırmak, satmak, kiralamak,
- İyi laboratuvar uygulamaları konusunda ulusal izleme otoritesi olarak hizmet vermek,
- Faaliyet alanıyla ilgili diğer görevleri yerine getirmek.

Akreditasyon kuruluşlarının uluslararası tanınabilirliği, ticarete malların serbest dolaşımının sağlanması için önemli bir husustur. Avrupa Akreditasyon Birliği (EA), üye ülkeler ve üye ülkelerin akreditasyon sistemleri arasında karşılıklı güveni kurmak ve bu güvenin kalıcılığını sağlamak amacıyla kurulmuştur. Karşılıklı tanıma, üye ülkelerin akreditasyon kuruluşlarının sistemlerinin, belgelerinin ve raporlarının karşılıklı olarak eşitliğini kabul eden anlaşmalar ile sağlanır. Bu durumda; belirli ölçütleri sağlayan ve Çok Taraflı Anlaşmasına (MLA) taraf olan Akreditasyon Kuruluşu tarafından verilen akreditasyon belgesinin uluslararası geçerliliği söz konusudur.

TÜRKAK, ülkemizdeki uygunluk değerlendirme kuruluşlarının verdiği sertifikaların tanınabilirliğini sağlamak amacıyla, kuruluşu itibariyle, akreditasyon faaliyetlerini Avrupa Birliği'nin ilgili düzenlemeleri ile uyumlu hale getirerek Karşılıklı Tanıma Anlaşmasına taraf olabilmek üzerinde önemle durmuştur.

Bu kapsamda TÜRKAK'ın laboratuvar, muayene ve sistem belgelendirme alanlarındaki faaliyetleri, EA tarafından denetlenmiş ve başarı ile sonuçlanan denetime istinaden TÜRKAK Çok Taraflı Anlaşmasını (MLA) 2006 yılında imzalamıştır. 2008 yılında, personel, ürün, çevre yönetim sistemleri belgelendirme alanlarında da denetimden başarı ile geçerek EA ile tüm alanlarda MLA imzalamış ve faaliyet gösterdiği tüm alanlarda uluslararası tanınırlığı olan bir akreditasyon kuruluşu haline gelmiştir.

Uluslararası Laboratuvar Akreditasyonu Birliği'ne (ILAC) tam üye olarak, 10 Mayıs 2006 tarihi itibariyle deney ve kalibrasyon laboratuvarları alanında Karşılıklı Tanıma Anlaşmasını (MRA) imzalanmıştır .

TÜRKAK, IAF (Uluslararası Akreditasyon Forumu) ile de faaliyet gösterdiği tüm alanlarda Karşılıklı Tanıma Anlaşmasını imzalamıştır (56).

2.3.6.4. Türk Standartları Enstitüsü (TSE)

Enstitü, tüzel kişiliği haiz, özel hukuk hükümlerine göre yönetilen bir kamu kurumu olup, kısa adı ve markası TSE'dir.

Ülkemizin rekabet gücünü artırmak, ulusal ve uluslararası düzeyde ticaretini kolaylaştırmak ve toplumun yaşam düzeyini yükseltmek için; standardizasyon, uygunluk değerlendirme, deney ve kalibrasyon faaliyetlerini tarafsız, bağımsız, etkin ve güvenilir olarak sağlamak misyonu ile görevlerini Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı altında sürdürmektedir.

TSE tarafından kabul edilen standartlar Türk Standardı adını alır. Bu standartlar ihtiyari olup, standardın ilgili olduğu bakanlığın onayı ile mecburi kılınabilir. Bir standardın

mecburi kılınabilmesi için Türk Standardı olması şarttır. Mecburi kılınan standartlar Resmi Gazete'de yayımlanır.

Görev ve sorumlulukları;

- Her türlü standardı hazırlamak ve hazırlatmak,
- Enstitü bünyesinde veya hariçte hazırlanan standartları tetkik etmek ve uygun bulduğu takdirde Türk Standartları olarak kabul etmek,
- Kabul edilen standartları yayımlamak ve ihtiyari olarak uygulanmalarını teşvik etmek, mecburi olarak yürürlüğe konmalarında fayda görülenleri ilgili bakanlığın onayına sunmak,
- Kamu sektörü ve özel sektörün talebi üzerine standartları veya projelerini hazırlamak ve görüş bildirmek,
- Standartlar konusunda her türlü bilimsel teknik incelemelerle araştırmalarda bulunmak, yabancı ülkelerdeki benzer çalışmaları takip etmek, uluslararası ve yabancı standart kurumları ile ilişkiler kurmak ve bunlarla işbirliği yapmak,
- Üniversiteler ve diğer bilimsel ve teknik kurum ve kuruluşlarla işbirliği sağlamak, standardizasyon konularında yayım yapmak, ulusal ve uluslararası standartlardan arşivler oluşturmak ve ilgililerin faydalanmalarına sunmak,
- Standartlarla ilgili araştırma yapmak ve ihtiyari standartların uygulanmasını kontrol etmek için laboratuvarlar kurmak, kamu sektörü veya özel sektörün isteyeceği teknik çalışmaları yapmak ve rapor vermek,
- Yurtta standart işlerini yerleştirmek ve geliştirmek için elemanlar yetiştirmek ve bu amaçla kurslar açmak ve seminerler düzenlemek,
- Standartlara uygun ve kaliteli üretimi teşvik edecek çalışmalar yapmak ve bunlarla ilgili belgeleri düzenlemek,
- Metroloji ve kalibrasyon ile ilgili araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmak ve gerekli laboratuvarları kurmak,

Türk Standartları Enstitüsü'nün bu görevlerinin öncelik esasına göre tanzimi Genel Kurul'ca kararlaştırılır ve ilgililere duyurulur.

TSE, çeşitli ülkelerdeki muadil kuruluşlarla imzalanan ikili işbirliği anlaşmaları çerçevesinde, bu kuruluşlarla ilişkilerimizin yürütülerek, işbirliği anlaşmalarının gereklerinin yerine getirilmesini sağlamaktadır.

TSE, ISO, IEC, CEN, CENELEC, EOQ, BASB, RISCAM, SMIIC gibi bölgesel ve uluslararası kuruluşların üyesi olup, bu kuruluşların çeşitli faaliyetlerinde ve politikalarının geliştirilmesine aktif rol oynamakta ve stratejik yaklaşım ve politikalarının şekillendirilmesine destek sağlamaktadır (57).

2.4. Metroloji Birimleri

Metre ve kilogram üzerine kurulu bir birimler sistemi olan metrik sistemin dayandığı fikir Fransız devrimi sırasında ortaya çıkmıştır. 1799 yılında metre ve kilogram için iki platin referans standart üretilerek, Paris'teki Fransız Ulusal Arşivine verilmiştir. Fransız Ulusal Meclisinin, bütün dünyada kullanılabilecek yeni bir birimler sisteminin hazırlanması amacıyla Fransız Bilimler Akademisini görevlendirmesinden sonra, 1946 yılında MKSA ölçüm sistemi (metre, kilogram, saniye, amper) Metre Konvansiyonuna bağlı olan ülkeler tarafından kabul edilmiştir. 1954 yılında MKSA birimler sistemi Kelvin ve Kandela birimlerini de içine alacak şekilde genişletilmiştir. Bu gelişme üzerine, bu sistem Uluslararası Birimler Sistemi (SI) olarak yeniden adlandırılmıştır.

SI birimler sistemi, 1960 yılında düzenlenen 11. Ölçüler ve Ayarlar Genel Konferansı'nda (CGPM) tanınmıştır. SI Uluslararası Birimler Sistemi, CGPM tarafından benimsenen ve önerilen birbiriyle tutarlı birimlerden oluşan bir sistemdir.

SI birimler sistemi, 1971'de düzenlenen 14. CGPM Konferansı'nda, madde miktarı temel birimi olan mol'u içine alacak şekilde tekrar genişletilmiştir. Bugünkü haliyle, SI birimler sistemi, yedi temel birim ve türetilmiş birimlerden oluşan tutarlı bir sistemdir. Ayrıca, SI birimler sistemi dışında kalan diğer bazı birimlerin SI birimleri ile beraber kullanılması kabul görmektedir.

Tablo 3 Temel SI birimleri

BÜYÜKLÜK	TEMEL BİRİM	SEMBOL
Uzunluk	metre	m
Kütle	kilogram	kg
Zaman	saniye	s
Elektrik akımı	amper	A
Termodinamik sıcaklık	kelvin	K
Madde miktarı	mol	mol
Işık şiddeti	kandela	cd

Tablo 4 Temel SI birimleri ile ifade edilen türetilmiş SI birimler**TÜRETİLMİŞ**

BÜYÜKLÜKLER	TÜRETİLMİŞ BİRİM	SEMBOL
Alan	metrekare	m^2
Hacim	metreküp	m^3
Hız	saniye başına metre	$m.s^{-1}$
İvme	saniye kare başına metre	$m.s^{-2}$
Açısal hız	saniye başına radyan	$rad.s^{-1}$
Açısal ivme	saniye kare başına radyan	$rad.s^{-2}$
Yoğunluk	metreküp başına kilogram	$kg.m^{-3}$
Manyetik alan yoğunluğu	metre başına amper	$A.m^{-1}$
Akım yoğunluğu	metreküp başına amper	$A.m^{-3}$
Tork (Kuvvet momenti)	newton metre	$N.m$
Elektrik alan şiddeti	metre başına volt	$V.m^{-1}$
Geçirgenlik	metre başına henry	$H.m^{-1}$
Elektiriksel geçirgenlik	metre başına farad	$F.m^{-1}$
Özgül ısı kapasitesi	kilogram kelvin başına joule	$J.kg^{-1}.K^{-1}$
Madde miktarı derişimi	metreküp başına mol	$mol.m^{-3}$
Parlaklık	metrekare başına kandela	$cd.m^{-2}$

2.4.1. Temel SI Birimleri

Bir temel birim, belirli bir büyüklükler sistemindeki bir temel büyüklüğün ölçüm birimidir. Metrolojik araştırmalar sonucunda, her SI biriminin tanımında ve gerçekleştirilmesinde daha yüksek kesinlik düzeyine ulaşma ihtimali ortaya çıktıkça, birimin tanımında ve gerçekleştirilmesinde değişiklikler yapılmaktadır.

Metrenin 1889 yılındaki tanımı, Paris'te bulunan uluslararası platin-iridyum prototipine dayalıydı. 1960 yılında metre, kripton-86'nın belirli bir spektral hattının 1.650.763,73 dalga boyu olarak yeniden tanımlandı. 1983'e gelindiğinde, bu tanımın yetersiz kaldığının anlaşılması üzerine metre, ışığın 1/299.792.458 saniyelik zaman aralığında boşlukta aldığı yol olarak yeniden tanımlanmış ve bu tanım iyot-kararlı helyum-neon lazerinin ışınım dalga boyu vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu yeniden tanımlama ile bağıl belirsizlik değeri 10^{-7} m'den 10^{-11} m'ye düşürülmüştür. Bazı Temel SI birimlerinin tanımlarının tanımlarını yapacak olursak;

Metre, ışığın saniyenin $1/299.792.458$ kesri zaman aralığında vakum ortamda kat ettiği mesafedir.

Kilogram, uluslararası kilogram prototipinin kütesine eşittir.

Saniye, en düşük enerji seviyesindeki sezyum⁻¹³³ atomunun iki süper-ince seviye arasındaki geçiş ışınımının $9.192.631.770$ periyoduna karşılık gelen süredir.

Amper, dairesel kesiti ihmal edilebilir, sonsuz uzunlukta iki düz paralel iletkenin vakum ortamda 1 metre aralıkla yerleştirilmesi halinde, bu iletkenler arasında 2×10^{-7} newton/metre'ye eşit gücü üretebilecek sabit akımdır.

Kelvin, suyun üçlü noktasının termodinamik sıcaklığının $1/273,16$ kesridir.

Mol, karbon⁻¹²'nin $0,012$ kg'ının içerdiği atom sayısı kadar temel varlık içeren bir sistemin madde miktarıdır. Mol kullanıldığında, temel varlıklar belirtilmelidir ve bu temel varlıklar atomlar, moleküller, iyonlar, elektronlar, diğer parçacıklar veya parçacıkların belirli grupları olabilir.

Kandela, 540×10^{12} hertz frekansında tek renk ışınım yayan ve $1/683$ watt/steradian ışıma şiddetine sahip bir kaynağın belirli bir doğrultudaki ışık şiddetidir.

Tablo 5 Özel isim ve sembolleri olan türetilmiş SI birimleri

TÜRETİLMİŞ BÜYÜKÜLÜK	TÜRETİLMİŞ SI BİRİMİ ÖZEL İSİM	ÖZEL SEMBOL	SI BİRİMLERİ CİNSİNDEN	TEMEL SI BİRİMLERİ CİNSİNDEN
düzlem açısı	radyan	rad		$m.m^{-1} = 1$
katı açı	steradyan	sr		$m^2.m^{-2} = 1$
frekans	hertz	Hz		s^{-1}
kuvvet	newton	N		$m.kg.s^{-2}$
basınç, gerilme	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1}.kg.s^{-2}$
enerji, iş, ısı miktarı	joule	J	$N.m$	$m^2.kg.s^{-2}$
güç, ışıma akısı	watt	W	$J.s$	$m^2.kg.s^{-3}$
elektrik yükü	coulomb	C		$s.A$
elektiriksel potansiyel farkı,	volt	V	V/A	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-1}$
elektiriksel kapasitans	farad	F	C/V	$m^{-2}.kg^{-1}.s^4.A^2$
elektiriksel direnç	ohm	Ω	V/A	$m^2.kg.s^{-3}.A^{-2}$
elektiriksel iletkenlik	siemens	S	A/V	$m^{-2}.kg^{-1}.s^3.A^2$
manyetik akı	weber	W	$V.s$	$m^2.kg.s^{-2}.A^{-1}$

manyetik akış yoğunluğu	tesla	T	Wb/m ²	kg.s ⁻² .A ⁻¹
indüktans	henry	H	Wb/A	m ² .kg.s ⁻² .A ⁻²
sıcaklık (Celsius)	Celsius derece	°C		K
ışık şiddeti akısı	lumen	lm	cd.sr	Cd
aydınlanma iddeti	lüks	lx	lm/m ²	m ² .m ⁻⁴ .cd =
aktivite	bekerel	Bq		s ⁻¹ .cd
emilen doz, kerma, özgül	gray	Gr	J/kg	m ² .s ⁻²
enerji (açığa çıkan)	sievert	Sv	J/kg	m ² .s ⁻²

2.4.2. Türetilmiş SI Birimleri

Türetilmiş birim, belirli bir büyüklükler sistemi içerisinde türetilmiş bir büyüklüğün ölçüm birimidir. Türetilmiş SI birimleri, büyüklükler arasındaki fiziksel ilişkilere göre temel SI birimlerinden türetilmiştir.

Örnek olarak uzunluk miktarı ölçüm birimi m, ve zaman miktarı ölçüm birimi s, arasındaki fiziksel ilişkiden hız ölçüm birimi m/s türetilebilir. Türetilmiş birimler, çarpma ve bölmenin matematiksel sembolleri kullanılarak temel birimler türünden ifade edilir. CGPM, bazı türetilmiş birimler için özel isimler ve sembollerin kullanılmasını onaylamıştır. Türetilmiş birimler sıklıkla; temel birimler ve özel isimler verilmiş türetilmiş birimlerin farklı kombinasyonları ile ifade edilebilir. Uygulamada, aynı boyuta sahip farklı büyüklükler arasında ayırım yapabilmek için özel birim isimleri ve birim kombinasyonları tercih edilir. Bu nedenle, bir ölçüm cihazı ölçülen büyüklüğü gösterdiği gibi birimi de göstermelidir.

2.4.3. SI Harici Birimler

Tablo 6 Belirli konu alanlarında kullanımları kabul edilen SI harici birimler

BÜYÜKLÜK	BİRİM	SEMBOL	SI BİRİMLERİ CİNSİNDEN DEĞERİ
basınç	bar	bar	1 bar = 100 kPa = 10 ⁵ Pa
uzunluk	angstrom	Å	1 Å = 0,1 nm = 10 ⁻¹⁰ m
uzaklık	deniz mili	M	1 M = 1852 m
alan (kesit alanı) barn	barn	b	1 b = 10 ⁻²⁸ m ²
Hız	knot	kn	1 kn = (1852/3600) m/s

Tablo 7 Belirli konu alanlarında kullanımları kabul edilen ve değerleri deneysel olarak belirlenen SI harici birimler

Büyüklik	Birim	SEMBOL	TANIM	SI BİRİMLERİ CİNSİNDEN DEĞERİ
Enerji	Elektron-volt	Ev	1 eV, vakum ortamında 1 V potansiyel farkını geçen bir elektronun kinetik enerjisidir.	1 eV = 1,60217653.10-19 j
Kütle	Atomik kütle birimi	u	1 u, taban seviyedeki ¹² C çekirde inin nötr haldeki bir atomunun hareketsiz kütle sinin 1/12'sine eşittir.	1u = 1,66053886.10-27 kg
Uzunluk	Astronomik birim	ua		1 ua = 1,49597870691. 1011 m

2.4.4 SI Ön Ekleri

Tablo 8 SI ön ekleri

Çarpan	Ön Ek Adı	Sembol
10 ⁻¹	desi	d
10 ⁻²	santi	c
10 ⁻³	mili	m
10 ⁻⁶	mikro	μ
10 ⁻⁹	nano	n
10 ⁻¹²	piko	p
10 ⁻¹⁵	femto	f
10 ⁻¹⁸	atto	a

10^{-21}	zepto	z
10^{-24}	yokto	y
10^1	deka	da
10^2	hekto	h
10^3	kilo	k
10^6	mega	M
10^9	giga	G
10^{12}	tera	T
10^{15}	peta	P
10^{18}	eksa	E
10^{21}	zetta	Z
10^{24}	yotta	Y

2.4.5. SI Birim ve Sembollerin Yazımı

Semboller büyük harfle yazılmaz, fakat sembolün ilk harfi birimin adı, bir kişi adından geliyorsa veya cümle sembol ile bağlıyorsa bu durumlarda büyük harfle yazılır. Örneğin kelvin birimi K sembolü ile gösterilir. Semboller çoğul ekini alamazlar. Sembollerden sonra, cümle sonuna geldikleri durumlar hariç, nokta işareti konulmaz. Birimlerin çarpımı söz konusu olduğunda, birimler arasında çarpım işlemini belirten nokta veya boşluk kullanılmalıdır. Örneğin N.m veya N m gibi olmalıdır. Birimlerin arasında bölme işlemi söz konusu olduğunda, bölme işareti veya negatif üs kullanılmalıdır. Örneğin m/s veya $m.s^{-1}$ gibi olmalıdır. Birleştirilmiş birimler sadece tek bir bölme işareti içerebilir. Kompleks kombinasyonlar için, parantez veya negatif üslerin kullanılmasına izin verilmiştir. Semboller, takip ettikleri sayısal değerlerden bir boşluk ile ayrılmalıdırlar. Birim sembolleri ile birim adları birlikte kullanılmamalıdır (59,60).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

Adli bilimler laboratuvarlarında sıklıkla kullanılan 12 adet cihazın kalibrasyon prosedürleri hazırlanmış ve kalibrasyon işlemleri yapılmıştır. Bu cihazlar sıklıkla kimyasal ve biyolojik incelemelerin gerçekleştirildiği laboratuvarlarda bulunan ölçüm cihazlarıdır. Her cihaz için eşit zaman aralıklarıyla kalibrasyon işlemi 10 kez tekrarlanarak gerçekleştirilmiştir. Basınç, sıcaklık, kütle, hacim, dönme hızı ve pH birimlerinde ölçümler yapılmıştır.

Basınç ölçümlerinde 1-25 bar ölçüm aralığına sahip referans manometre, göstergeli sıcaklık ölçer, nem ölçer, referans manometre ile test manometresinin bağlantısını ve sızdırmazlığını sağlayan malzemeler kullanılmıştır.

Sıcaklık ölçümlerinde -40 °C ile 600 °C arasında sıcaklık ortamı sağlayabilecek sıcaklık kalibratörü, referans sıcaklık göstergesi, yine ortamın sıcaklığını ölçmek için sıcaklık ölçer, buz noktası oluşturmak için buz makinesi kullanılmıştır.

Kütle ölçümlerinde referans F₁ sınıfı kütleler ve ortam sıcaklığını ölçmek için sıcaklık ölçer kullanılmıştır.

Hacim ölçümlerinde referans hassas terazi, sıcaklık ölçer ve nem ölçer kullanılmıştır.

Dönme hızı ile ilgili ölçümlerde referans takometre kullanılmıştır.

pH ölçümlerinde ise 4.0-7.0-10.0 pH gibi farklı pH değerlerine sahip referans solüsyonlar ve sıcaklık ölçer kullanılmıştır.

Yapılan tüm kalibrasyon işlemleri, cihazları tanıyan, kullanım becerisine sahip ve ölçüm basamaklarını iyi bilen kişi tarafından gerçekleştirilmiştir.

3.1. Kalibrasyonu Yapılan Standart Laboratuvar Ölçüm Cihazları

3.1.1. Manometre



Şekil 2. Manometre

Basınç ölçümlerinde kullanılan en önemli cihazlardan biri manometrelerdir. Birçok Laboratuvar direkt olarak veya cihazların performansının kontrolü, uygun şartlarda çalışıp çalışmadıklarının kontrolü, üretimde veya numunelerin kontrolünü sağlamak için manometre kullanılmaktadır. Manometreler Pascal prensibine göre çalışmaktadır ve basınç teorik olarak birim alana etki eden kuvvettir. Genelde kullanılan manometlerde U şeklinde olan Bourdon Tüpü sayesinde sıvı veya gaz basıncı, Bourdon Tüpünün bağlı olduğu kadran sistemine sahip skaladan okunabilir.

Ölçüm yapılacak basınç aralığına göre farklı çalışma prensiplerine dayanan manometreler kullanılabilir. Düşük basınçlarda daha hassas ölçüm yapabilen manometrelere ihtiyaç duyulduğundan kapsül tip veya körüklü tip gibi farklı çalışma prensiplerine sahip manometreler mevcuttur.

Mekanik basınç veya vakum ölçme aletleri atmosfer üstü veya altı basınçları gösterir. Bu nedenle ölçümü yapılan sistemin gerçek basıncını okuyabilmek için mutlak basıncın bilinmesi gerekmektedir. Dolayısı ile mutlak basınç ölçerler kullanılmaktadır. Bu mutlak basınç ölçerlerin skalaları atmosfer basıncına göre düzenlenmiştir.

Bazı durumlarda ise deney süresince ortamdaki hassas basınç farklılıklarının ölçülmesi gerekmektedir. Bu nedenler fark basınç ölçerler kullanılmaktadır.

Kullanım amacına göre farklı çalışma prensiplerine ve analog veya dijital özelliklere sahip birçok manometre bulunmaktadır (61,62).

3.1.2. Göstergeli Sıcaklık Ölçer



Şekil 3. Göstergeli Sıcaklık ölçer

Sıcaklık, ısıl temas halinde olan iki sistemin birbirleriyle ısıl dengeye gelmeleri durumunda, iki sistemde de aynı olan büyüklük olarak tanımlanabilir. Sıcaklığı ısıl enerjinin düzeyi ya da ölçütü olarak tanımlayabiliriz. Laboratuvar ortamında yapılan birçok deneyin veya numuneleri saklama koşullarının sıcaklığı çok önemlidir. Çünkü uygun sıcaklık değerlerinde yapılmayan deneylerde olması istenen bazı reaksiyonlar gerçekleşmeyebilir ya da tam tersi istenmeyen reaksiyonlar gerçekleşebilir. Ayrıca uygun sıcaklık değerlerinde saklanmayan örneklerin, özellikle adli bilimlerde laboratuvarlarında son derece önemli olan maddi suç delillerinin bozulmasına yol açabilir. Bu nedenler hangi örneği hangi sıcaklıkta saklandığı önemlidir ve bu değerlerin belirlenmesinde göstergeli sıcaklık ölçerlerin kullanımı oldukça yaygındır.

Meteorolojide Celsius, Fahrenheit veya Kelvin gibi değişik ölçekler termometrelerde kullanılmaktadır. Gündelik kullanımdaki termometrelerin çoğu, değişen sıcaklık karşısında sıvıların hacim değiştirmesi mantığına dayanır. Bu cinsten en fazla kullanılan termometreler cıvalı termometrelerdir. Sıcaklığın çok düşük olduğu yerlerde ise donma sıcaklığı daha düşük olan alkollü termometreler tercih edilir.

Dijital termometre günlük hayatın her aşamasında, endüstriyel alanda ve adli bilimlerde olmak üzere birçok laboratuvarla sıklıkla kullanılan ve ihtiyaç duyulan bir termometre türüdür. Ancak dijital olduğu için belirli aralıklarla ölçüm sonuçlarının doğruluğu kontrol edilmelidir. Aralarında en hızlı ölçebilen termometredir (62,63).

3.1.3. Terazi



Şekil 4. Terazi

Günümüzde hassas kütle ölçümü birçok alanda kullanılmaktadır. Ortaçağ dönemlerinde toplumlar arası ilişkilerin artması sebebiyle ağırlık ve uzunluk birimlerini karşılaştırmak ve bu alanda bir birlik sağlamak gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu durumda uluslararası kilogram prototipinin oluşmasına sebep olmuştur. XVII.yy. da Fransa’ da uzunluk ve ağırlık konusundaki bu karmaşayı çözmek için çalışmalar başlatıldı ve 1793 yılında sona erdi. Referans ağırlık +4 °C’de 1 dm³ suyun ağırlığı olarak kabul edildi. 1799 yılında daha pratik olmak adına platinden bir referans ağırlık üretildi.

Terazi de bir cismin veya maddenin kütlesini ölçmeye yarayan alettir. En yaygın kullanılanı eşit kollu terazidir. Eşit kollu terazide ölçümü yapılacak kütle, daha önceden kütlesi bilinen başa bir kütle ile mukayese edilerek yapılır.

Bu işlemde orta noktasında bulunan bir denge noktasına bağlı terazi kolu ve bu kola bağlı bulunan kefeler sayesinde olur. Bir kefeye ölçülecek kütle diğer kefeye ise bilinen standart kütle koyularak mukayese işlemi yapılır. Bu tartı sisteminde yerçekimi kuvveti her iki kefeye de aynı şiddette etkidiğinden tartı yerçekimi ivmesinden bağımsızdır.

Dijital teraziler kullanım açısından daha kolay ve hassasiyet bakımından kesin sonuçlar vermektedir.

Dijital terazilerde load cell adı verilen ve bu ölçüme olanak sağlayan parçalar vardır. Load cell alüminyum çerçeve üzerine gergin bir şekilde wheatstone direnç köprüsü kurularak oluşturulan son derece hassas direnç yapısına sahiptir. Load cell alüminyum çerçeve üzerine uygulanan ağırlıkla orantılı olarak değişme olur. Bu zaman da karşılıklı uçlarının alanları büyür bunun sonucu olarak direnç değerleri artar. Diğer taraftan diğer karşılıklı uçlarının alanları küçülür. Bu dört gergin ağız bir wheatstone direnç köprüsü oluştururlar. Yükün

oluşturduğu etki direnç değerlerindeki değişimler aracılığı ile gerilim olarak toplanır. Bu toplanan gerilim değerinin karşılık bulduğu gösterge değerleri terazinin elektronik programlama kısmına girilerek göstergeden bu değer okunur.

Ölçüm cihazları taşıma, kullanma, muhafaza, bakım ve depolama sırasında hasar ve bozulmalardan korunmalıdır. Taşıma sırasında cihazların kalibrasyonu bozulabilir. Özellikle hassas terazi türü ölçüm yapan cihazların bulundukları yerlerde kalibre edilmesi gereklidir. Bakım esnasında cihazın ayar ve hassasiyetinin bozulmamasına dikkat edilmeli, depolama için cihazın tipine ve özelliğine göre uygun şartlar sağlanmalıdır.(64,65).

3.1.4. Etüv



Şekil 5. Etüv

Sıcaklığı belli derecede muhafaza edilebilen elektrikli cihazlardır. Laboratuvarlarda mikroorganizmaların üretimi, kurutma, yüksek ısı gerektiren kimyasal reaksiyonlar oluşturmak ya da dezenfeksiyon amacıyla kullanılırlar. Etüvde kuru hava akımı dolaşabileceği gibi nemli hava akımı da olabilir.

Sterilizasyon işlemi fiziksel ve kimyasal yöntemlerle yapılabilir. Bu yöntemlerin maliyeti ve uygulanabilirlik açısından üstünlükleri ve eksiklikleri söz konusudur. Sıcak, soğuk, kuruluk, ışınlar, elektrik akımı, sonik-ultrasonik titreşimler, yüksek basınç, osmotik değişiklikler ve filtrasyon yöntemleri fiziksel yöntemler olarak sıralanabilir. Ancak en çok kullanılan fiziksel yöntem ısıdır. Ekonomik, kolay uygulanabilir ve güvenilir özelliktedir.

Isı ile sterilizasyonun mekanizması doğrudan doğruya hücre proteinlerini parçalamak suretiyledir. Isı ile sterilizasyonda ısı derecesi, ısıнын etki zamanı, ortamdaki nem derecesi, mikroorganizmaların içerisindeki su miktarı, pH, osmotik basınç gibi etmenler sterilizasyon üzerine etkilidir. Ortamda nem olması, mikroorganizma içerisinde %50 oranında su bulunması pH derecesinin nötrden uzaklaşıp asit veya alkaliye kayması, ısı ile sterilizasyonu olumlu yönde etkiler.

Etüv cihazları, bakteri örneklerinin üremesi için gerekli ortam şartlarını bir kabin içerisinde sağlayan elektrikli ısıtıcılardır. Kabin içini ısıtmasının yanında nemlendirmesi de söz konusudur. İnsan vücuduyla alakalı numunelerdeki bakterilerin çoğaltılması esnasında cihazlar genellikle 37°C'ye ayarlanırken küf ve mantarların çoğaltılması uygulamalarında ise 22°C'ye ayarlanır. Etüv cihazları, sıklıkla sterilizasyon amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Kuru hava ile sterilizasyon bakterileri ve bunların sporlarının protein yapılarını yüksek sıcaklık ile bozma prensibini gütmektedir. Etüvler karşımıza Pasteur fırını veya incubator isimleriyle de çıkabilir ve ısıtma ve kurutma amacıyla da kullanılan laboratuvarların vazgeçilmez cihazlarından. Tüm bu bilgiler ışığında etüv cihazlarının kuru hava ile sterilizasyon işlemi, bakterilerin üremesi için besiyeri, kurutma işlemi, ısıtma işlemi gibi kullanım alanları vardır.

Bu tip sterilizatörler özellikle, az sayıda metal ekipmanın gün içinde tekrar tekrar ve defalarca kullanıldığı küçük operasyonların yapıldığı kliniklerde karşımıza çıkar. Çünkü hastane ve benzeri büyük sağlık kuruluşlarında sterilizasyon birimleri bulunmaktadır ve bu birimler tüm hastanenin sterilizasyon işlerini yüklenmişlerdir.

Kuru sıcak hava ile sterilizasyonda ortamda nem bulunmadığından sterilizasyon daha uzun süre almaktadır. Bu amaçla etüvler kullanılır. Genel olarak 175°C de bir saat, 140°C de ise 3 saat sterilizasyon için yeterlidir. Bu yöntem ile cam ve metal aletler içlerine nemin ulaşmadığı yağlar ve tozlar (talk) bu yöntemle sterilize edilir. Besi yerleri ve sıvılar kuru sıcak hava ile sterilize edilmezler (66,67).

3.1.5. Otoklav



Şekil 6. Otoklav

Bu işlemde doymuş su buharı ile çalışan otoklav adı verilen cihazlar kullanılır. Bilindiği gibi normal atmosfer basıncında buhar sıcaklığı 100°C'dir. Bu sıcaklıkta bazı sporlar uzun süre canlılıklarını sürdürebilir. Basınçlı buharın yüksek sıcaklığı hücredeki proteinlerin koagülasyonuna neden olur. Yüksek sıcaklığa ek olarak basınçlı buharda bulunan

bol miktardaki su hızlı bir ısıtma ve hücre içine giriş özelliği ile proteinlerin koagülasyonunu hızlandırır ve hücrenin ölümüne neden olur.

Otoklav, yüksek basınca dayanıklı çift çeperli ve metalden yapılmış bir cihazdır. Değişik şekillerde (kare, dikdörtgen) olabilen otoklavlarda, kazanın içine su koymayı sağlayan bir musluk, hava ve buhar çıkmasını sağlayan bir musluk, manometre ve emniyet supabı vardır. Ayrıca buharın dışarı çıkmasını sağlayan bir musluk daha vardır. Otoklavlar elektrik enerjisi ile çalışır. Buhar kazan içinde üretilir. Hava açık vanadan, kazan doymuş buhar ile doluncaya kadar geçer.

Kazan tamamen doymuş buhar ile dolunca vana kapatılır, ısıtmaya devam edilerek basınç ve sıcaklık artırılır. Otoklavda sterilizasyon için işlemin 15-20 dakika uygulanması yeterlidir. Sterilizasyon işlemi esnasında buhar sıcaklığı 134°C'dir. Daha sonra buhar vanası açılarak buharın dışarı çıkması sağlanır. Basıncın sıfıra düştüğü manometreden kontrol edilerek otoklavın kapağı dikkatlice açılır. Sterilizasyon için beklenen süre; otoklavdaki tüm materyaller için etkili olmalı, sterilizasyon sıcaklığına ulaşmak için yeterli olmalı ve bütün organizmaların öldürülmesi için istenilen sürede olmalıdır.

Buharla veya kimyasal gazlar ile yapılan sterilizasyon öncesinde cerrahi ekipmanlar özel paketlenme malzemesi ile paketlenir. Isıl işlem sırasında bu paketler buharı geçirerek ekipmanın buharla temasına izin verir. Isıl işlem bittiğinde ise paketin gözenekli yapısı kapanarak hava geçirmez bir hâl alır, böylelikle ekipmanlar uzun süre steril kalabilir (66,68).

3.1.6. Su banyosu



Şekil 7. Su Banyosu

Genellikle metalden yapılmış, içerisinde su bulunan kaplardır. Gaz, elektrik veya su buharı ile ısıtılırlar. Su banyolarında sıcaklık 100 °C civarındadır. Bu banyo içine daldırılan bir kaptaki maddelerin sıcaklığı en fazla 80-85 °C ye yükselebilir. Genellikle 50-70 °C arasındaki ısıtma işlemlerinde, yanıcı ve parlayıcı maddelerin buharlaştırılmasında ve gravimetrik analizlerde çökeleğin olgunlaştırılmasında kullanılır. Isıtma esnasında kapların ağzı çok sıkı kapatılmamalıdır. Kap içinde artan basınç nedeniyle patlayabilir. Sıcaklığı

ayarlanabilen, termometreli bir su banyosunu istenilen sıcaklığa ayarlamak mümkündür. Bu tür banyolara termostatlı su banyosu adı verilir.

Su banyoları ile uzun süre çalışılacaksa içlerindeki suyun tamamen buharlaşmamasına dikkat edilmeli ve eksilen su yerine devamlı su ilave edilmelidir. Su banyolarında devamlı distile su kullanmaya dikkat edilmelidir. Ayrıca yağ banyosu ve gliserin banyosuyla 250°C civarında sıcaklık temin edilebilir. Genel olarak ısı ölçmede santigrat derece (°C) kullanılır (69,70).

3.1.7. Buz Dolabı ve Derin Dondurucu



Şekil 8. Buz Dolabı ve Derin Dondurucu

Hastanelerde, kan merkezlerinde, Adli Bilimler Laboratuvarlarında ve birçok laboratuvarında, kan ve kan ürünleri, kitler veya çeşitli biyolojik örneklerin belirli bir sürede ve belirli bir ısı değerinde muhafazasını sağlayan cihazlardır.

Özellikle kan komponentleri saklanırken ortamın ısısına, nemine ve ışık ile direkt temas etmemesine dikkat edilmelidir. Kanın saklanacağı dolap, ısı monitörü olan özel kan saklama dolabı olmalıdır. Özellikle servis dolaplarında kesinlikle kan saklanmamalıdır.

Bekletilecek olan numuneler, mutlaka santrifüj edildikten sonra +4 °C’ de buzdolabında ağzı kapalı olarak muhafaza edilmelidir. Uzun süre muhafaza edilecek numuneler, çalışılacak testin özelliğine göre prospektüste belirtilen koşullara uygun olarak -20 °C’ de ağzı kapalı olarak saklanır. Serum veya plazma örnekleri alındıktan en geç 4 saat içinde çalışılmalıdır. Çalışılmadığı takdirde +4 °C’ de buzdolabında ağzı kapalı olarak muhafaza edilir.

5-12-24 saatten fazla bekletilen serum +4 °C’ de saklansa bile numunelerin değerlerinde değişmelere neden olmaktadır. Bu yüzden serumun dondurulması daha doğrudur ve bu sayede serumdaki birçok analiz bozulmadan aylarca saklanabilir. Dondurulmuş serum

çalışılacağı zaman oda sıcaklığına getirilerek çalışılır. Kanı dondurmamak hemolize neden olur. Santrifüj edilerek serum veya plazması ayrılmamış kan dondurulmamalıdır. Dolayısıyla biyolojik örneklerin saklanması çeşitli prosedürler ve çeşitli saklama koşullarında gerçekleşmektedir. Bu nedenle farklı sıcaklık değerlerine sahip buzdolapları ve derin dondurucular laboratuvarların vazgeçilmezleridir (71,72).

3.1.8. Pipet



Şekil 9. Pipet

Pipetler belli bir miktar sıvının bir kaptan diğer bir kaba aktarılmasına yararlar ve genellikle karınlı pipetler tek hacim çizgisine sahip olup sabit miktarda sıvı aktarmak için kullanılır. Dereceli pipetler ucuna kadar taksimatlıdır. Muhtelif tip ve kapasitede pipetler olmakla beraber başlıca nakil pipetleri ve taksimatlı pipetler diye ikiye ayrılır. Mikropipetler ise çok küçük hacimleri nakletmek için kullanılırlar.

Nakil pipetleri (Karınlı Pipetler) sabit hacimde olup ortası şişkin bir cam borudan ibarettir. Alt kısmının ucu içindeki muayyen hacim sıvının serbest akışı bir dakikayı geçmeyecek şekilde daraltılmıştır. Minimum müddet pipetin hacmine göre değişir ve 10 ml. lik pipette 20 saniye, 50 ml. lik pipette 30 saniyedir.

Taksimatlı (Mohr) pipetler, değişebilir miktarlarda hacim akıtan üzeri çizgili, düz, dar bir cam borudur. Hassas çalışmalarda normal olarak kullanılmazlar.

Karınlı pipet ve Taksimatlı pipetler, standart çalışmalarda (Yağ tayini vb.) standart miktarda belli bir eriyiği eklemek için kullanılan otomatik cam pipetlerde (Kipp pipet) vardır. Bunlar 1, 5, 10, 20, 25, 50 ml olabilir.(Örnek: Sütte yağ tayininde kullanılan Asit pipeti 10 ml, alkol pipeti 1 ml)

Pipetler kullanılacakları zaman tamamen kuru ve temiz olmalıdır. Onun için kullanılan pipetler işi bitince hemen yıkanıp damıtık sudan geçirildikten sonra pipet sehпасına konur (73,74).

3.1.9. Santrifüj



Şekil 10. Santrifüj

Santrifüj, bir motorla olağanüstü bir dönme hareketi verilen ve bir sıvı içinde süspansiyon hatta emülsiyon halindeki katı parçacıklara(hücreler, alyuvarlar, bakteriler) merkezkaç kuvvet uygulayarak ayrışmalarını sağlayan laboratuvar aletidir. Cihaz dakikada 10000 devire kadar çıkarak dönme hareketini istenilen dakika kadar çevirir ve istenilen maddeyi ayırıştırır. Laboratuvarlarda kullanılan bu cihaz biyokimya ve hormon testleri için kullanılır kanı en üst kısımda serum orta kısımda yağ alt kısımda ise atık olarak ayırıştırır.

Serbest serum veya plazma sağlamak, biyolojik sıvılardaki hücresel elemanların veya diğer bileşenlerin konsantre etmeyi sağlamak, kimyasal olarak çöktürülmüş proteinleri uzaklaştırılmak, serbest ligandlardan protein bağlı veya antikor bağlı ligandları ayırmak gibi partikülleri süspanse oldukları solüsyondan ayırmada kullanılır ya da biyolojik sıvılardan organik çözücülere solitlerin ekstraksiyonu sağlamak, plazma ve serumdan lipid bileşiklerini ayırma gibi farklı yoğunluktaki iki likit fazı ayırmak için kullanılır (74).

3.1.10. Termokupl



Şekil 11. Termokupl

Termokupllar (ısııl çift), geniş bir şekilde kullanılan sıcaklık ölçüm araçlarıdır. Ucuz ve değiştirilebilirdirler, standart bağlantı noktaları vardır. Çeşitli tipler ile $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' den $+2300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar geniş bir sıcaklık aralığında ölçüm yapabilirler. Temel sınırlamaları kesinliktir ki bunun sonucu olarak $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den daha küçük ölçüm hatalarına erişmek zor olabilir.

Termokupllar, farklı iki metal alaşımın uçlarının birbiri ile kaynaklanması sonucu elde edilir. Kaynatılan nokta sıcak nokta, açık kalan iki uç soğuk nokta veya referans nokta olarak adlandırılır. Bu iki nokta arasındaki sıcaklık farkına orantılı olarak oluşan ve termoelektrik voltaj ya da Seebeck voltajı da denen (1821'de bu etkiyi keşfeden Estonyalı fizikçi Thomas Seebeck'in ismine atfen) mV seviyelerindeki bir gerilimin varlığı termokuplların sıcaklık ölçümünde geniş bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Bu gerilim günümüzde kullanılan metal alaşımların türlerine göre $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ başına 1 ile $70\text{ }\mu\text{V}$ (mikro volt) düzeylerinde olmaktadır. Termokupllarla ilgili bir önemli nokta da, termokuplların belli bir noktadaki kesin sıcaklığı değil, iki nokta arasındaki sıcaklık farkını ölçmeleridir. Sıcak nokta ile soğuk nokta sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun, oluşan gerilimin bu iki nokta arasındaki sıcaklık farkına bağlı olduğu görülmektedir.

Sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle oluşan gerilim ya da EMF, sıcak noktanın sıcaklığı sabit kalmak üzere soğuk noktanın sıcaklığı değiştirildiğinde değişeceğinde farklı sıcaklık değerleri okunur. Bu nedenle mV tablolarındaki değerlerde standardı sağlamak için ölçülen sıcaklık karşılığı mV değerleri soğuk noktanın $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de sabitlenmesi ile elde edilmiştir. Örneğin $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye karşılık gelen mV değerleri termokuplun sıcak noktası $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ iken soğuk noktanın $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de sabit tutulması ile uç noktada ölçülen değerlerdir.

Termokupllar, içinde bulundukları fiziksel ortamın özellikleri göz önüne alınarak özel koruyucu kılıf içerisine yerleştirilir. Koruyucu kılıflar da yine fiziksel ortamın özelliklerine

göre farklı maddelerden yapılmaktadır. Eleman telleri de iki farklı kutupta yer aldığından yalıtımları seramik izolatörlerle sağlanır.

Termokupllarda oluşan gerilim değeri çok küçük olduğundan 50-60Hz'lik güç kaynakları gibi cihazların oluşturduğu çevresel gürültü (noise) ölçülen değerleri etkileyebilir. Bu durum göz önüne alınarak ölçümler değerlendirilmelidir.

Termokupllardan elde edilen ve sıcaklık ölçümünde kullanılan sinyaller lineer değildir. Bu nedenle analog ya da sayısal ölçüm yapan cihazlarda kullanılacak sinyaller lineerize edilmelidir.

Geniş sıcaklık aralığını ölçebilmeleri, sağlamlıkları ve kolay kullanılabilirlikleri sayesinde endüstride geniş şekilde kullanılan termokuplların seçiminde sıcaklık aralığı, termokuplun yada koruyucu kılıf malzemesinin kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı, şınmaya veya titreşimlere olan dirençleri, kurulum gereksinimleri gibi kriterler göz önüne alınmalıdır.

Termokupl yapısal olarak incelendiğinde; eleman teli, izolatör, primer, koruyucu Kılıf, bağlantı klemensi, bağlantı kafası, flanş veya rekor gibi malzemelerden oluşur.

Tablo 9 DIN 43710 ve IEC-584 standartlarında endüstride en çok kullanılan eleman telleri

Eleman Teli	DIN 43710	IEC 584	Sıcaklık Aralığı	Eleman İsmi
Cu-Const	U	T	200 300	Bakır-Konstantan
Fe-Konst	L	J	200 800	Demir-Konsantan
Cr-Al		K	200 1200	Kromel-Alümel
NiCr-Ni		K	200 1200	NikelKrom-Nikel
Cr-Const		E	200 1200	Kromel-Konstantan
Pt%10Rh-Pt		S	0 1500	Platin Rodyum-Platin
Tn-Tn%26Re		W	0 2000	Tungsten-T%26Renyum

Termokupl eleman telleri (+) ve (-) olmak üzere iki bacaklıdır. Bu nedenle cihaza bağlanırken (+) ve (-) uçları dikkate alınarak bağlanmalıdır. Uluslararası standartlarda (+) ve (-) uçları belli renk kodları ile işaretlenmiştir (75,76).

3.1.11. pH METRE



Şekil 12. pH metre

pH bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimidir. Açılımı "Power of Hydrogen" (Hidrojenin Gücü)'dir. pH kavramı ilk kez Danimarkalı kimyager Søren Peder Lauritz Sørensen tarafından Carlsberg Laboratuvarı'nda 1909 yılında tanımlanmıştır.

pH teriminde p; eksi logaritmanın matematiksel sembolünden ve H ise hidrojenin kimyasal formülünden türetilmişlerdir. pH tanımı, hidrojen konsantrasyonunun kologaritması olarak verilebilir:

$$\text{pH} = \text{colog}[\text{H}^+]$$

pH hidrojen iyonun aktivitesi cinsinden bir asit veya bazın derecesini ifade etme yoluyla ihtiyaç duyulan niceliksel bilgiyi sağlar. Bir maddenin pH değeri hidrojen iyonu $[\text{H}^+]$ ile hidroksil iyonunun $[\text{OH}^-]$ derişimlerinin oranına direk bağlıdır. Eğer H^+ derişimi OH^- derişiminden fazla ise çözelti asidik; yani pH değeri 7 den düşüktür. Eğer OH^- derişimi H^+ derişiminden fazla ise maddemiz bazik; yani pH değeri 7 den büyüktür. Eğer OH^- ve H^+ iyonlarından eşit miktarlarda mevcutsa, madde 7 pH değerine sahip olmak üzere nötrdür.

Asit ve bazlar her biri serbest hidrojen ve hidroksil iyonlarına sahiptirler. Belli koşullarda ve belli bir çözeltide hidrojen ve hidroksil iyonlarının ilişkileri sabit olduğu için, birini tespit etmek diğerini bilmek ile mümkündür. Bu anlamda, pH, tanımsal açıdan hidrojen iyonu aktivitesinin seçici bir ölçümü olsa da, hem alkalinite hem de asitliğin bir ölçüsüdür. pH logaritmik bir fonksiyon olması açısından, pH değerindeki bir birimlik değişim hidrojen

iyon derişimindeki on-katlık değişime karşılık gelir. pH metre ise ölçülen maddenin asidik ya da bazik olduğunu ölçerek değerini verir (77).

3.1.12 Kül Fırını



Şekil 13. Kül Fırını

Yapısında organik madde bulunan ürünlerin içerdiği inorganik madde miktarını belirlemek amacıyla kül miktarı tayini yapılır. Bu işlem sırasında 1200°C lere kadar çıkan uygulamalar yapılır.

Kül fırını tabiri çoğunlukla, kullanıldığı yere sabitlenmemiş, endüstriyel fırınlara göre daha küçük hacimli ve maksimum çalışma sıcaklıkları 1000°C civarı ve üstü olan fırınlar için kullanılır. Bu tip fırınlara, kullanım amacı veya kullanıldığı sektöre göre laboratuvar fırını, ergitme fırını, numune fırını, yakma fırını, test fırını, küçük ısıl işlem fırını gibi isimler de verilir. Bu tip laboratuvar tipi fırınların en yaygın kullanılan adı “kül fırını” olduğu için burada adı kül fırını olarak geçecektir.

Kül fırınları çok farklı alanlarda kullanılırlar. Gıda sektöründe numuneyi yakarak kül oranı tayininde, plastik sektöründe hammadde kalitesi analizinde, metal sektöründe ısıl işlem fırını olarak, seramik sektöründe numune hazırlamada, üniversite ve Adli Bilimler laboratuvarlarında deney amaçlı olarak kullanılmaktadırlar.

Kül fırınlarını genellikle elektrik enerjisi ile çalışır. Dışları sac bir kasadan oluşur. Bu kasanın içinde, genellikle tuğla veya benzeri malzemeden çatılmış bir ısıtma odası vardır. Bu ısıtma odasının dışı ile sac kasa arasında kalan bölüm izolasyon katmanları ile doludur.

Kül fırınlarının çok farklı kapak tipleri bulunmaktadır. Yana, yukarı ve aşağıya doğru açılan kapaklar kullanılmaktadır. Isıtma odasının duvarlarında uygun yerlere ısıtıcı rezistanslar yerleştirilir. Bu rezistanslara kontrollü şekilde elektrik verilerek ısıtma odası ısıtılır.

Bu işlemi gerçekleştirme şekillerine göre kül fırınları farklılıklar gösterirler. Sadece basit bir termostat ile sıcaklığı kontrol edilen kül fırınları olduğu gibi, ısıtma sırasında, ısıtma hızını elektronik olarak kontrol eden, ara sıcaklıklar ve bekleme süreleri tanımlayarak kademeli ısıtma yapılabilen ve bu şekilde belirli ısıtma reçetesini uygulayan, mikro işlemci kontrollü fırınlar da bulunmaktadır. Farklı sayılarda ısıtma reçetesini kayıt edip kullanıcıya kolaylık sağlayan kül fırınları da yoğun talep görmeye başlamıştır. Sıcaklık kontrolünü elektronik olarak yapan bu cihazlara “Programlanabilir Sıcaklık Kontrol Ünitesi” denir.

Programlanabilir sıcaklık kontrol ünitelerinin de farklı çeşitleri vardır. Bazı kontrol üniteleri kompakt ve hazır modüllerdir. Piyasadan muhtelif tipleri temin edilebilir. Bazı kontrol üniteleri ise bu fırınlar için özel olarak tasarlanmış, büyük ekranları, çok sayıda özel işlevli tuşları ile kullanışlı hale getirilmiştir.

Fırınların sıcaklık ölçümleri termokupl adı verilen ölçme elemanları ile yapılır. Bu ölçme elemanları fırının en yüksek çalışma sıcaklıklarına göre seçilirler. Termokupllar farklı sıcaklık seviyeleri için farklı malzemelerden üretilirler. İki farklı telin uçları TIG kaynağı ile birleştirilir, bu teller birbirlerine ve dışarıya göre yalıtılır ve bu şekilde ucuza imal edilen termokupllar üretilerek kullanılabilirler. Bu tür çok basit termokuplların yanı sıra, kullanım sıcaklığına uygun paslanmaz bir kılıf içinde, dış ortam atmosferinden tamamıyla yalıtılmış, çok küçük çap ve kütlelerde üretilmiş, uzun ömürlü termokupllar da kullanılmaktadır.

Kullanım amaçlarına göre bazı fırınlarda baca tertibatı da bulunur. Bu bacanın görevi yüksek sıcaklıklarda oluşan bazı aşındırıcı gazların, yanma neticesinde oluşan gaz ve dumanın ısıtma odasından uzaklaştırılmasını sağlamaktır. İçerideki bu gazların tahliye edilmesi ısıtıcı rezistansların ömrünü uzatacaktır (78,79).

3.2 Belirsizlik Prosedürleri

3.2.1. Manometre

-0,9 Bar ile 350 Bar arası bourdon yaylı mekanik ve dijital manometrelerin kalibrasyon işlemini kapsamaktadır. Manometre kalibrasyonunda rehber olarak EURAMET cg-17 (80) ve belirsizlik hesaplamaları için EA-4/02’de (13) belirtilen belirsizlik hesaplama yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 10 Prosedürde kullanılan semboller, birimleri ve açıklamaları

Semboller	Birim	Açıklama
P _{okunan}	Bar	Test manometresinde okunan değer
P _{ref}	Bar	Referansta okuna değer
P _{çöz}	Bar	Test manometresinin çözünürlüğü
P _{his}	Bar	Test manometresinin mak.histeresiz değeri
U _{ref}	Bar	Referans kalibratörün belirsizliği
U _a	Bar	Çözünürlükten gelen belirsizlik
U _h	Bar	Histeresizlikten gelen belirsizlik
U _b	Bar	Tekrarlanabilirlikten gelen belirsizlik
U _{fo}	Bar	Sıfır sapmasından gelen belirsizlik
b	Bar	Tekrarlanabilirlik sapması
a	Bar	Çözünürlük
fo	Bar	Sıfır Sapması
h	Bar	Histeresiz sapması

Model Fonksiyonu;

$$\Delta P = (P_{\text{test ortalama}}) - (P_{\text{ref}}) + (\delta P_{\text{sıfır sap}}) + (\delta P_{\text{tek}}) + (\delta P_{\text{hist}})$$

$$U_{\text{Toplam}} = \sqrt{(U_{\text{ref}})^2 + (U_a)^2 + (U_b)^2 + (U_{fo})^2 + (U_h)^2}$$

Referanstan gelen belirsizlik;

$$U_{\text{ref}} = \frac{U_{\text{sert.}}}{2}$$

Çözünürlükten gelen belirsizlik 2 farklı duruma göre hesaplanır.

Dijital göstergeli basınç ölçerlerde;

$$a_{\text{çöz}} = \frac{d}{2}$$

d=Göstergenin bölüntü sayısı

Analog göstergeli basınç ölçerlerde;

$$a_{\text{çöz}} = \frac{a}{\text{tah.değer}}$$

Tahmini değer = İki bölüntü çizgisi arası tahmin edilebilir değer:

$$U_a = \frac{a}{2\sqrt{3}}$$

Histeresiz (Geriye dönüş) Ölçümünden gelen belirsizlik; artan ve azalan yönde ölçümler arasında birbirine karşı gelen aynı noktalar arasındaki farktır.

$$U_h = \frac{hist}{2\sqrt{3}}$$

Tekrarlanabilirlikten gelen belirsizlik;

Kalibrasyon düzeneği değiştirilmeden çevrimler arasındaki birbirine karşı gelen noktalar arasındaki sıfır düzeltmesi yapıldıktan sonraki farktır ve şu şekilde hesaplanır.

Tablo 11 Ölçüm alınan noktalar

0	X ₀	Y ₀
%10	X ₁	Y ₁
%30	X ₂	Y ₂
%50	X ₃	Y ₃
%80	X ₄	Y ₄
%100	X ₅	Y ₅

$$b_{artan} = \max (| x_1 - x_0 | - (y_1 - y_0) |)$$

$$b_{azalan} = \max (| y_1 - y_0 | - (x_1 - x_0) |)$$

$$b_{ortalama} = \max (| b_{artan} | ; | b_{azalan} |)$$

$$U_b = \frac{b}{2\sqrt{3}}$$

Sıfır sapmasından gelen belirsizlik:

Sıfır sapması her bir ölçüm çevrimi sonrası kaydedilen sıfır noktası farkıdır.

$$U_{f_0} = \frac{f_0}{2\sqrt{3}}$$

-1 ile 25 Bar manometre kalibratörü ile yapılan ölçümde belirsizlik hesaplanması:

Ölçülen cihaz 0-25 bar arası bölüntüsü 0,1 bar sayısal göstergeli ve ölçüm sonuçları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12 0-25 bar arası manometrede ölçüm sonuçları

Cihazda	Ref.	Ref.	Ortalama	Yukarı	Aşağı
Okunan	Okunan	Okunan		Yönde	Yönde
	Yukarı	Aşağı		Sapma	Sapma
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar
0	0	0,0	0	0	0
2,5	2,492	2,492	2,492	-0,008	-0,008
7,5	7,503	7,506	7,505	0,003	0,006
12,5	12,492	12,498	12,495	-0,008	-0,002
20	20,002	19,996	19,999	0,002	-0,004
25	2,996	24,989	24,993	-0,004	-0,011

Tablo 13 0-25 bar arası manometrede ölçüm sonuçları [2]

Cihazda	Maks.	Histerisis	Sıfır
Okuna	tekrarlanabilirlik		Sapması
Bar	Bar	Bar	Bar
0		0	
2,5		0,00	
7,5	0,006	0,003	0,01
12,5		0,006	
20		0,006	
25		0,007	

Referans Manometre kalibratörün ölçüm belirsizliği:

$$U = \pm 0,009 \text{ bar} + 2 \cdot 10^{-5} \cdot P$$

Mutlak sapma:

$$q_{\text{mutlak}} = P_{\text{okunan}} - P_{\text{referans}}$$

$$\text{Histerezis sapması: } q_{\text{his.}} = P_{\text{yukarı}} - P_{\text{aşağı}}$$

Ölçüm belirsizliğinin hesaplanması:

$$U_{\text{Toplam}} = \sqrt{(U_{\text{ref}})^2 + (U_a)^2 + (U_b)^2 + (U_{fo})^2 + (U_h)^2}$$

Referanstan gelen belirsizlik:

$$U_{Ref} = \frac{U_{ref}}{2}$$

Referansın kalibrasyon sertifikasında beyan edilen ölçüm belirsizliği:

$$U = \pm 0,009 \text{ bar} + 2.10^{-5} \times P$$

Tablo 14 Testi yapılan manometrenin referans manometreye göre karşılık gelen belirsizlik değerleri

Test Manometrede Okunan (Bar)	Ölçüm Belirsizliği $\pm \text{Bar}$	$U_{Ref} = \frac{U_{ref}}{2}$
0	0,00900	0,00450
2,5	0,00905	0,00453
7,5	0,00915	0,00458
12,5	0,00925	0,00463
20	0,00940	0,00470
25	0,00950	0,00475

Çözünürlükten gelen belirsizlik:

$$a_{\text{öz}} = \frac{d}{\text{Tah.değ}} = \frac{0,01}{2} = 0,005$$

$$U_a = \frac{0,005}{\sqrt{3}} = 0,002887$$

Tekrarlanabilirlikten gelen belirsizlik:

$$U_b = \frac{b}{2\sqrt{3}} = \frac{0,006}{2\sqrt{3}} = 0,00173$$

Sıfır sapmasından gelen belirsizlik:

$$U_{f0} = \frac{f_0}{2\sqrt{3}} = \frac{0,01}{2\sqrt{3}} = 0,002887$$

Histerezisten gelen belirsizlik:

$$U_b = \frac{h}{2\sqrt{3}}$$

Tablo 15 Ölçüm noktalarına karşılık gelen histerisiz sapması ve belirsizlikleri

Cihazda Okunan	Histerisiz sapması	$U_{hist.}$
Bar	Bar	Bar
0	0,0	0,00
2,5	0,0	0,00
7,5	0,03	0,00087
12,5	0,006	0,00173
20	0,006	0,00173
25	0,007	0,00202

Toplam belirsizlik:

$$U_{Toplam} = \sqrt{(U_{ref})^2 + (U_a)^2 + (U_b)^2 + (U_{fo})^2 + (U_h)^2}$$

$$U_{Toplam} = \sqrt{(0,00453)^2 + (0,002887)^2 + (0,00173)^2 + (0,002887)^2 + (0)^2}$$

$$U_{Toplam} = 0,00634$$

2,5 bar için

$$U_{beyan} = U_{toplam} \times k = 0,00634 \times 2 = 0,01267 \text{ bar} \quad k = 2$$

Tablo 16 Ölçüm noktalarına karşılık gelen toplam ve beyan belirsizlik değerleri

Cihazda Okunan	U_{toplam}	$U_{beyan} (k=2)$
Bar	Bar	Bar
0	0,00632	0,01264
2,5	0,00634	0,01267
7,5	0,00643	0,01286
12,5	0,00664	0,01328
20	0,00669	0,01338
25	0,00681	0,01361

$$U_{beyan} = 0,015 \text{ bar} + 4 \times 10^{-5} \times P$$

P = Uygulanan basınç bar olarak.

3.2.2. Göstergeli Sıcaklık Ölçer

Bu talimatın amacı göstergeli sıcaklık ölçerlerin ölçüm belirsizliğinin hesaplanması ve en iyi ölçüm belirsizliğinin beyan edilmesidir. Çalışma aralığı -20°C ile $+600^{\circ}\text{C}$ arasında olan göstergeli sıcaklık ölçerlerin kalibrasyonunu kapsar. Göstergeli sıcaklık ölçer kalibrasyonunda rehber olarak EURAMET cg-8 (81) ve belirsizlik hesaplamaları için EA-4/02'de (13) açıklanan belirsizlik hesaplama yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 17 Göstergeli sıcaklık ölçer prosedüründe kullanılan semboller

Semboller	Birim	Açıklama
U_{ref}	$^{\circ}\text{C}$	Ref.termometrenin sertifikasından gelen belirsizlik
$U_{\text{drifref.}}$	$^{\circ}\text{C}$	Referans termometrenin iki sertifikası arasındaki kayma değeri
U_{Blok}	$^{\circ}\text{C}$	Kuru Blok kalibratörün sertifika belirsizliği
U_{blokdft}	$^{\circ}\text{C}$	Kuru blok kalibratörün sertifika kayma değeri
$U_{\text{tek.}}$	$^{\circ}\text{C}$	Test termometresinin tekrarlanabilirliğinden gelen belirsizlik
U_{his}	$^{\circ}\text{C}$	Histerisiz belirsizliği
$U_{\text{bdaldırma}}$	$^{\circ}\text{C}$	Bloğun daldırma derinliğinden gelen belirsizlik
U_{buz}	$^{\circ}\text{C}$	Buz noktası kısa zamanda oluşan kayma değeri
U_{test}	$^{\circ}\text{C}$	Test termometresinin okumasından gelen belirsizlik
$U_{\text{blok sic dal}}$	$^{\circ}\text{C}$	Bloğ sıcaklık dalgalanmasından gelen belirsizlik
U_{test}	$^{\circ}\text{C}$	İki buzun noktası ölçümünün farkı
$U_{\text{diğer}}$	$^{\circ}\text{C}$	Bağlantı, referans termometrenin kendi kendine ısınmasından gelen belirsizlik

Örnek belirsizliğin hesaplanması:

Kalibrasyon işlemi 120°C de kuru blok kalibratör kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Kalibrasyon yapılırken sıcaklık dalgalanması $\pm 2^{\circ}\text{C}$ yi geçmemelidir.

Cihaz ölçüm aralığı -20°C ile 120°C

Bölüntüsü : $0,1^{\circ}\text{C}$

Ölçme sistemi : Sayısal

Blok Belirsizliği $U_{\text{blok}} = \pm 0,2^{\circ}\text{C}$

Blok Stabilesi = $0,04^{\circ}\text{C}$

Referans Belirsizliği = 0,02 °C

Referansın drifti = 0,019 °C

Test termometresinin sapması:

Her bir ölçüm kademesinde aşağıdaki işlem yapılır. 5 ölçüm alınır.

Örnek = 120 °C için

Tablo 18 120 °C deki ölçüm sonuçları

Test Termometresi	Referans Termometre
121,1	119,98
121,1	119,98
121,1	119,99
121,0	119,98
121,10	119,97
Ortalama= 121,10	Ortalama= 119,98

Sapma = $T_{ref} - T_{test} = 1,12$ °C

Ölçüm Belirsizliği:

Referans termometreden gelen belirsizlik bileşeni:

$$U_{ref} = \frac{0,05}{2} = 0,025$$

Referansın termometre driftinden gelen belirsizlik:

$$U_{ref.drif} = \frac{\delta_{ref.drif}}{\sqrt{3}} = \frac{0,019}{\sqrt{3}} = 0,0109$$

Referans termometre çözünürlüğünden kaynaklanan belirsizlik bileşeni:

$$U_{R\check{c}öz} = \frac{0,001}{\sqrt{3}} = 0,000577$$

Bağlantı kablosu, Referans direnç termometresinin zamanla kendi kendine ısınmasından kaynaklanan belirsizlik bileşeni:

$$U_{diger} = \frac{0,005}{\sqrt{3}} = 0,00288$$

Blok kalibratörünün sertifikasından gelen belirsizlik bileşeni:

$$U_{blok} = \frac{\delta_{blok}}{2} = \frac{0,2}{2} = 0,1$$

Blok kalibratörün stabilitesinden kaynaklanan belirsizlik bileşeni:

$$U_{STBT} = \frac{0,04}{\sqrt{3}} = 0,0230$$

Blok Kalibratörün daldırma derinliğinden kaynaklanan belirsizlik bileşeni:

$$U_{BDRN} = \frac{0,02}{\sqrt{3}} = 0,0115$$

Referans Termometrenin kısa dönem buz noktasından kaynaklanan belirsizlik:

$$U_{BUZ} = \frac{0,0454}{\sqrt{3}} = 0,0262$$

Test termometresinin okumasından gelen belirsizlik :

$$U_{okuma} = \frac{a}{2} = \frac{0,1}{2} = 0,05$$

Tablo 19 Test termometresinin tekralanabilirliğinden gelen belirsizlik:

İlk ölçümde alınan değerler	Tekrar ölçümde alınan değerler
0,1	0,1
0	0,1
0	0
0,025	0
0	0,1
ortalama = 0,025	Ortalama = 0,05

(Buz kabındaki sıfır noktasında alınan ölçümlerden hesaplanır)

$$U_{tek} = \frac{T_{tekrar} - T_{ilk}}{2} = \frac{0,05 - 0,025}{2} = 0,01225^{\circ}C$$

Toplam belirsizlik:

$$U_{Toplam} = \sqrt{(U_{ref})^2 + (U_{ref.drif})^2 + (U_{Rçöz})^2 + (U_{diger})^2 + (U_{Blok})^2 + (U_{STBT})^2 + (U_{BDRN})^2 + (U_{okums})^2 + (U_{Tek})^2 + (U_{Buz})^2}$$

$$U_{Toplam} = \sqrt{(0,025)^2 + (0,0109)^2 + (0,01)^2 + (0,0288)^2 + (0,00577)^2 +} \\ + \sqrt{(0,0109)^2 + (0,0115)^2 + (0,0262)^2 + (0,0285)^2 + (0,0112)^2}$$

$$U_{toplam} = 0,060 \quad k = 1 \quad U_{toplam} = 0,12 \text{ } ^\circ\text{C} \quad k = 2$$

3.2.3. Terazi

Bu talimatın amacı tartı aletlerinin (terazilerin) kalibrasyonunda ölçme belirsizliğini hesaplamak ve laboratuvarın en iyi ölçüm kabiliyetini ortaya çıkarmaktır.

Ölçek taksimat değeri $d > 0.01\text{mg}$ ve taksimat sayısı $\leq 1.000.000$ olan bir ve birden fazla tartım sahasına sahip terazileri, ölçek taksimat değeri $d \leq 0.01\text{mg}$ veya taksimat sayısı $> 1.000.000$ olan bir ve birden fazla tartım sahasına sahip teraziler ve bölüntülü terazileri kapsar. Terazi kalibrasyonunda rehber olarak EURAMET cg-18 (82), TURKAK-R20.12 (83), EA 10/18 (84) ve belirsizlik hesaplamaları için EA-4/02'de (13) açıklanan belirsizlik hesaplama yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 20 Terazi prosedüründe kullanılan semboller

Semboller	Açıklama
.d	Çözünürlük (ölçek taksimat değeri)z
.e	Muayene sabiti
A ₀	Ayar hatası
W ₀	Gösterge değeri (ayar hatasında)
P ₀	Ağırlık değeri (ayar hatasında)
A _i	Sapma değeri
W _i	Gösterge değeri
P _i	Test yükü (Ağırlık değeri)
T _i	Dara yükü

Örnek belirsizlik hesaplaması:

Kalibrasyon terazinin kapasitesi olan 600g adımımda gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyona başlangıç ve bitiş sıcaklık değerleri 24.2 ve 25.0°C'dir. Ölçülen değerler aşağıda sırası ile verilmiştir. Referans ağırlıklar olarak F₁ sınıfı kütleler kullanılmıştır.

Maks: 600g

d : 0.01g

Sınıf : 2

Tekrarlanabilirlik:

Tekrarlanabilirlik ölçümünde, birden çok tartı kaydedilen gösterge değerlerinin standart sapması hesaplanır;

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (W_i - \bar{W})^2}$$

$$\bar{W} = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n W_i$$

Tekrarlanabilirliğin varyansıda aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$v_w = s^2$$

Tablo 21 Terazilerde tekrarlanabilirlik ölçüm sonuçları

W ₁ [g]	W ₂ [g]	W ₃ [g]	W ₄ [g]	W ₅ [g]	W ₆ [g]	W _{ort} [g]
500.00	500.01	500.01	500.01	500.02	500.01	500.01

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (W_i - \bar{W})^2} = 0,0063 \text{ g}$$

$$V_m = s^2 = 0,00004 \text{ g}^2$$

Yuvarlama Hatası:

Terazinin bir tartım sahasına sahip olmasına bağlı olarak ölçek taksimat değeri temel alınarak yuvarlama hatasının varyansı aşağıdaki formüllerle hesaplanır.

$$V_r = \frac{1}{6} d^2 = \frac{1}{6} (0,01)^2 = 0,000017 \text{ g}^2$$

Merkez Dışı Yükleme:

Referans ağırlığın normalize edilmiş hali;

$$E_1 = Ex \left(\frac{Max}{3P} \right)$$

(E: Merkez dışı ve merkez yüklemeler arasındaki en büyük farktır.)

Merkez dışı yüklemenin varyansıda aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$E_1 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{E_1}{Max} \right)^2$$

Tablo 22 Terazı merkez dışı yükleme sonuçları

P[g]	W ₁ [g]	W ₂ [g]	W ₃ [g]	W ₄ [g]	W ₅ [g]
500.00	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.00

$$V_e = \frac{1}{3} \times \left(\frac{E_1}{Max} \right)^2 = \frac{1}{3} \times \left(\frac{0,004}{600} \right)^2 = 1,48 \times 10^{-11}$$

Maksimuma yakın ayar hatası:

A₀ sapması, göstergeden okunan değer W₀ ile ağırlık değeri P₀ arasındaki fark olarak hesaplanır.

$$A_0 = W_0 - P_0$$

$$A_0 = 600.01 - 600.00 = 0.01g$$

Gösterge Hatası:

Gösterge hataları (a_i) sapmalardan kaynaklanan hatalardan hesaplanır;

$$A_i = W_i - P_i$$

$$a_i = \frac{A_i}{P_i} \quad i=0 \dots n \geq 5$$

A₀ ve P₀ değerleri ayar hatasından alınır.

Ortalama hata:

$$a = \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n a_i$$

Hatanın (a_i) standart sapmadan (s_a) hesaplanan varyansı (v_a) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V_a = s_a^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i - a)^2$$

Tablo 23 Terazı gösterge hatası ölçüm sonuçları

Konum	Dara değeri T _i (g)	Ağırlık değeri P _i (g)	Okunan değeri W _i (g)
1	0.00	150.00	150.00
2	0.00	300.00	300.00
3	0.00	450.00	450.01
4	200.00	150.00	150.01
5	200.00	300.00	300.01

$$a = \frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n a_i = 0,0000244$$

$$V_a = s_a^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i - a)^2 = 6,29 \times 10^{-10}$$

Sıcaklık Değişimlerinin Etkisi:

ΔT = iki kalibrasyon periyodu arasındaki sıcaklık değişiminin tahmini değeridir.

$\Delta T = 0,8$ değeri alınmıştır.

TK, Kalibrasyonu gerçekleştirilen terazinin sıcaklık değişiminin etki değeridir. Sıcaklık etkisinin varyansı (v_T) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V_T = \frac{1}{12} (\Delta T \times TK)^2 = \frac{1}{12} (0,8 \times 0,000005)^2 = 1,33 \times 10^{-12}$$

Kalibrasyon Ağırlıklarının Etkisi:

P_0 : Uygulanan ağırlıkların (m_i) tamamının nominal değerleri toplamı.

Uygulanan ağırlıkların (m_i) müsaade edilen maksimum hatalarından (δ_i) hesaplanan kalibrasyon ağırlıklarının belirsizlik varyansı (v_K) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$V_k = \frac{1}{4} \left(\frac{\sum \delta_i}{P_0} \right)^2 = \frac{1}{4} \left(\frac{0,003}{600} \right)^2 = 6,25 \times 10^{-12}$$

Kütlelerin Kayması:

Kalibrasyonda kullanılan kütlelerin OIML tablosundaki sapma değerinin on ile çarpımının kütlelerin kalibrasyon periyoduna bölünmesiyle elde edilen değer kayma (drift) olarak hesaplara katılır.

$V_d = (\text{OIML sapması} \times 10) / \text{kalibrasyon periyodu}$

600 g F1 kütle için OIML sınır değeri 0,003 g'dır.

Kalibrasyon periyodu ise 2 yıldır.

$V_d = (0,003 \times 10) / 2 = 0,015$ g bulunur.

Ölçüm belirsizliği:

$$U = 2 \times \sqrt{v_d^2 + v_w + v_r + v_e \times m_w^2 + v_a \times m_w^2 + v_T \times m_w^2 + W^2} + |a| \times W \quad k = 2$$

Belirsizlik formülü sıfır ve maksimum yükteki belirsizlik değeri arasını doğrusal bir fonksiyon haline getirme yaklaşımı ile aşağıdaki şekle dönüştürülerek uygulanmaktadır.

$$U_0 = U(W = 0) = 2 \times \sqrt{v_d^2 + v_w + v_r} = 2 \times \sqrt{0,000017 + 0,00004} = 0,0151$$

$$U = 2 \times \sqrt{v_d^2 + v_w + v_r + v_e \times m_w^2 + v_a \times m_w^2 + v_T \times m_w^2 + W^2} + |a| \times W$$

$$U = \sqrt{(0,015)^2 + 0,000017 + 0,00004 + 0,00000533 + 0,0002264 + 0,00000048} + \sqrt{0,00000225} + 0,01224$$

$$U = U_0 + \frac{U_{\max} - U_0}{Max} \times W = 0,0151 + \frac{0,069 - 0,0151}{600} \times W = 0,0151 + (0,00009 \times W)$$

W: Gösterge değeri

3.2.4. Etüv

Bu talimatın amacı etüv ölçme belirsizliğinin hesaplanması ve en iyi ölçüm belirsizliğinin beyan edilmesidir. Etüv kalibrasyonunda rehber olarak DKD-R 5-7 (85) sıcaklık kabini (İklimlendirme, fırın, inkübatör, etüv, sterilizatör, soğuk oda, buzdolabı, derin dondurucu) kalibrasyon prosedürleri ve belirsizlik hesaplamaları için EA-4/02'de (13) açıklanan belirsizlik hesaplama yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 24 Etüv prosedüründe kullanılan kısaltmalar

Semboll	Birim	Açıklama
T _{ref(x)}	°C	Referans termometrelerinin sıcaklıkları
T _{set}	°C	Test cihazının set değeri.
max	°C	Referans termometre ile cihazda okunan maksimum sıcaklık
T _{dirift}	°C	Referans termometrenin kayma (drift) değeri
min	°C	Referans termometre ile cihazda okunan minimum sıcaklık
T _{ortalama}	°C	Cihaz içerisinde okunan ortalama sıcaklık.
T _{zamansal}	°C	Test cihazının zamansal sıcaklık dağılımı
U _{ref}	°C	Referans data loggerin sertifika belirsizliği.
U _{test}	°C	Test cihazının ölçüm belirsizliği
U _{ort.sic.}	°C	Referans data loggerin ortam sıcaklığından kaynaklanan belirsizliği
U _{zamansal}	°C	Test cihazının zamansal dalgalanmasından gelen belirsizlik.

Kalibrasyon işlemi 105 °C de etüv set edilerek dataloger ile içerisindeki maksimum ve minimum sıcaklık değerlerinin alınması ile yapılmıştır. Buz dolabı ve derin dondurucu, otoklav ve su banyosu da etüv kalibrasyonu gibi aynı adımları izlemektedir. Bu nedenle sadece örnek belirsizlik hesabı etüv üzerinde hesaplanmıştır. Diğer cihazların ölçüm sonuçları ve belirsizlik değerleri ölçümler kısmında detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 25 Sıcaklık sensörlerindeki ölçüm değerleri

Kanal No	Min. Sıcaklık °C	Max.Sıcaklık °C	Ort.Sıcaklık °C	Zamansal Dalgalanm
1	104,805	105,873	105,339	0,534
2	104,782	105,783	105,283	0,500
3	104,745	105,788	105,267	0,521
4	104,756	105,767	105,261	0,505
5	104,772	105,783	105,277	0,505
6	104,791	105,812	105,301	0,510
7	104,743	105,756	105,251	0,501
8	104,716	105,743	105,223	0,513
9	104,725	105,763	105,244	0,519
10	104,732	105,761	105,246	0,515

Test cihazının zamansal dalgalanması :

$$T_{zamansal} = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2}$$

Test cihazının Ortalama sıcaklığı:

$$T_{ortalama} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}$$

Referansın ölçüm belirsizliği:

$$U_{ref} = \frac{T_{ref}}{2} = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ } ^\circ C$$

Referansın kaymasından (drift) gelen belirsizlik:

$$U_{ref.drift} = \frac{U_{ref.drift}}{\sqrt{3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3}} = 0,23^\circ C$$

Referansın ortamdan gelen belirsizliği:

$U_{ort.}$ = Yapılan ölçümlere göre 0,3 °C olarak hesaplanmıştır. Dikdörtgen dağılıma göre;

$$U_{ort.} = \frac{U_{ort}}{\sqrt{3}} = \frac{0,3}{\sqrt{3}} = 0,17 \text{ } ^\circ C$$

Okumadan gelen belirsizlik:

$$U_{okuma} = \frac{U_{okuma}}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0,288 \text{ } ^\circ C$$

Test cihazının dalgalanmasından gelen belirsizlik (Maksimum ve minimum ölçümlerin standart sapması):

$$U_{zamansal} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} = 0,527 \text{ } ^\circ C$$

Toplam belirsizlik:

$$U_{Toplam} = \sqrt{(U_{ref})^2 + (U_{ref,drif})^2 + (U_{ortam})^2 + (U_{okuma})^2 + (U_{zamansal})^2}$$

$$U_{Toplam} = \sqrt{(0,15)^2 + (0,230)^2 + (0,288)^2 + (0,17)^2 + (0,527)^2} = 0,681 \text{ } k = 1$$

$$U_{Toplam} = 1,36 \text{ } ^\circ C \text{ } k = 2$$

3.2.5. Otoklav

Bölüm 3.2.4.' de belirtilen kalibrasyon prosedürü ve belirsizlik hesaplaması uygulanmıştır. Örnek hesaplama Etüv için hesaplanmış olduğundan Otoklav için ayrıca gösterilmemiş olup; bölüm 4'de Bulgular kısmında ölçüm sonuçları ve belirsizlik değerleri gösterilmiştir (85,13).

3.2.6. Su banyosu

Bölüm 3.2.4.' de belirtilen kalibrasyon prosedürü ve belirsizlik hesaplaması uygulanmıştır. Örnek hesaplama Etüv için hesaplanmış olduğundan Su Banyosu için ayrıca gösterilmemiş olup; bölüm 4'de Bulgular kısmında ölçüm sonuçları ve belirsizlik değerleri gösterilmiştir (85,13).

3.2.7. Buz Dolabı ve Derin Dondurucu

Bölüm 3.2.4.' de belirtilen kalibrasyon prosedürü ve belirsizlik hesaplaması uygulanmıştır. Örnek hesaplama Etüv için hesaplanmış olduğundan Buz Dolabı ve Derin Dondurucu için ayrıca gösterilmemiş olup; bölüm 4'de Bulgular kısmında ölçüm sonuçları ve belirsizlik değerleri gösterilmiştir (85,13).

3.2.8. Pipet

Bu talimatın amacı cam ve otomatik pipetlerin ölçüm belirsizliğinin hesaplanması ve en iyi ölçüm belirsizliğinin beyan edilmesidir. Çalışma aralığı 0-100 ml olan bir cam pipet kalibrasyonudur. Pipet kalibrasyonunda rehber olarak EURAMET cg-19 (86) ve belirsizlik hesaplamaları için EA-4/02'de (13) açıklanan belirsizlik hesaplama yöntemi kullanılmıştır.

Tablo 26 Pipet prosedüründe kullanılan semboller

Semboller	Açıklama
$U_{ref.terazi}$	Referans terazinin belirsizliği
$U_{ter.lin}$	Referans terazinin lineeritesinden kaynaklanan belirsizlik
$U_{ter.tek.}$	Referans terazinin tekrarlanabilirliğinden kaynaklanan belirsizlik
$U_{ter.çöz.}$	Referans terazinin çözünürlüğünden kaynaklanan belirsizlik
$U_{ter.sıc.}$	Referans terazinin sıcaklığının etkisinden kaynaklanan belirsizlik
$U_{su.sıc.}$	Suyun sıcaklığının etkisinden gelen belirsizlik
U_{hava}	Ortamdaki hava sıcaklığından kaynaklanan belirsizlik
$U_{p.hava.}$	Ortamdaki hava basıncından kaynaklanan belirsizlik
U_{rh}	Ortamdaki bağıl nem etkisinden kaynaklanan belirsizlik
$U_{malz.}$	Test malzemesinin kübik genleşme katsayısından gelen belirsizlik
U_{tek}	Ölçüm tekrarlanabilirliğinden gelen belirsizlik

Örnek belirsizliğin hesaplanması

Kalibrasyon işlemi sabit kalibrasyon laboratuvarında 20 °C (± 1 °C) sıcaklıkta ve 35-65 %RH (± 15 %) nem değerinde gerçekleştirilmiştir.

Kalibrasyon yapılırken sıcaklık dalgalanması ± 2 °C yi geçmemelidir.

Cihaz ölçüm aralığı : 0 - 100 ml

Bölüntüsü : 0,5 ml

Referans terazinin belirsizlik bileşeni:

$$U_{ref.terazi} = \frac{3,84 \times 10^{-7} \times 10^{-3}}{2} = 1,92 \times 10^{-10} m^3$$

Referans terazinin lineeritesinden kaynaklanan belirsizlik:

$$U_{ter.lin} = \frac{2 \times 10^{-7} \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 1,15 \times 10^{-10} m^3$$

Cihazın Referans terazinin tekrarlanabilirliğinden kaynaklanan belirsizlik:

$$U_{ter.tek.} = \frac{1 \times 10^{-7} \times 10^{-3}}{2\sqrt{3}} = 2,89 \times 10^{-11} m^{-3}$$

Referans terazinin çözünürlüğünden kaynaklanan belirsizlik:

$$U_{ter.çöz.} = \frac{1 \times 10^{-7} \times 10^{-3}}{2\sqrt{3}} = 2,89 \times 10^{-11} m^{-3}$$

Referans terazinin sıcaklığının etkisinden kaynaklanan belirsizlik:

$$U_{ter.su.} = \frac{3,03 \times 10^{-8} \times 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 1,75 \times 10^{-11} m^{-3}$$

Suyun sıcaklığının etkisinden gelen belirsizlik:

$$U_{su.su.} = \frac{0,1 \times 2,1 \times 10^{-8}}{2\sqrt{3}} = 6,05 \times 10^{-10} m^3$$

Ortamdaki hava sıcaklığından kaynaklanan belirsizlik:

$$U_{hava} = \frac{0,1 \times -4,5 \times 10^{-10}}{2\sqrt{3}} = -1,26 \times 10^{-11} m^3$$

Ortamdaki hava basıncından kaynaklanan belirsizlik:

$$U_{p.hava} = \frac{5 \times 1,2 \times 10^{-10}}{\sqrt{3}} = 3,47 \times 10^{-10} m^3$$

Ortamdaki bağıl nem etkisinden kaynaklanan belirsizlik:

$$U_{rh} = \frac{15 \times -10^{-11}}{\sqrt{3}} = 8,66 \times 10^{-11} m^3$$

Test malzemesinin kübik genleşme katsayısından gelen belirsizlik:

$$U_{malz.} = \frac{2 \times 10^{-5} \times -5 \times 10^{-6}}{\sqrt{3}} = -5,78 \times 10^{-11} m^3$$

Ölçüm tekrarlanabilirliğinden gelen belirsizlik:

$$U_{tek} = \frac{7,47 \times 10^{-3} \times 10^{-6}}{\sqrt{3}} = 7,47 \times 10^{-9} m^3$$

Toplam belirsizlik:

$$\begin{aligned} U_{toplamlam} &= \sqrt{(U_{ref.ter})^2 + (U_{ter.lin})^2 + (U_{ter.tek})^2 + (U_{ter.çöz})^2 + (U_{ter.su})^2 + (U_{su.su})^2 + (U_{hava})^2 + (U_{p.hava})^2 + (U_{rh})^2 + (U_{malz.})^2 + (U_{tek})^2} \\ &= \sqrt{(1,92 \times 10^{-10})^2 + (1,15 \times 10^{-10})^2 + (2,89 \times 10^{-11})^2 + (2,89 \times 10^{-11})^2 + (1,75 \times 10^{-11})^2 + (6,05 \times 10^{-10})^2 + (-1,26 \times 10^{-11})^2 + (3,47 \times 10^{-10})^2 + (8,66 \times 10^{-11})^2 + (-5,78 \times 10^{-11})^2 + (7,47 \times 10^{-9})^2} \end{aligned}$$

$$U_{toplaml} = 7,6 \times 10^{-9} \text{ m}^3 \quad k=1$$

$$U_{toplaml} = 1,52 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \quad k = 2$$

$$U_{toplaml} = 1,52 \times 10^{-2} \text{ ml} \quad k = 2$$

$$U_{toplaml} = 15,192 \text{ } \mu\text{l} \quad k = 2$$

3.2.9. Santrifüj

Bu talimatın amacı santrifüj ölçme belirsizliğinin hesaplanması ve en iyi ölçüm belirsizliğinin beyan edilmesidir. Çalışma aralığı 1000-5000 rpm arasında olan santrifüjler içindir. Santrifüj kalibrasyonunda rehber olarak üniversitelerde uygulanan kalibrasyon prosedürleri ve belirsizlik hesaplamaları için EA-4/02’de (13) açıklanan belirsizlik hesaplama yöntemi kullanılmıştır (87).

Tablo 27 Santrifüj prosedüründe kullanılan semboller

Sembol	Açıklama
U_a	Cihazın bölüntüsünden gelen belirsizlik
U_{tek}	Tekrarlanabilirlikten gelen belirsizlik
U_{ref}	Referans takometreden gelen belirsizlik

Örnek Belirsizliğin Hesaplanması:

Kalibrasyon işlemi 1000 rpm ’e set edilerek, referans takometre ile karşılaştırılması ile yapılmıştır. Buna göre referans cihaz ile kalibrasyonu yapılacak cihazın minimum ve maksimum arasında farklı değerlerde okunur.

Set Değeri = 1000 rpm

Bölüntüsü = 10 rpm

Tablo 28 Santrifüjün 1000 rpm’deki ölçüm değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama	Sapma	Ölçüm
rpm	rpm	rpm	rpm	Değer	Değeri	Belirsizliği
				rpm	rpm	± rpm
1000	950.0	980.0	975.0	968	-31.7	5.860

Test cihazının bölüntüsünden gelen belirsizlik:

$$U_a = \frac{a}{2\sqrt{3}} = \frac{10}{2\sqrt{3}} = 2,886$$

Tekrarlanabilirlikten gelen belirsizlik

$$U_{tek} = \frac{Maksimum - Minimum}{Ortalama} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{980 - 950}{968} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,0178$$

Referans takometreden gelen belirsizlik:

$$U_{ref} = \frac{U_{Ref} \times set}{2} = \frac{0,001 \times 1000}{2} = 0,5$$

Toplam belirsizlik:

$$U_{top} = \sqrt{(U_a)^2 + (U_{tek})^2 + (U_{ref})^2}$$

$$U_{top} = \sqrt{(2,886)^2 + (0,0178)^2 + (0,5)^2}$$

$$= 2,929 \quad k = 1$$

$$U_{top} = 5,86 \quad k = 2$$

3.2.10. Termokupl

Bölüm 3.2.2.' de belirtilen belirsizlik prosedürü uygulanmıştır. Örnek hesaplama Göstergeli sıcaklık ölçer için hesaplanmış olduğundan Termokupl için ayrıca gösterilmemiş; bölüm 4.2.'de Bulgular kısmında ölçüm sonuçları ve belirsizlik değerleri gösterilmiştir (81,13).

3.2.11. PH Metre

Bu talimatın amacı Ph metrenin ölçüm belirsizliğinin hesaplanması ve en iyi ölçüm belirsizliğinin beyan edilmesidir. Çalışma aralığı 0'dan 14'e kadar olan bir skalası olan pH metrenin kalibrasyonudur. EA4/02'de (13) açıklanan hesaplama yöntemi kullanılmıştır (88).

Tablo 29 Ph metre prosedüründe kullanılan semboller

Semboller	Birim	Açıklama
U_{ref1}	°C	Referans solüsyon belirsizliği
U_{ref2}	°C	Referans termometre belirsizliği
$U_{\text{Çöz}}$	°C	Cihazın çözünürlüğünden gelen belirsizlik
$U_{tek.}$	°C	Test Ph mahrenin tekrarlanabilirliğinden gelen belirsizlik

Örnek belirsizliğin hesaplanması:

Kalibrasyon işlemi sabit kalibrasyon laboratuvarında 20 °C (± 1 °C) sıcaklıkta ve 35-65 %RH (± 15 %) nem değerinde gerçekleştirilmiştir.

Kalibrasyon yapılırken sıcaklık dalgalanması ± 2 °C yi geçmemelidir.

Cihaz ölçüm aralığı : 0 – 14 Ph

Bölüntüsü : 0,005 °C

Ölçme sistemi : Sayısal

Referans solüsyon Belirsizliği = 0,0010

Referans termometre Belirsizliği = 0,000033

Referans solüsyondan gelen belirsizlik bileşeni:

$$U_{ref.sol} = \frac{0,010}{2} = 0,005$$

Referansın termometre kaymasından (drift) gelen belirsizlik:

$$U_{ref.term} = \frac{0,000033}{\sqrt{3}} = 0,000019$$

Cihazın çözünürlüğünden kaynaklanan belirsizlik bileşeni:

$$U_{\text{çöz}} = \frac{0,005}{\sqrt{3}} = 0,00289$$

Test Ph mehrenin tekrarlanabilirliğinden gelen belirsizlik:

$$U_{tek.} = \frac{0,010}{2} = 0,00306$$

Toplam belirsizlik:

$$\begin{aligned} U_{\text{Toplam}} &= \sqrt{(U_{ref.sol})^2 + (U_{ref.term})^2 + (U_{\text{çöz}})^2 + (U_{tek.})^2} \\ &= \sqrt{(0,005)^2 + (0,000019)^2 + (0,00289)^2 + (0,00306)^2} \\ &= 0,006747 \quad k=1 \end{aligned}$$

$$U_{\text{top}} = 0,0135 \quad k = 2$$

3.2.12. Kül Fırını

Bu talimatın amacı kül fırını ölçme belirsizliğinin hesaplanması ve en iyi ölçüm belirsizliğinin beyan edilmesidir. Çalışma aralığı 250 °C ile 1200 °C arasında olan kül fırını için kalibrasyon işlemi uygulanmıştır. . EA4/02’de (13) açıklanan hesaplama yöntemi ve S tipi termokupl kullanılarak kül fırını kalibrasyon prosedürleri uygulanmıştır (89,90).

Tablo 30 Kül Fırını prosedüründe kullanılan semboller

Sembol	Birim	Açıklama
T_{Stipi}	°C	S tipi ısı çifti ile okunan sıcaklık.
T_{set}	°C	Test cihazının set değeri.
T_{max}	°C	S tipi ısı çifti ile cihazda okunan maksimum sıcaklık.
T_{drift}	°C	S tipi çiftin kayma değeri
T_{min}	°C	S tipi ısı çifti ile cihazda okunan minimum sıcaklık.
$T_{ortalama}$	°C	S tipi ısı çifti ile cihazda okunan ortalama sıcaklık
U_{stipi}	°C	S tipi ısı çiftin ölçüm belirsizliği
U_{ref}	°C	Referans Fluke 714 tek kanallının sertifika belirsizliği
U_{Sdrift}	°C	S tipi referans ısı çiftin driftinden gelen belirsizlik
U_{test}	°C	Test cihazının ölçüm belirsizliği
$U_{ort.su}$	°C	S tipi ısı çiftin ortam sıcaklığından kaynaklanan belirsizliği
U_{okuma}	°C	Okumadan gelen belirsizlik

Örnek Belirsizliğin Hesaplanması:

Kalibrasyon işlemi 1000 °C’de kül fırını set edilerek, tek kanallı Fluke724 kalibratör ile içerisindeki maksimum ve minimum sıcaklık değerinin S tipi ısıl çift kullanılarak alınması ile yapılmıştır. Buna göre referans cihaz ile maksimum ve minimum değerler okunur. Bu değerlerin okuması bir süre göstergenin izlenmesiyle olur, diğer bir ifadeyle sıcaklığın hangi değerler arasında dalgalandığı dikkate alınır.

Set Değeri = 1000 °C

Bölüntüsü = 1 °C

Tablo 31 Kül fırını 1000 °C’deki ölçüm değerleri

Set Değeri °C	Min. Sıcaklık °C	Max. Sıcaklık °C	Ort. Sıcaklık °C	Sapma °C
1000	998,6	1003,2	1000,9	0,9

Test cihazının ortalama sıcaklığı:

$$T_{ortalama} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} = 1000,9 \text{ } ^\circ C$$

Test cihazının sapması:

$$T_{Stipi} - T_{ortalama} = 1000 - 1000,9 = -0,9 \text{ } ^\circ C$$

S tipi referans ısıl çiftin ölçüm belirsizliği:

$$U_{stipi} = \frac{U_{Stipi}}{2} = \frac{2,16}{2} = 1,08 \text{ } ^\circ C$$

S tipi referans ısıl çiftin ölçüm belirsizliği 1000 °C esas alınarak hesaplanmıştır.

Referans cihazın (Fluke 714) sertifika belirsizliği:

$$U_{ref} = \frac{U_{ref}}{2} = \frac{1,14}{2} = 0,7 \text{ } ^\circ C$$

S tipi ısıl çiftin kaymasından (drift) gelen belirsizlik:

$$U_{Sdrift} = 2,16 - 2,0 = 0,16 \text{ } ^\circ C$$

$$U_{sdrift} = \frac{U_{Sdrift}}{\sqrt{3}} = \frac{0,16}{\sqrt{3}} = 0,09 \text{ } ^\circ C$$

S tipi referans ısıl çiftin iki sertifika arasındaki kayma değeri olarak alınmıştır.

Okumadan gelen belirsizlik:

$$U_{okuma} = \frac{U_{okuma}}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0,292 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Test tekrarlanabilirliğinden gelen belirsizlik:

$$U_{tekrarlanabilirlik} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n \left(t_i - \bar{t} \right)^2}$$

$$U_{toplama} = \sqrt{(U_{Stipi})^2 + (U_{ref})^2 + (S_{drift})^2 + (U_{ortam})^2 + (U_{okuma})^2 + (U_{Tekrarlanabilirlik})^2}$$

$$= \sqrt{(1,08)^2 + (0,7)^2 + (0,09)^2 + (0,175)^2 + (0,292)^2 + (0)^2} = 1,33^\circ\text{C} \quad (k = 1)$$

$$U_{toplama} = 2,66^\circ\text{C} \quad (k = 2)$$

4. BULGULAR

4.1. Manometre Ölçümleri

1. Ölçüm için sıcaklık ve nem değerleri;

Sıcaklık (°C) Başlangıç : 20,8 Nem : (50±20) %Rh

Bitiş : 21,2

Tablo 32 Manometre 1. Ölçümdeki genel değerler

Manometrede Okunan Değerler	Referans Değerler		Mutlak Sapma		Histerisis sapması	Mak. Tek	Ölçüm Belirsizliği
	Yukarı	Aşağı	Yukarı	Aşağı			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	±Bar
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,015
0,600	0,588	0,588	0,012	0,012	0,000		0,016
1,800	1,787	1,791	0,013	0,009	-0,004	0,008	0,019
3,000	2,958	2,974	0,042	0,026	-0,017		0,021
4,800	4,791	4,794	0,009	0,006	-0,003		0,025
6,000	5,993	5,991	0,007	0,009	0,001		0,027

Tablo 33 Manometre 1. Ölçümdeki tekrarlanabilirlik değerleri

Cihazda Okunan	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.ölçüm
%50	Bar	Bar	Bar
3,000	2,967	2,975	2,971

Tablo 34 Manometre 1 ölçümdeki sıfır sapması değerleri

Test Cih. Başlangıç Sıfır Değ.	0	Test Cih. Bitişteki Sıfır Değ.	0,000
Sıfır Sapması	:	0,00 Bar	

2. Ölçüm için sıcaklık ve nem değerleri;

Sıcaklık (°C) Başlangıç : 21,0

Nem : (50±20) %Rh

Bitiş : 21,2

Tablo 35 Manometre 2. Ölçümdeki genel değerler

Manometrede Okunan Değerler	Referans Değerler		Mutlak Sapma		Histerisis sapması	Mak. Tek	Ölçüm Belirsizliği
	Yukarı	Aşağı	Yukarı	Aşağı			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	±Bar
0,000	0,002	0,002	-0,002	-0,002	0,002		0,015
0,600	0,577	0,586	0,023	0,014	-0,009		0,016
1,800	1,778	1,787	0,022	0,013	-0,009	0,006	0,019
3,000	2,967	2,973	0,033	0,027	-0,007		0,021
4,800	4,781	4,783	0,019	0,017	-0,002		0,025
6,000	5,983	5,985	0,017	0,015	-0,003		0,027

Tablo 36 Manometre 2. Ölçümdeki tekrarlanabilirlik değerleri

Cihazda Okunan	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.ölçüm
%50	Bar	Bar	Bar
3,000	2,971	2,975	2,977

Tablo 37 Manometre 2. ölçümdeki sıfır sapması değerleri

Test Cih. Başlangıç Sıfır Değ.	0	Test Cih. Bitişteki Sıfır Değ.	0,002
Sıfır Sapması : 0,002 Bar			

3. Ölçüm için sıcaklık ve nem değerleri;

Sıcaklık (°C) Başlangıç : 21,3

Nem : (50±20) %Rh

Bitiş : 21,4

Tablo 38 Manometre 3. Ölçümdeki genel değerler

Manometrede Okunan Değerler	Referans Değerler		Mutlak Sapma		Histerisis sapması	Mak. Tek	Ölçüm Belirsizliği
	Yukarı	Aşağı	Yukarı	Aşağı			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	±Bar
0,000	0,003	0,002	-0,003	0,002	0,000		0,015
0,600	0,581	0,585	0,019	0,015	-0,004		0,016
1,800	1,784	1,785	0,016	0,015	-0,001	0,008	0,019
3,000	2,981	2,983	0,019	0,017	-0,003		0,021
4,800	4,783	4,786	0,017	0,014	-0,003		0,025
6,000	5,976	5,977	0,024	0,023	-0,002		0,027

Tablo 39 Manometre 3. Ölçümdeki %50 değerinde tekrarlanabilirlik

Cihazda Okunan	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.ölçüm
%50	Bar	Bar	Bar
3,000	2,976	2,978	2,984

Tablo 40 Manometre 3. Ölçümdeki Sıfır sapması

Test Cih. Başlangıç Sıfır Değ.	0	Test Cih. Bitişteki Sıfır Değ.	0,003
Sıfır Sapması : 0,003 Bar			

4. ölçüm için sıcaklık ve nem değerleri;

Sıcaklık (°C) Başlangıç :21,2

Nem : (50±20) %Rh

Bitiş : 21,1

Tablo 41 Manometre 4. Ölçümdeki genel değerler

Manometrede Okunan Değerler	Referans Değerler		Mutlak Sapma		Histerisis sapması	Mak. Tek	Ölçüm Belirsizliği
	Yukarı	Aşağı	Yukarı	Aşağı			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	±Bar
0,000	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,000	0,011	0,015
0,600	0,562	0,579	0,038	0,021	-0,017		0,016
1,800	1,762	1,785	0,038	0,015	-0,023		0,019
3,000	2,942	2,978	0,058	0,022	-0,037		0,025
4,800	4,742	4,785	0,058	0,015	-0,043		0,028
6,000	5,970	5,979	0,030	0,021	-0,010		0,027

Tablo 42 Manometre 4. Ölçümdeki %50 değerlerde tekrarlanabilirlik

Cihazda Okunan	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.ölçüm
%50	Bar	Bar	Bar
3,000	2,967	2,978	2,972

Tablo 43 Manometre 4. Ölçümdeki Sıfır sapması

Test Cih. Başlangıç Sıfır Değ.	0	Test Cih. Bitişteki Sıfır Değ.	0,001
Sıfır Sapması : 0,001 Bar			

5. ölçüm için sıcaklık ve nem değerleri;

Sıcaklık (°C) Başlangıç : 21,0

Nem : (50±20) %Rh

Bitiş : 21,2

Tablo 44 Manometre 5. Ölçümdeki genel değerler

Manometrede Okunan Değerler	Referans Değerler		Mutlak Sapma		Histerisis sapması	Mak. Tek	Ölçüm Belirsizliği
	Yukarı	Aşağı	Yukarı	Aşağı			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	±Bar
0,000	0,001	0,001	-0,001	-0,001	0,000		0,015
0,600	0,567	0,586	0,033	0,014	-0,019		0,018
1,800	1,759	1,787	0,041	0,013	-0,028	0,017	0,022
3,000	2,949	2,978	0,051	0,022	-0,030		0,022
4,800	4,769	4,787	0,031	0,013	-0,018		0,025
6,000	5,963	5,977	0,037	0,023	-0,015		0,027

Tablo 45 Manometre 5. Ölçümdeki %50 değerinde tekrarlanabilirlik

Cihazda Okunan	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.ölçüm
%50	Bar	Bar	Bar
3,000	2,950	2,967	2,962

Tablo 46 Manometre 5. Ölçümdeki Sıfır sapması

Test Cih. Başlangıç Sıfır Değ.	0	Test Cih. Bitişteki Sıfır Değ.	0,001
Sıfır Sapması : 0,001 Bar			

6.ölçüm için sıcaklık ve nem değerleri;

Sıcaklık (°C) Başlangıç : 21,3
Bitiş : 21,5

Nem : (50±20) %Rh

Tablo 47 Manometre 6. Ölçümdeki genel değerler

Manometrede Okunan Değerler	Referans Değerler		Mutlak Sapma		Histerisis sapması	Mak. Tek	Ölçüm Belirsizliği
	Yukarı	Aşağı	Yukarı	Aşağı			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	±Bar
0,000	0,002	0,002	-0,002	- 0,002	0,000		0,015
0,600	0,573	0,585	0,027	0,015	-0,012		0,016
1,800	1,763	1,787	0,037	0,013	-0,024	0,009	0,019
3,000	2,959	2,981	0,041	0,019	-0,023		0,021
4,800	4,769	4,787	0,031	0,013	-0,018		0,025
6,000	5,971	5,976	0,029	0,024	-0,006		0,027

Tablo 48 Manometre 6. Ölçümdeki %50 değerinde tekrarlanabilirlik

Cihazda Okunan	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.ölçüm
%50	Bar	Bar	Bar
3,000	2,965	2,969	2,974

Tablo 49 Manometre 6. Ölçümdeki Sıfır sapması

Test Cih. Başlangıç Sıfır Değ.	0	Test Cih. Bitişteki Sıfır Değ.	0,002
Sıfır Sapması : 0,002 Bar			

7.ölçüm için sıcaklık ve nem değerleri;

Sıcaklık (°C) Başlangıç : 21,5

Nem : (50±20) %Rh

Bitiş : 21,3

Tablo 50 Manometre 7. Ölçümdeki genel değerler

Manometrede Okunan Değerler	Referans Değerler		Mutlak Sapma		Histerisis sapması	Mak. Tek	Ölçüm Belirsizliği
	Yukarı	Aşağı	Yukarı	Aşağı			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	±Bar
0,000	0,003	0,004	-0,003	-0,004	0,000		0,015
0,600	0,563	0,582	0,037	0,018	-0,019		0,019
1,800	1,748	1,782	0,052	0,018	-0,034	0,019	0,025
3,000	2,949	2,983	0,051	0,017	-0,034		0,025
4,800	4,759	4,786	0,041	0,014	-0,027		0,025
6,000	5,945	5,985	0,055	0,015	-0,041		0,028

Tablo 51 Manometre 7. Ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik

Cihazda Okunan	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.ölçüm
%50	Bar	Bar	Bar
3,000	2,957	2,976	2,964

Tablo 52 Manometre 7. Ölçümdeki Sıfır sapması

Test Cih. Başlangıç Sıfır Değ.	0	Test Cih. Bitişteki Sıfır Değ.	0,004
Sıfır Sapması : 0,004 Bar			

8. ölçüm sıcaklık ve nem değerleri;

Sıcaklık (°C) Başlangıç : 21,4

Nem : (50±20) %Rh

Bitiş : 21,6

Tablo 53 Manometre 8. Ölçümdeki genel değerler

Manometrede Okunan Değerler	Referans Değerler		Mutlak Sapma		Histerisis sapması	Mak. Tek	Ölçüm Belirsizliği
	Yukarı	Aşağı	Yukarı	Aşağı			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	±Bar
0,000	0,002	0,003	-0,002	-0,003	-0,001		0,017
0,600	0,571	0,589	0,029	0,011	-0,018		0,020
1,800	1,753	1,775	0,047	0,025	-0,022	0,023	0,021
3,000	2,946	2,975	0,054	0,025	-0,030		0,024
4,800	4,753	4,783	0,047	0,017	-0,030		0,025
6,000	5,951	5,985	0,049	0,015	-0,035		0,027

Tablo 54 Manometre 8. Ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik

Cihazda Okunan	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.ölçüm
%50	Bar	Bar	Bar
3,000	2,956	2,974	2,951

Tablo 55 Manometre 8. Ölçümdeki Sıfır sapması

Test Cih. Başlangıç Sıfır Değ.	0	Test Cih. Bitişteki Sıfır Değ.	0,003
Sıfır Sapması : 0,003 Bar			

9. ölçüm sıcaklık ve nem değerleri;

Sıcaklık (°C) Başlangıç : 21,4

Nem : (50±20) %Rh

Bitiş : 21,6

Tablo 56 Manometre 9. Ölçümdeki genel değerler

Manometrede Okunan Değerler	Referans Değerler		Mutlak Sapma		Histerisis sapması	Mak. Tek	Ölçüm Belirsizliği
	Yukarı	Aşağı	Yukarı	Aşağı			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	±Bar
0,000	0,002	0,002	-0,002	-0,002	0,000		0,015
0,600	0,556	0,574	0,044	0,026	-0,018		0,018
1,800	1,759	1,775	0,041	0,025	-0,016	0,018	0,019
3,000	2,948	2,968	0,052	0,032	-0,021		0,021
4,800	4,748	4,786	0,052	0,014	-0,038		0,027
6,000	5,945	5,984	0,055	0,016	-0,040		0,028

Tablo 57 Manometre 9. Ölçümdeki %50 değerde tekrarlanabilirlik

Cihazda Okunan	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.ölçüm
%50	Bar	Bar	Bar
3,000	2,949	2,967	2,962

Tablo 58 Manometre 9. Ölçümdeki Sıfır sapması

Test Cih. Başlangıç Sıfır Değ.	0	Test Cih. Bitişteki Sıfır Değ.	0,002
Sıfır Sapması : 0,002 Bar			

10. ölçüm sıcaklık ve nem değerleri;

Sıcaklık (°C) Başlangıç : 21.1 Nem : (50±20) %Rh
Bitiş : 21.4

Tablo 59 Manometre 10. Ölçümdeki genel değerler

Manometrede Okunan Değerler	Referans Değerler		Mutlak Sapma		Histerisis sapması	Mak. Tek	Ölçüm Belirsizliği
	Yukarı	Aşağı	Yukarı	Aşağı			
Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	Bar	±Bar
0,000	0,002	0,001	-0,002	-0,001	0,001		0,015
0,600	0,566	0,574	0,034	0,026	-0,008		0,016
1,800	1,766	1,781	0,034	0,019	-0,015	0,011	0,019
3,000	2,967	2,978	0,033	0,022	-0,012		0,021
4,800	4,758	4,784	0,042	0,016	-0,026		0,025
6,000	5,953	5,976	0,047	0,024	-0,024		0,027

Tablo 60 Manometre 10. Ölçümdeki %50 değerinde tekrarlanabilirlik

Cihazda Okunan	1.Ölçüm 2.Ölçüm 3.ölçüm		
	%50	Bar	Bar
3,000	2,960	2,971	2,965

Tablo 61 Manometre 10. Ölçümdeki Sıfır sapması

Test Cih. Başlangıç Sıfır Değ.	0	Test Cih. Bitişteki Sıfır Değ.	0,001
Sıfır Sapması : 0,001 Bar			

4.2. Göstergeli Sıcaklık Ölçer Ölçümleri

Tablo 62 Göstergeli Sıcaklık Ölçer 1. Ölçüm Değerleri

Referans Değeri	Cihaz Değeri	Sapma	Belirsizlik
°C	°C	°C	°C
-20,05	-19,6	0,45	± 0,27
-0,03	0,2	0,23	± 0,27
19,99	20,2	0,21	± 0,27
50,03	50,1	0,07	± 0,27
80,07	80,3	0,23	± 0,27
100,09	100,2	0,11	± 0,27
120,12	120,4	0,28	± 0,27
-0,03	0,3	0,33	± 0,27

Tablo 63 Göstergeli Sıcaklık Ölçer 2. Ölçüm Değerleri

Referans Değeri	Cihaz Değeri	Sapma	Belirsizlik
°C	°C	°C	°C
-20,05	-19,8	0,25	± 0,27
-0,03	0,1	0,13	± 0,27
19,99	20,3	0,31	± 0,27
50,03	50,2	0,17	± 0,27
80,07	80,2	0,13	± 0,27
100,09	100,1	0,01	± 0,27
120,12	120,2	0,08	± 0,27
-0,03	0,2	0,23	± 0,27

Tablo 64 Göstergeli Sıcaklık Ölçer 3. Ölçüm Değerleri

Referans Değeri	Cihaz Değeri	Sapma	Belirsizlik
°C	°C	°C	°C
-20,05	-19,7	0,35	± 0,27
-0,03	0,3	0,33	± 0,27
19,99	20,2	0,21	± 0,27
50,03	50,2	0,17	± 0,27
80,07	80,3	0,23	± 0,27
100,09	100,3	0,21	± 0,27
120,12	120,3	0,18	± 0,27
-0,03	0,3	0,33	± 0,27

Tablo 65 Göstergeli Sıcaklık Ölçer 4. Ölçüm Değerleri

Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
-20,05	-19,8	0,25	± 0,27
-0,03	0,1	0,13	± 0,27
19,99	20,1	0,11	± 0,27
50,03	50,2	0,17	± 0,27
80,07	80,2	0,13	± 0,27
100,09	100,2	0,11	± 0,27
120,12	120,3	0,18	± 0,27
-0,03	0,1	0,13	± 0,27

Tablo 66 Göstergeli Sıcaklık Ölçer 5. Ölçüm Değerleri

Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
-20,05	-19,7	0,35	± 0,27
-0,03	-0,1	-0,07	± 0,27
19,99	19,8	-0,19	± 0,27
50,03	49,8	-0,23	± 0,27
80,07	79,8	-0,27	± 0,27
100,09	99,7	-0,39	± 0,27
120,12	119,7	-0,42	± 0,27
-0,03	-0,1	-0,09	± 0,27

Tablo 67 Göstergeli Sıcaklık Ölçer 6. Ölçüm Değerleri

Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
-20,05	-19,6	0,45	± 0,27
-0,03	-0,2	-0,17	± 0,27
19,99	19,7	-0,29	± 0,27
50,03	49,8	-0,23	± 0,27
80,07	79,7	-0,37	± 0,27
100,09	99,8	-0,29	± 0,27
120,12	119,8	-0,32	± 0,27
-0,03	-0,1	-0,07	± 0,27

Tablo 68 Göstergeli Sıcaklık Ölçer 7. Ölçüm Değerleri

Referans Değeri	Cihaz Değeri	Sapma	Belirsizlik
°C	°C	°C	°C
-20,05	-19,8	0,25	± 0,27
-0,03	0,2	0,23	± 0,27
19,99	20,1	0,11	± 0,27
50,03	49,7	-0,33	± 0,27
80,07	79,9	-0,17	± 0,27
100,09	100,2	0,11	± 0,27
120,12	119,7	-0,42	± 0,27
-0,03	0,1	0,13	± 0,27

Tablo 69 Göstergeli Sıcaklık Ölçer 8. Ölçüm Değerleri

Referans Değeri	Cihaz Değeri	Sapma	Belirsizlik
°C	°C	°C	°C
-20,05	-19,6	0,45	± 0,27
-0,03	0,3	0,33	± 0,27
19,99	20,3	0,31	± 0,27
50,03	50,2	0,17	± 0,27
80,07	80,2	0,13	± 0,27
100,09	100,2	0,11	± 0,27
120,12	120,3	0,18	± 0,27
-0,03	0,1	0,13	± 0,27

Tablo 70 Göstergeli Sıcaklık Ölçer 9. Ölçüm Değerleri

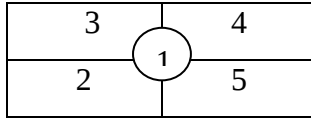
Referans Değeri	Cihaz Değeri	Sapma	Belirsizlik
°C	°C	°C	°C
-20,05	-19,8	0,25	± 0,27
-0,03	-0,1	-0,07	± 0,27
19,99	19,8	-0,19	± 0,27
50,03	49,9	-0,13	± 0,27
80,07	79,9	-0,17	± 0,27
100,09	99,8	-0,29	± 0,27
120,12	120,1	-0,02	± 0,27
-0,03	0,2	0,23	± 0,27

Tablo 71 Göstergeli Sıcaklık Ölçer 10. Ölçüm Değerleri

Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
-20,05	-19,8	0,25	± 0,27
-0,03	0,1	0,13	± 0,27
19,99	20,3	0,31	± 0,27
50,03	50,1	0,07	± 0,27
80,07	80,1	0,03	± 0,27
100,09	100,2	0,11	± 0,27
120,12	120,2	0,08	± 0,27
-0,03	0,3	0,33	± 0,27

4.3.Terazi Ölçümleri

Merkez dışı yükleme ölçümleri aşağıda şekilde numaralarla belirtilen noktalara uygulanmıştır.

**Tablo 72. Terazi 1. ölçüm Tekrarlanabilirlik ve Merkez Dışı yükleme**

Referans Ağırlık L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Konum	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]
3000	3000	1*	1000	1000
3000	3000	2	1000	1000
3000	3000	3	1000	1000
3000	3000	4	1000	1000
3000	3000	5	1000	1000
3000	3000			

* Merkez ağırlık

Tablo 73. Terazi 1. ölçüm Gösterge Sapması

Dara Değeri T[g]	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Sapma Değeri E [g]	Sapma Belirsizliği ± [g]
0	500	500	0.0	0.00882
0	1000	1000	0.0	0.01030
0	2000	2000	0.0	0.01498
0	2500	2500	0.0	0.01769
0	3000	3000	0.0	0.02053

Ölçüm Belirsizliği:

$$U = 0.00816 + 7.09 \times 10^{-6} \cdot R \quad R \text{ (gösterge değeri): g dır.}$$

$$E_{\text{appr}}(R) = 0.00 \cdot xR$$

Tablo 74 Terazı 2. ölçüm Tekrarlanabilirlik ve Merkez Dışı Yükleme

Referans Ağırlık L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Konum	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]
3000	3001.00	1*	1000	1003.00
3000	3000.00	2	1000	1002.00
3000	3002.00	3	1000	1000.00
3000	3002.00	4	1000	1001.00
3000	3000.00	5	1000	1002.00
3000	3000.00			

* Merkez ağırlık

Tablo 75 Terazı 2. ölçüm Gösterge Sapması

Dara Değeri T[g]	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Sapma Değeri E [g]	Sapma Belirsizliği ± [g]
0	500	500.00	0.0	1.96640
0	1000	1001.00	1.0	1.96641
0	2000	2001.00	1.0	1.96644
0	2500	2500.00	0.0	1.96647
0	3000	3000.00	0.0	1.96649

Ölçüm Belirsizliği:

$$U = 1,96640 + 3,04 \times 10^{-3} \times R \quad R \text{ (gösterge değeri): g dır.}$$

$$E_{\text{appr}}(R) = 1,4710^{-3} \times R$$
Tablo 76 Terazı 3. ölçüm Tekrarlanabilirlik ve Merkez Dışı Yükleme

Referans Ağırlık L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Konum	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]
3000	3002.00	1*	1000	1001.00
3000	3003.00	2	1000	1001.00
3000	3003.00	3	1000	1000.00
3000	3002.00	4	1000	1001.00
3000	3001.00	5	1000	1001.00
3000	3000.00			

* Merkez ağırlık

Tablo 77 Terazı 3. ölçüm Gösterge Sapması

Dara Değeri T[g]	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Sapma Değeri E [g]	Sapma Belirsizliği ± [g]
0	500	500.00	0.000	2.33811
0	1000	1001.00	1.000	2.33811
0	2000	2001.00	1.000	2.33814
0	2500	2500.00	0.000	2.33816
0	3000	3000.00	0.000	2.33818

Ölçüm Belirsizliği

$$U = 2,33810 + 8,53 \times 10^{-4} \times R \quad R \text{ (gösterge değeri): g}$$

$$E_{\text{appr}}(R) = 1,46 \times 10^{-4} \times R$$

Tablo 78 Terazı 4. ölçüm Tekrarlanabilirlik ve Merkez Dışı Yükleme

Referans Ağırlık L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Konum	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]
3000	3000.00	1*	1000	1000.00
3000	3001.00	2	1000	1001.00
3000	3002.00	3	1000	1001.00
3000	3002.00	4	1000	1000.00
3000	3001.00	5	1000	1000.00
3000	3001.00			

* Merkez ağırlık

Tablo 79 Terazı 4. ölçüm Gösterge Sapması

Dara Değeri T[g]	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Sapma Değeri E [g]	Sapma Belirsizliği ± [g]
0	500	500.00	0.000	1.50557
0	1000	1002.00	2.000	1.50558
0	2000	2002.00	2.000	1.50562
0	2500	2501.00	1.000	1.50565
0	3000	3001.00	1.000	1.50569

Ölçüm Belirsizliği:

$$U = 1,50557 + 1,36 \times 10^{-3} \times R \quad R \text{ (gösterge değeri): g dır.}$$

$$E_{\text{appr}}(R) = 5,61 \times 10^{-4} \times R$$

Tablo 80 Terazı 5. ölçüm Tekrarlanabilirlik ve Merkez Dışı Yükleme

Referans Ağırlık L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Konum	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]
3000	3002.00	1*	1000	1002.00
3000	3002.00	2	1000	1001.00
3000	3000.00	3	1000	1001.00
3000	3000.00	4	1000	1002.00
3000	3001.00	5	1000	1001.00
3000	3001.00			

* Merkez ağırlık

Tablo 81 Terazı 5. ölçüm Gösterge Sapması

Dara Değeri T[g]	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Sapma Değeri E [g]	Sapma Belirsizliği ± [g]
0	500	500.00	0.000	1.78888
0	1000	1001.00	1.000	1.78888
0	2000	2002.00	2.000	1.78892
0	2500	2502.00	2.000	1.78894
0	3000	3001.00	1.000	1.78897

Ölçüm Belirsizliği:

$$U = 1,78887 + 1.40 \times 10^{-3} \times R \quad R \text{ (gösterge değeri): g dır.}$$

$$E_{\text{appr}}(R) = 6.34 \times 10^{-4} \times R$$

Tablo 82 Terazı 6. ölçüm Tekrarlanabilirlik ve Merkez Dışı Yükleme

Referans Ağırlık L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Konum	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]
3000	3002.00	1*	1000	1001.00
3000	3001.00	2	1000	1001.00
3000	3000.00	3	1000	1001.00
3000	3002.00	4	1000	1002.00
3000	3001.00	5	1000	1001.00
3000	3001.00			

* Merkez ağırlık

Tablo 83 Terazı 6. ölçüm Gösterge Sapması

Dara Değeri T[g]	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Sapma Değeri E [g]	Sapma Belirsizliği ± [g]
0	500	500.00	0.000	1.50557
0	1000	1001.00	1.000	1.50558
0	2000	2002.00	2.000	1.50562
0	2500	2502.00	2.000	1.50565
0	3000	3002.00	2.000	1.50569

Ölçüm Belirsizliği:

$$U = 1,50557 + 1,58 \times 10^{-3} \times R \quad R \text{ (gösterge değeri): g dır.}$$

$$E_{\text{appr}}(R) = 7,80 \times 10^{-4} \times R$$

Tablo 84 Terazı 7. ölçüm Tekrarlanabilirlik ve Merkez Dışı Yükleme

Referans Ağırlık L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Konum	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]
3000	3003.00	1*	1000	1002.00
3000	3002.00	2	1000	1002.00
3000	3001.00	3	1000	1001.00
3000	3002.00	4	1000	1002.00
3000	3001.00	5	1000	1001.00
3000	3001.00			

* Merkez ağırlık

Tablo 85 Terazı 7. ölçüm Gösterge Sapması

Dara Değeri T[g]	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Sapma Değeri E [g]	Sapma Belirsizliği ± [g]
0	500	500.00	0.000	1.63302
0	1000	1001.00	1.000	1.63303
0	2000	2002.00	2.000	1.63306
0	2500	2502.00	2.000	1.63309
0	3000	3003.00	3.000	1.63312

Ölçüm Belirsizliği:

$$U = 1,63301 + 1,71 \times 10^{-3} \times R \quad R \text{ (gösterge değeri): g dır.}$$

$$E_{\text{app}}(R) = 9,26 \times 10^{-4} \times R$$

Tablo 86 Terazı 8. ölçüm Tekrarlanabilirlik ve Merkez Dışı Yükleme

Referans Ağırlık L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Konum	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]
3000	3001.00	1*	1000	1000.00
3000	3001.00	2	1000	1000.00
3000	3001.00	3	1000	1000.00
3000	3000.00	4	1000	1001.00
3000	3001.00	5	1000	1001.00
3000	3001.00			

* Merkez ağırlık

Tablo 87 Terazı 8. ölçüm Gösterge Sapması

Dara Değeri T[g]	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Sapma Değeri E [g]	Sapma Belirsizliği ± [g]
0	500	500.00	0.000	0.81654
0	1000	1000.00	0.000	0.81656
0	2000	2001.00	1.000	0.81663
0	2500	2501.00	1.000	0.81669
0	3000	3002.00	2.000	0.81676

Ölçüm Belirsizliği:

$$U = 0,81654 + 1,44 \times 10^{-3} \times R \quad R \text{ (gösterge değeri): g dır.}$$

$$E_{\text{appr}}(R) = 5,12 \times 10^{-3} \times R$$

Tablo 88 Terazı 9. ölçüm Tekrarlanabilirlik ve Merkez Dışı Yükleme

Referans Ağırlık L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Konum	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]
3000	3001.00	1*	1000	1001.00
3000	3000.00	2	1000	1001.00
3000	3000.00	3	1000	1000.00
3000	3000.00	4	1000	1001.00
3000	3001.00	5	1000	1001.00
3000	3001.00			

* Merkez ağırlık

Tablo 89 Terazı 9. ölçüm Gösterge Sapması

Dara Değeri T[g]	Ağırlık Değeri L [g]	Gösterge Değeri I [g]	Sapma Değeri E [g]	Sapma Belirsizliği ± [g]
0	500	500.00	0.000	1.09548
0	1000	1000.00	0.000	1.09549
0	2000	2001.00	1.000	1.09555
0	2500	2501.00	1.000	1.09559
0	3000	3001.00	1.000	1.09564

Ölçüm Belirsizliği:

$$U = 1,09548 + 1,24 \times 10^{-3} \times R \quad R \text{ (gösterge değeri): g' dır}$$

$$E_{\text{appr}}(R) = 3.66 \times 10^{-4} \times R$$

Tablo 90 Terazı 10. ölçüm Tekrarlanabilirlik ve Merkez Dışı Yükleme

Referans Ağırlık L [kg]	Gösterge Değeri I [kg]	Konum	Ağırlık Değeri L [kg]	Gösterge Değeri I [kg]
3000	3002.00	1*	1000	1001.00
3000	3002.00	2	1000	1002.00
3000	3001.00	3	1000	1001.00
3000	3001.00	4	1000	1001.00
3000	3000.00	5	1000	1001.00
3000	3001.00			

* Merkez ağırlık

Tablo 91 Terazı 10. ölçüm Gösterge Sapması

Dara Değeri T[kg]	Ağırlık Değeri L [kg]	Gösterge Değeri I [kg]	Sapma Değeri E [kg]	Sapma Belirsizliği $\pm$ [kg]
0	500	500.00	0.000	1.50557
0	1000	1001.00	1.000	1.50558
0	2000	2002.00	2.000	1.50562
0	2500	2501.00	1.000	1.50565
0	3000	3002.00	2.000	1.50569

Ölçüm Belirsizliği:

$U=1,50557+1,46 \times 10^{-3} \times R$ R (gösterge değeri): g'dır.

$E_{appr}(R)= 6.58 \times 10^{-4} \times R$

4.4. Etüv Ölçümleri

Bu ölçümlerde etüv 105 °C set sıcaklığında ve sıcaklık sensörleri 10 farklı noktaya dağıtılarak yapılmıştır.

Tablo 92 Etüv 1. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	107,77	108,23	108,00	0,23
2	105,33	106,23	105,78	0,45
3	106,57	107,07	106,82	0,25
4	105,10	105,89	105,50	0,39
5	107,24	107,73	107,48	0,25
6	105,46	106,11	105,79	0,32
7	106,24	106,77	106,51	0,27
8	104,87	105,77	105,32	0,45
9	108,29	108,53	108,41	0,12
10	105,11	105,99	105,55	0,44

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 105,77 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 108,29 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 106,51 °C

Ölçüm Belirsizliği : $\pm 1,38^{\circ}\text{C}$

Tablo 93 Etüv 2. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	106,65	107,13	106,89	0,24
2	105,45	106,21	105,83	0,38
3	105,14	105,92	105,53	0,39
4	104,85	105,68	105,26	0,41
5	106,51	107,23	106,87	0,36
6	107,20	107,76	107,48	0,28
7	107,43	107,87	107,65	0,22
8	106,58	107,14	106,86	0,28
9	107,91	108,29	108,10	0,19
10	106,31	106,65	106,48	0,17

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri :105,68 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 107,91 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 106,70 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 1,35$ °C

Tablo 94 Etüv 3. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	106,12	106,84	106,48	0,36
2	106,76	107,33	107,04	0,28
3	105,59	106,32	105,96	0,37
4	105,53	106,15	105,84	0,31
5	105,46	106,11	105,78	0,33
6	106,23	107,11	106,67	0,44
7	107,12	107,64	107,38	0,26
8	107,24	107,69	107,46	0,22
9	107,07	107,77	107,42	0,35
10	106,56	107,08	106,82	0,26

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri :106,11 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 107,24 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 106,68 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 1,36$ °C

Tablo 95 Etüv 4. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	105,53	105,96	105,75	0,21
2	105,42	105,87	105,64	0,22
3	106,32	106,82	106,57	0,25
4	107,43	108,27	107,85	0,42
5	104,07	105,28	104,68	0,60
6	105,52	106,20	105,86	0,34
7	105,12	105,74	105,43	0,31
8	106,55	107,05	106,80	0,25
9	106,80	107,28	107,04	0,24
10	105,42	106,12	105,77	0,35

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 105,28 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 107,43 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 106,14 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 1,39$ °C

Tablo 96 Etüv 5. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	106,45	106,97	106,71	0,26
2	106,76	107,22	106,99	0,23
3	105,19	105,68	105,43	0,25
4	105,22	106,23	105,73	0,50
5	104,85	105,53	105,19	0,34
6	105,08	105,65	105,37	0,29
7	106,53	107,78	107,15	0,62
8	107,13	107,69	107,41	0,28
9	107,18	107,82	107,50	0,32
10	106,21	106,85	106,53	0,32

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 105,53 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 107,18 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 106,40 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 1,41$ °C

Tablo 97 Etüv 6. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	105,54	106,21	105,87	0,34
2	105,46	105,68	105,57	0,11
3	105,19	105,62	105,40	0,22
4	105,46	106,35	105,91	0,45
5	106,24	106,75	106,49	0,25
6	107,44	107,75	107,60	0,16
7	107,11	107,62	107,37	0,25
8	106,88	107,45	107,17	0,28
9	107,16	107,74	107,45	0,29
10	106,28	107,08	106,68	0,40

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 106,62 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 107,44 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 106,55 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 1,33$ °C

Tablo 98 Etüv 7. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	106.67	108.14	107.41	0.73
2	106.34	107.35	106.85	0.51
3	105.19	106.82	106.00	0.82
4	105.46	106.59	106.03	0.56
5	105.09	106.50	105.80	0.70
6	104.98	106.77	105.88	0.89
7	105.41	106.87	106.14	0.73
8	105.50	107.33	106.42	0.92
9	104.90	106.71	105.80	0.90
10	104.96	106.49	105.72	0.77

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 106,49 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 106,67 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 106,20 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 1,94$ °C

Tablo 99 Etüv 8. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	107,03	107,90	107,46	0,44
2	105,32	106,45	105,89	0,56
3	105,50	106,53	106,01	0,52
4	104,45	106,28	105,37	0,92
5	104,37	106,32	105,35	0,98
6	105,43	106,66	106,05	0,62
7	106,57	107,34	106,95	0,39
8	107,15	108,34	107,74	0,59
9	106,28	107,51	106,89	0,61
10	108,00	106,49	107,25	0,75

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 106,28 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 108,00 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 106,50 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 1,81$ °C

Tablo 100 Etüv 9. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	105,57	107,24	106,40	0,83
2	105,42	106,79	106,10	0,69
3	106,84	107,73	107,28	0,45
4	104,57	106,77	105,67	1,10
5	105,76	106,81	106,29	0,53
6	107,33	108,56	107,94	0,62
7	106,60	108,12	107,36	0,76
8	107,58	108,78	108,18	0,60
9	108,16	108,92	108,54	0,38
10	108,31	108,66	108,48	0,17

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 106,77 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 108,31 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 107,23 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 1,76$ °C

Tablo 101 Etüv 10. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	106,45	107,78	107,11	0,66
2	105,63	106,67	106,15	0,52
3	106,63	107,94	107,28	0,65
4	104,40	106,24	105,32	0,92
5	105,30	106,53	105,92	0,62
6	107,02	108,74	107,88	0,86
7	106,86	108,07	107,46	0,60
8	107,43	108,81	108,12	0,69
9	107,81	108,92	108,37	0,56
10	107,64	108,66	108,15	0,51

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 106,24 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 107,81 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 107,18 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 1,80$ °C

4.5. Otoklav Ölçümleri

Tablo 102 Otoklav 1. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	101,52	101,20	101,36	0,16
2	101,43	101,12	101,27	0,15
3	101,38	101,26	101,32	0,06
4	101,74	101,42	101,58	0,16
5	102,06	100,96	101,51	0,55
6	101,43	101,07	101,25	0,18
7	101,68	101,49	101,59	0,10
8	101,33	101,09	101,21	0,12
9	101,24	101,02	101,13	0,11
10	101,13	100,96	101,04	0,08

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 100,96 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 102,06 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 101,33 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,88$ °C

Tablo 103 Otoklav 2. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	101,21	101,04	101,12	0,08
2	101,36	101,02	101,19	0,17
3	101,27	101,02	101,15	0,12
4	101,29	101,17	101,23	0,06
5	101,49	101,20	101,35	0,14
6	101,39	101,16	101,28	0,11
7	101,50	101,30	101,40	0,10
8	101,51	101,21	101,36	0,15
9	101,25	101,01	101,13	0,12
10	101,09	100,95	101,02	0,07

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 100,95 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 101,51 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 101,22 °C

Ölçüm belirsizliği :± 0,88 °C

Tablo 104 Otoklav 3. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	101,34	101,10	101,22	0,12
2	101,45	101,19	101,32	0,13
3	101,37	101,14	101,25	0,12
4	101,31	101,28	101,29	0,01
5	101,11	101,00	101,05	0,06
6	101,50	101,26	101,38	0,12
7	101,09	101,01	101,05	0,04
8	101,64	101,22	101,43	0,21
9	101,24	101,21	101,22	0,01
10	101,17	101,03	101,10	0,07

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 101,00 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 101,64 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 101,23 °C

Ölçüm belirsizliği :± 0,88 °C

Tablo 105 Otoklav 4. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	101,42	101,21	101,31	0,10
2	101,43	101,08	101,25	0,18
3	101,28	101,03	101,16	0,13
4	101,14	101,13	101,13	0,01
5	101,19	101,10	101,15	0,05
6	101,29	101,10	101,19	0,10
7	101,27	101,12	101,19	0,07
8	101,11	100,98	101,05	0,07
9	101,10	101,04	101,07	0,03
10	101,18	100,97	101,07	0,10

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 100,97 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 101,43 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 101,16 °C

Ölçüm belirsizliği :± 0,88 °C

Tablo 106 Otoklav 5. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	101,31	101,19	101,25	0,06
2	101,41	101,16	101,28	0,13
3	101,31	101,14	101,23	0,09
4	101,26	101,11	101,19	0,07
5	101,09	101,00	101,05	0,05
6	100,99	100,87	100,93	0,06
7	101,19	101,07	101,13	0,06
8	101,10	100,95	101,03	0,07
9	101,20	101,01	101,11	0,10
10	101,01	100,86	100,93	0,07

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 100,86 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 101,41 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 101,11 °C

Ölçüm belirsizliği :± 0,88 °C

Tablo 107 Otoklav 6. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	101,08	100,97	101,02	0,05
2	101,23	101,05	101,14	0,09
3	101,17	101,04	101,10	0,06
4	101,11	101,09	101,10	0,01
5	101,13	100,98	101,06	0,07
6	101,15	101,05	101,10	0,05
7	100,99	100,90	100,95	0,05
8	101,21	100,99	101,10	0,11
9	101,13	101,09	101,11	0,02
10	100,98	100,89	100,94	0,05

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 100,89 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 101,23 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 101,06 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,88$ °C

Tablo 108 Otoklav 7. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	101,21	101,12	101,16	0,04
2	101,22	101,03	101,13	0,09
3	101,09	100,98	101,04	0,05
4	101,20	101,19	101,20	0,01
5	101,10	100,96	101,03	0,07
6	101,26	101,12	101,19	0,07
7	101,16	101,05	101,10	0,05
8	101,07	100,98	101,03	0,04
9	101,11	101,02	101,06	0,05
10	101,16	101,00	101,08	0,08

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 100,96 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 101,26 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 101,10 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,88$ °C

Tablo 109 Otoklav 8. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	101,32	101,12	101,22	0,10
2	101,36	101,09	101,22	0,13
3	101,21	101,03	101,12	0,09
4	101,09	101,09	101,09	0,00
5	101,02	100,93	100,98	0,05
6	101,03	100,87	100,95	0,08
7	101,18	100,97	101,07	0,11
8	101,40	101,22	101,31	0,09
9	101,01	100,94	100,97	0,04
10	101,08	100,86	100,97	0,11

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 100,86 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 101,40 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 101,09 °C

Ölçüm belirsizliği :± 0,88 °C

Tablo 110 Otoklav 9. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	101,36	101,22	101,29	0,07
2	101,48	101,28	101,38	0,10
3	100,90	101,14	101,02	-0,12
4	101,19	101,17	101,18	0,01
5	101,14	101,00	101,07	0,07
6	101,09	100,97	101,03	0,06
7	101,16	101,03	101,10	0,06
8	101,08	101,00	101,04	0,04
9	101,30	101,10	101,20	0,10
10	101,17	101,04	101,11	0,06

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 100,97 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 101,48 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 101,14 °C

Ölçüm belirsizliği :± 0,88 °C

Tablo 111 Otoklav 10. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	101,25	101,12	101,18	0,07
2	101,81	101,47	101,64	0,17
3	101,10	100,96	101,03	0,07
4	101,29	101,21	101,25	0,04
5	100,96	100,89	100,93	0,04
6	101,16	100,99	101,08	0,09
7	101,08	101,00	101,04	0,04
8	101,08	100,98	101,03	0,05
9	101,10	101,01	101,05	0,04
10	101,06	100,96	101,01	0,05

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 100,89 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 101,81 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 101,12 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,88$ °C

4.6. Su Banyosu Ölçümleri

Tablo 112 Su Banyosu 1. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	81,55	81,11	81,33	0,22
2	81,43	81,00	81,22	0,22
3	81,16	80,86	81,01	0,15
4	81,09	80,94	81,02	0,07
5	81,11	80,90	81,00	0,10

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 80,86 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 81,55 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 81,11 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 1,32$ °C

Tablo 113 Su Banyosu 2. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	81,41	80,90	81,15	0,26
2	81,36	80,97	81,16	0,20
3	81,26	80,88	81,07	0,19
4	81,00	80,84	80,92	0,08
5	81,08	80,82	80,95	0,13

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 80,82 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 80,41 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 81,05 °C

Ölçüm belirsizliği :± 1,32 °C

Tablo 114 Su Banyosu 3. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	81,32	80,97	81,14	0,18
2	81,28	80,88	81,08	0,20
3	81,15	80,83	80,99	0,16
4	81,04	80,97	81,01	0,04
5	81,35	80,94	81,15	0,20

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 80,83 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 81,35 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 81,07 °C

Ölçüm belirsizliği :± 1,32 °C

Tablo 115 Su Banyosu 4. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	81,42	81,14	81,28	0,14
2	81,00	80,82	80,91	0,09
3	81,18	80,97	81,08	0,11
4	81,05	80,92	80,98	0,06
5	81,22	80,90	81,06	0,16

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 80,82 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 81,42 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 81,06 °C

Ölçüm belirsizliği :± 1,32

Tablo 116 Su Banyosu 5. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	80,91	80,82	80,87	0,05
2	81,07	80,89	80,98	0,09
3	80,91	80,83	80,87	0,04
4	80,85	80,85	80,85	0,00
5	80,79	80,74	80,77	0,02

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 80,73 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 81,75 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 80,94 °C

Ölçüm belirsizliği :± 1,32

Tablo 117 Su Banyosu 6. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	81,01	80,89	80,95	0,06
2	81,01	80,82	80,91	0,10
3	81,04	80,77	80,90	0,13
4	80,88	80,77	80,83	0,06
5	80,83	80,78	80,81	0,03

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 80,77 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 81,04 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 80,88 °C

Ölçüm belirsizliği :± 1,32

Tablo 118 Su Banyosu 7. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	81,08	80,97	81,02	0,06
2	81,25	80,95	81,10	0,15
3	81,03	80,87	80,95	0,08
4	80,85	80,80	80,83	0,02
5	80,87	80,73	80,80	0,07

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 80,73 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 81,75 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 80,94 °C

Ölçüm belirsizliği :± 1,32 °C

Tablo 119 Su Banyosu 8. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	81,12	80,91	81,02	0,10
2	80,98	80,79	80,89	0,10
3	80,91	80,77	80,84	0,07
4	80,96	80,92	80,94	0,02
5	80,94	80,84	80,89	0,05

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 80,77 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 81,72 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 80,91 °C

Ölçüm belirsizliği :± 1,32 °C

Tablo 120 Su Banyosu 9. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	81,01	80,88	80,95	0,07
2	81,28	81,02	81,15	0,13
3	81,11	80,93	81,02	0,09
4	81,02	80,97	80,99	0,03
5	80,86	80,73	80,80	0,06

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 80,73 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 81,28 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 80,98 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm$ 1,32 °C

Tablo 121 Su Banyosu 10. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Maximum (°C)	Minimum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	80,91	80,85	80,88	0,03
2	81,13	80,89	81,01	0,12
3	80,95	80,85	80,90	0,05
4	80,86	80,83	80,84	0,01
5	80,87	80,73	80,80	0,07

Cihaz içersindeki minumum sıcaklık değeri : 80,73 °C

Cihaz içersindeki maximum sıcaklık değeri : 81,13 °C

Cihaz içersindeki ortalama sıcaklık değeri : 80,89 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm$ 1,32 °C

4.7. Buzdolabı ve Derin Dondurucu Ölçümleri

Bu ölçümlerde sıcaklık sensörleri 10 farklı noktaya dağıtılarak yapılmıştır.

Tablo 122 Buzdolabı ve Derin dondurucu 1. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	3.98	4.03	4.01	0.03
2	4.06	4.14	4.10	0.04
3	3.98	4.01	4.00	0.01
4	4.06	4.08	4.07	0.01
5	4.07	4.13	4.10	0.03
6	3.98	4.02	4.00	0.02
7	4.08	4.11	4.10	0.01
8	4.01	4.05	4.03	0.02
9	4.09	4.10	4.09	0.00
10	4.12	4.15	4.13	0.02

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 4,01 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 4,12 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 4,06 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,67$ °C

Tablo 123 Buzdolabı ve Derin dondurucu 2. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	4.03	4.05	4.04	0.01
2	4.10	4.10	4.10	0.00
3	4.11	4.16	4.13	0.03
4	4.07	4.08	4.08	0.00
5	4.09	4.12	4.10	0.02
6	4.10	4.14	4.12	0.02
7	4.10	4.13	4.12	0.02
8	4.13	4.16	4.15	0.01
9	4.06	4.11	4.08	0.03
10	4.17	4.22	4.19	0.02

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 4,05 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 4,17 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 4,11 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,67$ °C

Tablo 124 Buzdolabı ve Derin dondurucu 3. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	4.05	4.07	4.06	0.01
2	4.09	4.10	4.10	0.00
3	4.06	4.09	4.07	0.02
4	4.08	4.07	4.08	-0.01
5	4.11	4.15	4.13	0.02
6	4.10	4.13	4.11	0.01
7	4.09	4.13	4.11	0.02
8	4.16	4.19	4.18	0.02
9	4.10	4.14	4.12	0.02
10	4.19	4.21	4.20	0.01

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 4,07 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 4,19 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 4,12 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,67$ °C

Tablo 125 Buzdolabı ve Derin dondurucu 4. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	3.95	4.04	3.99	0.05
2	3.93	4.00	3.96	0.03
3	3.98	4.03	4.01	0.02
4	4.09	4.10	4.10	0.00
5	4.06	4.11	4.09	0.03
6	4.02	4.10	4.06	0.04
7	4.01	4.10	4.05	0.05
8	4.14	4.17	4.15	0.02
9	4.10	4.15	4.13	0.02
10	4.16	4.21	4.18	0.02

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 4,00 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 4,16 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 4,07 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,67$ °C

Tablo 126 Buzdolabı ve Derin dondurucu 5. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	3.95	4.03	3.99	0.04
2	3.93	4.00	3.97	0.04
3	3.97	4.06	4.02	0.05
4	4.02	4.06	4.04	0.02
5	3.94	4.03	3.98	0.05
6	3.93	4.08	4.01	0.08
7	4.00	4.10	4.05	0.05
8	4.13	4.21	4.17	0.04
9	4.04	4.14	4.09	0.05
10	4.11	4.20	4.16	0.05

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 4,00 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 4,13 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 4,05 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,68$ °C

Tablo 127 Buzdolabı ve Derin dondurucu 6. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	4.04	4.10	4.07	0.03
2	4.07	4.09	4.08	0.01
3	3.94	4.01	3.97	0.04
4	3.95	4.05	4.00	0.05
5	3.83	3.99	3.91	0.08
6	4.06	4.13	4.09	0.03
7	3.96	4.12	4.04	0.08
8	4.07	4.15	4.11	0.04
9	3.93	4.03	3.98	0.05
10	4.03	4.13	4.08	0.05

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 3,99 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 4,07 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 4,03 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,68$ °C

Tablo 128 Buzdolabı ve Derin dondurucu 7. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	4.10	4.11	4.11	0.01
2	4.12	4.14	4.13	0.01
3	4.09	4.11	4.10	0.01
4	4.13	4.15	4.14	0.01
5	3.98	4.04	4.01	0.03
6	4.04	4.11	4.08	0.04
7	4.01	4.07	4.04	0.03
8	4.15	4.18	4.17	0.02
9	3.96	4.07	4.02	0.06
10	4.14	4.19	4.16	0.03

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 4,04 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 4,15 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 4,10 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,67$ °C

Tablo 129 Buzdolabı ve Derin dondurucu 8. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	3.89	3.99	3.94	0.05
2	3.93	4.01	3.97	0.04
3	3.98	4.06	4.02	0.04
4	4.02	4.09	4.06	0.03
5	3.96	4.11	4.03	0.07
6	4.04	4.15	4.10	0.05
7	4.04	4.14	4.09	0.05
8	4.04	4.15	4.09	0.06
9	3.99	4.09	4.04	0.05
10	4.12	4.21	4.16	0.05

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 3,99 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 4,12 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 4,05 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,68$ °C

Tablo 130 Buzdolabı ve Derin dondurucu 9. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	3.95	4.04	3.99	0.05
2	3.91	3.96	3.93	0.02
3	3.89	3.96	3.92	0.04
4	3.90	3.97	3.93	0.03
5	4.04	4.13	4.08	0.04
6	3.99	4.10	4.05	0.06
7	4.07	4.14	4.11	0.04
8	4.14	4.20	4.17	0.03
9	3.93	4.02	3.97	0.04
10	3.93	4.08	4.00	0.08

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 3,96 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 4,14 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 4,02 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,67$ °C

Tablo 131 Buzdolabı ve Derin dondurucu 10. Ölçüm Değerleri

Sensör No:	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Ortalama (°C)	Zamansal Dalgalanma (°C)
1	3.96	4.06	4.01	0.05
2	4.06	4.11	4.09	0.02
3	4.11	4.14	4.12	0.02
4	4.08	4.11	4.10	0.01
5	4.12	4.16	4.14	0.02
6	4.10	4.16	4.13	0.03
7	4.06	4.12	4.09	0.03
8	4.20	4.23	4.22	0.01
9	4.08	4.14	4.11	0.03
10	4.20	4.24	4.22	0.02

Cihaz içerisindeki minimum sıcaklık değeri : 4,06 °C

Cihaz içerisindeki maksimum sıcaklık değeri : 4,20 °C

Cihaz içerisindeki ortalama sıcaklık değeri : 4,12 °C

Ölçüm belirsizliği : $\pm 0,67$ °C

4.8. Pipet Ölçümleri

201,1 °C de Referans sıcaklıkta;

Tablo 132 Pipet 1. Ölçüm Değerleri

Nominal değer (ml)	Referans Gösterge (ml)	Sapma (ml)
100	100,2668	-0,2668
Ölçüm Belirsizliği $\pm 13\mu\text{l}$		

20,1 °C de Referans sıcaklıkta;

Tablo 133 Pipet 2. Ölçüm Değerleri

Nominal değer (ml)	Referans Gösterge (ml)	Sapma (ml)
100	100,2650	-0,2650
Ölçüm Belirsizliği $\pm 7\mu\text{l}$		

20,5 °C de Referans sıcaklıkta;

Tablo 134 Pipet 3. Ölçüm Değerleri

Nominal değer (ml)	Referans Gösterge (ml)	Sapma (ml)
100	100,2670	-0,2670
Ölçüm Belirsizliği $\pm 9\mu\text{l}$		

21,4 °C de Referans sıcaklıkta;

Tablo 135 Pipet 4. Ölçüm Değerleri

Nominal değer (ml)	Referans Gösterge (ml)	Sapma (ml)
100	100,2710	-0,2710
Ölçüm Belirsizliği $\pm 13\mu\text{l}$		

21,6 °C de Referans sıcaklıkta;

Tablo 136 Pipet 5. Ölçüm Değerleri

Nominal değer (ml)	Referans Gösterge (ml)	Sapma (ml)
100	100,2693	-0,2693
Ölçüm Belirsizliği $\pm 17\mu\text{l}$		

21,3 °C de Referans sıcaklıkta;

Tablo 137 Pipet 6. Ölçüm Değerleri

Nominal değer (ml)	Referans Gösterge (ml)	Sapma (ml)
100	100,2713	-0,2713
Ölçüm Belirsizliği $\pm 15\mu\text{l}$		

20,4 °C de Referans sıcaklıkta;

Tablo 138 Pipet 7. Ölçüm Değerleri

Nominal değer (ml)	Referans Gösterge (ml)	Sapma (ml)
100	100,2668	-0,2686
Ölçüm Belirsizliği $\pm 9\mu\text{l}$		

20,9 °C de Referans sıcaklıkta;

Tablo 139 Pipet 8. Ölçüm Değerleri

Nominal değer (ml)	Referans Gösterge (ml)	Sapma (ml)
100	100,2673	-0,2673
Ölçüm Belirsizliği $\pm 13\mu\text{l}$		

20,7 °C de Referans sıcaklıkta;

Tablo 140 Pipet 9. Ölçüm Değerleri

Nominal değer (ml)	Referans Gösterge (ml)	Sapma (ml)
100	100,2680	-0,2680
Ölçüm Belirsizliği $\pm 14\mu\text{l}$		

20,6 °C de Referans sıcaklıkta;

Tablo 141 Pipet 10. Ölçüm Değerleri

Nominal değer (ml)	Referans Gösterge (ml)	Sapma (ml)
100	100,2757	-0,2757
Ölçüm Belirsizliği $\pm 11\mu\text{l}$		

4.9. Santrifüj Ölçümleri

Tablo 142 Santrifüj 1. Ölçüm Değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama Değer	Sapma Değeri	Ölçüm Belirsizliği
rpm	rpm	rpm	rpm	rpm	rpm	$\pm\text{rpm}$
1000	950.0	980.0	975.0	968	-31.7	5.860
2000	1940.0	1960.0	1980.0	1960	-40.0	6.110
3000	2980.0	2980.0	2970.0	2977	-23.3	6.507
4000	3980.0	3990.0	3980.0	3983	-16.7	7.024

Tablo 143 Santrifüj 2. Ölçüm Değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama	Sapma	Ölçüm
rpm	rpm	rpm	rpm	Değer	Değeri	Belirsizliği
				rpm	rpm	±rpm
1000	960.0	980.0	970.0	970	-30.0	5.860
2000	1980.0	1990.0	1990.0	1987	-13.3	6.110
3000	2890.0	2990.0	2980.0	2953	-46.7	6.507
4000	3980.0	3980.0	3980.0	3980	-20.0	7.024

Tablo 144 Santrifüj 3. Ölçüm Değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama	Sapma	Ölçüm
rpm	rpm	rpm	rpm	Değer	Değeri	Belirsizliği
				rpm	rpm	±rpm
1000	970.0	990.0	980.0	980	-20.0	5.860
2000	1990.0	1980.0	1990.0	1987	-13.3	6.110
3000	2990.0	2980.0	2990.0	2987	-13.3	6.507
4000	3980.0	2970.0	3980.0	3643	-23.3	7.024

Tablo 145 Santrifüj 4. Ölçüm Değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama	Sapma	Ölçüm
rpm	rpm	rpm	rpm	Değer	Değeri	Belirsizliği
				rpm	rpm	±rpm
1000	980.0	980.0	990.0	983	-16.7	5.860
2000	1980.0	1970.0	1980.0	1977	-23.3	6.110
3000	2980.0	2970.0	2980.0	2977	-23.3	6.507
4000	3980.0	3970.0	3980.0	3977	-23.3	7.024

Tablo 146 Santrifüj 5. Ölçüm Değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama	Sapma	Ölçüm
rpm	rpm	rpm	rpm	Değer	Değeri	Belirsizliği
				rpm	rpm	±rpm
1000	990.0	980.0	980.0	983	-16.7	5.860
2000	1970.0	1970.0	1980.0	1973	-26.7	6.110
3000	2980.0	2970.0	2970.0	2973	-26.7	6.507
4000	3990.0	3970.0	3980.0	3980	-20.0	7.024

Tablo 147 Santrifüj 6. Ölçüm Değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama Değer	Sapma Değeri	Ölçüm Belirsizliği
rpm	rpm	rpm	rpm	rpm	rpm	±rpm
1000	990.0	990.0	990.0	990	-10.0	5.860
2000	1980.0	1980.0	1980.0	1980	-20.0	6.110
3000	2980.0	2970.0	2970.0	2973	-26.7	6.507
4000	3990.0	3980.0	3980.0	3983	-16.7	7.024

Tablo 148 Santrifüj 7. Ölçüm Değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama Değer	Sapma Değeri	Ölçüm Belirsizliği
rpm	rpm	rpm	rpm	rpm	rpm	±rpm
1000	990.0	980.0	990.0	987	-13.3	5.860
2000	1980.0	1990.0	1980.0	1983	-16.7	6.110
3000	2980.0	2980.0	2970.0	2977	-23.3	6.507
4000	3990.0	3990.0	3980.0	3987	-13.3	7.024

Tablo 149 Santrifüj 8. Ölçüm Değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama Değer	Sapma Değeri	Ölçüm Belirsizliği
rpm	rpm	rpm	rpm	rpm	rpm	±rpm
1000	980.0	970.0	990.0	980	-20.0	5.860
2000	1990.0	1980.0	1980.0	1983	-16.7	6.110
3000	2990.0	2980.0	2980.0	2983	-16.7	6.507
4000	3990.0	3980.0	3980.0	3983	-16.7	7.024

Tablo 150 Santrifüj 9. Ölçüm Değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama Değer	Sapma Değeri	Ölçüm Belirsizliği
rpm	rpm	rpm	rpm	rpm	rpm	±rpm
1000	980.0	980.0	990.0	983	-16.7	5.860
2000	1990.0	1990.0	1980.0	1987	-13.3	6.110
3000	2990.0	2990.0	2980.0	2987	-13.3	6.507
4000	3990.0	3980.0	3990.0	3987	-13.3	7.024

Tablo 151 Santrifüj 10. Ölçüm Değerleri

Set Değeri	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama	Sapma	Ölçüm
rpm	rpm	rpm	rpm	Değer	Değeri	Belirsizliği
				rpm	rpm	±rpm
1000	980.0	990.0	990.0	987	-13.3	5.860
2000	1990.0	1980.0	1980.0	1983	-16.7	6.110
3000	2990.0	2980.0	2980.0	2983	-16.7	6.507
4000	3980.0	3980.0	3990.0	3983	-16.7	7.024

4.10. Termokpul Ölçümleri**Tablo 152 Termokpul 1. Ölçüm Değerleri**

Ölçüm	Referans Değeri	Cihaz Değeri	Sapma	Belirsizlik
Numarası	°C	°C	°C	°C
1	-19.89	-19.50	0.39	± 0.31
2	0.02	-0.10	-0.12	± 0.31
3	49.96	49.60	-0.36	± 0.31
4	99.93	99.60	-0.33	± 0.31
5	198.63	198.70	0.07	± 0.83
6	298.11	298.70	0.59	± 0.83
7	397.50	398.50	1.00	± 0.83
8	498.17	498.10	-0.07	± 0.83

Tablo 153 Termokpul 2. Ölçüm Değerleri

Ölçüm	Referans Değeri	Cihaz Değeri	Sapma	Belirsizlik
Numarası	°C	°C	°C	°C
1	-19.88	-19.60	0.28	± 0.31
2	0.02	-0.20	-0.22	± 0.31
3	49.97	49.70	-0.27	± 0.31
4	99.95	99.70	-0.25	± 0.31
5	198.83	198.90	0.08	± 0.83
6	299.10	298.90	-0.20	± 0.83
7	398.50	398.30	-0.20	± 0.83
8	498.40	498.20	-0.20	± 0.83

Tablo 154 Termokpul 3. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	-19.87	-19.50	0.37	± 0.31
2	0.02	-0.10	-0.12	± 0.31
3	49.94	49.70	-0.24	± 0.31
4	99.95	99.80	-0.15	± 0.31
5	198.87	198.80	-0.07	± 0.83
6	299.35	298.70	-0.65	± 0.83
7	398.79	398.10	-0.69	± 0.83
8	498.72	498.10	-0.62	± 0.83

Tablo 155 Termokpul 4. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	-19.89	-19.40	0.49	± 0.31
2	0.02	-0.30	-0.32	± 0.31
3	49.91	49.60	-0.31	± 0.31
4	99.93	99.70	-0.23	± 0.31
5	198.84	198.70	-0.14	± 0.83
6	299.31	298.60	-0.71	± 0.83
7	398.81	398.00	-0.81	± 0.83
8	498.71	498.10	-0.61	± 0.83

Tablo 156 Termokpul 5. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	-19.70	-19.50	0.20	± 0.31
2	0.01	-0.10	-0.11	± 0.31
3	49.60	49.70	0.10	± 0.31
4	99.50	99.40	-0.10	± 0.31
5	198.60	198.50	-0.10	± 0.83
6	299.60	299.20	-0.40	± 0.83
7	398.90	398.30	-0.60	± 0.83
8	498.50	498.20	-0.30	± 0.83

Tablo 157 Termokpul 6. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	-19.72	-19.60	0.12	± 0.31
2	0.07	-0.20	-0.27	± 0.31
3	49.60	49.50	-0.10	± 0.31
4	99.58	99.50	-0.08	± 0.31
5	198.66	198.70	0.04	± 0.83
6	299.50	299.40	-0.10	± 0.83
7	398.76	398.60	-0.16	± 0.83
8	498.44	498.30	-0.14	± 0.83

Tablo 158 Termokpul 7. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	-19.69	-19.40	0.29	± 0.31
2	0.08	-0.20	-0.28	± 0.31
3	49.54	49.40	-0.14	± 0.31
4	99.53	99.30	-0.23	± 0.31
5	198.70	198.10	-0.60	± 0.83
6	299.40	299.20	-0.20	± 0.83
7	398.74	398.20	-0.54	± 0.83
8	498.38	498.10	-0.28	± 0.83

Tablo 159 Termokpul 8. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	-19.64	-19.50	0.14	± 0.31
2	0.09	-0.30	-0.39	± 0.31
3	49.52	49.30	-0.22	± 0.31
4	99.58	99.40	-0.18	± 0.31
5	198.72	198.20	-0.52	± 0.83
6	299.34	298.70	-0.64	± 0.83
7	398.78	398.10	-0.68	± 0.83
8	498.34	498.00	-0.34	± 0.83

Tablo 160 Termokpul 9. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	-19.53	-19.30	0.23	± 0.31
2	0.02	-0.20	-0.22	± 0.31
3	49.68	49.40	-0.28	± 0.31
4	99.29	99.10	-0.19	± 0.31
5	199.20	198.50	-0.70	± 0.83
6	299.10	298.60	-0.50	± 0.83
7	398.10	397.60	-0.50	± 0.83
8	498.00	497.60	-0.40	± 0.83

Tablo 161 Termokpul 10. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	-19.62	-19.40	0.22	± 0.31
2	0.02	-0.30	-0.32	± 0.31
3	49.73	49.50	-0.23	± 0.31
4	99.56	99.10	-0.46	± 0.31
5	199.35	198.60	-0.75	± 0.83
6	299.27	298.70	-0.57	± 0.83
7	398.36	397.60	-0.76	± 0.83
8	498.16	497.50	-0.66	± 0.83

4.11. PH Metre Ölçümleri**Tablo 162 pH metre 1. Ölçüm Değerleri**

Uygulanan Değer pH	Ortalama Ölçülen Değer pH	Sapma pH	Belirsizlik pH
4.00	3.85	-0.15	± 0,0135
7.00	6.93	-0.07	± 0,0135
10.00	9.93	-0.07	± 0,0135

Tablo 163 pH metre 2. Ölçüm Değerleri

Uygulanan Değer pH	Ortalama Ölçülen Değer pH	Sapma pH	Belirsizlik pH
4.00	3.95	-0.05	± 0,0135
7.00	6.95	-0.05	± 0,0135
10.00	9.96	-0.04	± 0,0135

Tablo 164 pH metre 3. Ölçüm Değerleri

Uygulanan Değer	Ortalama Ölçülen Değer	Sapma	Belirsizlik
pH	pH	pH	pH
4.00	4.00	0.00	$\pm 0,0135$
7.00	6.97	-0.03	$\pm 0,0135$
10.00	9.98	-0.02	$\pm 0,0135$

Tablo 165 pH metre 4. Ölçüm Değerleri

Uygulanan Değer	Ortalama Ölçülen Değer	Sapma	Belirsizlik
pH	pH	pH	pH
4.00	4.00	0.00	$\pm 0,0135$
7.00	7.00	0.00	$\pm 0,0135$
10.00	10.00	0.00	$\pm 0,0135$

Tablo 166 pH metre 5. Ölçüm Değerleri

Uygulanan Değer	Ortalama Ölçülen Değer	Sapma	Belirsizlik
pH	pH	pH	pH
4.00	3.98	-0.02	$\pm 0,0135$
7.00	6.97	-0.03	$\pm 0,0135$
10.00	9.97	-0.03	$\pm 0,0135$

Tablo 167 pH metre 6. Ölçüm Değerleri

Uygulanan Değer	Ortalama Ölçülen Değer	Sapma	Belirsizlik
pH	pH	pH	pH
4.00	3.97	-0.03	$\pm 0,0135$
7.00	6.98	-0.02	$\pm 0,0135$
10.00	9.98	-0.02	$\pm 0,0135$

Tablo 168 pH metre 7. Ölçüm Değerleri

Uygulanan Değer	Ortalama Ölçülen Değer	Sapma	Belirsizlik
pH	pH	pH	pH
4.00	3.97	-0.03	$\pm 0,0135$
7.00	6.98	-0.02	$\pm 0,0135$
10.00	9.97	-0.03	$\pm 0,0135$

Tablo 169 pH metre 8. Ölçüm Değerleri

Uygulanan Değer	Ortalama Ölçülen Değer	Sapma	Belirsizlik
pH	pH	pH	pH
4.00	3.98	-0.02	$\pm 0,0135$
7.00	6.97	-0.03	$\pm 0,0135$
10.00	9.96	-0.04	$\pm 0,0135$

Tablo 170 pH metre 9. Ölçüm Değerleri

Uygulanan Değer	Ortalama Ölçülen Değer	Sapma	Belirsizlik
pH	pH	pH	pH
4.00	3.98	-0.02	$\pm 0,0135$
7.00	6.97	-0.03	$\pm 0,0135$
10.00	9.97	-0.03	$\pm 0,0135$

Tablo 171 pH metre 10. Ölçüm Değerleri

Uygulanan Değer	Ortalama Ölçülen Değer	Sapma	Belirsizlik
pH	pH	pH	pH
4.00	4.00	0.00	$\pm 0,0135$
7.00	7.00	0.00	$\pm 0,0135$
10.00	9.98	-0.02	$\pm 0,0135$

4.12. Kül Fırını Ölçümleri**Tablo 172 Kül Fırını 1. Ölçüm Değerleri**

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	900.60	901.50	0.90	± 3.32
2	1000.60	1001.90	1.30	± 3.32
3	1101.00	1102.60	1.60	± 3.32

Tablo 173 Kül Fırını 2. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	900.50	901.30	0.80	± 3.32
2	1000.40	1001.50	1.10	± 3.32
3	1100.60	1101.60	1.00	± 3.32

Tablo 174 Kül Fırını 3. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	900.40	901.30	0.90	± 3.32
2	1000.30	1001.40	1.10	± 3.32
3	1100.40	1101.70	1.30	± 3.32

Tablo 175 Kül Fırını 4. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	900.50	901.20	0.70	± 3.32
2	1000.50	1001.30	0.80	± 3.32
3	1100.50	1101.60	1.10	± 3.32

Tablo 176 Kül Fırını 5. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	900.40	901.10	0.70	± 3.32
2	1000.50	1001.40	0.90	± 3.32
3	1100.40	1101.50	1.10	± 3.32

Tablo 177 Kül Fırını 6. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	900.40	901.30	0.90	± 3.32
2	1000.50	1001.60	1.10	± 3.32
3	1100.40	1101.70	1.30	± 3.32

Tablo 178 Kül Fırını 7. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	900.50	901.40	0.90	± 3.32
2	1000.40	1001.50	1.10	± 3.32
3	1100.60	1101.50	0.90	± 3.32

Tablo 179 Kül Fırını 8. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	900.30	901.20	0.90	± 3.32
2	1000.40	1001.50	1.10	± 3.32
3	1100.50	1101.60	1.10	± 3.32

Tablo 180 Kül Fırını 9. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	900.40	901.30	0.90	± 3.32
2	1000.50	1001.40	0.90	± 3.32
3	1100.50	1101.30	0.80	± 3.32

Tablo 181 Kül Fırını 10. Ölçüm Değerleri

Ölçüm Numarası	Referans Değeri °C	Cihaz Değeri °C	Sapma °C	Belirsizlik °C
1	900.30	901.30	1.00	± 3.32
2	1000.30	1001.50	1.20	± 3.32
3	1100.40	1101.60	1.20	± 3.32

5. TARTIŞMA

5.1. Manometre

0-6 bar aralığında ölçüm manometre için yapılan kalibrasyon işleminde Keller marka 1-25 bar ölçüm aralığına sahip basınç kalibratörü kullanılmıştır. Kalibrasyon parametreleri belirlenirken test cihazının ve referans cihazın teknik özelliklerinin yanı sıra prosedürde belirlenen ve belirsizliği etkileyen faktörler dahil edilmiştir. Farklı tarihlerde aynı test cihazı ve aynı referans cihaz kullanılarak yapılan ölçümlerde kalibrasyon belirsizlik değerlerinin aynı ölçüm noktalarında benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Prosedürde belirtilen ölçüm işlemi takip edildiğinde mutlak sapma değerlerinin manometrede okunan değerle orantılı değişmediği gözlemlenmiştir. Örneğin 1. ölçümde yukarı yönde 0,6 bar'lık değerdeki mutlak sapma değeri 0,012 bar iken 3 bar için 0,042 bar, 6 bar için 0,007 bar'dır. Bahsedilen bu durum manometre için yapılan on ayrı ölçüm için de benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Ölçüm belirsizlik değerlerinin manometrede okunan değer arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Tekrarlanabilirlikte en küçük belirsizlik değeri 0,015 bar, en büyük belirsizlik değeri 0,028 bar olduğu gözlemlenmiştir. Kalibratör belirsizliği ve çözünürlükten gelen belirsizlik sabit olduğundan, belirsizliklerin değişmesindeki etmenler histerisiz, sıfır sapması ve tekrarlanabilirlikten meydana gelen farklılıklardır.

Literatürde mutlak sapma değerinin manometrede okunan değerle orantılı olarak değişmediği ölçüm sonuçlarından görülmüştür. Bu durum çalışmamız ile benzerlik göstermektedir.

Literatürde belirsizlik değerleri manometrede okunan değer artmasıyla orantılı olmadığı görülmüştür. Çalışmamızda ise belirsizlik değerinin manometrede okunan değer ile artış gösterdiği belirlenmiştir(13,60,80).

5.2. Göstergeli Sıcaklık Ölçer

(-20) °C ile 120 °C aralığında ölçüm için yapan test cihazının kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve bu işlem için Hart Scientific marka (-40) °C ile 600 °C ölçüm aralığına sahip sıcaklık bloğu kullanılmıştır. En küçük sapma 2. Ölçümde 100 °C karşılık gelen ölçüm değerinde 0,01 °C olarak ölçülmüştür. En büyük sapma değeri ise 1. 6. ve 8. ölçümlerde (-20) °C'ye karşılık gelen ölçüm değerinde 0,45 °C olarak ölçülmüştür. Diğer sapma değerleri de incelendiğinde sıcaklığın artması ya da azalması ile sapma değeri arasında herhangi bir orantı görülmemektedir. Göstergeli sıcaklık ölçer belirsizliğinin değişmesini etkileyen unsurlar tekrarlanabilirlik, histerisiz, test termometresinin sıcaklık dalgalanması, kuru bloğun sıcaklık

dalgalanması ve iki buz noktası arasındaki sıcaklık farkından oluşan belirsizlik değerleridir. Ayrıca her ölçüm noktasına karşılık gelen sonuçların verildiği tabloda sapma değeri aynı noktada yapılan 10 ayrı ölçümün ortalamasını vermektedir. Dolayısıyla tekrarlanabilirlikten gelen belirsizlik minimum düzeye çekilmiştir. Toplam belirsizlikte farklılık gösteren unsurların etkilerinin küçük değerler olması, diğer bileşenlerin de sabit olması ve genişletilmiş belirsizlik değerinin yuvarlama yapılarak beyan edilmesi sonuçların aynı olmasına sebep olmuştur.

Literatürde aynı sıcaklık aralığı için yapılan ölçümlerde sapma değerlerinin ve sapma değerlerine karşılık gelen belirsizlik değerlerinin benzerlik gösterdiği görülmüştür. Ölçüm yapan birçok laboratuvarın rehber olarak EURAMET cg-8 ve belirsizlik hesaplamaları için EA-4/02'nin kullanması ölçüm sonuçların küçük değişiklikler haricinde etkilemediği görülmüştür(13,62,63,81).

5.3. Terazî

Terazi kalibrasyonunda maksimum değerde tekrarlanabilirlik, maksimum yük değerinin yaklaşık %30 diliminde merkez dışı yükleme ve minimum ve maksimum değer arasında belirlenen 5 farklı noktada ölçüm işlemi yapılmıştır. Terazî ölçümlerinin verildiği tablolarda her ölçüm noktasına karşılık gelen belirsizlik değeri verilmiştir. 10 ayrı ölçüm sonucundaki belirsizlik değerlerine bakıldığında yük miktarı arttıkça belirsizlik değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca kalibrasyon işleminde belirsizlik değerleri hesaplanırken sıcaklık değişiminin ± 2 dereceyi geçip geçmediği özenle kontrol edilmiş olup, bu sıcaklık değişiminden kaynaklanan farklar belirsizlik değerine eklenmiştir. Ayrıca tekrarlanabilirlik önemli ölçüde farklılıklara yol açmıştır. Tekrarlanabilirlik tabloları incelendiğinde 0-3 g arası sapmalar olduğu gözlemlenmiştir. Köşe yükü ölçümlerinde terazî dengesinin son derece önemli olduğu tespit edilmiştir. Kalibrasyon aşamasında kalibrasyonu yapılacak terazînin bulunduğu zeminin sert, titreşimden uzak ve yine terazî üzerinde bulunan su terazîsi yardımıyla 4 köşesi arasında yükseklik farkı olup olmadığı kontrol edilmeli ve kalibrasyonun tamamen dengede olduğunda yapılması, ayrıca kalibrasyonu yapılan terazînin konumu değiştirmeden ölçümlerde kullanılması en doğru ölçüm sonuçlarını verecektir. Ölçümü yapılan terazînin yük kapasitesine göre kullanılan kütle setleri, ölçüm değerlerine göre farklı tolerans değerleri gösterdiğinden belirsizlik değerine etkisi önemli seviyededir. Dolayısıyla ölçümlerde kullanılan kütle setlerinin de kalibrasyonlarının da sıklıkla yapılması uygundur.

Literatürde yapılan çalışmalarda benzer test ölçümlerinin yapıldığı ve ölçümlerimizdeki gibi belirsizlik değerinin yük miktarı ile birlikte arttığı görülmüştür. (13,82,83,84)

5.4. Etüv

Etüv ölçüm sonuçlarında sapmalar ve belirsizlik değerleri farklılıklar göstermiştir. Ölçümlerin alınmasına cihazın set edilen sıcaklık (105 °C) değerine ulaşmasından 30 dakika sonra başlanmış ve her bir termokuplun ölçtüğü minimum ve maksimum değerler Agilent 34970A etüv kalibratörü cihazı ile kaydedilmiştir. En düşük sıcaklık değeri 4. ölçümde 105,28 °C, en yüksek sıcaklık değeri 9. ölçümde 108,31 °C olarak ölçülmüştür. En küçük belirsizlik değeri 6. ölçümde 1,33 °C, en büyük belirsizlik değeri ise 7. ölçümde 1,94 °C olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan ölçüm sonucunda etüv ısıtıcısının cihazın her yerini eşit şekilde ısıtamadığı görülmüştür. Referans termometre ile cihazda okunan maksimum ve minimum sıcaklık değerleri, cihaz içerisinde okunan ortalama sıcaklık, zamansal sıcaklık dağılımı belirsizliği etkileyen değişken parametrelerdir.

Literatürde de belirtildiği üzere kalibrasyon ölçümü yapılan cihazın kalibrasyon değerlendirilmesi için kalibrasyon belirsizliği ile üretici firmanın beyan ettiği hata payı karşılaştırılmalıdır. Ancak belirsizliğin, cihazın üretici hata payından küçük olması halinde kalibrasyonunun uygun olduğu belirlenebilir (13, 85).

5.5. Otoklav

Otoklav kalibrasyonunda sıcaklık ölçümleri sabit basınç değeri altında yapılmıştır. Ölçümlerin alınmasına cihazın set edilen sıcaklık (100 °C) değerine ulaşmasından 30 dakika sonra başlanmış ve her bir termokuplun ölçtüğü minimum ve maksimum değerler Agilent 34970A etüv kalibratörü cihazı ile kaydedilmiştir. En düşük sıcaklık değeri 5. ve 8. ölçümlerde 100,86 °C, en yüksek sıcaklık değeri 10. ölçümde 101,47 °C olarak ölçülmüştür. Söz konusu değişimlerde genişletilmiş belirsizlik kullanılarak yuvarlama yapıldığından belirsizlik değeri 10 ölçüm için de aynı olmuştur. Yapılan ölçüm sonucunda otoklavın cihazın her yerini eşit şekilde ısıtamadığı görülmüştür. Referans termometre ile cihazda okunan maksimum ve minimum sıcaklık değerleri, cihaz içerisinde okunan ortalama sıcaklık, zamansal sıcaklık dağılımı belirsizliği etkileyen değişken parametrelerdir.

Literatürde de belirtildiği üzere kalibrasyon ölçümü yapılan cihazın kalibrasyon değerlendirilmesi için kalibrasyon belirsizliği ile üretici firmanın beyan ettiği hata payı

karşılaştırılmalıdır. Ancak belirsizliğin, cihazın üretici hata payından küçük olması halinde kalibrasyonunun uygun olduğu belirlenebilir (13, 85).

5.6. Su Banyosu

Ölçümlerin alınmasına cihazın set edilen sıcaklık (80 °C) değerine ulaşmasından sonra başlanmış ve beş adet termokuplun ölçtüğü minimum ve maksimum değerler Agilent 34970A etüv kalibratörü cihazı ile kaydedilmiştir. En düşük sıcaklık değeri 4., 7. ve 10. ölçümlerde 80,73 °C, en yüksek sıcaklık değeri 1. ölçümde 81,55 °C olarak ölçülmüştür. Söz konusu değişimlerde genişletilmiş belirsizlik kullanılarak yuvarlama yapıldığından belirsizlik değeri 5 ölçüm için de aynı olmuştur. Yapılan ölçüm sonucunda su banyosu ısıtıcısının suyun her yerine eşit şekilde dağılmadığı görülmüştür. Bunun başlıca sebebinin suyun her sıcaklıkta buharlaşabilmesi, dolayısıyla kaynama noktasına yakın bir sıcaklığa set edilen su banyosunda buharlaşmanın daha hızlı olmasından kaynaklanmaktadır. Referans termometre ile cihazda okunan maksimum ve minimum sıcaklık değerleri, cihaz içerisinde okunan ortalama sıcaklık, zamansal sıcaklık dağılımı belirsizliği etkileyen değişken parametrelerdir (13, 85).

5.7. Buzdolabı ve derin dondurucu

Buzdolabı ve derin dondurucu ölçümleri kan bileşenleri için ideal saklama sıcaklık aralığındaki yani +2 °C ile +6 °C arasındaki bir değerde + 4 °C’ de yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde en büyük sapmanın 0,22 °C olduğu görülmüştür. Belirsizlik değeri ise 10 ölçümde 0,67 °C ve 0,68 °C olarak değişkenlik göstermiştir. Bu ölçümlerde de etüvde yapılan ölçüm sisteminin aynısı uygulanmıştır. Cihaz içerisindeki 10 farklı noktaya yerleştirilen sıcaklık sensörlerinin kalibrasyon sırasında kaydettiği minimum ve maksimum sıcaklık değerleri ayrıca bu süre içerisindeki sıcaklık dalgalanmaları kayıt altına alınarak belirsizlik değeri belirlenmiştir. Yapılan ölçüm sonucunda soğutma özelliğinin cihazın her yerine eşit şekilde etki etmediği görülmüştür. Belirsizlik değerindeki değişimlere sebep olan etkenler; sensörlerin yerleştirildiği noktalar ve bunun birlikte test cihazındaki sıcaklık dalgalanmalarıdır. Bunların dışında kalan etkenler belirsizlik değerine sabit olarak eklenmektedir.

Literatürde sıcaklık dağılımının eşit olmadığı dolayısıyla belirsizliği etkileyen başlıca parametrenin tekrarlanabilirlikten gelen belirsizlik olduğu görülmüştür. Bu durum çalışmamız ile benzerlik göstermektedir (13, 85).

5.8. Pipet

Pipet ölçüm sonuçlarında belirsizlik değerleri arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. En küçük belirsizlik değerinin 2. ölçümde 7 μ l, en büyük belirsizlik değerinin 5. ölçümde 17 μ l olduğu görülmüştür. Benzer şekilde en küçük sapma değerinin 2. Ölçümde -0,2650 ml, en büyük sapma değerinin 10. ölçümde -0,2757 ml olduğu görülmüştür. Buradaki “(-)” değeri aşağı yönde olduğunu göstermektedir. Yani kalibrasyonu yapılan pipet ile 100 ml sıvı alındığında referans göstergesi 100,2650 (ölçüm 2) olmaktadır. Bu nedenle bu pipetle ölçüm yapılırken 100 ml ‘lik bir ölçüm yapıldığında 99,735 ml ‘lik bir değer tam olarak 100 ml ‘ye karşılık gelecektir (ölçüm 2). Ölçüm sonuçlarındaki farkların oluşmasındaki en büyük etken sıcaklıktır. Çünkü sıcaklık teraziye, suyun sıcaklığına ve buna bağlı olarak kapladığı hacme, hava sıcaklığına, havadaki nem değerine direkt olarak etki etmektedir. Dolayısıyla tekrarlanabilirliği etkilediğinden ölçüm belirsizliği de değişmektedir. Ölçüm sonuçlarında verilen değerler alınan üç ölçümün ortalamasıdır. Referans terazinin belirsizliği, terazi lineeritesinden gelen belirsizlik, terazi çözünürlüğü gibi etkenler yapılan 10 ölçüm içinde aynı değer olduğundan tüm sonuçlara aynı değer de etki etmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalarda sıcaklığın önemli ölçüde belirsizlik değerini etkilediği görülmüştür. Özellikle düşük hacimli ölçümlerde suyun sıcaklığındaki değişimler suyun hacmine de etki etmektedir. Çalışmamızda da belirsizlik değerini en büyük ölçüde etkileyen parametrenin suyun sıcaklığı olduğu görülmektedir (86).

5.9. Santrifüj

Santrifüj ölçümlerinde; 1000-4000 rpm değerleri arasında 4 farklı değer de ölçüm yapılmıştır. Aynı ölçüm noktaları, tekrarlanabilirlikten meydana gelen sapmalar gösterse de belirsizlik değerlerini etkilememiştir. Belirsizlik bütçesinde değişken olan tek unsur tekrarlanabilirliktir. Referans takometrenin belirsizliği ve kalibrasyonu yapılan santrifüjün çözünürlüğünden gelen belirsizlik bileşeni sabittir. Ancak ölçüm noktalarındaki farklılıklar belirsizlik değerlerini etkilemiştir. Minimum değerde; yani 1000 rpm’ de $\pm$ 5,860 rpm olduğu görülürken, maksimum değerde; yani 4000 rpm’ de $\pm$ 7,024 rpm olduğu görülmüştür.

Literatürde de rpm değeri arttıkça belirsizlik değerinin de arttığı görülmektedir. Söz konusu durum çalışmamızla uygunluk göstermektedir. (87).

5.10. Termokupl

Termokupl ölçümleri -20 °C ile 500 °C arasında 8 ayrı ölçüm noktası belirlenerek yapılmıştır. 200 °C'ye kadar küçük kapasiteli kuru blok 200 °C'den 500 °C'ye kadar da yüksek kapasiteli kuru blok kullanılmıştır. 200 °C'ye kadar olan ölçümlerde en fazla -0,49 °C'lik bir sapma gözlemlenmiş ve bu en fazla sapma değerine kadar karşılık gelen belirsizlik değeri 0,31 °C'de sabit kalmıştır. 200 °C ve üzerindeki ölçümlerde yüksek kapasiteli kuru blok kullanılmıştır. Bu değerlerdeki ölçümlerde en fazla 1,0 °C'lik sapma gözlemlenmiş ve bu en fazla sapma değerine karşılık gelen belirsizlik değeri de 0,83 °C'de sabitlenmiştir. Ölçüm sonuçlarını etkileyecek birkaç değişken vardır. Bunlar; tekrarlanabilirlik, bloğun sıcaklık dalgalanmasıdır. Bunların dışındaki referans termometrenin belirsizliği, blokların belirsizliği, daldırma derinliği, referans termometrenin çözünürlüğü gibi değerler belirsizlik değerinin oluşmasına sabit etkide bulunmaktadır. Görüldüğü üzere kalibrasyon sonrası çıkan belirsizlik değerleri ölçüm sonuçlarını etkileyecek büyüklükte değildir (75,76, 81).

5.11 pH Metre

pH metre ölçümleri üç farklı referans solüsyon kullanılarak ve oda sıcaklığı 20 °C' de sabit tutularak yapılan ölçümlerde sapmanın en düşük 0, en yüksek ise 0,15 olduğu gözlemlenmiştir. pH metre kalibrasyonunda belirsizliği etkileyen parametrelerden çoğu sabittir. Referans solüsyon belirsizliği, referans termometre belirsizliği ve cihazın çözünürlüğünden gelen belirsizlik tüm ölçümlere sabit bir değer olarak yansımıştır. Toplam belirsizliği etkileyen tek parametre test pH metrenin tekrarlanabilirliğinden gelen belirsizlik değeridir. Sapma değerlerinin oldukça düşük olması ve toplam belirsizlik değeri hesaplanırken genişletilmiş belirsizlik değeri verildiğinden, toplam belirsizlik değerleri tüm ölçümlerde aynı olmuştur (77,78).

5.12. Kül fırını

Kül fırını ölçümleri yüksek sıcaklıklarda 900 °C ile 1100 °C arasında 3 farklı noktada yapılmıştır. Kalibrasyon aşamasında bu sıcaklıklarda ölçüm yapabilen S tipi termokupl ve bunun göstergesi olarak kullanılan tek kanallı Fluke 714 kalibratör kullanılmıştır. Ölçüm sonuçlarına bakıldığında en fazla 1,60 °C'lik bir sapma görülmüştür. S tipi termokupldan ve göstergesinden gelen belirsizlik değeri 10 ölçüm sonuçlarına da sabit olarak etki etmektedir. Sıcaklık dalgalanması ve tekrarlanabilirlik ise değişkenliği yaratan unsurlardır. Bununla birlikte genişletilmiş belirsizlik değeri kullanılarak yuvarlama yapıldığından ölçüm sonuçlarındaki belirsizlik değeri 3,32 °C'de sabit kalmıştır (89,90).

6. SONUÇ

Adli Bilimler Laboratuvarlarında kullanılan ölçüm cihazlarının kalibrasyonun yapılması bilirkişilik hizmeti veren bu birimlerin doğru ve güvenilir sonuçlar vermesi açısından son derece önemlidir. Çalışmamızda Adli Bilimler Laboratuvarlarında sıklıkla kullanılan cihazlar seçilerek kalibrasyon aşamaları teker teker incelenmiş ve her biri için belirsizlik prosedürleri hazırlanarak hesaplamalar yapılmış ve ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Tüm ölçüm cihazlarının kalibrasyon prosedürleri belirlenmesinde, belirsizlik bütçesine etki eden faktörlerin belirlenmesi önem taşımaktadır. Aynı cihaz için farklı tarihlerde yapılan ölçümlerde belirsizlik değerine sabit olarak etki eden bazı parametreler bulunmaktadır. Önemli olan başlıca belirsizlik kaynakları olarak; referans standartlar, referans malzemeler, metotlar, teçhizatlar, çevre şartları, numune ve cihazların özellikleri ile numune ve cihazların durumu sayılabilmektedir. Ayrıca tüm cihazlar için belirsizlik sonuçları verilirken, genişletilmiş belirsizlik kullanılmış ve yapılan kalibrasyon işleminin daha doğru sonuç vermesi amaçlanmıştır.

Ölçüm belirsizliğinin belirlenmesi, Adli Bilimler laboratuvarlarının bilirkişilik hizmetlerinin hangi ölçüde güvenilir olduğunun belirlenmesi ve kendi çalışmalarını değerlendirme imkânı sağlaması açısından önemlidir. Ölçüm belirsizliğinin belirlenme süreci, hangi belirsizlik bileşenlerinin daha etkili olduğunu, böylece nerelerde, test yönteminin hangi aşamalarında iyileştirmelere gerek olduğunu göstermesi açısından faydalı olmuştur. Özellikle çalışmamızda sık kullanılan laboratuvar cihazlarının belirsizlik bileşenleri ayrıntılı şekilde belirlenmiş, dünya genelinde kabul gören belirsizlik hesaplama rehberlerinden yararlanılmış ve kullanıcıdan kaynaklanan hatalar dışında ayrıntılı bir hesaplama yapılmıştır.

Laboratuvarlarda bulunan cihazların yetkili personel tarafından kullanılması, kullanılan tüm cihazlar oluşturulacak bir kalite yönetim sistemi tarafından cihazların kapasitesi, kullanıldığı ortam ve kullanım yoğunluğu gibi durumlar göz önünde bulundurularak periyodik bakımlarının zamanında yapılması doğru ölçüm sonuçları alınması açısından metotlar kadar önemlidir.

Kalibrasyon sıklığı genellikle ölçüm cihazının kullanım sıklığı, hata payları, üretici firmanın cihaz için vermiş olduğu öneriler, kullanıcının tecrübesi, ortam şartları ile ulusal ve uluslararası standartlar dikkate alınarak belirlenmelidir.

Kalibrasyon işlemi sonrasında hata payları, olması gereken sınırların dışında olduğu belirlenen ölçüm cihazları kullanım dışı bırakılarak, daha önce hesaplanan ölçüm sonuçları

tekrar değerlendirilmelidir. Cihaz ölçümlerinde tespit edilebilen tolerans dışı sapmaların varlığı durumunda inceleme ve analizler durdurulmalı, o cihazla daha önce yapılmış olan ölçümlere etkisi araştırılmalı böylece uygun olmayan için kontrolü sağlanmalıdır.

Kalibrasyon işlemi ile hesaplanan belirsizlik değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olması, belirsizlik bütçesinde belirlenen parametrelerin doğru olduğunu göstermektedir.

ÖZET

Bu çalışmada Adli Bilimler Laboratuvarlarında kullanılan ölçüm cihazlarının kalibrasyon parametrelerinin belirlenerek, en doğru ve güvenilir sonuçların alınmasını sağlayacak kalibrasyon prosedürlerinin hazırlanması ve uygulanan prosedürler neticesinde elde edilen sonuçların yorumlanarak elde edilen verilerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmanın genel bilgiler bölümünde; metrolojinin tarihsel gelişimi ve metrolojinin konu alanları açıklanmış, ölçüm standartları, sertifikalı referans malzemeler, izlenebilirlik, kalibrasyon, belirsizlik ve test gibi kavramlar hakkında bilgiler verilmiştir. Metrolojik yapılanmanın nasıl gerçekleştiği, Türkiye ve dünya yapılanmasının hangi basamaklardan ve hangi kurumlardan oluştuğu ve bu kurumların görev ve sorumluluk alanları belirtilmiştir.

Adli Bilimler Laboratuvarlarında sıklıkla kullanılan 12 cihaz belirlenerek, cihazların özellikleri ve çalışma prensiplerinden bahsedilmiştir. Kalibrasyon işlemi uygulanacak cihazlar için kalibrasyon parametreleri belirlenmiş ve kalibrasyon prosedürleri hazırlanarak hesaplama basamakları gösterilmiştir.

Söz konusu ölçüm cihazları için farklı zamanlarda 10 ayrı ölçüm yapılmış ve elde edilen sonuçlar her bir ölçüm için tablo şeklinde verilerek belirsizlik değerleri hesaplanmıştır.

Sonuç bölümünde; hesaplanan belirsizlik değerlerinin ölçüm sonuçlarını nasıl etkilediği, sonuçların kullanılabilir ve güvenilir olup olmadığının değerlendirilmiştir. Ayrıca belirsizlik değerlerinin sonuçlar yorumlanırken nasıl kullanılacağı ve cihazların kullanılabilir ölçüm sonuçları verip vermediğinin değerlendirilmiştir.

SUMMARY

The purpose of this study is to set up the calibration procedures providing the most accurate and reliable results through determining the calibration parameters of measuring devices used in Forensic Science Laboratories, and to explicate and evaluate these results attained by applied procedures truthfully.

The general information section of the study highlights the historical development and subject fields of metrology, and concepts such as measurement standards, certified reference materials, traceability, calibration, uncertainty and test. Effectuation of metrological construct, the steps and institutions building the Turkish and global construct, and the duty and responsibility fields of these institutions are indicated.

Frequently used 12 devices in Forensic Science Laboratories are identified, features and working principles of these devices are referred. Calibration parameters for devices to be calibrated are defined, calibration procedures are designed and calculation steps are demonstrated.

10 separate measurements are made at different time periods for the measuring devices in question. The obtained results are submitted tabular for each specific measurement and uncertainty values are calculated.

In conclusion, the effect of calculated uncertainty values on measurement results, and the disposability and reliability of these results are examined. In addition, how to utilize uncertainty values during the interpretation of results and whether the devices provide useable measurement results are estimated.

KAYNAKLAR

1. Metrology in Short, 3.rd Edition, July 2008.
2. İ.Koçaş “Geçmişten Günümüze Ölçü Birimleri Ve Metroloji” TÜBİTAK Bilim ve Teknik, sayfa 28-33, Ekim 2009.
3. TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu), (2010), Tübitak Mam Çevre Enstitüsü Ders Notu, TS EN ISO/IEC 17025 Standardına Göre Laboratuvar Akreditasyonu ve Çevre Laboratuvarı Uygulamaları.
4. Karaca, Mehmet (Ed.) Adli DNA Analiz Teknikleri, Ankara: Emniyet Genel Müdürlüğü Basımevi (2009).
5. Crime Scene to Court: The Essentials of Forensic Science, 2nd ed 2004 . Author(s): White, P. C.
6. Clair, Jami, (2003), Crime Laboratory Management, Academic Press, London.
- 7.http://www.science.oas.org/OEA_GTZ/LIBROS/METROLOGIA/english/met_pres..pdf
8. BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML: International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms, rd edition, 2008, JCGM 200:2008, also published by ISO as ISO/IEC Guide 99-12:2007 International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated
9. NMI M 10-2 Meters Intended for the Metering of Water in Full Flowing Pipes. Part (2009) 2: Methods of Testing for Pattern Approval and Initial Verification
10. European Co-Operation for Accreditation, EA-4-14: The Selection and Use Of Reference Materials, 2003
11. D.Yücel, Ölçüm Belirsizliği ve Laboratuvar, yıl 1, sayı 2, s. 30 - 32, 2003
12. JCGM 100:2008, Evaluation of Measurement Data- Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), JCGM, 2008
13. EA-4/02, Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration, European Accreditation, December 1999
14. Elements for a Law on Metrology, Edition 2004 (E)
15. 1. Ulusal Ölçübilim Kongresi Bildiriler Kitabı 19-20 Ekim 1995.

16. BIPM: The International System of Units, 8th edition 2006.
17. CIPM/2005-06REV; The CIPM MRA: 2005 Interpretation Document
18. CIPM MRA-G-01; Guide to the implementation of the CIPM MRA
19. CIPM/2005-05; Services available to Associates States and Economies of the CGPM and their participation in the CIPM MRA
20. CIPM/2009-24; Traceability in the CIPM MRA.
21. EURAMET: EURAMET e.V. - In Short, www.euramet.org/index.php?id=euramet-in-short
22. https://www.ilac.org/documents/Bro_english/ILAC_MRA_English.pdf, Erişim tarihi (31.10.2013)
23. ILAC-P12:04/2009; Harmonisation of ILAC Work with the Regions
24. www.oiml.org
25. Convention Establishing an International Organisation of Legal Metrology, January 2000
26. Uluslararası Yasal Metroloji Teşkilatı (OIML) ve bünyesinde bulunan Uluslararası Yasal Metroloji Komitesi (OIML), T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 14.09.2011
27. Framework for a Mutual Acceptance Arrangement on OIML Type Evaluations, 2011
28. <http://www.iupap.org/> Erişim Tarihi (01.11.2013)
29. <http://www.iupac.org/> Erişim Tarihi (01.11.2013)
30. The EA Press Kit for Press aimed at direct and potential customers
31. WELMEC – An Introduction, sayfa 2-11, Mart 2011.
32. Memorandum of Understanding between EA and WELMEC, Mayıs 2009
33. Memorandum of Understanding between EUROMET and WELMEC, Mayıs 2010
34. Prof. Horst Czichos, Overview of EUROLAB 2012, January 2012.
35. Articles contained within the Eurachem Memorandum of Understanding, Effective from June 26, 1990; amended May 24, 2000; amended December 10, 2007; amended May 27 2009.
36. Memorandum of Understanding COOMET, 12 June 1991.
37. <http://www.sim-metrologia.org.br/structure.phpmetrology> Erişim tarihi (01.11.2013).
38. Memorandum of Cooperation between the Organization of Legal Metrology (OIML) and Interamerica System Of Metrology, October 31st, 1997.

39. <http://www.iaac.org.mx> Erişim tarihi (01.11.2013).
40. IAAC AD 001/09, Memorandum of Understanding Date of Issue: September 4, 2009.
41. <http://www.apmpweb.org> Erişim tarihi (01.11.2013).
42. Memorandum Of Understanding of the Asia Pacific Metrology Programme (APMP), Adopted at the 26th APMP General Assembly on November 19, 2010.
43. www.aplac.org Erişim tarihi (01.11.2013).
44. APLAC SEC 052 Aplac Constitution Issue No. 3 Issue Date: 09/10.
45. <http://www.aplmf.org> Erişim tarihi (01.11.2013).
46. Memorandum of Understanding of the Asia-Pacific Legal Metrology Forum, Effective Date of Agreement: 1 September 1999.
47. <http://www.afrimets.org>, Erişim tarihi (01.11.2013).
48. Memorandum Of Understanding Inter-Africa Metrology System (AFRIMETS) rev 06/July 2007.
49. <http://www.sadcmets.org>, Erişim tarihi (01.11.2013).
50. <http://www.sadca.org>, Erişim tarihi (01.11.2013).
51. Southern African Development Community Cooperation In Accreditation (SADCA) by Laws March 2012.
52. Birol ALTAN, Türkiye'de Ulusal Metroloji Merkezi Kurulması zerinde İnceleme, TÜBİTAK MAE, Gebze, 1982
53. Çerçeve Yönetmelik 17.10.2001 tarih ve 24556 sayılı Resmi Gazete.
54. TUBİTAK UME Laboratuvarları tanıtım kitapçığı, Nisan 2013.
55. Metroloji Ve Standardizasyon Genel Müdürlüğü Kuruluş Ve Görevleri, Mayıs 2012.
56. 27/10/1999 tarihli ve 4457 sayılı Türk Akreditasyon Kurumu Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun.
57. Türk Standartları Enstitüsü Kuruluş Kanunu 18.11.1960 tarih ve 132 numaralı kanun.
58. Barry N. Taylor and Ambler Thompson NIST Special Publication 330 The International System of Units (SI) 2008 Edition.
59. Ambler Thompson and Barry N. Taylor, NIST Special Publication 811 Guide for the Use of the International System of Units (SI) 2008 Edition.

60. Harland, Philip W., Pressure Gauge Handbook, Ametek US Gauge, ISBN:0-8247-8613-0.
61. Buonanno G., Ficco G., Giovinco G.f Molinar G. F.f ed: Buonanno G., Molinar G. F., Ten Years of Experience in Modelling Pressure Balances in Liquid Media up to Few GPa,, Frosinone, Italy, p. 17- 19, 2007.
62. Techniques of Temperature Measurement, NPL Course Lecture Notes, 1996
63. Quinn T. J., Temperature, Second Edition, 1983
64. G2KU-10 K tle Eğitim Notları TUB TAK, UME.
65. G2KU-30 Temel K tle ve Terazı Eğitim Notları TUB TAK, UME.
66. MEGEP (MESLEK  EğTİM VE  ğRETİM SİSTEMİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ) BİYOMEDİKAL C HAZ TEKNOLOJİLERİ ETÜV C HAZLARI, ANKARA 2008.
67. BEREKET Metin, Engin TEK N, Atölye ve Laboratuvar I, Mavi Kitaplar Yayınevi, 2003.
68. ALPASLAN Prof.Dr. Gökhan Hakkı, Sterilizasyon Yöntemleri ve Sterilizasyon Cihazları.
69. T.C Milli Eğitim Bakanlığı Gıda Teknolojisi Kimya Laboratuvarında Analiz  ncesi Hazırlıklar Ankara,2010.
70. ALVUR Adam, Bahattin ALVUR, Muhlise ALVUR , Abdülkerim BEDİR, Sevgi ESK OCAK, Kemal ERDEML , Laboratuvar Aletleri, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2000.
71. <http://www.biostorage.com> Erişim tarihi (07.11.2013).
72. Ayşegül AKBAY, Dr. Yeşim  ZTAş, Dr. Gülendam BOZDAYI, Klinik Laboratuvarlarda Genel Kavramlar, Ankara 2000.
73. http://tr.mt.com/tr/tr/home/products/level1_pipettes.html, Erişim tarihi (07.11.2013).
74. Gülşen YILMAZ, Santrifüj Teknikleri ve Santrifüjler, Ankara 2009.
75. Mustafa ÖZCAN Yüksek Lisans Tezi Sıcaklık Algılayıcılarının İncelenmesi, Kalibrasyonu ve Cam Sanayinde Uygulanması, İstanbul 2004.
76. <http://www.thermometricscorp.com/thermocouple.html>, Erişim tarihi (07.11.2013).
77. pH Theory and Practice, Radiometer Analytical S.A. , France, 2001.
78. <http://tetraisi.com/teknik/firinlar-hakkinda-bilgi/> Erişim tarihi (07.11.2013).
79. Electric Heating Element Handbook, Sweden 1999.

80. EURAMET cg-17, Guidelines on the Calibration of Electromechanical Manometers Version 2.0 (03/2011).
81. EURAMET cg-8 Calibration of Thermocouples Version 2.1 (10/2011).
82. EURAMET/cg-18/v.02 Guidelines on the Calibration of Non-Automatic Weighing Instruments.
83. TURKAK-R20.12 Otomatik Olmayan Elektronik Terazilerin Kalibrasyonu için Rehber
84. EA 10/18
85. DKD-R 5-7 Guideline Calibration of Climatic Chambers Edition 07/2004, English translation 02/2009.
86. EURAMET cg-19 Guidelines on the determination of uncertainty in gravimetric volume calibration Version 2.1 (03/2012).
87. Centrifuge Calibration Verification – Guidelines, SMILE Johns Hopkins University Baltimore, MD USA.
88. T-PHCAL-E 0808 RevA pH Calibration Procedure for Optimal Measurement Precision Thermo Scientific.
89. http://www.labcompare.com/1068-Thermocouple-Calibration-Furnace/2983-1200C-Thermocouple-Calibration-Furnace/?ncatid=1068&ppim=2983_1_0 Erişim Tarihi (11.11.2013)
90. Ruchi Nayak, Arun Kumar, Anup Mishra, Furnace Temperature Control & Calibration of Thermocouple Using Digital Temperature Controller, Vol 2, No.6, 2012.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Yusuf Uğur POLAT

Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul - 26.08.1985

İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladıktan sonra; 2008 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünden mezun oldu. 2010 yılında Bilecik POMEM'de Polis Meslek Eğitimini tamamladı. 2008 yılında İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı. Balistik İnceleme konusunda yaklaşık 3 yıl görev yapmış olup, halen Kriminal Dairesi Başkanlığına bağlı İstanbul Kriminal Polis Laboratuvarı Müdürlüğü'nde görev yapmaktadır.