

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONSTRÜKSİYON VE İMALAT BİLİM DALI**

TRAVMA TEST CİHAZI TASARIMI VE İMALATI

Gökhan EYİCİ

**Danışman
Prof. Dr. Enver ATİK**



MANİSA-2019

TEZ ONAYI

Gökhan EYİCİ tarafından hazırlanan "**Travma Test Cihazı Tasarım Ve İmalatı**" adlı tez çalışması 20/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

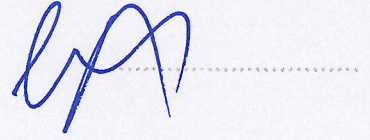
Danışman

Prof. Dr. Enver ATİK
Manisa Celal Bayar Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cüneyt TEMİZ
Manisa Celal Bayar Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mehmet ÇEVİK
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi



TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Gökhan EYİCİ



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
TABLO DİZİNİ	IX
TEŞEKKÜR.....	X
ÖZET.....	XI
ABSTRACT.....	XII
1. GİRİŞ	1
2. TIP ALANINDA KULLANILAN CİHAZLAR	3
2.1 Tıbbi Cihaz Kavramı ve Önemi	3
2.2 Tıbbi Cihazların Tarihsel Gelişimi	5
2.3 Tıbbi Cihazların Sınıflandırılması	6
2.3.1 Tıbbi Cihaz Yönetmeliğine Göre	7
2.3.2 Tıbbi Cihazların Genel Olarak Sınıflandırılması	7
3. TRAVMA	8
3.1 Travmanın Tanımı	8
3.2 Travma Çeşitleri	8
3.2.1 Künt travmalar	8
3.2.2 Penetran travmalar	8
3.2.2.1 Düşük enerjili	8
3.2.2.2 Orta enerjili.....	8
3.2.2.3 Yüksek enerjili travmalar	8
3.2.2.3.1 Saldırı silahları	9
3.2.2.3.2 Av tüfekleri	9
3.2.3 Blast yaralanmalar	9
3.2.3.1 Primer yaralanmalar	9
3.2.3.2 Seconder yaralanmalar	9
3.2.3.3 Tersiyer yaralanmalar	9
3.2.4 Diğer travma çeşitleri.....	9
3.2.4.1 Psikolojik travmalar.....	9
3.2.4.2 Post travmatik stres bozukluğu.....	9

3.2.4.3 Multipl (çoklu) travma	9
3.3 Travma Mekanizmaları	10
3.3.1 Kavite oluşumu	10
3.3.2 Yüksek basınç	10
3.3.3 Yırtılma	10
3.3.4 Sıkışma	10
3.4 Travma Ölçüm Yöntemleri	11
4 MATERYAL VE YÖNTEMLER	12
4.1 MATERYAL	14
4.1.1 Ana gövde ve ayaklar	14
4.1.2 Motor	15
4.1.3 Step motor sürücüsü	17
4.1.4 Vidalı Mil ve Lineer Kızak	18
4.1.6 Mesafe Sensörü	20
4.1.7 Loadcell (yük hücresi) ve loadcell amplifikatörü	22
4.1.9 Fiziksel Programlama	24
4.1.10 Microsoft Visual Studio	24
4.1.11 Tutucu (montaj) Aparatları	29
4.1.12 Travma darbe uçları	30
4.1.13 Güç Kaynağı ve Ayarlanabilir Voltaj regülatörü	33
4.2 YÖNTEM	34
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	36
SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKÇA	69
EKLER	73
ÖZGEÇMİŞ	76

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

GHTF	Global Uyumlaştırma Çalışma Grubu
AB	Avrupa Birliği
KBB	Kulak Burun Boğaz
ISS	Yaralanma Şiddet Skoru (Injury Severity Score)
Kg	Kilogram
g	Gram
mm	Milimetre
DC	Doğru Akım
Mhz	Mega Hertz
V	Volt
A	Amper
mNm	Millinewton metre
CNC	Bilgisayarlı Nümerik Kontrol (Computer Numerical Control)
ASIA	Amerikan Spinal Kord Yaralanma Grubu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Tıbbi cihazlar	5
Şekil 2. İşitme Cihazların Teknoloji ile Gelişimi	6
Şekil 3. Travma Ölçüm Yöntemleri fotoğrafları	11
Şekil 4. Travma Test Cihazı katı modeli.....	13
Şekil 5. Travma Test Cihazı.....	13
Şekil 6. Travma test cihazı kısımları.....	14
Şekil 7. Motor Çeşitleri	16
Şekil 8. Travma test cihazı step motoru	16
Şekil 9. Step Motor Sürücü	17
Şekil 10. Vidalı Miller	18
Şekil 11. Vidalı mil ve somun.....	19
Şekil 12. Lineer Kızak ve araba	19
Şekil 13. Sensör Çeşitleri	20
Şekil 14. HC-SR04 Ultrasonik Mesafe Sensörü	22
Şekil 15. 1 kg yük kapasiteli loadcell	23
Şekil 16. HX711 loadcell amplifikatörü	23
Şekil 17. Visual Studio IDE	25
Şekil 18. Travma Test Cihazı Çalışma Algoritması.....	26
Şekil 19. Travma Test Cihazı Ara Yüz Algoritması	27
Şekil 20. Ara yüz port ayarları	28
Şekil 21. Ara yüz giriş parametreleri	28
Şekil 22. Mesafe sensörü sabitleme aparatı	29
Şekil 23. Loadcell sabitleme aparatı	29
Şekil 24. Travma oluşturuç uçları	30
Şekil 25. Travma ucunun kısımları	30
Şekil 26. 2 mm Travma oluşturuç uç	31
Şekil 27. 5 mm Travma oluşturuç uç	31
Şekil 28. 10 mm Travma oluşturuç uç	32
Şekil 29. 20 mm Travma oluşturuç uç	32
Şekil 30. Ayarlanabilir Voltaj regülatörü.....	33
Şekil 31. Travma test cihazı hamur numuneleri	34
Şekil 32. Travma test cihazı ekstrude polistren numuneleri	34

Şekil 33. Güvenirlik analizi normal dağılım fonksiyonu grafiği	38
Şekil 34. 50 g yükte elde edilen sonuçların güvenirlik analizi grafiği dağılım fonksiyonu.....	38
Şekil 35. 100 g yükte elde edilen sonuçların güvenirlik analizi grafiği dağılım fonksiyonu.....	39
Şekil 36. 200 g yükte elde edilen sonuçların güvenirlik analizi grafiği dağılım fonksiyonu.....	39
Şekil 37. 250 g yükte elde edilen sonuçların güvenirlik analizi grafiği dağılım fonksiyonu.....	40
Şekil 38. 500 g yükte elde edilen sonuçların güvenirlik analizi grafiği dağılım fonksiyonu.....	40
Şekil 39. 2 mm travma ucu ile 50 g için bir tekrar için hamur numune travma parametreleri	42
Şekil 40. 2 mm travma ucu, 50 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	42
Şekil 41. 2 mm travma ucu ile 50 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri	43
Şekil 42. 2 mm travma ucu, 50 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	43
Şekil 43. 2 mm travma ucu ile 250 g için bir tekrar için hamur numune travma parametreleri	44
Şekil 44. 2 mm travma ucu, 50 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	44
Şekil 45. 2 mm travma ucu ile 250 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri	45
Şekil 46. 2 mm travma ucu, 250 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	45
Şekil 47. 5 mm travma ucu ile 250 g için bir tekrar için hamur numune travma parametreleri	46
Şekil 48. 5 mm travma ucu, 250 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	46
Şekil 49. 5 mm travma ucu ile 250 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri	47

Şekil 50. 5 mm travma ucu, 250 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	47
Şekil 51. 10 mm travma ucu ile 250 g bir tekrar için hamur numune travma parametreleri	48
Şekil 52. 10 mm travma ucu, 250 g kuvvet, bir tekrar altında oluşturulan hamur numune travma derinliği	48
Şekil 53. 10 mm travma ucu ile 250 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri	49
Şekil 54. 10 mm travma ucu, 250 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	49
Şekil 55. 2 mm travma ucu ile 250 g bir tekrar için ekstrude polistren travma parametreleri	50
Şekil 56. 2 mm travma ucu, 250 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği	50
Şekil 57. 2 mm travma ucu ile 250 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri	51
Şekil 58. 2 mm travma ucu, 250 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği	51
Şekil 59. 2 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için hamur numune travma parametreleri	52
Şekil 60. 2 mm travma ucu, 500 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	52
Şekil 61. 2 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar hamur numune travma parametreleri	53
Şekil 62. 2 mm travma ucu, 500 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	53
Şekil 63. 5 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için hamur numune travma parametreleri	54
Şekil 64. 5 mm travma ucu, 500 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	54
Şekil 65. 5 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri	55
Şekil 66. 5 mm travma ucu, 500 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	55

Şekil 67. 10 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için hamur numune travma parametreleri	56
Şekil 68. 10 mm travma ucu, 500 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	56
Şekil 69. 10 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri	57
Şekil 70. 10 mm travma ucu, 500 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	57
Şekil 71. 20 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için hamur numune travma parametreleri	58
Şekil 72. 20 mm travma ucu, 500 g kuvvet, bir tekrar altında oluşturulan hamur numune travma derinliği	58
Şekil 73. 20 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri	59
Şekil 74. 20 mm travma ucu, 500 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği	59
Şekil 75. 2 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için ekstrude polistren travma parametreleri	60
Şekil 76. 2 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği	60
Şekil 77. 2 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar için ekstrude polistren travma parametreleri	61
Şekil 78. 2 mm travma ucu, 500 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği	61
Şekil 79. 5 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için ekstrude polistren travma parametreleri	62
Şekil 80. 5 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği	62
Şekil 81. 5 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar için ekstrude polistren travma parametreleri	63
Şekil 82. 5 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği	63
Şekil 83. 2 mm travma ucu ile 500 g kuvvet altında travma derinliğinin gösterimi..	65
Şekil 84. 5 mm travma ucu ile 500 g kuvvet altında travma derinliğinin gösterimi..	65

TABLO DİZİNİ

Tablo 1: HC-SR04 Ultrasonik Mesafe Sensörü Özellikleri	21
Tablo 2: Hamur deney numunelerinin yoğunluk ölçümleri	36
Tablo 3: Güvenilirlik için alınan ölçümler, ortalamaları ve standart sapmaları	37
Tablo 4: Deney numunelerinin ortalama travma derinlik ölçümleri.....	41



TEŞEKKÜR

Çalışmanın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Enver ATİK' e teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Bilgi ve tecrübesi ile beni aydınlatan ve desteğini hiç esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Cüneyt TEMİZ' e teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğretim Üyesi Can ÇİVİ' ye, Sayın Öğr. Gör. Üzeyir KUZU' ya, Sayın Öğr. Gör. Emrah KUZU' ya ve Sayın Muhammet Mert TUNCEL' e teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında manevi desteğiyle her zaman yanımda olan değerli eşime ve öğrenim hayatım boyunca destekleyen aileme yürekten teşekkür ederim.

Gökhan EYİCİ
Manisa, 2019

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TRAVMA TEST CİHAZI TASARIMI VE İMALATI

Gökhan EYİCİ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Enver ATİK

Tasarlanan ve imal edilen Travma Test Cihazı ile travma ölçüm yöntemlerine alternatif ve travma darbelerini simüle edebilecek *yeni bir yöntem* geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Travma test cihazı ile travma kuvvetinin büyüklüğü, kuvvetin etki süresi, darbe sayısı ayarlanabilmekte ve farklı şekilde darbe uçları takılabilmektedir. Yine cihaz ile istenilen konuma travma oluşturacak darbe etki ettirilebilmektedir.

Travma test cihazında darbeyi oluşturmak için Z ekseninde lineer hareket mekanizması ve travmanın şiddetinin ölçülebilmesi için yük hücresi (loadcell) kullanılmıştır. Bunun yanında cihazın yazılımı ile sahip olduğu ara yüzü sayesinde değişken parametreler girilebilmekte, veriler kaydedilebilmektedir.

Yeni geliştirilen Travma Test Cihazı ile örnek test olarak 4 farklı travma ucu ile bir ve birden fazla darbe uygulanarak 50 g, 250 g ve 500 g yüklerde hamur ve ekstrude polistren numunelerde darbe izleri oluşturulmuş ve stereo mikroskop ile travma derinliği ölçümleri yapılmıştır.

Tasarlanıp imal edilen Travma Test Cihazı ile canlı dokulardaki travmaları oluşturacak darbeler gerçeğine yakın simüle edilebilmekte, testler yüksek güvenilirlikte yapılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Cihaz tasarımı ve imalatı, Travma, Spinal kord yaralanması

2019, 76 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESIGN AND MANUFACTURING OF TRAUMA TEST DEVICE

Gökhan EYİCİ

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Enver ATİK

The Trauma Test Device, which is designed and manufactured, is an alternative to trauma measurement methods and a new method that can simulate trauma impacts is aimed.

With The Trauma Test Device, the magnitude of the trauma force, the duration of impact of the force, the number of pulses can be adjusted and the impact ends can be inserted differently. In addition, the device can be effected with a trauma to the desired position.

In The Trauma Test Device, the linear motion mechanism in the Z axis and the loadcell were used to measure the severity of the trauma. In addition to this, the interface of the software can be used to enter variable parameters and data can be saved.

With the developed Trauma Test Device, one and more impulses were applied to the test with 4 different trauma tips, and the pulse traces were created in dough and extruded polystyrene samples at 50 g, 250 g and 500 g loads, and trauma depth measurements were made by stereo microscope.

With the designed and manufactured Trauma Test Device, the pulses that will create traumas in living tissues can be simulated close to the reality and the tests can be performed with high reliability.

Keywords: Device design and manufacturing, Trauma, Spinal cord injury

2019, 76 pages

1. GİRİŞ

Travma sonucu beyin veya omurilik gibi nöral dokuların harabiyeti ve sonucundaki doku hasarı, ne yazık ki giderek artan sayıda insanı etkilemektedir. Bu tür travmaların ölüm, felç ve yatağa bağımlı kalma gibi ciddi sonuçları vardır. Bu yaralanmaların temel nedeni trafik kazaları ve yüksekten düşme gibi, yüksek enerjili travmalardır. Travma sırasında nöral dokuya uygulanan kuvvetin büyüklüğü, dokuda hasarın derecesini belirleyen temel etkidir. Öte yandan, kuvvetin yönü, süresi ve dokuda oluşturduğu deformasyonun anatomik lokalizasyonu ve yüzey genişliği de, doku hasarı derecesinin düzeyini belirleyen önemli etkenlerdir.

Travma sonucu gerek omurilik ve gerekse beyinde oluşan hasarı deneysel ortamda yaratabilmek, tanı ve tedavi ile ilgili önemli araştırmalar ve gelişmelerin önünü açmaktadır. Fakat bu tür travmaları deneysel ortamlarda taklit edebilmek çok da kolay değildir. Bunun için, sadece travma kuvvetinin değil, aynı zamanda süresi, açısı, yüzeyi ve gerçekte dokuya ulaşan kuvvetin kesin nümerik değerinin bilinmesi gereklidir. Fakat günümüzde deneysel nöral doku yaralanması modellemesinde kullanılan yöntem ve gereçler bu parametrelerin tümüne hakim değildirler.

Günümüzde, deneysel sinir dokusu hasarı yaratmanın temel yöntemleri; “Yüksekten ağırlık düşürme”, “mekanik kompresyon” ile “dokuda iskemik veya kimyasal yöntemlerle hasar oluşturma” şeklinde özetlenebilir. Bu yöntemler arasında, “Tator’ın klip kompresyon modeli”, “basınç geri beslemesi olmayan basit pnömatik sistemler” sayılabilir. Bu yöntem ve gereçler, basitçe dokuda hasar oluştururken, travma darbesinin yukarıda tanımlanan parametrelerine hakim olunamadığı için, sonuç olarak dokuda oluşan hasarın derecesi de tam olarak kestirilememektedir. Dolayısıyla, hem doğal travma süreci tam olarak simüle edilememekte ve hem de dokuya iletilen kuvvet tam olarak belirlenememektedir. Sonuçta, deneyin standardizasyonu şüpheli olarak kalmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; kuvvet büyüklüğünün, darbe ucu yüzey genişliğinin, darbe sresinin ve genliğinin kontrol edilebildiğİ bir deneysel nöral doku travma cihazı oluşturmaktır. Yapılan literatür taramasında tüm bu parametreleri sağlayabilen cihaz olma özelliğİ bulunmaktadır [1–12]. Bu tez çalışmasında canlı veya canlı doku kullanılmamıştır.



2. TIP ALANINDA KULLANILAN CİHAZLAR

2.1 Tıbbi Cihaz Kavramı ve Önemi

Tıbbi cihaz kavramını belli sınırlar içinde tarif etmek çok mümkün görünmemektedir. Bunun sebebi tıbbi cihazların birçok türünün bulunması ve bunların da kendi içlerinde kollara ayrılmış olmasıdır. Net bir rakam olmamakla birlikte dünya üzerinde 10,000 çeşit tıbbi cihaz türü bulunmaktadır. Bunlar içinde farklı model ve değişik versiyonlar baz alındığında bu rakam 1,5 milyonlara ulaşabilmektedir. Tanım zorluğunun bir başka sebebi ise burada tıbbi cihaz mı yoksa tıbbi ürün veya ilaç mı olduğunun konusundaki düşünce farklılıklarıdır [13].

Tanımda birleşme adına otoriterlerce 1992 yılında kurulmuş, Global Uyumlaştırma Çalışma Grubu (GHTF), 2005 yılında bir tıbbi cihaz tanımı ortaya konulmuştur. Oldukça geniş bir yelpazede ve olabilecek her durumu kapsadığı düşünülen bu tanım yaygın bir kabul görmüştür. Kısaca tanıma göre tıbbi cihaz;

“İnsanda kullanıldıklarında aslî fonksiyonunu farmakolojik, immünolojik veya metabolik etkiler ile sağlamayan, fakat fonksiyonunu yerine getirirken bu etkiler tarafından desteklenebilen ve insan üzerinde:

- Hastalığın tanısının konulması, önlem alınması, izlenmesi, tedavi ya da hafifletilmesi,
- Tanısının konulması, sürecin izlenmesi, tedavi edilmesi, hafifletilmesi veya mağduriyetin tazmin edilmesi,
- Anatomik veya fizyolojik sürecin araştırılması, değiştirilmesi veya yerine gereken değişikliğin yapılması,
- Yaşamın desteklenmesi ve sürdürülebilirliğine yardımcı olunması,
- Tasarımını veya konseptin kontrolü,
- Tıbbi cihazların mikroplardan arındırılması
- Medikal anlamda veya tanı için canlı örnekleri ile veri sağlanması

Hedefi ile geliştirilmiş herhangi bir ekipman, aparat, makine, cihaz, implant, uygulama, in-vitro reaktif veya kalibratör, yazılım, malzeme veya benzeri bir uygulamadır [14].

Bu konu ile ilgili olarak AB, 1990'lı yıllardan bu yana teknik standart konusunda yapmış olduğu çalışmalardan olan cihazların güvenlik ve performans kriterlerini birlik düzeyinde uyum içinde kurallar paydasında toplamaktadır.

AB'nin temel mevzuatında “vücuda yerleştirilebilen aktif tıbbi cihazlar”, “in-vitro tıbbi tanı cihazları” ve “genel tanı cihazları” olarak düzenleyen üç ana başlık altında toplamaktadır.

Düzenleme tıbbi cihaz ve cihaza bağlı aksesuarları kapsamaktadır. Tıbbi cihaz düzenlemede insanların tıbbi ihtiyaçlarını karşılamak üzere belirli bir amaca hizmet için imal edilen, tek başına veya kombine kullanılması mümkün olan, gerekli yazılım unsuru mevcut olan her nevi alet, araç, cihaz, malzeme veya ürün olarak ifade edilmiştir.

- Hastalığın tanısının konması, hastalığın önlenmesi ve izlenmesi, tedavisi ya da hafifletilmesi,
- Sakatlık veya yaralanma durumlarının tanısının konulması ve izlenmesi, tedavisi, hafifletilmesi veya mağduriyetin tazmine edilerek giderilmesi,
- Fizyolojik ya da anatomik bir fonksiyonun araştırılması, yerine başka bir şey konulmasının sağlanması veya değiştirilmesi,
- Doğum kontrolünün sağlanması

Düzenlemedeki cihaz tanımı ise cihazları ve aksesuarları birbirinden ayıracak şekilde ifade kullanmaktadır. Cihazın insan vücudundaki içinde ve üzerindeki etkilerinden yola çıkarak insandaki eksik kısmın desteklenmesi hususuna değinirken. Aksesuar için tasarım ve imalatını gerçekleştiren unsurların cihaz ile özel kullanılacak ürünler olarak tanımlanmaktadır [15].

AB' ye uyum sürecinde Türkiye' de tıbbi cihaz tanım ve yönetmeliğini Avrupa Birliği normlarına uygun şekilde düzenlemiştir. Sağlık Bakanlığı tarafından 2007 yılı tarihli 26398 No.lu Tıbbi cihaz yönetmeliği ile tıbbi cihaz tanımı şöyle ifade edilmiştir:

- Hastalığın tanısı, önlenmesi, izlenmesi, tedavisi veya hafifletilmesi,
- Yaralanma veya sakatlığın tanısı, izlenmesi, tedavisi, hafifletilmesi veya mağduriyetin giderilmesi,
- Anatomik veya fizyolojik bir işlevin araştırılması, değiştirilmesi veya yerine başka bir şey konulması,
- Doğum kontrolü veya sadece ilaç uygulanması

amacıyla imal edilmiş, tek başına veya birlikte kullanılabilen, amaçlanan işlevini yerine getirebilmesi için gerekiyorsa bilgisayar yazılımı ile de kullanılan ve cansız hayvanların dokularından da elde edilen ürünler dahil olmak üzere, her türlü araç, alet, cihaz, aksesuar veya diğer malzemeleri ifade eder.” [16]. Şekil 1’de tıbbi cihazlara örnekler verilmiştir.



Şekil 1. Tıbbi cihazlar [17]

2.2 Tıbbi Cihazların Tarihsel Gelişimi

1900’lü yıllarda gelişmeye başlayan tıp cihazları, bu tarihlerden önce doktorun eğitim ve tecrübesi dışında tıbbi cihaza dair bir veri insanlara sunamamaktaydı.

20. yüzyılın başları ile birlikte fizik, kimya, mikrobiyoloji, mühendislik, fizyoloji ve farmoloji gibi uygulamalı bilimlerde meydana gelen büyük gelişmelerden tıbbi cihaz sektörü de etkilenmiştir.

Tanı ve tedaviye yönelik çalışmaların hızla artması 1800'lü yılların sonlarında bulunan X ışınlarının, 20. yüzyılda tanı ve tedaviye yönelik hizmetlerin kalitesini arttırmıştır. 1940'lı II. Dünya Savaşı ile birlikte hızla ivme kazanmış ve en büyük gelişimini bu yıllarda doğan ihtiyaçlar ile sağlamıştır. İzleyen yıllarda gama kameralar, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans cihazlarının tıp alanında kullanılması ve mikro işlemci teknolojilerinin kullanılmaya başlanması ile birlikte tıbbi cihazların nitelik ve niceliğinde değişmelere sebep olmuştur.

Çağımızda bilimsel gelişmelerin teknolojiye dönüşmesi, disiplinler arası etkileşimi çok çabuk gerçekleşmektedir. Elektronik ve bilgisayar alanındaki hızla artan gelişmeler tıbbi cihazların da gelişmesine ve bununla birlikte sayı ve çeşitliliğinin artmasına olanak sağlamıştır. Tıbbi cihazların üretim maliyetlerinin düşmesi yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır [18]. Şekil 2'de tıbbi cihazların gelişimine örnek verilmiştir.



Şekil 2. İşitme Cihazlarının Teknoloji ile Gelişimi [19]

2.3 Tıbbi Cihazların Sınıflandırılması

Tıbbi cihazların sınıflandırılması pek çok açıdan yapılabilir. Bunları üretimi takip işlemleri, bakım onarımı, kullanım şekilleri, kayıtlarının tutulması gibi parametreler ile sınıflandırılabiliriz.

Aşağıda Tıbbi cihazlar iki ana başlık altında sınıflandırılacaktır. Bunlar;

- Tıbbi Cihaz Yönetmeliğine Göre,
- Tıbbi Cihazların Genel Olarak Sınıflandırılması

2.3.1 Tıbbi Cihaz Yönetmeliğine Göre

- Süre Esasına Göre Cihazlar
- İnvaziv Cihazlar
- Cerrahi İnvaziv Cihazlar
- İmplant Cihazlar
- Tekrar Kullanılabilir Cerrahi Aletler
- Aktif Tıbbî Cihazlar
- Aktif Tedavi Edici Cihazlar
- Teşhis Amaçlı Aktif Cihazlar şeklinde sınıflandırılmaktadır [20].

2.3.2 Tıbbi Cihazların Genel Olarak Sınıflandırılması

- Tıbbi Görüntüleme Sistemleri,
- Ameliyathane ve Solunum Cihazları,
- Biyokimya, Moleküler Biyoloji, Hematoloji, Genetik ve Mikrobiyoloji Cihazları,
- Biyolojik Sinyal İzleme Cihazları,
- Radyoterapi Sistemleri,
- Fizik Tedavi Cihazları,
- Optik Tıbbi Cihazlar,
- Sterilizatör ve Etüv Cihazları,
- Diş, KBB ve Göz Üniteleri,
- Ses ve İşitme Cihazları (Odyometre, Empedansmetre),
- Mekanik Cihazlar ve Cerrahi Aletler,
- Tıbbi Gaz Sistemleri,
- Hemodiyaliz Cihazları, Su Sistemleri (Deiyonize, Distile, Revers Ozmoz),
- Tek Kullanımlık Sarf Malzemeleri,
- Protez ve Ortezler, [21].

3. TRAVMA

3.1 Travmanın Tanımı

Günümüzde sıkça duyduğumuz veya bizzat yaşadığımız bir rahatsızlık olarak travma, giderek yaygınlaşan ve insanların tedaviye en ihtiyaç duyduğu tıbbi alan olarak karşımıza çıkmaktadır. **Travma**, canlı üzerinde beden ve ruh bütünlüğünü bozacak şekilde etkili ve önemli bir durum, doku veya organ hasarı ya da kaybı oluşturan mekanik, termal, elektrik ve kimyasal bir etki sonucu meydana gelen lokal yara oluşumu ve buna bağlı yaralanmalar olarak tanımlanmaktadır [22].

İnsanların doğumundan 44 yaşına kadar ölüm nedenleri arasında travma ilk sırada gösterilmektedir. Öte yandan kanser ve kalp damar hastalıklarına bağlı ölümler dışında travmaya bağlı ölüm vakaları üçüncü sırada bulunmaktadır [22].

3.2 Travma Çeşitleri

Travma kendi içinde de olgusal çeşitlere sahiptir. Travma çeşitlerini 4 ana başlık altından toplayabiliriz. Bunlar künt travmalar, penetran travmalar, blast yaralanmalar, diğer travma çeşitleri olarak ifade edilmektedir.

3.2.1 Künt travmalar

Deri altındaki organlardaki yaralanmaların deri bütünlüğünün bozulmadan oluşması durumudur.

3.2.2 Penetran travmalar

Delici ve kesici aletler ile gerçekleşen yaralanma olaylarına benzer travma durumudur. Enerjilerine göre penetran travma şekilleri aşağıdaki gibidir.

3.2.2.1 Düşük enerjili

Bıçak, şiş gibi deli kesici aletler ile gerçekleşen penetran travma şeklidir.

3.2.2.2 Orta enerjili

Tabanca ve bazı tüfekler (polis kullanımı) gibi suçluları etkisiz hale getirmek amaçlı düşük kavitasyon özelliğine sahip penetran travma çeşididir.

3.2.2.3 Yüksek enerjili travmalar

Yüksek enerjili travmalar aşağıda belirtilmiştir.

3.2.2.3.1 Saldırı silahları: Askeri amaçlı düşmanı yaralamak veya etkisiz hale getirmeye yönelik kullanım sonucu ortaya çıkar.

3.2.2.3.2 Av tüfekleri: Küçük kuş veya hayvan türlerini avlamak amacıyla saçmalar kullanılmaktadır Öte yandan domuz gibi hayvanların avlanması sırasında genişleyerek parçalanan mermiler kullanılır, fil gibi kalın deriye sahip hayvanlarda ise tam tersi bir yol izlenerek deriye geçmesi adına bu özelliklerden kaçınılır [23].

3.2.3 Blast yaralanmalar

Oluş şekillerine bağlı olarak üç şekilde incelenen travmalardır.

3.2.3.1 Primer yaralanmalar

Patlama etkileri ile ortamdan kaynaklanan ısı, alev ve patlama etkisinin oluşturduğu yaralanmalar.

3.2.3.2 Seconder yaralanmalar

Patlamadan kaynaklı ortamdan kaynaklı uçan nesnelerden kaynaklı yaralanmalar.

3.2.3.3 Tersiyer yaralanmalar

Yaralının patlamanın etkisiyle havaya yükselerek, yüksekte düşerek oluşan yaralanmalardır.

3.2.4 Diğer travma çeşitleri

3.2.4.1 Psikolojik travmalar

Yaşanılan zor dönemlerin, derin acı ve üzüntüye bağlı, aniden gelişen ve hayatın devamında izinin gözlemlendiği olaylara psikolojik travma veya ruhsal travma olarak adlandırılır.

3.2.4.2 Post travmatik stres bozukluğu

Psikolojik travmaya maruz kalan kişilerde aşırı uyarılma, kişiye olayı tekrardan hatırlatan, çağrıştıran, sürekli kabuslar görmesine sebep olan ve bir aydan fazla devam eden belirtileri bulunan travma şeklidir [24].

3.2.4.3 Multipl (çoklu) travma

Birden fazla sistemi yakından etkileyen majör travma ISS skoru 15'in üzerinde meydana gelen travma çeşididir [25].

3.3 Travma Mekanizmaları

Yaralanmalar genel olarak kavite oluşumu, yüksek basınç, sıkışma ve yırtılma neticesiyle meydana gelmektedir. Basınç, ezilme gibi travmalar künt travmalar başlığı altındaki travma tipleri incelenmektedir [26].

3.3.1 Kavite oluşumu

Nesnenin vücuda çarptığı andaki etkilenen doku parçaları aynı kuvvet etkisi altında etrafındaki doku ve doku parçalarına çarparak kavite (boşluk) oluşmasıdır.

3.3.2 Yüksek basınç

Vücut içerisindeki boşluklardaki çevre basıncından daha yüksek seviyeye aniden çıkması ile oluşur.

3.3.3 Yırtılma

Organların, aniden hızlanma veya yavaşlama durumları altında yapışık olan veya olmayanları neticesinde oluşan yaralanmalardır.

3.3.4 Sıkışma

Dokuların sıkışma etkisi altında kavite oluşumunun gerçekleşmesi ile sıkışma ve ezilme etkisini oluşmasıdır [26].

3.4 Travma Ölçüm Yöntemleri

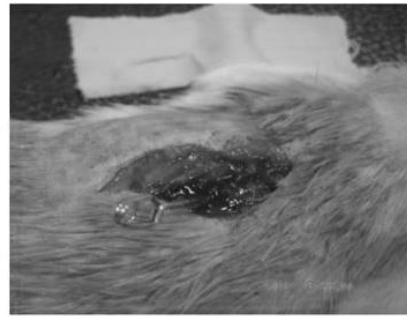
Tıbbi cihazları ile yapılan çalışmalar araştırıldığında, farklı cihaz ve yöntemler kullanıldığı gözlemlenmektedir. Bunlardan deneysel sinir dokusu hasarı oluşturma temel yöntemleri arasında; “Yüksekten ağırlık düşürme”, “klip kompresyon” ve “dokuda iskemik veya kimyasal yöntemlerle hasar oluşturma” şeklinde özetlenebilir.

Tator’ın klip kompresyon modeli, basınç geri beslemesi olmayan basit pnömatik sistemler travma ölçümü yapma amaçlı kullanılan teknikler arasındadır. Bu yöntem ve gereçler ile travma hasarı derecesi eksik parametreler sebebiyle tam olarak ortaya çıkarılamamaktadır [1-12].

Yüksekten düşürme modelinde travma, bir deney faresi üzerine 10 g ağırlığında bir demir bilyenin 30 mm uzunluğundaki bir boru içerisinden travma hasarı oluşturulacak bölgeye bırakılması ile oluşturulmaktadır [27]. Klip kompresyon yönteminde hasar uygulanması planlanan kısım açılarak, anevrizma klipi uygulanmaktadır. Burada klipteki hasar, Amerikan Spinal Kord Yaralanma Grubu (ASIA) derecelendirme sistemine göre 50 g hasar şiddetine denk olmalıdır [28]. Travma ölçüm yöntemlerine örnek olarak “yüksekten düşürme modeli” ve “klip kompresyon yöntemi” fotoğrafları Şekil 3’de gösterilmiştir.



a) Yüksekten düşürme modeli



b) Klip kompresyon yöntemi

Şekil 3. Travma Ölçüm Yöntemleri fotoğrafları [29] [30]

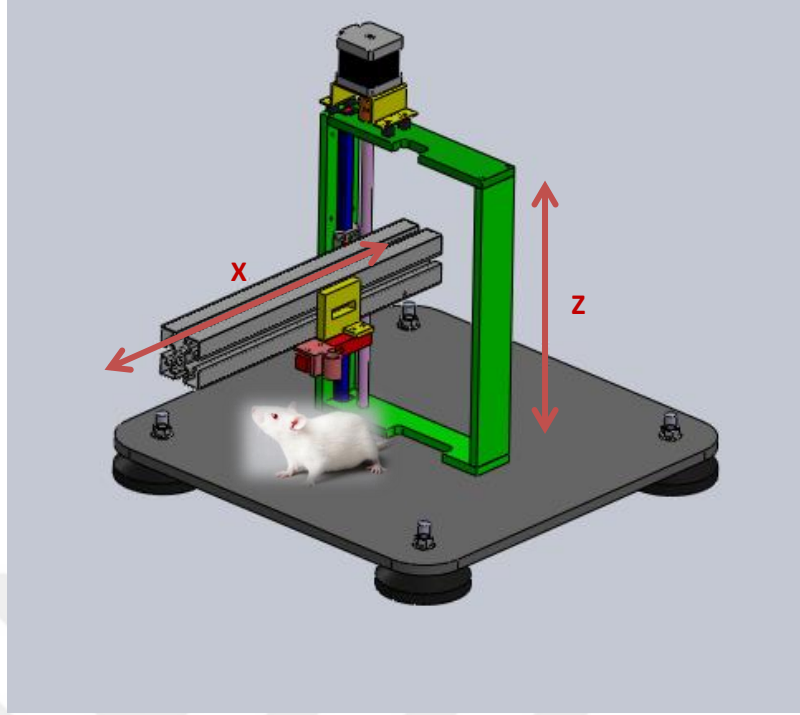
Bunun yanında günümüz teknolojilerinden de faydalanarak farklı ölçüm yöntemleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Bunlara örnek olarak Wisconsin Üniversitesi’nde spinal kord araştırmalarında kullanılmak üzere “*pnömatik pistonlu travma test cihazı*” üretilmiştir. Fakat bu cihazda, pnömatik pistonun çıkışında kuvvet ölçülmediği için girilen basınç değeri ile uygulanan kuvvet doğrulanamamaktadır [31].

4 MATERYAL VE YÖNTEMLER

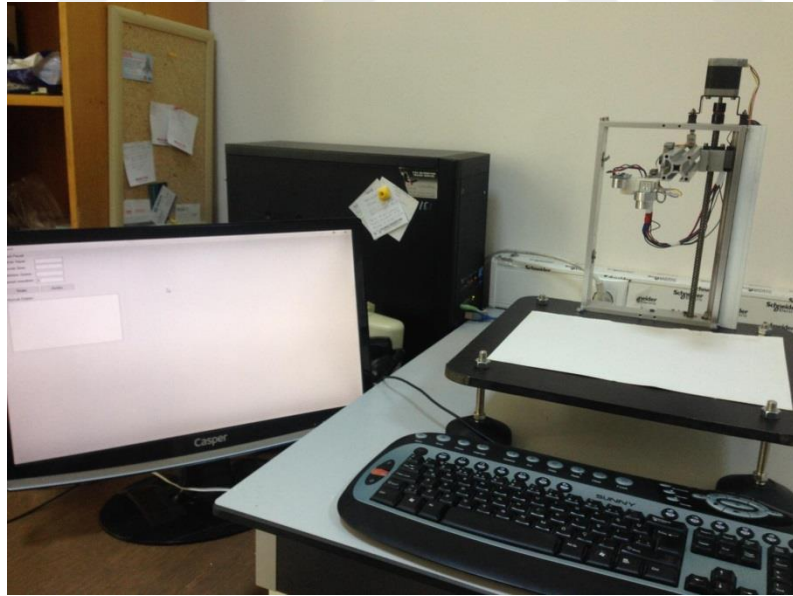
Tıbbi cihaz tasarımı ve mühendisliği, yaratıcılık seviyesinin sınırlarını zorlayan bir tasarım sürecidir. Kısıtlamaların yoğun olduğu bu süreç, tıp alanında çalışan tüm unsurları (Cerrahlar, hemşireler, hastalar, teknisyenler ve satın alanlar) kapsayan ve bu alanda çalışanların sorunlarına yönelik çalışmaları barındırmaktadır. Bununla birlikte tasarımın anlaşılabilirliği, kullanışlı olması, taşınabilirliği, stok kontrolü, sterilize edilebilirliği gibi durumlar da göz önünde bulundurulmaktadır. Buradaki mühendislik kaygıları ise maliyeti, üretimi, servisinin sağlanması ve sermaye sınırlarının kısıtlılığıdır.

Bu çalışma kapsamında tasarlanan Travma Test Cihazının ana hedefi nöral dokuya uygulanan kuvvetin büyüklüğünü tespit etmek, orada oluşacak travma hasarını görmektir. Bununla birlikte cihaz, bunların yanı sıra travma darbe ucunun yüzey alanı, travma darbesinin süresi ve travma darbesinin bir veya daha fazla sayıda etki ettirilmesi gibi parametreleri de içeren bir tasarıma sahiptir. Bu tasarım özelliğiyle cihaz, farklı travma oluşumlarına olanak sağlamaktadır. Böylece farklı travma türlerini simüle edilebilen bir test cihazı tasarlanmıştır.

Travma test cihazı motor, ana gövde, travma testi X eksen, alt tabla ve ayaklardan oluşmaktadır. Şekil 4'te travma test cihazı katı model tasarımı, Şekil 5'te travma test cihazı fotoğrafı gösterilmektedir.



Şekil 4. Travma Test Cihazı katı modeli



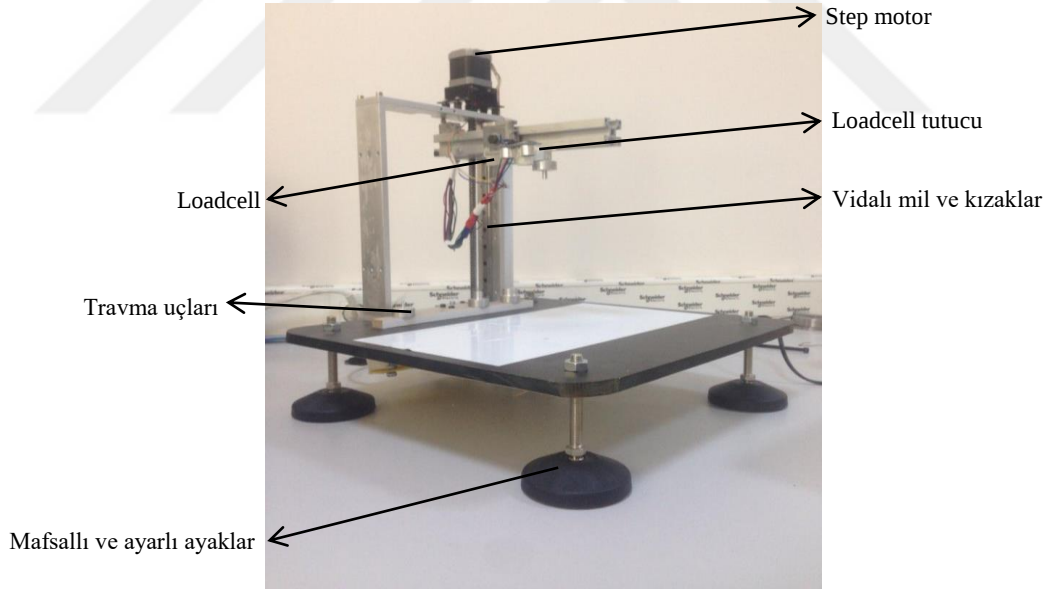
Şekil 5. Travma Test Cihazı

4.1 MATERİYAL

4.1.1 Ana gövde ve ayaklar

Travma test cihazı ana gövdesi alüminyum profillerden imal edilmiştir. Travma test cihazının darbe kuvvetlerinin ölçümünü yapan loadcell'i taşıyan kol olarak alüminyum sigma profil kullanılmıştır. Alt tabla olarak kompakt laminant seçilmiştir. Alt tabla mafsallı ve ayarlı ayaklar üzerine kurulmuştur. Mafsallı ayaklar, zemine dengeli bir şekilde oturtulmasını sağlamaktadır.

Travma test cihazında travma kolu ile travma darbe ucunun X eksenindeki mesafe ayarı sağlanmaktadır. Bu hareket farklı boylarda numunelerin, farklı bölgelerine ulaşabilme imkânı sağlayabilmektedir. Bu da travma darbelerinin uygulanacağı numunelerin yerini değiştirmeden ölçülecek kısma ulaşabilme imkânı sağlamaktadır. Z eksenindeki hareket ise vidalı mil ve kızaklar aracılığıyla sağlanmaktadır. Şekil 6'da travma test cihazının kısımları gösterilmiştir.



Şekil 6. Travma test cihazı kısımları

Travma test cihazında bulunan step motor ve step motor sürücüsü, vidalı mil ve lineer kızak-araba seti, loadcell ve loadcell amplifikatörü, loadcell tutucu aparat, travma uçları, güç kaynağı ve voltaj regülatörü, fiziksel programlama ve yazılım özellikleri aşağıda açıklanmaktadır.

4.1.2 Motor

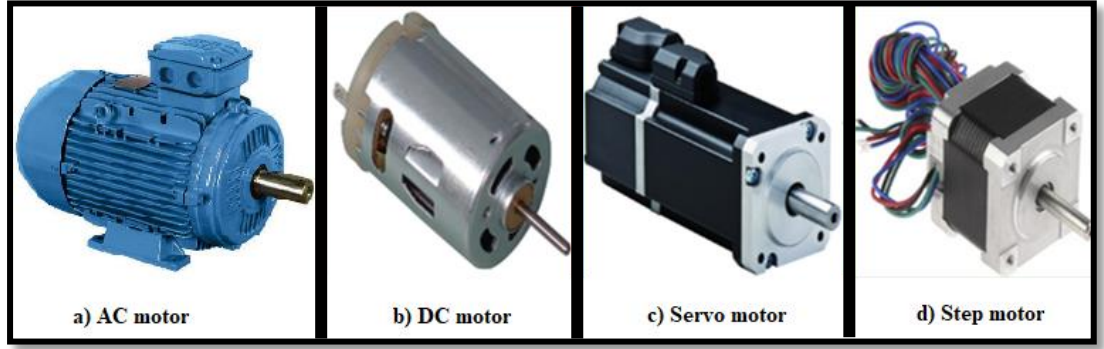
Motorlar, hemen hemen her cihaz tasarımında ve çoğunlukla elektrik, elektronik, robot projelerinde kullanılan bir ekipman olarak karşımıza çıkmaktadır. Motorlar da kendi içlerinde sınıflara ayrılmaktadır. Bu sınıflar içerisinde sık kullanılanlar alternatif akım motorları (AC), doğru akım motorları (DC), servo motorlar, step motorlar olarak ifade edilebilir (Şekil 6).

AC motorlar, aldığı alternatif akım elektrik enerjisini, mekanik enerjiye dönüştüren elektrik motorlarıdır. Bu motorların senkron ve asenkron olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır.

DC motorlar ise bobin yerine mıknatıs tabanlı çalışma mekanizmasına sahiptir. Robot uygulamalarında sıkça kullanılan bir motor çeşidi olarak bilinmektedir. Rpm ve farklı çalışma voltajı değerlerine göre redüktörlü ve redüktörsüz olarak bulunabilmektedir.

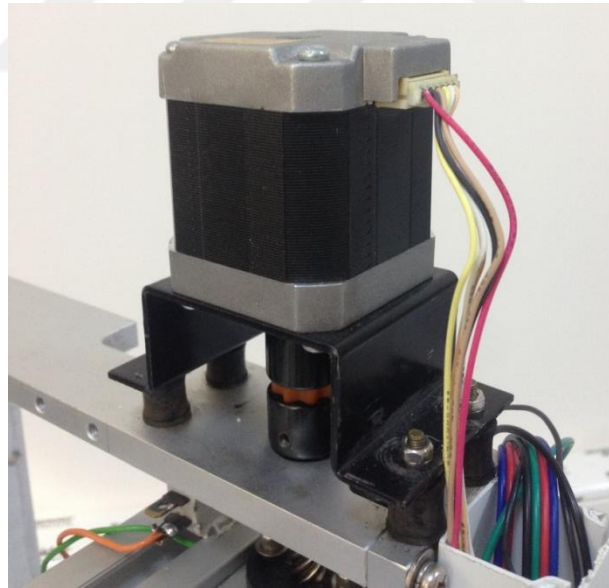
Servo motorlar ise kullanım kolaylığı ve ekstra kontrol devresi gerektirmediği, kendi kontrol devrelerini bünyesinde bulundurduğu için sıkça robot uygulamalarında kullanılmaktadır. DC motorlar gibi üretilen bir motor türüdür. Servo motorlar ile çok küçük ve çok büyük güçler oluşturulabilmektedir.

Step motorlar, gövde içinde ortadaki bir mıknatısın rotor ve statotoru çevreleyerek elektromanyetik alan oluşturması ile bobinlerin üzerinde gerilim oluşturması, tam devrini küçük adımlar ile gerçekleştirebilen elektrik motorlarıdır [32].



Şekil 7. Motor Çeşitleri [33]

Cihazda Z eksenindeki hareketin sağlanması için step motor olarak Shinano Kenshi Unipolar Step Motor 43D3008 kullanılmıştır. 12-36V DC besleme gerilimine sahiptir. Nema 17 / 1,8 derece adım üretmektedir. Motorun sahip olduğu tork 565 mN.m'dir. Step motor 42 mm x 42 mm x 55,5 mm, mil çapı 5,00 mm ve uzunluğu 16,00 mm ölçülerindedir. Şekil 8'de kullanılan step motorun fotoğrafı verilmiştir.

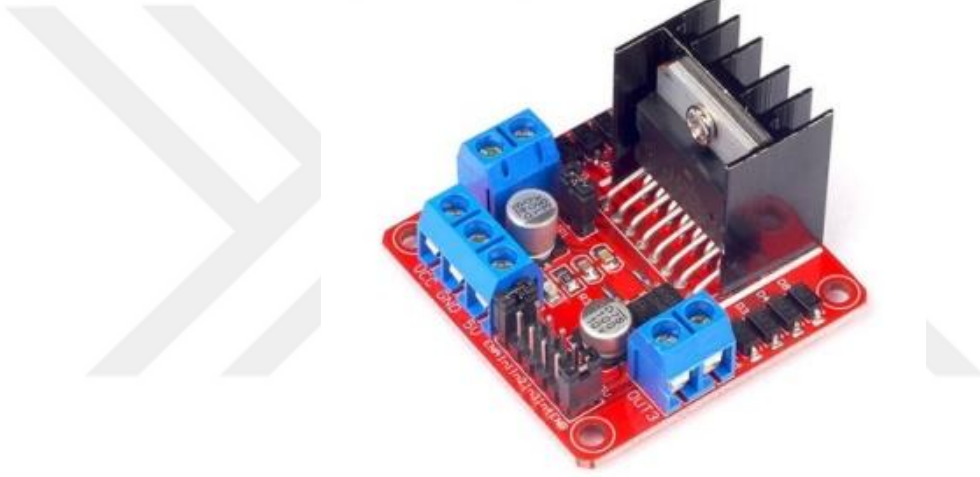


Şekil 8. Travma test cihazı step motoru

4.1.3 Step motor sürücüsü

Mikro denetleyicilerin çıkışları elektrik motorlarını direkt olarak kontrol edemediği için motor sürücü devreleri kullanılmaktadır. Motor sürücüleri, mikro denetleyicilerden aldığı sinyalleri düzenleyerek motorların kontrol edilmesini sağlamaktadır.

Step motorun uygun şekilde çalışmasını sağlamak için step motor sürücüsü L298 motor sürücü modülü olarak belirlenmiş ve bağlantıları gerçekleştirilmiştir. Step motor sürücüsü resmi Şekil 9'da gösterilmiştir. Step motorun sürücüsüne ait özellikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 9. Step Motor Sürücü [34]

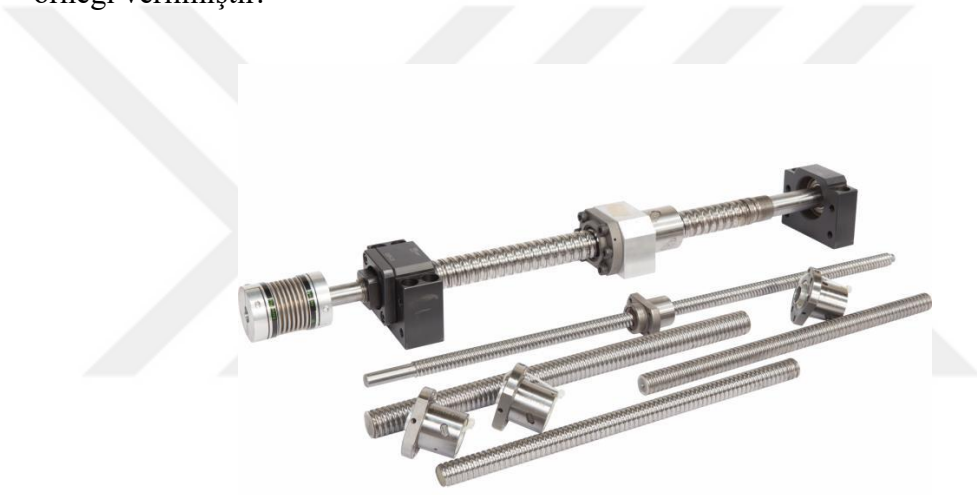
Step Motor Sürücüsünün Özellikleri:

- * 2 adet DC motorun bağımsız kontrolü
- * 1 adet step motorun bağımsız kontrolü
- * Her bir kanaldan sürekli 2A'e kadar verebilmektedir.
- * Sensör bağlantıları için boş bırakılmış analog ve dijital giriş pinleri
- * Ürün Boyutları: 68x55x30mm
- * Ağırlık: 37g [35]

4.1.4 Vidalı Mil ve Lineer Kızak

Vida-somun mekanizması dairesel hareketi doğrusal harekete çeviren makine elemanlarıdır. Robot mekanizmalarının yaygınlaşmasıyla birlikte bilyeli-vidalı miller de yaygın hale gelmiştir. Uzun bir mil üzerinde açılmış eşit adımlı vida ile bilyeleri hapseden bir somundan oluşmaktadır.

Vidalı miller iki ucundan yataklanarak, bir tarafından motor dönme hareketi verilmektedir. Vida dışında bulunan oyuklar ile somun içinde kapalı bulunan kanallar içerisinde bilyeler bulunmaktadır. Klasik miller ile karşılaştırıldığında sürtünme direnci olarak yuvarlanma direnci, kayma direncinden düşük olduğu için yüksek verimli ve aşınma miktarı son derece düşük seviyededir [36]. Şekil 10'da vidalı mil örneği verilmiştir.

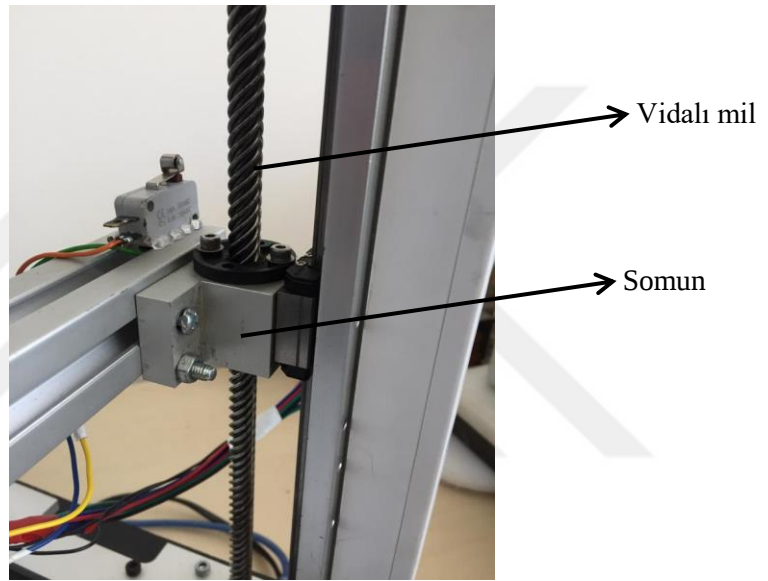


Şekil 10. Vidalı Miller [37]

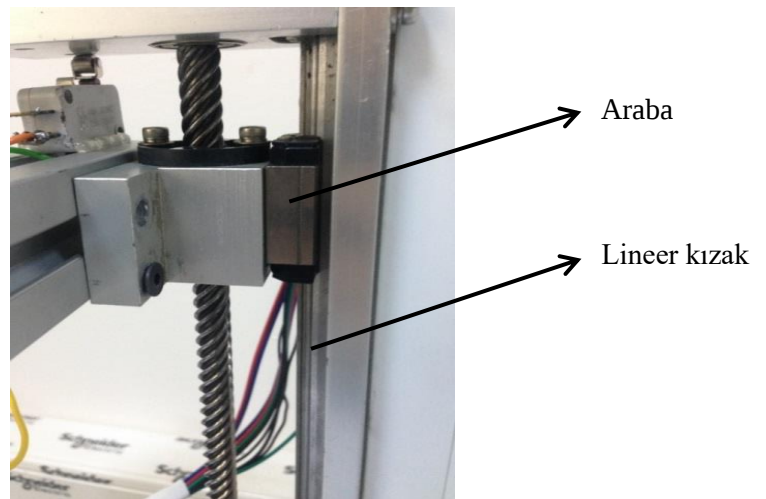
Lineer arabalar teknolojik gelişmelerin artmasıyla ihtiyaç duyulan makine ekipmanlarından olmuştur. Cihaz ve makinelerde doğrusal düzlemde hareket sağlamak amacıyla kılavuz bir ray ve üzerinde hareket eden bir lineer araba kullanılmaktadır. Bu sistemlere lineer kızak adı verilmektedir. Lineer kızak birçok farklı tip, ölçü ve toleransta üretilmektedir [38].

Z eksenindeki hareket step motordan alınarak kaplin ile vidalı mile aktarılmaktadır. Cihazda kullanılan vidalı mil çelikten imal edilmiş 8 mm vida çapına sahip 300 mm uzunluğunda 2 mm vida adımına sahiptir. Vidalı mil üzerinde lineer kızak ve araba ile birlikte X eksenini taşımaktadır.

Kızak ve araba, mil ile birlikte hareket ederek, hareketin oluşumunu sağlamaktadır. Tez çalışmasında THK SRS-12M serisi lineer kızak ve araba kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 11’de vidalı mil ve somun Şekil 12’de lineer kızak ile araba gösterilmiştir.



Şekil 11. Vidalı mil ve somun



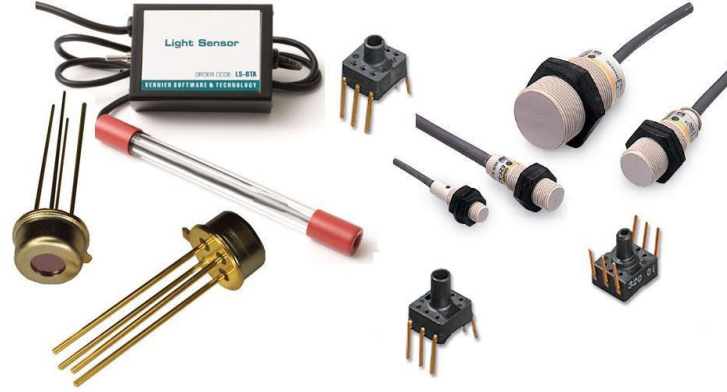
Şekil 12. Lineer Kızak ve araba

4.1.6 Mesafe Sensörü

Fiziksel ortamdaki değişken durumları (ısı, ışık, basınç, ses, vb.) algılamaya yarayan elemanlara *sensör* adı verilmektedir [39]. Sensörler iki ana grupta incelenir: Analog ve Dijital Sensörler. Analog sensörler aldıkları fiziksel veriyi bir akım ve gerilim çıktısı olarak verirler. Dijital sensörler ise aldıkları fiziksel veriyi bir akım ve gerilim çıktısını haberleşme protokolü kullanarak (PC bağlantılı) mikroişlemci ile haberleştirerek işlem yaparlar.

Ayrıca sensörler giriş büyüklüklerine göre 6 ana başlık altında da sınıflandırılmaktadır. Bunlar Mekanik sensörler, Termal sensörler, Elektriksel sensörler, Manyetik sensörler, Işıma sensörleri, Kimyasal sensörler olarak ifade edilmektedir [40].

Robot sistemleri ve cihazların imalatlarında kullanılan sensörler, mesafe sensörleri, kuvvet sensörleri, ağırlık sensörleri, basınç sensörleri, eğim sensörleri, manyetik sensörler, sıcaklık/nem/su seviyesi sensörleri, ses sensörleri, ışık/rek sensörleri sık kullanılan sensörlerdir [41]. Şekil 13’de sensör çeşitlerinden bazıları gösterilmektedir.



Şekil 13. Sensör Çeşitleri [42]

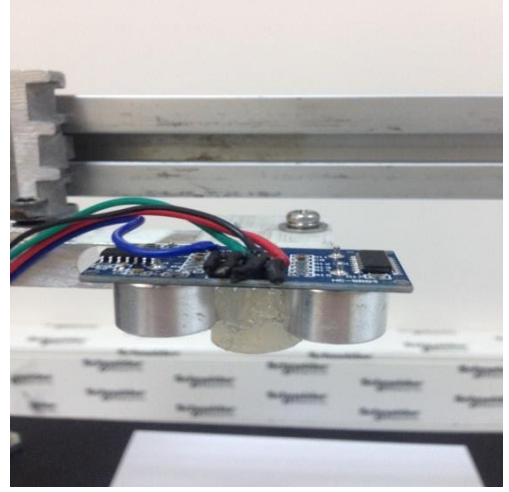
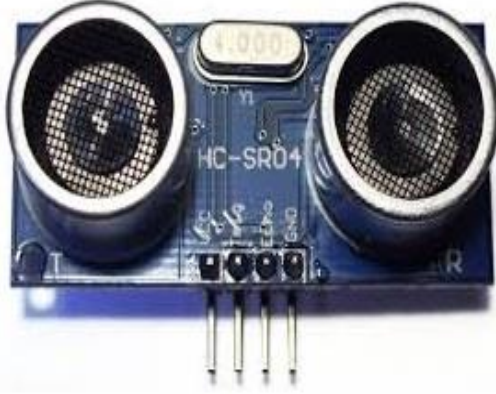
Mesafe sensörleri, mesafe bilgisi gereken alanlarda kullanılan bir sensör şeklidir. Sensörün sabitlendiği kısım ile karşısındaki materyal arasındaki mesafeyi elektriksel veri olarak aktarmaktadır. Robot ve cihaz uygulamalarında sıkça kullanılan kızılötesi ve ultrasonik olmak üzere iki çeşidi mevcuttur.

Mesafe sensörleri mesafeyi ölçebildiği gibi belirli bir mesafenin eşik değerinin altında veya üstünde olduğunda sinyal uyarısı verebilir. Mesafe sensörleri ölçümü sırasında yansıma yöntemiyle mesafeyi saptamaktadırlar. Sensörün yaydığı dalganın sinyalinin geri dönmesi ile gerçekleşir. Dönme süresi üzerinden yaptığı hesap ile materyalin uzaklığını bulmaktadır. Mesafe sensörleri robotlarda, endüstriyel araçlarda, otomotiv sektörü ve mobil cihazlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

Travma test cihazında mesafe sensörü birden fazla darbe ve mesafe ölçümlerini yapmak için kullanılmıştır. Hassasiyeti yüksek olduğu için ultrasonik mesafe sensörü olarak HC-SR04 kullanılmıştır. Tablo 1’de HC-SR04 sensörün özellikleri ve Şekil 14’de kullanılan sensörün resmi gösterilmektedir.

Tablo 1: HC-SR04 Ultrasonik Mesafe Sensörü Özellikleri [43]

Çalışma voltajı	5 V DC
Çalışma frekansı	40 Hz
Çektiği akım	15 mA
Boyutları	45 mm x 20 mm x 15 mm
Görme açısı	15 derece
Tetik bacağı giriş sinyali	10 us TTL Darbesi
Echo çıkış sinyali	Giriş TTL sinyali ve Mesafe Oranı



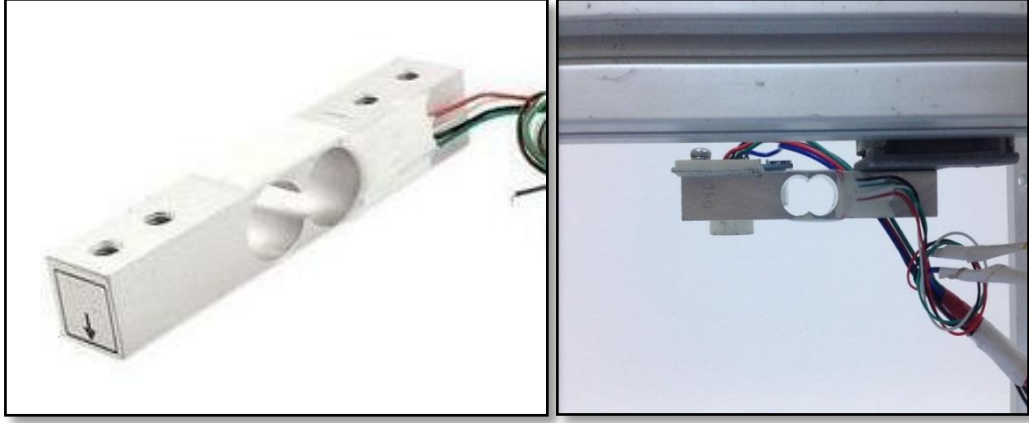
Şekil 14. HC-SR04 Ultrasonik Mesafe Sensörü [43]

4.1.7 Loadcell (yük hücresi) ve loadcell amplifikatörü

Kuvvet değerini elektriksel sinyallere dönüştürmek amacıyla kullanılan özel algılayıcılardır. Elektrik sinyalleri mekanik yük hücresi üzerindeki gerilim deformasyonu ile elde edilir. Birkaç milivolt seviyesinde olan bu elektrik sinyalleri amplifikatörler tarafından yükseltme işleminden geçirilerek düzenlenir [44]. Sonuç olarak elde edilen bu sinyaller bir gösterge yardımı ile ağırlık veya kuvvet cinsinden verileri vermektedir [45].

Yük hücreleri eğilme tipi, kesme tipi, S tipi, platform tipi, basma tipi gibi kullanım ve özelliklerine göre değişiklik gösteren alt başlıklara sahiptir.

Travma test cihazında kuvvet ölçüm değerleri loadcell kullanılarak alınmıştır. Küçük ve hassas değerlere ihtiyaç duyulduğundan 1000 gr (1kg) ölçüm kapasiteli loadcell kullanılmıştır. Kullanılan loadcell Şekil 15’ te gösterilmiştir.

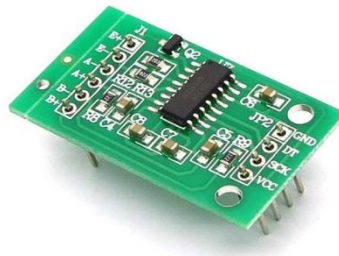


Şekil 15. 1 kg yük kapasiteli loadcell [46]

Loadcell, özel seçilmiş yay elemanına, belirli bir profil şekli verilmiş, metal gövde üzerine strain gage kullanılarak oluşturulmuş wheatstone köprüsü ile oluşturulur. Loadcell üzerine uygulanan kuvvet, loadcell gövdesinde bir deplasman oluşur. Meydana gelen bu deplasman strain gage vasıtasıyla öz direnç değişimi olarak algılanır. Wheatstone köprüsü ile elektrik sinyali çıktısı olarak görülür. Elde edilen elektrik sinyali göstergede kuvvet ya da ağırlık bilgisi olarak görülebilir.[47]

Direnç değeri değişimlerini ölçülebilen değişiklere çevirmek için loadcell amplifikatörü kullanılmaktadır. Çalışma prensibi olarak düşük elektrik akımını ölçülebilen yükseklığe dönüştürmesidir.

Havacılık, makine, elektrik, inşaat gibi mühendislik alanlarında sıkça kullanılmak ile birlikte tıp, kimya ve buna benzer birçok alanda kuvvetin, basıncın, tork ve ivmenin ölçümlerini gerçekleştirmede kullanılmaktadır. Basit kullanımı, hassasiyet, hızlı ölçüm yapabilme kabiliyeti ile güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlar [48]. Travma test cihazında HX-711 loadcell amplifikatörü kullanılmıştır. Kullanılan loadcell amplifikatörü Şekil 16’da gösterilmiştir.



Şekil 16. HX711 loadcell amplifikatörü [49]

4.1.9 Fiziksel Programlama

Fiziksel programlama, en geniş anlamıyla yazılım ve donanım ile dış dünyaya veri akışı sağlayan fiziksel sistemlerin tasarımıdır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bu sistemler, algılayıcılar (sensörler) ve mikro denetleyiciler ile birlikte bilgi girişini sağlayarak mekanik, elektromekanik, pnömatik sistemler veya monitör, ışıklandırma aygıtları gibi çıkış cihazlarına ileterek mühendislik ürünlerine hizmet etmektedir.

Arduino, fiziksel programlamaya uygun açık kaynaklı bir platformdur. Günümüzde birçok proje ve çalışmada kullanılan bu platform, kendine özgü bir kütüphanesi olan, örnek projeleri bulunan ve öğrenimi kolay olarak tercih edilen bir platformdur [50].

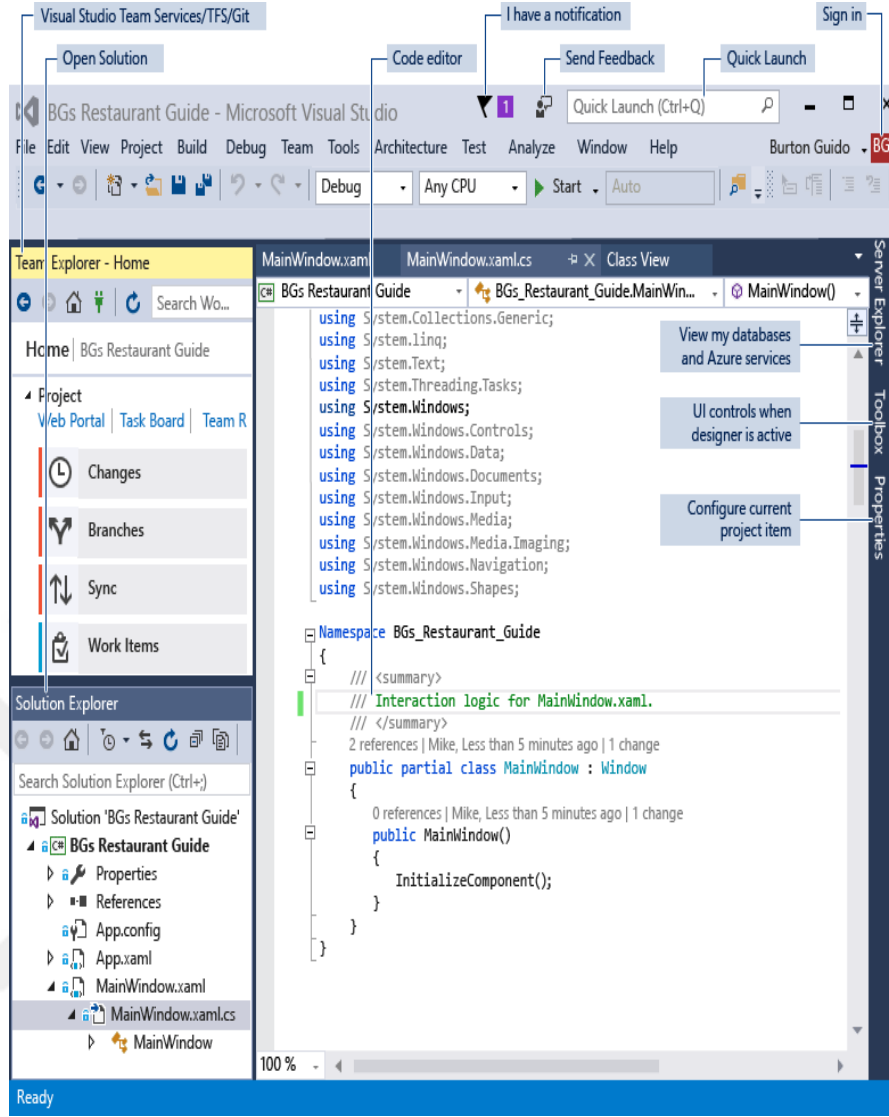
Arduino, bir bilgisayar uygulamasından ve elektronik mikro denetleyici karttan oluşmaktadır. Programlama dili olarak C/C++ yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Programda yazılan kodlar Arduino'ya yüklenerek hedeflenen komutları yerine getirmektedir [51].

Arduino fiziksel programlama kartlarının birçok çeşidi bulunmaktadır. Bunlar kullanım alanları, giriş-çıkış değerleri, boyutları gibi farklılıklar göstermektedirler.

4.1.10 Microsoft Visual Studio

Visual Studio, kullanıcı arabirimi ile yazılım oluşturma, kodlama, test etme, hata ayıklama, kod kalitesini ve kod kalitesi performansını analiz etmeyi amaçlayan, bir paket programdır. Visual Studio IDE (tümleşik geliştirme ortamı) üzerinden sorunsuz bir şekilde çalışması üzerine tanımlanmıştır.

Visual Studio çeşitli uygulamalarda ve oyunlarda sıkça kullanılan bir programdır. ASP.NET, JQuery, AngularJS gibi web siteleri ve web hizmetlerinde, nesnelerin interneti uygulamalarında, DirectX kullanılan Windows cihazlarında ve grafik ağırlığı bulunan uygulamalarda kullanılmaktadır. Şekil 17'de Visual Studio IDE ekranı örneği gösterilmiştir.

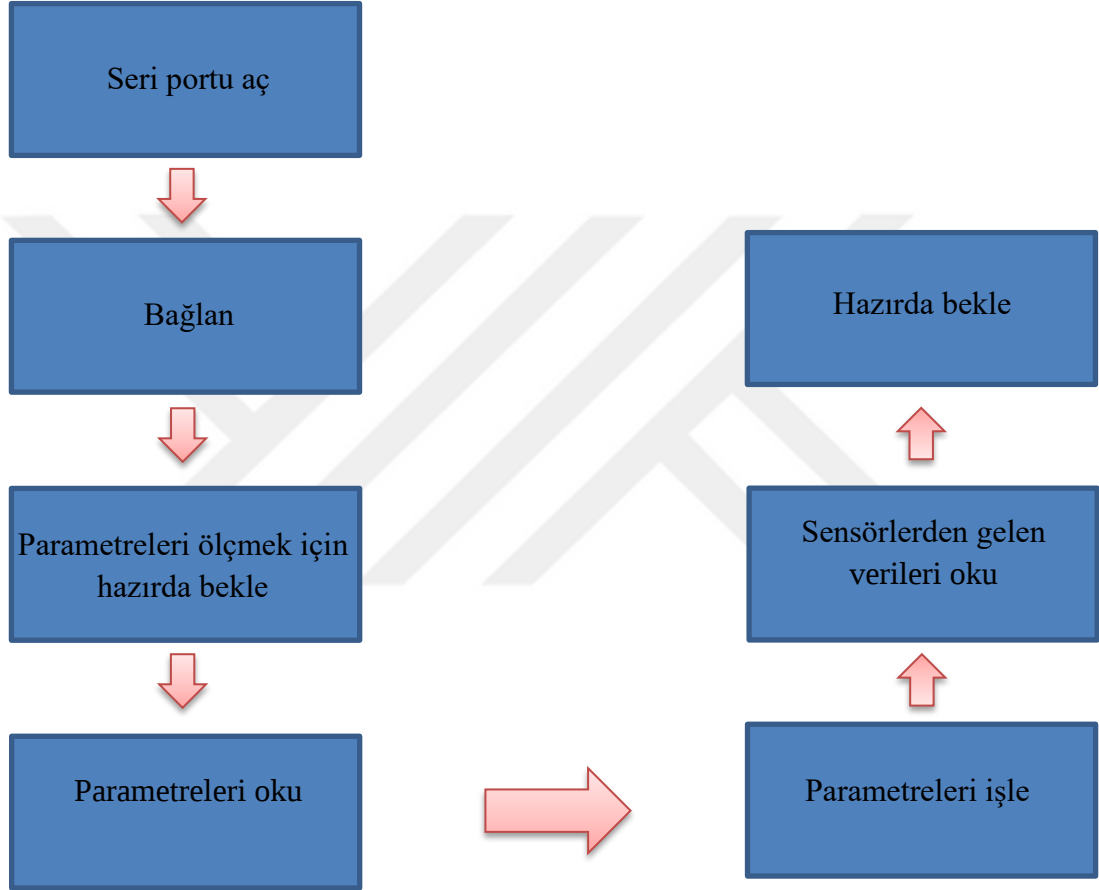


Şekil 17. Visual Studio IDE[52]

Travma test cihazının fiziksel programlaması Arduino Uno devre kartının Atmega 328 mikro denetleyicisi ile gerçekleştirilmiştir. Travma Test Cihazının çalışma ve ölçme algoritması kurularak, Visual Studio ara yüzü ile bağdaşık çalışması sağlanmıştır. Programlama kodları Visual Studio IDE platformu üzerinden yazılmıştır.

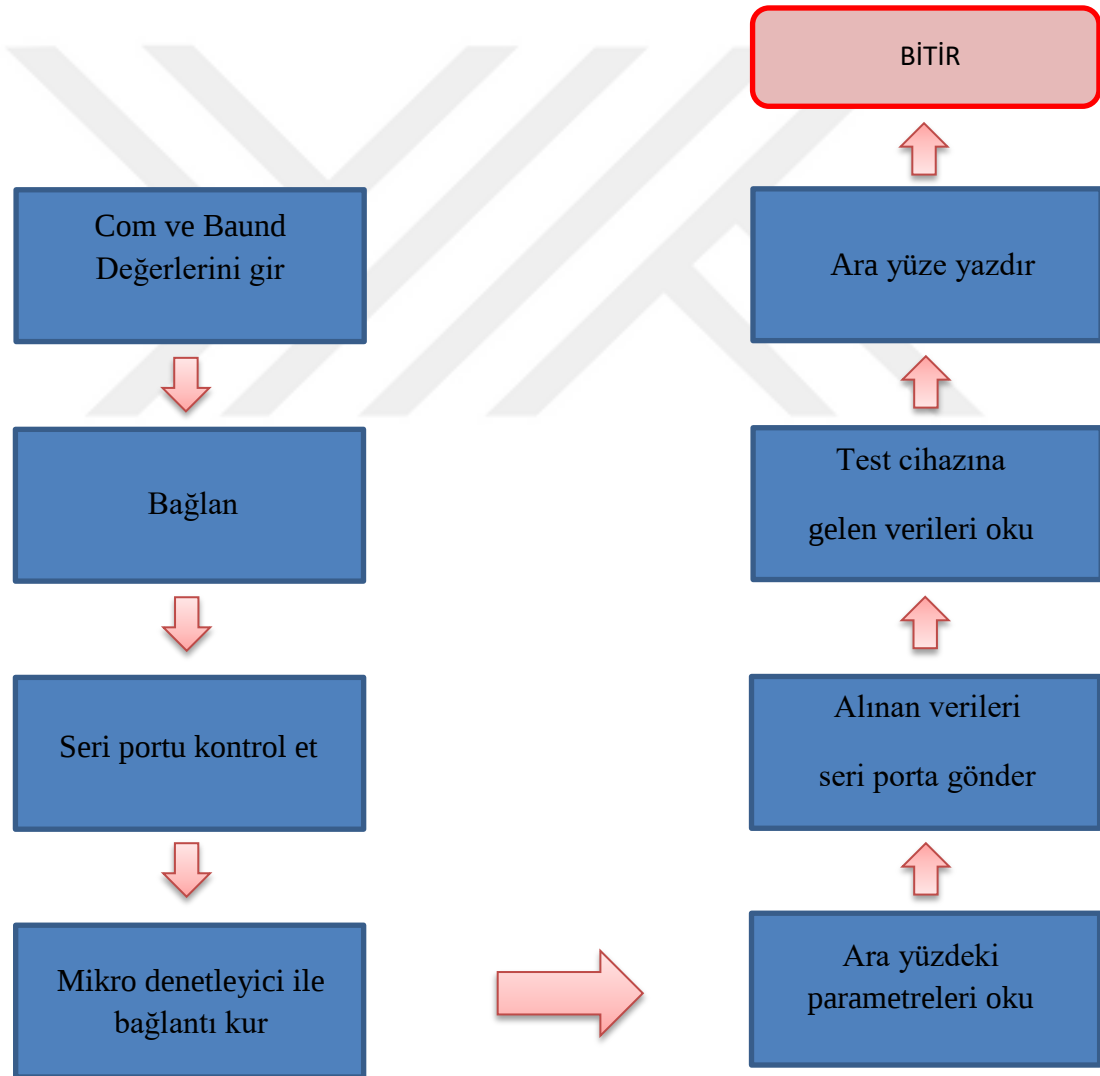
Cihaz başlangıç olarak PC ile iletişimini kontrol eder ve bunun denetimini sağlar. Ardından cihaz üzerindeki ekipmanların iletişimini kontrol eder. Parametrelerin denetlemesini bitirdiğinde ölçüme hazır hale gelir ve komutların ara yüzden gelmesini bekler. Ara yüze girilen parametreleri okur ve cihaz işlemi gerçekleştirmeye başlar.

Cihaz sensörlerden gelen verileri okur. Sensörlerden aldığı değerleri ara yüze gönderir. Daha sonra bir başka ölçüm için hazırda bekleme konumuna geçer. Değerler cihaz ara yüzü üzerinde okunabilmektedir. Fiziksel programlama algoritması Şekil 18’de gösterilmiştir.

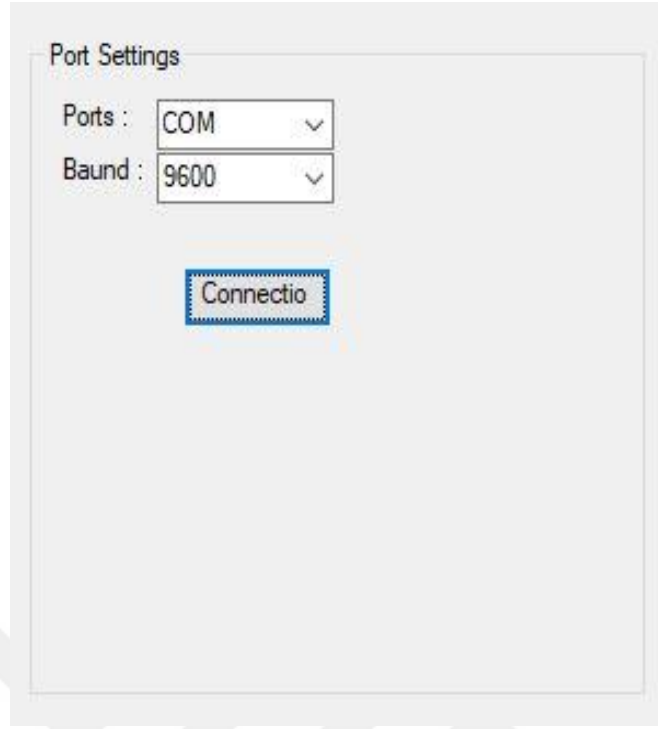


Şekil 18. Travma Test Cihazı Çalışma Algoritması

Kullanıcı ara yüzü Visual Studio C# platformu üzerinden hazırlanmıştır. Ara yüz ilk açıldığında port bağlantısı ve bağlantı hızı parametreleri girilmektedir. Bağlantı hızı 9600 baund olarak belirlenmiştir. Ara yüz üzerinden com ve baund değerleri girilir ve cihazın bilgisayar ile bağlantısı sağlanır. Cihazın seri portunun kontrolü sağlanır ve mikro denetleyici ile bağlantı kurulmuş olur. Ara yüze girilen parametreler okunur ve alınan verileri seri porta işlenir. Travma test cihazının almış olduğu veriler ara yüze yazdırılır. İşlemi sonlandırarak bekleme konumuna geçer. Ara yüz algoritması Şekil 19’de gösterilmiştir [53]. Ara yüz port ayarları ve giriş parametreleri ekranları Şekil 20 ve Şekil 21’ de gösterilmiştir.



Şekil 19. Travma Test Cihazı Ara Yüz Algoritması



Port Settings

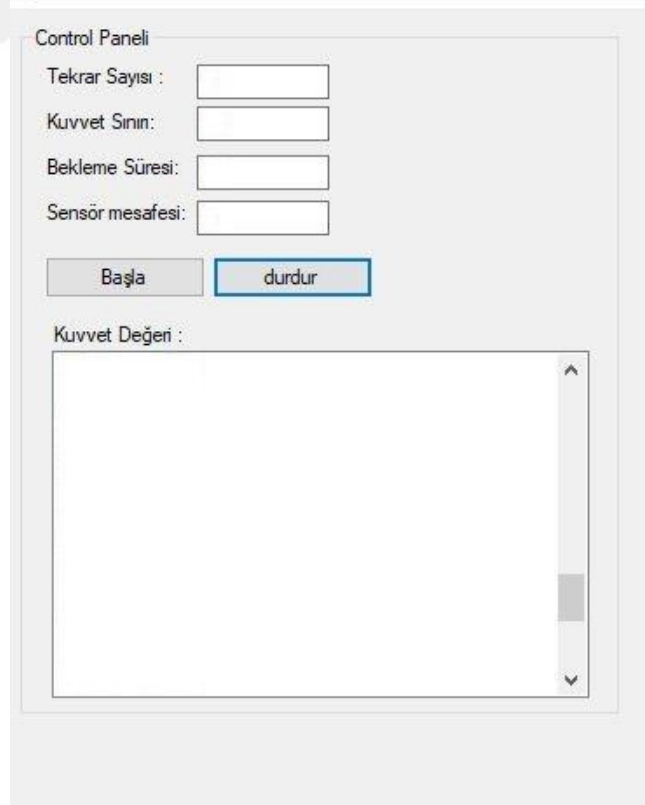
Ports : COM

Baud : 9600

Connectio

This is a screenshot of a 'Port Settings' dialog box. It contains two dropdown menus: 'Ports' set to 'COM' and 'Baud' set to '9600'. Below these is a button labeled 'Connectio'.

Şekil 20. Ara yüz port ayarları



Control Paneli

Tekrar Sayısı :

Kuvvet Sınır:

Bekleme Süresi:

Sensör mesafesi:

Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

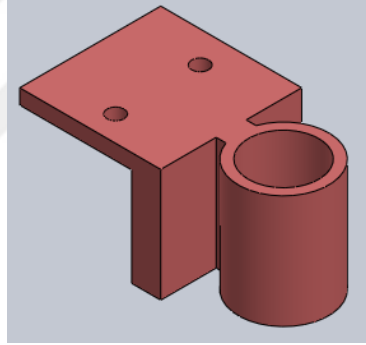
This is a screenshot of a 'Control Paneli' dialog box. It features four input fields for 'Tekrar Sayısı', 'Kuvvet Sınır', 'Bekleme Süresi', and 'Sensör mesafesi'. Below these are two buttons: 'Başla' and 'durdur'. At the bottom, there is a label 'Kuvvet Değeri :' followed by a large empty text area with a vertical scrollbar.

Şekil 21. Ara yüz giriş parametreleri

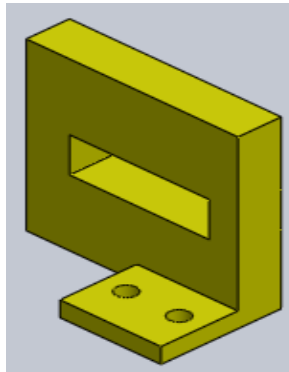
4.1.11 Tutucu (montaj) Aparatları

Her yeni tasarım ve geliştirmede, tasarımlara uygun parçalara ve ürünlere ihtiyaç duyulmaktadır. 3D modelleme de bu ihtiyaca yönelik olarak gerekli parçaların ve ürünlerin üretilmesini hızlı, ucuz ve kaliteli ortaya çıkarılmasını sağlamayı hedefleyen bir teknolojidir. Üretilmesi hedeflenen parça veya ürünlerin 3D modellenerek montajlanması veya kullanılması, hataların ve tasarım eksiklerinin görölmesini sağlamaktadır [54].

Bu aparatlardan biri CAD tasarımı yapılmış ve 3D yazıcı imal edilmiştir. Mesafe sensörünün sabitleneceği aparat, sensörü taşıyabilecek mukavemete sahiptir. şekil 22’de mesafe sensörü sabitleme aparatının katı model çizimi gösterilmiştir. Loadcell tutucu aparat, loadcell’e gelecek kuvvetleri karşılayabilecek şekilde alüminyum malzemeden tasarlanıp üretilmiştir. Loadcell sabitleme aparatının katı model çizimi şekil 23’te gösterilmiştir.



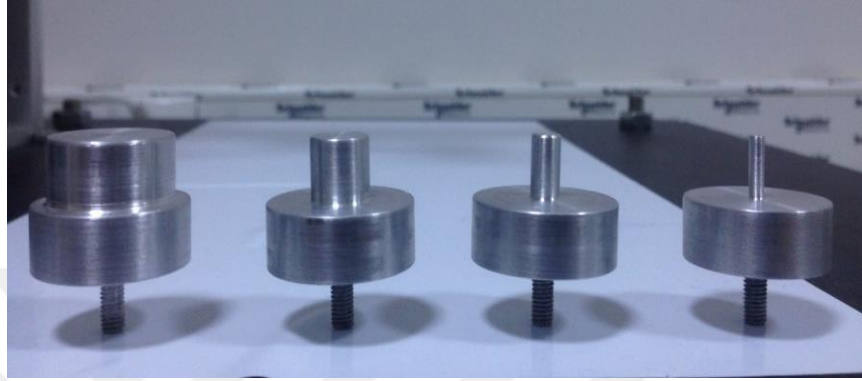
şekil 22. Mesafe sensörü sabitleme aparatı



şekil 23. Loadcell sabitleme aparatı

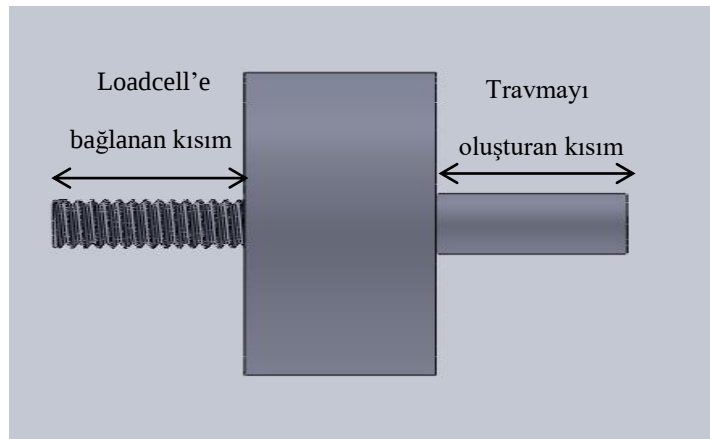
4.1.12 Travma darbe uçları

Travma oluşumunu sağlamak için 4 farklı travma darbe ucu tasarlanmıştır. Alüminyum malzemeden oluşturulan uçlar 2; 5; 10; 20 mm çap ve 10 mm yüksekliğe sahiptir. Travma darbe uçları farklı travma oluşumlarının gözlenmesinde kullanılmaktadır. Şekil 24’de travma darbe uçlarının fotoğrafı görülmektedir.

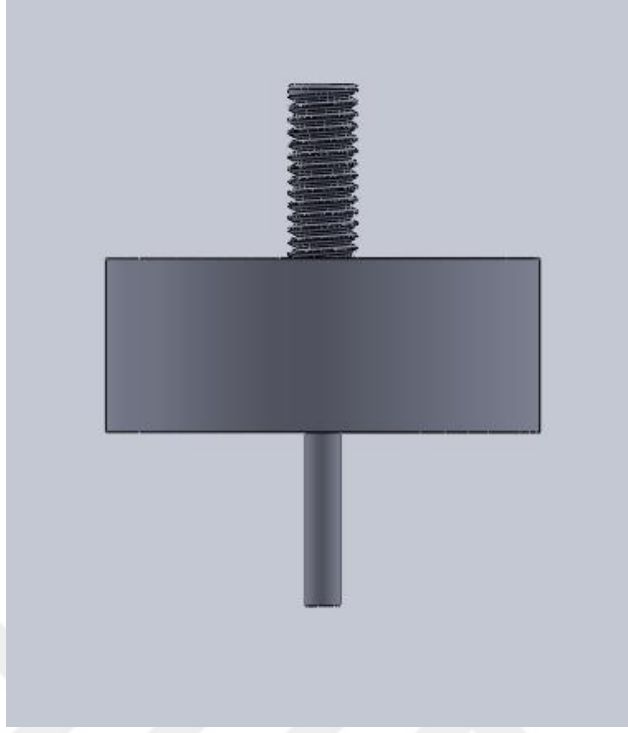


Şekil 24. Travma oluşturucu uçları

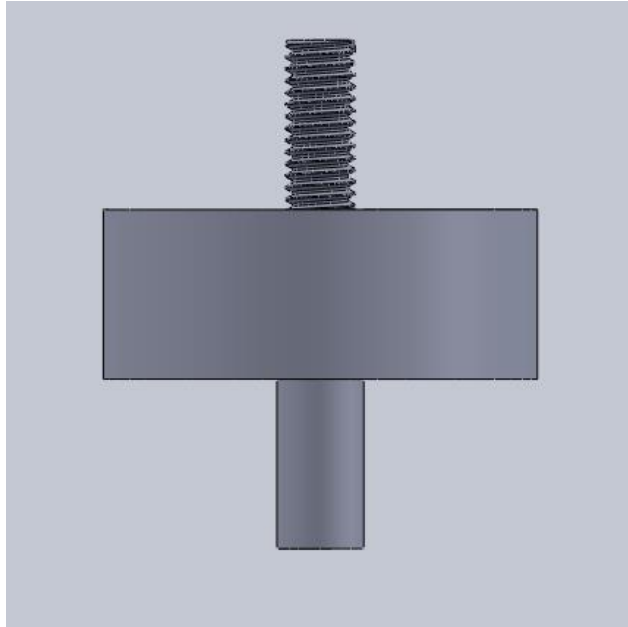
Travma darbe uçlarının yük hücresine bağlanması için M4 x 10 mm uzunluğunda vida açılmıştır. Şekil 25’te travma ucu kısımları, Şekil 26, 27, 28, 29’da travma uçları katı modelleri gösterilmiştir.



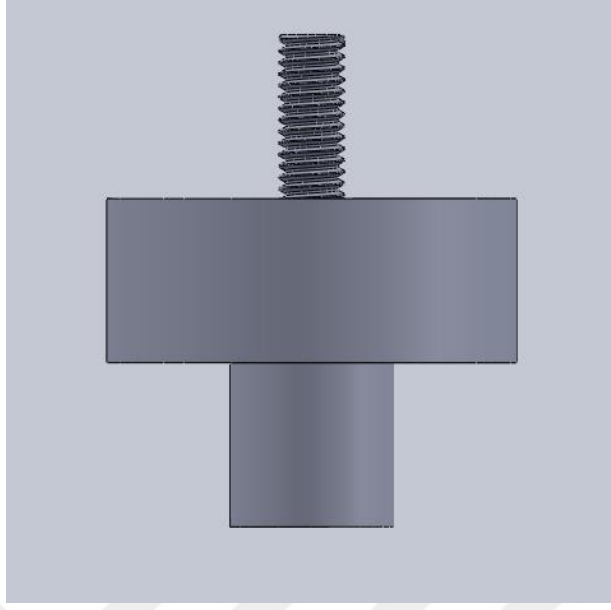
Şekil 25. Travma ucunun kısımları



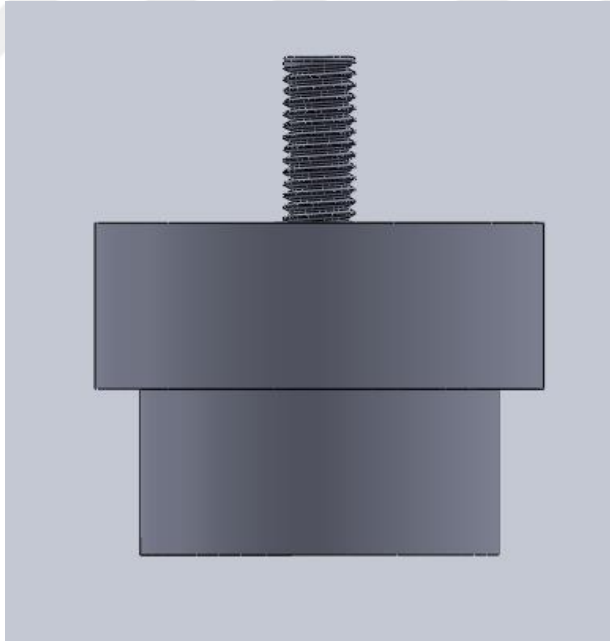
Şekil 26. 2 mm Travma oluşturuu uç



Şekil 27. 5 mm Travma oluşturuu uç



Şekil 28. 10 mm Travma oluşturuucu uç



Şekil 29. 20 mm Travma oluşturuucu uç

4.1.13 Güç Kaynağı ve Ayarlanabilir Voltaj regülatörü

Güç kaynağı, bir sisteme veya cihaza güç sağlayan bir bileşendir. Genellikle metal bir kasaya yerleştirilir, içerisinde transformatör ya da elektronik devreler bulunur[55].

Şehir şebeke gerilimlerinde meydana gelen yükselme, alçalma ve buna benzer durumlarda gerilimi düzenleme ekipmanı olarak kullanılan cihazlara **voltaj regülatörü** adı verilmektedir. Belli fiziksel büyüklükleri (frekans, güç, v.b.) sabit tutabilen elektronik aletlerdir. Regülatörler ile sağlanan elektronik koruma sayesinde gerilimde meydana gelen değişimler regülatör tarafından kesilip olası hasarların önüne geçilmiş olmaktadır. Birçok elektrikli ve elektronik cihazda voltaj regülatörleri cihaz emniyeti için kullanılmaktadır[56].

Travma test cihazında elektronik bileşenler için tehlikeli olabilecek voltaj yükselmesi ve düşmesi durumları için voltaj regülatörü kullanılmıştır. Ayrıca enerji beslemesi olarak 12 V'luk güç kaynağı kullanılmıştır. Şekil 30'da travma test cihazında kullanılan ayarlanabilir voltaj regülatörü görülmektedir.



Şekil 30. Ayarlanabilir Voltaj regülatörü[56]

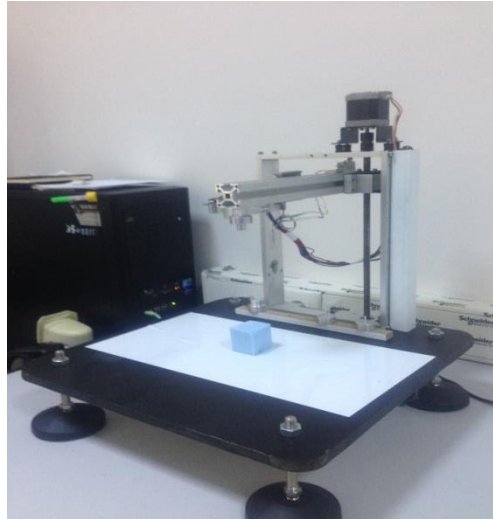
4.2 YÖNTEM

Bu çalışmada travma test cihazı ile farklı darbe ölçümleri yapılmıştır. Darbe ölçümleri için, 24 mm çapında ve 24 mm yüksekliğinde içeriğinde buğday unu, su ve tuz ile birlikte renklendirici bulunan hamur numuneler üretilmiştir. Oluşturulan hamur numuneler Şekil 31’ de gösterilmiştir.



Şekil 31. Travma test cihazı hamur numuneleri

36x36 mm küp şeklinde 30-32 kg/m³ yoğunluğa sahip ekstrude polistren numuneler hazırlanarak tekrarlı yüklerin etkisinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Numunelerin bir örneği Şekil 32’de gösterilmiştir.



Şekil 32. Travma test cihazı ekstrude polistren numuneleri

Spinal kord hasarının canlandırılması için, numuneler üzerine Amerikan Spinal Kord Yaralanma Grubu (ASIA) derecelendirme sisteminde kullanılan 50 g kuvvet uygulanmıştır. Numunelere, travma test cihazı ile uygulanan kuvvetler 300 ms’de bir ölçüm alınarak kaydedilmiştir.

Ayrıca 50 g, 250 g ve 500 g kuvvetler ve farklı travma uçları kullanılarak tek darbe ve iki darbe uygulanarak kuvvet altında hamur ve ekstrude polistren numuneler üzerinde travma testi yapılmıştır. Travma test cihazı ile yapılan darbe ve darbeler sonucu travma derinlikleri ölçülerek karşılaştırılmıştır.



ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Tez çalışmasında travma hasarı oluşturmak için tıp alanında deneysel çalışmalarda kullanılan klip ile kompresyon yaralama modeli olarak bilinen travma hasarı oluşturma yönteminden yola çıkılarak 50 g kuvvet uygulanmıştır. Deneyler hamur ve ekstrude polistren numuneler ile gerçekleştirilmiştir.

Deneylerde kullanılmak üzere 24 mm çapında ve 24 mm yüksekliğinde 128 adet hamur numune hazırlanmıştır. Numunelerin yoğunlukları Arşimet prensibi kullanılarak ölçülmüştür. Tablo 2’de yoğunluğu ölçülen numunelerden 8 adedi gösterilerek ortalaması verilmiştir.

Tablo 2: Hamur deney numunelerinin yoğunluk ölçümleri

Numune No	İlk Ölçüm (g)	Sıvı İçerisindeki Ölçüm (H ₂ O)	Yoğunluk(g/cm ³)
Numune 1	11,933	2,782	1,302
Numune 2	11,922	2,766	1,299
Numune 3	11,843	2,671	1,288
Numune 4	11,593	2,674	1,297
Numune 5	11,663	2,703	1,299
Numune 6	11,973	2,763	1,297
Numune 7	12,047	2,784	1,298
Numune 8	11,879	2,665	1,287
ORTALAMA YOĞUNLUK			1,295

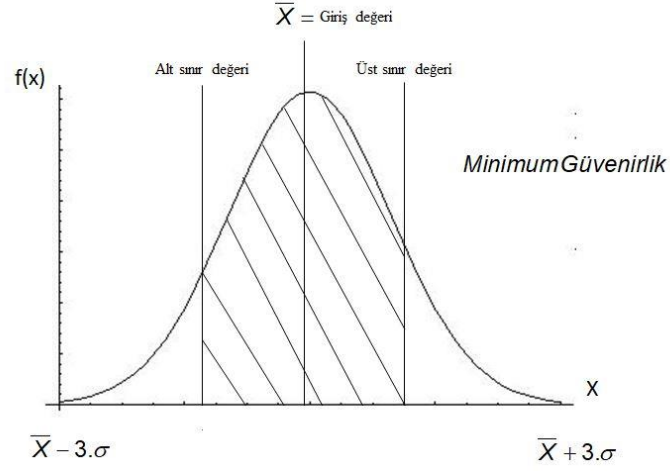
Çalışmada farklı numune olarak numune 36 mm genişliğe ve 36 mm yüksekliğe sahip küp şeklinde TS EN 13164 normunda üretilmiş 30-32 kg/m³ yoğunluktaki 128 adet ekstrude polistren kullanılmıştır. Tek darbe ve iki darbenin farklı kuvvetler altında etkisinin, farklı malzemede gözlemlenmesi amaçlanmıştır. Bu tez çalışmasında canlı veya canlı doku kullanılmamıştır.

Tez çalışmasında Travma Test Cihazının ölçümlerinin güvenilirliğini bulmak için 50 g, 100 g, 200 g, 250 g ve 500 g kuvvetler altında 24 adet ölçüm alınmış ve bu ölçümlerin ortalamaları ve standart sapmaları tespit edilmiştir. Bulunan değerler Tablo 4'te gösterilmiştir.

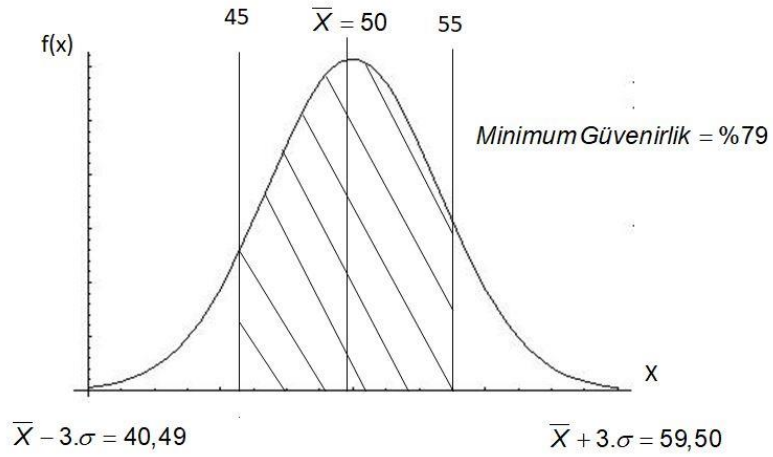
Tablo 3: Güvenilirlik için alınan ölçümler, ortalamaları ve standart sapmaları

	KUVVET				
	50 g	100 g	200 g	250 g	500 g
1	48,58	105,52	199,06	253,95	503,53
2	50,11	104	196,43	246,87	503,24
3	54,02	100,48	196,87	256,15	502,74
4	53,66	104,32	197,59	252,42	502,05
5	49,28	99,75	201,6	250,43	501,73
6	47,74	103,46	199,99	253,32	501,15
7	46,76	102,58	196,3	247,35	499,57
8	52,62	101,9	200,04	251,93	498,63
9	52,87	96,35	206,74	253,38	497,92
10	54,06	96,94	202,94	249,05	497,11
11	53,35	98,24	196,52	252,44	496,67
12	42,23	96,1	198,5	256,11	496,26
13	52,51	102,27	204,52	253,6	509,22
14	50,38	104,35	203,1	252,18	504,59
15	56,94	102,24	205,62	246,85	512
16	56,87	104,88	206,15	248,52	502,3
17	51,62	106	201,35	248,04	499,35
18	51,42	104	199,09	249,9	497,08
19	49,27	103	199,61	253,79	505,16
20	49,88	102	199,41	251,38	498,65
21	48,79	102,95	199,66	249,19	506,2
22	49,41	97,7	199,45	251,02	497,33
23	51,14	97,5	199,83	247,02	506,35
24	53,06	92,98	199	252,94	501,356
ORT.	51,11	101,23	200,39	251,16	501,67
ST. SAPMA	3,168	3,414	2,988	2,765	4,041

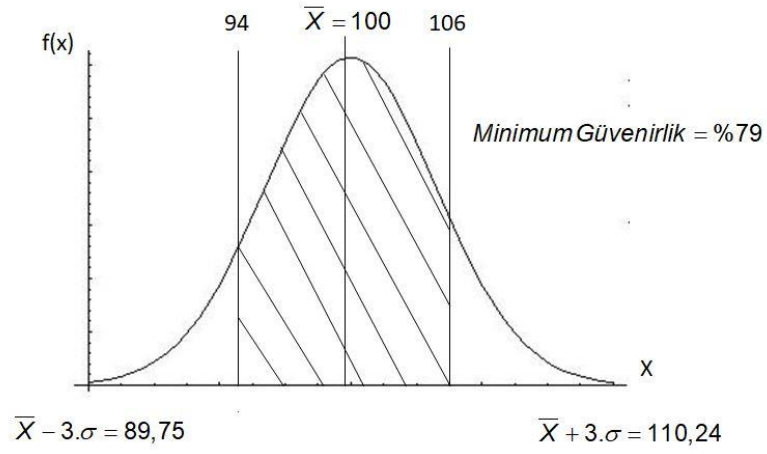
Alınan değerler göz önünde bulundurulduğunda, her bir kuvvet için aralık değeri bulunarak bu değerler üzerinden minimum güvenilirlik hesaplanmıştır. Cihazın minimum ölçüm güvenilirliği 50 g için %79, 100 g için %79, 200 g için %70, 250 g için % 91 ve 500 g için %91 olarak bulunmuştur. Güvenilirliğe ait normal dağılım grafikleri aşağıdadır.



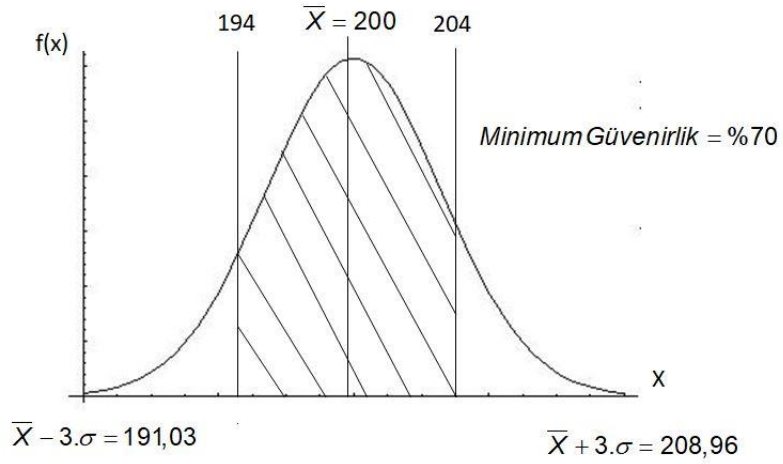
Şekil 33. Güvenirlik analizi normal dağılım fonksiyonu grafiği



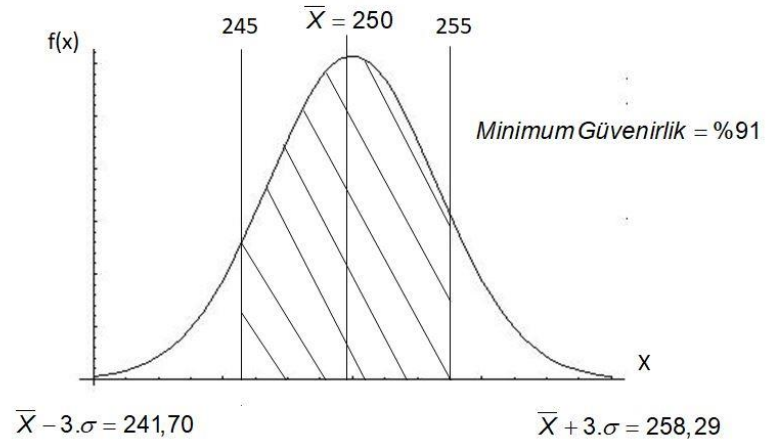
Şekil 34. 50 g yükte elde edilen sonuçların güvenirlik analizi grafiği dağılım fonksiyonu



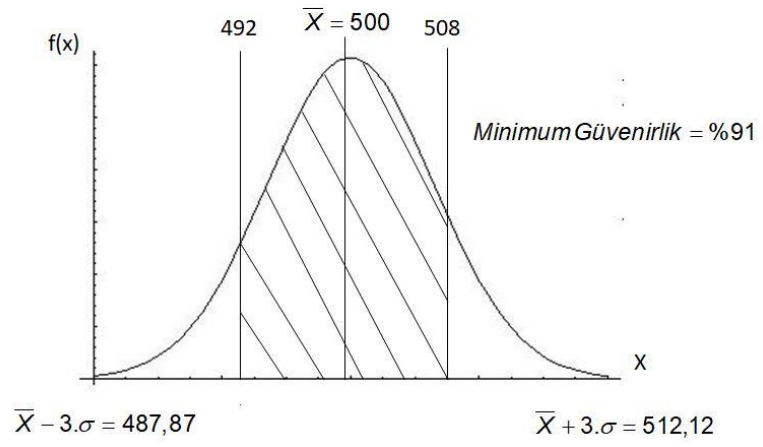
Şekil 35. 100 g yükte elde edilen sonuçların güvenirlilik analizi grafiği dağılım fonksiyonu



Şekil 36. 200 g yükte elde edilen sonuçların güvenirlilik analizi grafiği dağılım fonksiyonu



Şekil 37. 250 g yükte elde edilen sonuçların güvenirlilik analizi grafiği dağılım fonksiyonu



Şekil 38. 500 g yükte elde edilen sonuçların güvenirlilik analizi grafiği dağılım fonksiyonu

Deneylerde 2; 5; 10 ve 20 mm çapındaki travma uçları ile hamur ve ekstrude polistren numunelere 50 g, 250 g, 500 g kuvvet altında 300 ms veri aktarım hızı ile tek darbe ve iki darbe şeklinde travma oluşturulmuştur.

Travma test cihazı ile her parametre için 8 adet olacak şekilde 2; 5; 10; 20 mm travma uçları ile 50 g, 250 g, 500 g kuvvetler altında oluşan travma derinliklerinin ortalaması Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo 4: Deney numunelerinin ortalama travma derinlik lmleri

ORTALAMA TRAVMA DERİNLİKLERİ (μm)					
YÜK	TRAVMA DARBE UÇLARI	DARBE SAYISI			
		TEK DARBE		İKİ DARBE	
		HAMUR	E.POLİSTREN	HAMUR	E.POLİSTREN
50	2 mm	2268	*	3183	*
	5 mm	*	*	*	*
	10 mm	*	*	*	*
	20 mm	*	*	*	*
250	2 mm	7728	3285	8635	5795
	5 mm	7329	*	7960	*
	10 mm	641	*	1239	*
	20 mm	*	*	*	*
500	2 mm	10187	4342	9703	6804
	5 mm	9438	455	9366	713
	10 mm	7154	*	7829	*
	20 mm	396	*	517	*

**Değer alınamayan numuneler.*

Şekil 39-84’de travma test parametrelerinin ekran görüntüsü ile hamur ve ekstrude polistren numunelerin, travma testi cihazı ile alınabilen travma derinliklerinin stereo mikroskop fotoğrafları gösterilmiştir.

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı : 50

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

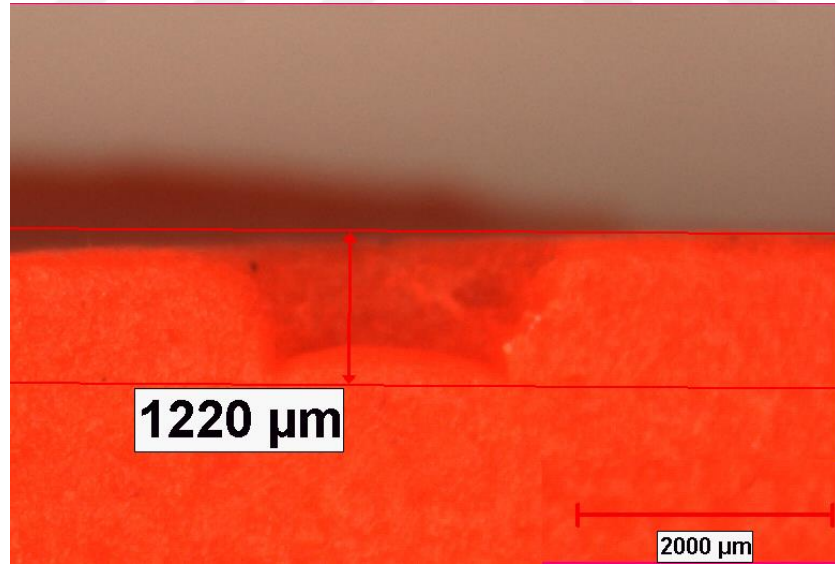
Bağla

durdur

Kuvvet Değeri :

1800ms	:2.54
2100ms	:2.55
2400ms	:27.83
2700ms	:2.42
3000ms	:6.96
3300ms	:12.00
3600ms	:23.78
3900ms	:32.59
4200ms	:28.62
4500ms	:33.01
4800ms	:35.83
5100ms	:38.04
5400ms	:35.77
5700ms	:46.65
6000ms	:49.83

Şekil 39. 2 mm travma ucu ile 50 g için bir tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 40. 2 mm travma ucu, 50 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı: 50

Bekleme Süresi: 300

Sensör mesafesi: 2

Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

8100ms	:0.00
8400ms	:0.00
8700ms	:0.00
9000ms	:0.00
9300ms	:0.00
9600ms	:0.00
9900ms	:0.00
10200ms	:0.00
10500ms	:0.00
10800ms	:0.00
11100ms	:0.00
11400ms	:0.00
11700ms	:0.41
12000ms	:20.69
12300ms	:52.60

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı: 50

Bekleme Süresi: 300

Sensör mesafesi: 2

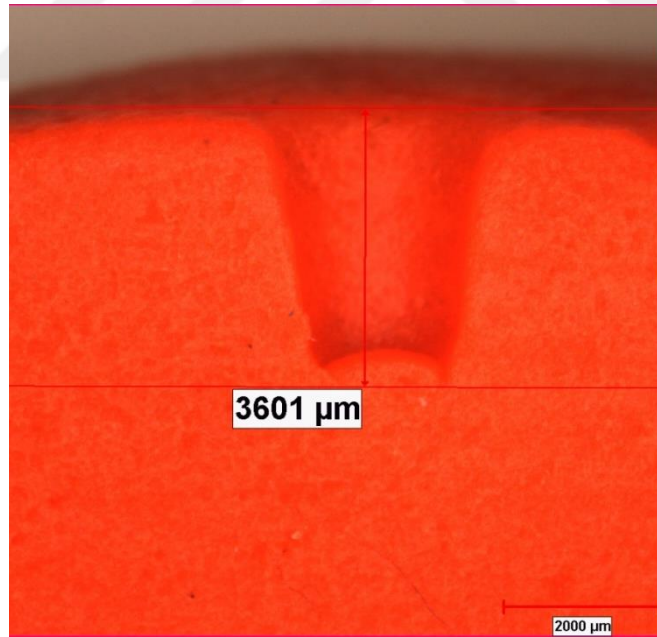
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

16200ms	:0.00
16500ms	:0.00
16800ms	:0.00
17100ms	:0.00
17400ms	:0.00
17700ms	:0.00
18000ms	:0.00
18300ms	:0.00
18600ms	:0.00
18900ms	:0.00
19200ms	:0.00
19500ms	:0.00
19800ms	:4.46
20100ms	:29.88
20400ms	:54.65

Şekil 41. 2 mm travma ucu ile 50 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 42. 2 mm travma ucu, 50 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı : 250

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

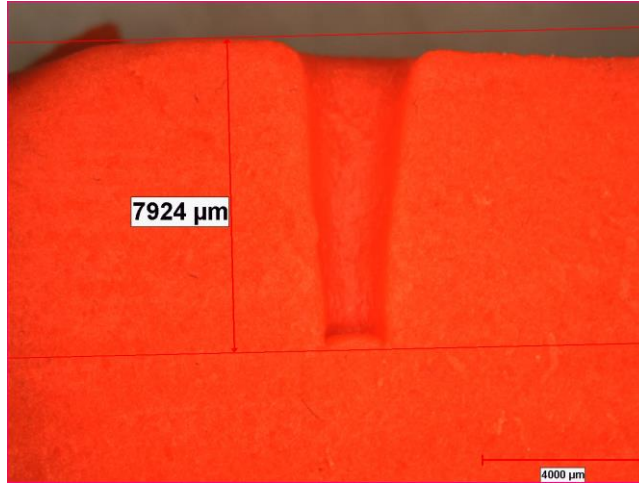
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

36300ms	:5.55
36600ms	:6.47
36900ms	:7.27
37200ms	:7.00
37500ms	:7.81
37800ms	:8.43
38100ms	:34.42
38400ms	:82.33
38700ms	:107.11
39000ms	:184.30
39300ms	:242.35
39600ms	:249.41
39900ms	:9.95
40200ms	:0.37
40500ms	:x

Şekil 43. 2 mm travma ucu ile 250 g için bir tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 44. 2 mm travma ucu, 50 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı : 250

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

78600ms :61.09
78900ms :64.80
79200ms :67.32
79500ms :69.89
79800ms :67.73
80100ms :83.30
80400ms :90.84
80700ms :94.16
81000ms :80.52
81300ms :83.61
81600ms :92.22
81900ms :112.67
82200ms :173.34
82500ms :229.76
82800ms :277.65

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı : 250

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

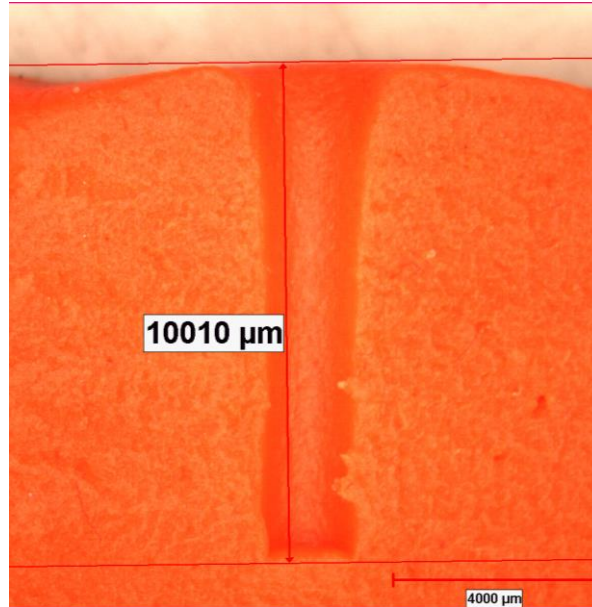
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

54600ms :61.00
54900ms :65.41
55200ms :68.14
55500ms :71.06
55800ms :69.73
56100ms :85.42
56400ms :93.69
56700ms :97.80
57000ms :82.68
57300ms :86.01
57600ms :89.50
57900ms :91.86
58200ms :143.57
58500ms :198.07
58800ms :243.86

Şekil 45. 2 mm travma ucu ile 250 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 46. 2 mm travma ucu, 250 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı : 250

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

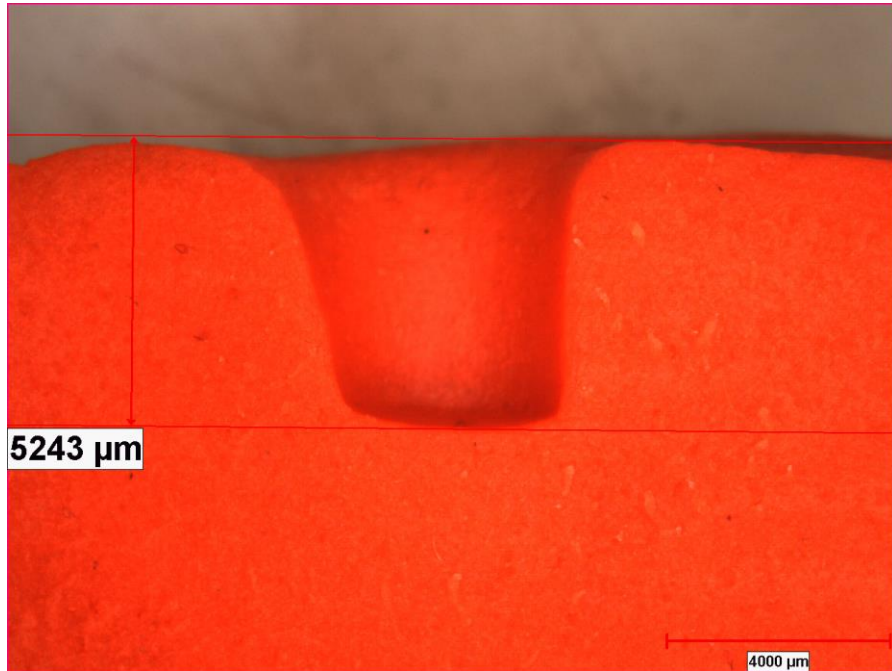
Başla

durdur

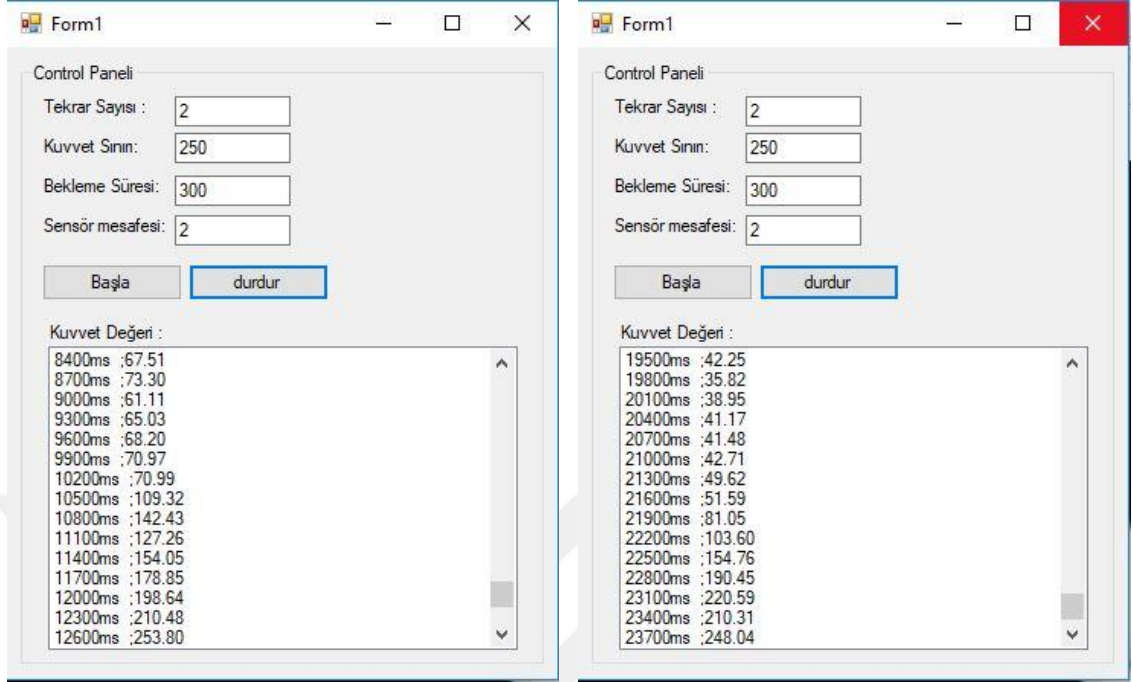
Kuvvet Değeri :

40800ms	:4.09
41100ms	:4.12
41400ms	:4.17
41700ms	:5.03
42000ms	:4.27
42300ms	:12.86
42600ms	:52.54
42900ms	:73.69
43200ms	:138.70
43500ms	:211.32
43800ms	:252.98
44100ms	:7.43
44400ms	:0.82
44700ms	x
45000ms	x

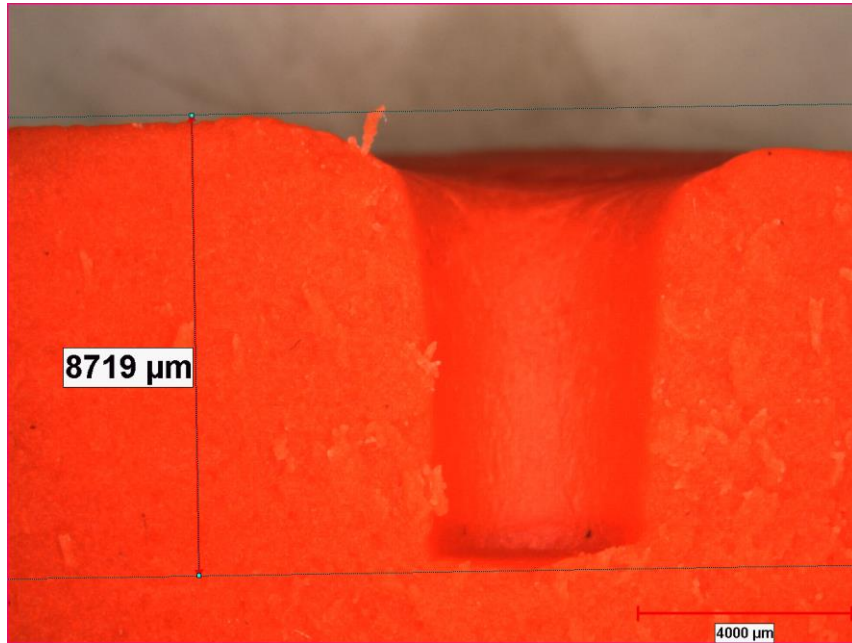
Şekil 47. 5 mm travma ucu ile 250 g için bir tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 48. 5 mm travma ucu, 250 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği



Şekil 49. 5 mm travma ucu ile 250 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 50. 5 mm travma ucu, 250 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı : 250

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

Başla

durdur

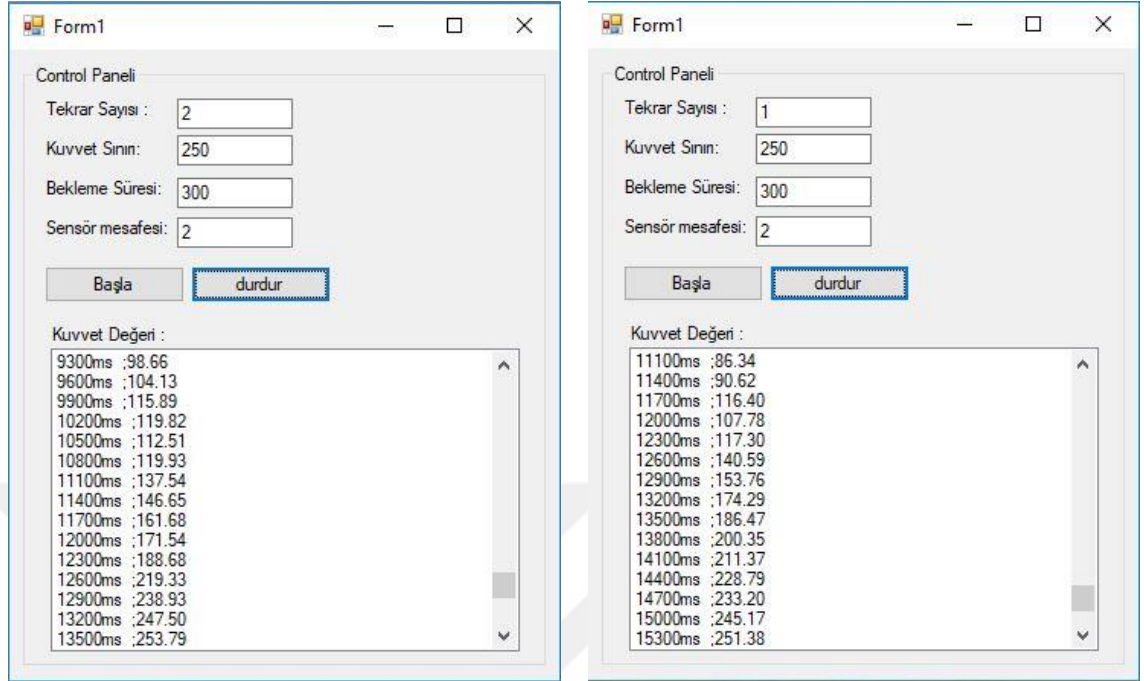
Kuvvet Değeri :

25200ms	:90.15
25500ms	:79.76
25800ms	:98.29
26100ms	:126.16
26400ms	:151.88
26700ms	:179.01
27000ms	:207.56
27300ms	:222.50
27600ms	:250.02
27900ms	:0.00
28200ms	:0.00
28500ms	:x
28800ms	:x
29100ms	:
29400ms	:

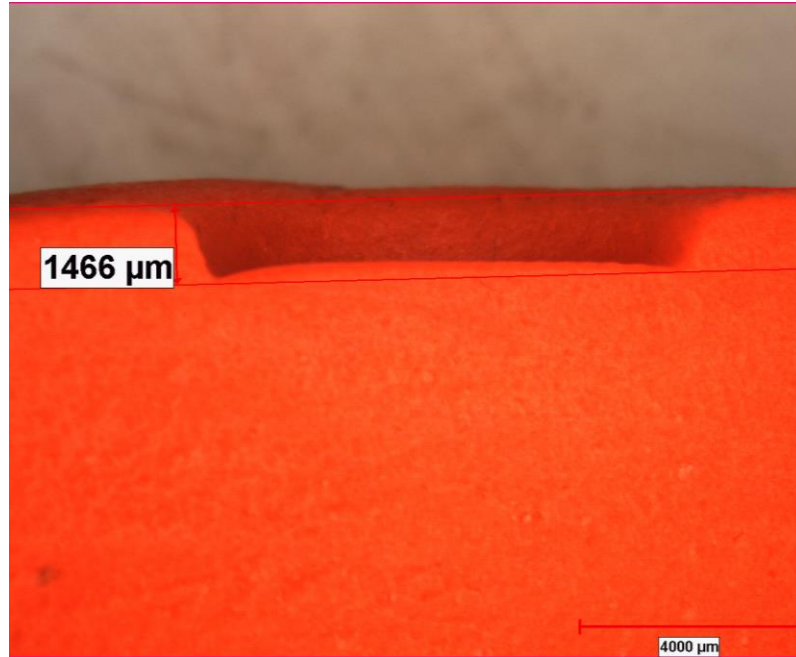
Şekil 51. 10 mm travma ucu ile 250 g bir tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 52. 10 mm travma ucu, 250 g kuvvet, bir tekrar altında oluşturulan hamur numune travma derinliği



Şekil 53. 10 mm travma ucu ile 250 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 54. 10 mm travma ucu, 250 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı: 250

Bekleme Süresi: 300

Sensör mesafesi: 2

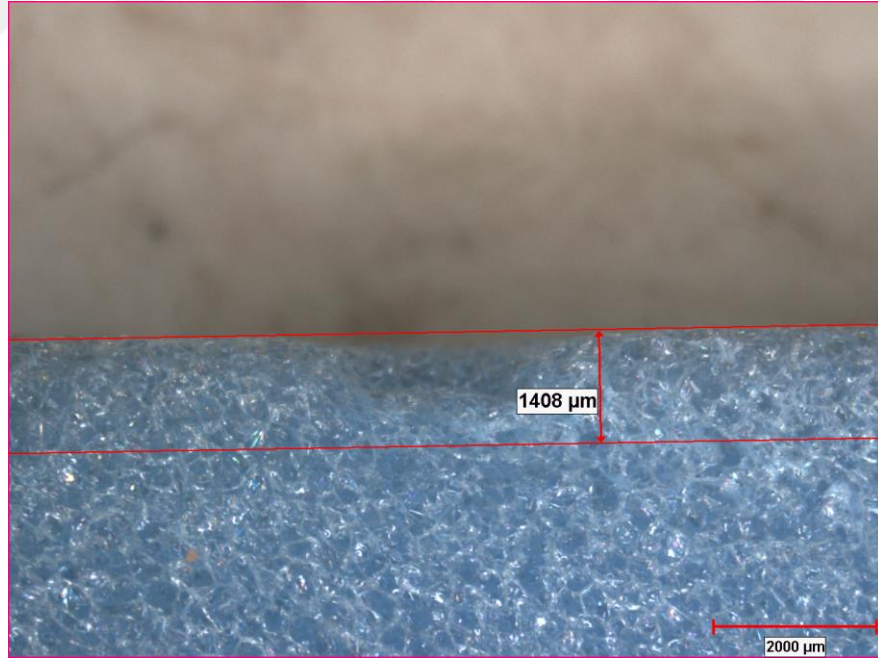
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

16800ms	:0.00
17100ms	:5.63
17400ms	:32.81
17700ms	:68.84
18000ms	:104.47
18300ms	:126.57
18600ms	:170.08
18900ms	:196.12
19200ms	:213.41
19500ms	:194.16
19800ms	:205.17
20100ms	:214.14
20400ms	:210.87
20700ms	:245.21
21000ms	:257.40

Şekil 55. 2 mm travma ucu ile 250 g bir tekrar için ekstrude polistren travma parametreleri



Şekil 56. 2 mm travma ucu, 250 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı : 250

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

Başla **durdur**

Kuvvet Değeri :

8400ms	:68.74
8700ms	:64.06
9000ms	:76.31
9300ms	:78.45
9600ms	:85.77
9900ms	:79.04
10200ms	:89.00
10500ms	:86.06
10800ms	:87.84
11100ms	:122.05
11400ms	:148.45
11700ms	:181.05
12000ms	:208.73
12300ms	:225.46
12600ms	:251.02

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı : 250

Bekleme Süresi : 300

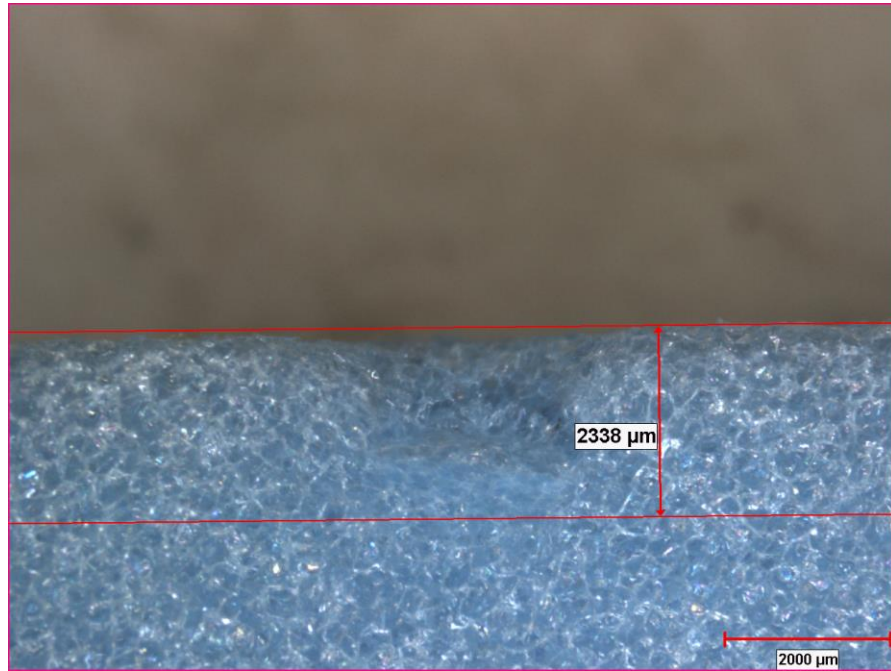
Sensör mesafesi : 2

Başla **durdur**

Kuvvet Değeri :

18600ms	:43.83
18900ms	:43.55
19200ms	:48.92
19500ms	:64.04
19800ms	:82.46
20100ms	:100.32
20400ms	:140.35
20700ms	:159.51
21000ms	:183.13
21300ms	:196.17
21600ms	:205.15
21900ms	:219.98
22200ms	:231.74
22500ms	:238.88
22800ms	:249.19

Şekil 57. 2 mm travma ucu ile 250 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 58. 2 mm travma ucu, 250 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı: 500

Bekleme Süresi: 300

Sensör mesafesi: 2

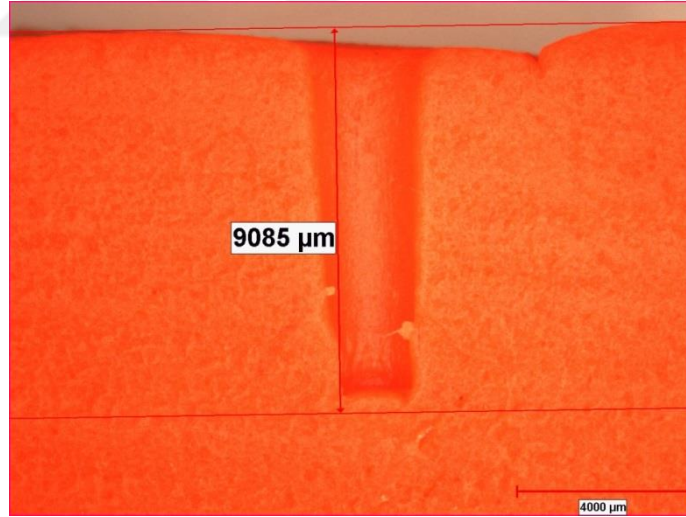
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

13800ms	:55.26
14100ms	:114.51
14400ms	:113.60
14700ms	:164.61
15000ms	:218.64
15300ms	:263.26
15600ms	:282.40
15900ms	:359.72
16200ms	:401.39
16500ms	:359.56
16800ms	:387.88
17100ms	:409.03
17400ms	:426.79
17700ms	:425.29
18000ms	:497.72

Şekil 59. 2 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 60. 2 mm travma ucu, 500 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı : 500

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

31800ms :0.39
32100ms :0.48
32400ms :0.84
32700ms :0.99
33000ms :12.25
33300ms :64.36
33600ms :117.14
33900ms :210.86
34200ms :265.72
34500ms :251.15
34800ms :299.64
35100ms :348.88
35400ms :393.43
35700ms :404.10
36000ms :505.29

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı : 500

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

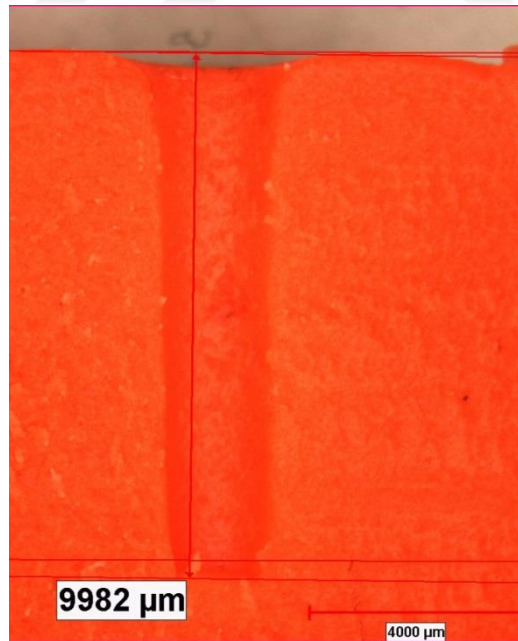
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

20700ms :43.34
21000ms :93.09
21300ms :98.87
21600ms :146.11
21900ms :188.67
22200ms :223.46
22500ms :280.51
22800ms :333.64
23100ms :368.94
23400ms :339.19
23700ms :367.93
24000ms :392.19
24300ms :402.38
24600ms :464.48
24900ms :503.27

Şekil 61. 2 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar hamur numune travma parametreleri



Şekil 62. 2 mm travma ucu, 500 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı : 500

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

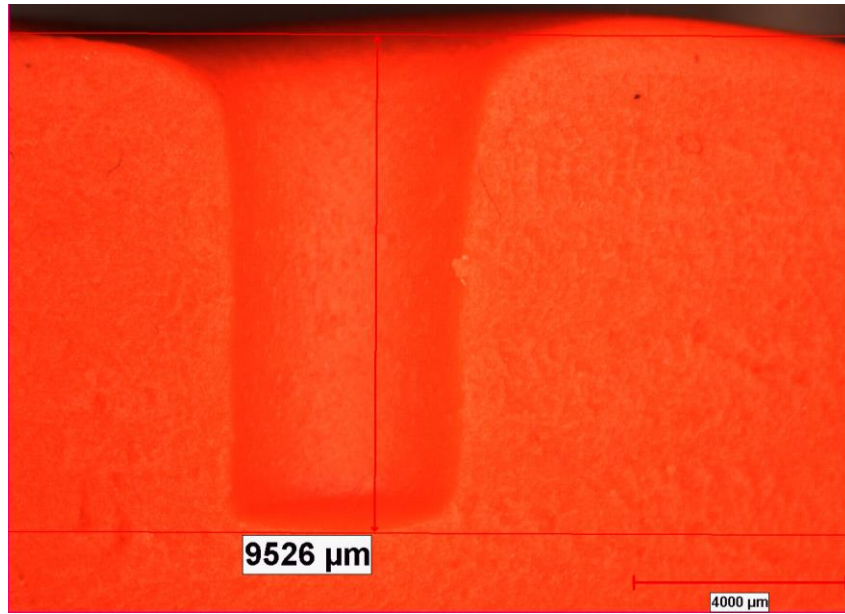
Bağla

durdur

Kuvvet Değeri :

6600ms	:41.15
6900ms	:86.39
7200ms	:133.23
7500ms	:178.75
7800ms	:222.02
8100ms	:299.82
8400ms	:349.74
8700ms	:381.89
9000ms	:347.56
9300ms	:374.19
9600ms	:395.38
9900ms	:396.68
10200ms	:469.68
10500ms	:495.77
10800ms	:509.54

Şekil 63. 5 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 64. 5 mm travma ucu, 500 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı :

1

Kuvvet Sınırı :

500

Bekleme Süresi :

300

Sensör mesafesi :

2

Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

10800ms :391.01
11100ms :419.85
11400ms :435.58
11700ms :443.53
12000ms :441.00
12300ms :444.95
12600ms :424.26
12900ms :431.87
13200ms :458.10
13500ms :449.37
13800ms :454.50
14100ms :462.32
14400ms :496.53
14700ms :491.92
15000ms :497.08

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı :

1

Kuvvet Sınırı :

500

Bekleme Süresi :

300

Sensör mesafesi :

2

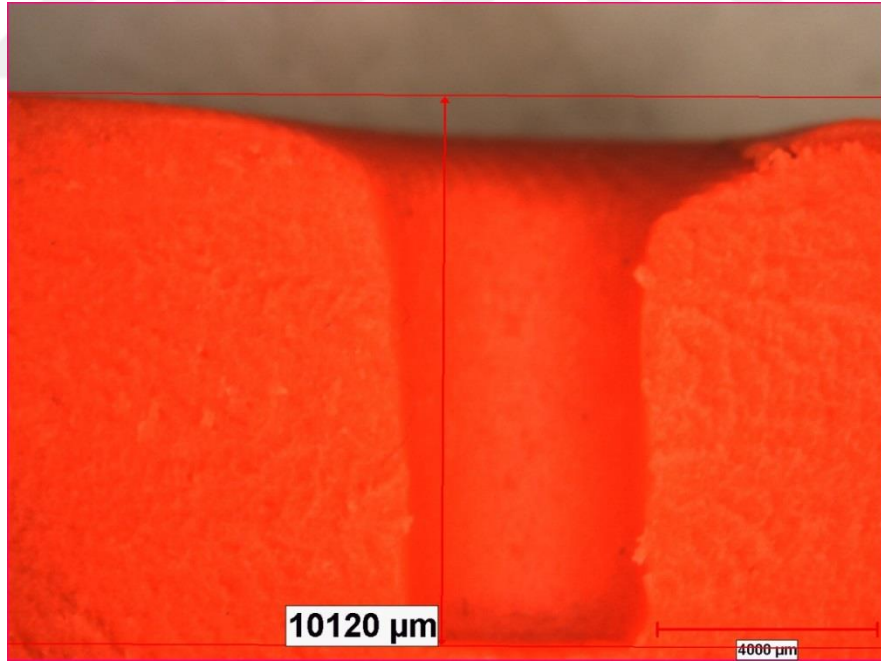
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

5400ms :147.03
5700ms :221.04
6000ms :259.73
6300ms :324.85
6600ms :330.99
6900ms :343.91
7200ms :388.34
7500ms :440.37
7800ms :456.18
8100ms :450.10
8400ms :448.88
8700ms :485.98
9000ms :477.74
9300ms :486.06
9600ms :505.16

Şekil 65. 5 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 66. 5 mm travma ucu, 500 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı: 500

Bekleme Süresi: 300

Sensör mesafesi: 2

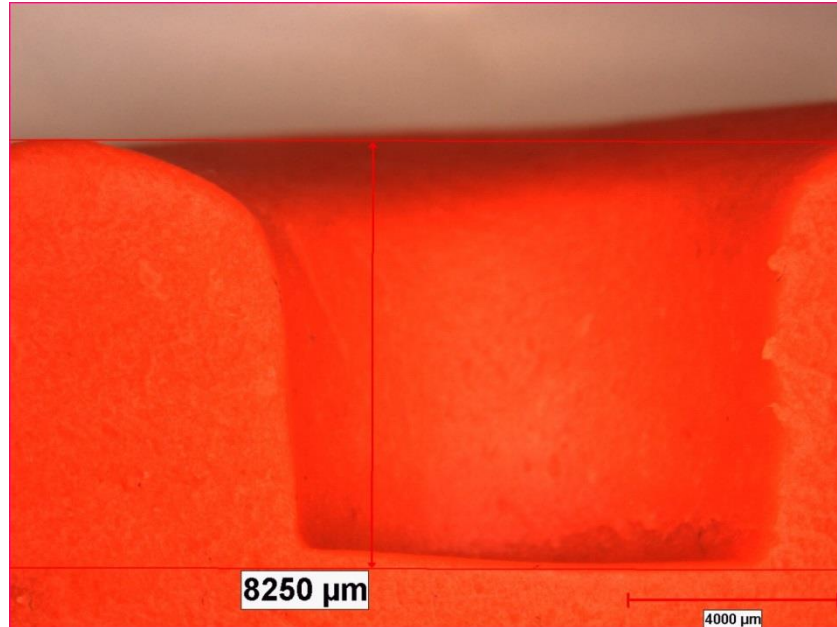
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

36900ms	:162.05
37200ms	:239.34
37500ms	:297.07
37800ms	:310.51
38100ms	:241.00
38400ms	:239.41
38700ms	:239.19
39000ms	:265.94
39300ms	:304.09
39600ms	:337.54
39900ms	:352.31
40200ms	:390.17
40500ms	:441.88
40800ms	:453.44
41100ms	:498.62

Şekil 67. 10 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 68. 10 mm travma ucu, 500 g kuvvet, bir tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı: 500

Bekleme Süresi: 300

Sensör mesafesi: 2

Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

19800ms :311.81
20100ms :314.35
20400ms :324.35
20700ms :335.57
21000ms :347.66
21300ms :350.57
21600ms :370.42
21900ms :396.02
22200ms :401.36
22500ms :409.31
22800ms :419.44
23100ms :426.98
23400ms :445.29
23700ms :470.47
24000ms :498.65

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı: 500

Bekleme Süresi: 300

Sensör mesafesi: 2

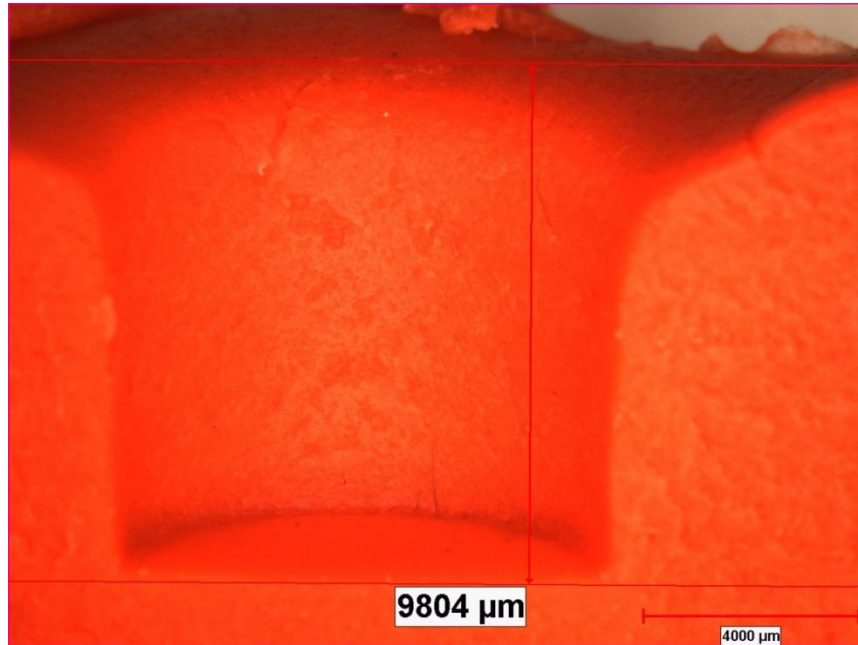
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

33000ms :412.42
33300ms :416.58
33600ms :429.57
33900ms :420.14
34200ms :426.23
34500ms :436.66
34800ms :444.86
35100ms :469.34
35400ms :466.76
35700ms :468.12
36000ms :463.29
36300ms :471.52
36600ms :491.90
36900ms :491.40
37200ms :506.20

Şekil 69. 10 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 70. 10 mm travma ucu, 500 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı : 500

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

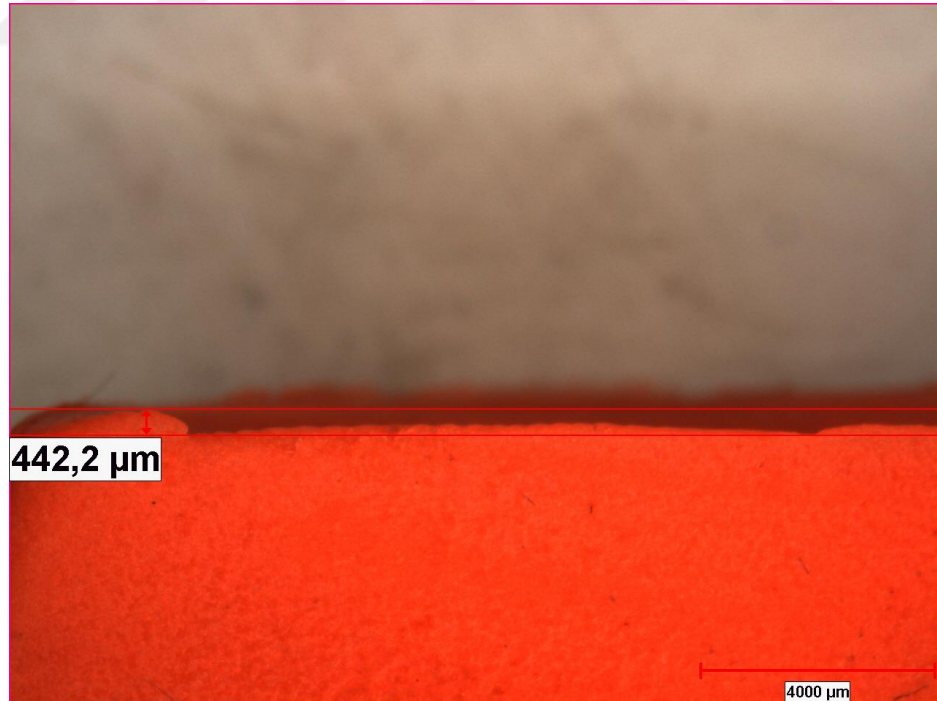
Bağla

durdur

Kuvvet Değeri :

36600ms	:78.19
36900ms	:148.29
37200ms	:202.11
37500ms	:256.07
37800ms	:318.67
38100ms	:318.13
38400ms	:284.83
38700ms	:256.10
39000ms	:286.01
39300ms	:313.79
39600ms	:342.46
39900ms	:391.64
40200ms	:404.98
40500ms	:451.81
40800ms	:501.26

Şekil 71. 20 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 72. 20 mm travma ucu, 500 g kuvvet, bir tekrar altında oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı : 500

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

20100ms :399.73
20400ms :401.99
20700ms :410.99
21000ms :422.70
21300ms :430.65
21600ms :418.72
21900ms :417.05
22200ms :424.90
22500ms :432.23
22800ms :429.01
23100ms :442.03
23400ms :430.79
23700ms :447.40
24000ms :471.50
24300ms :513.17

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı : 500

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

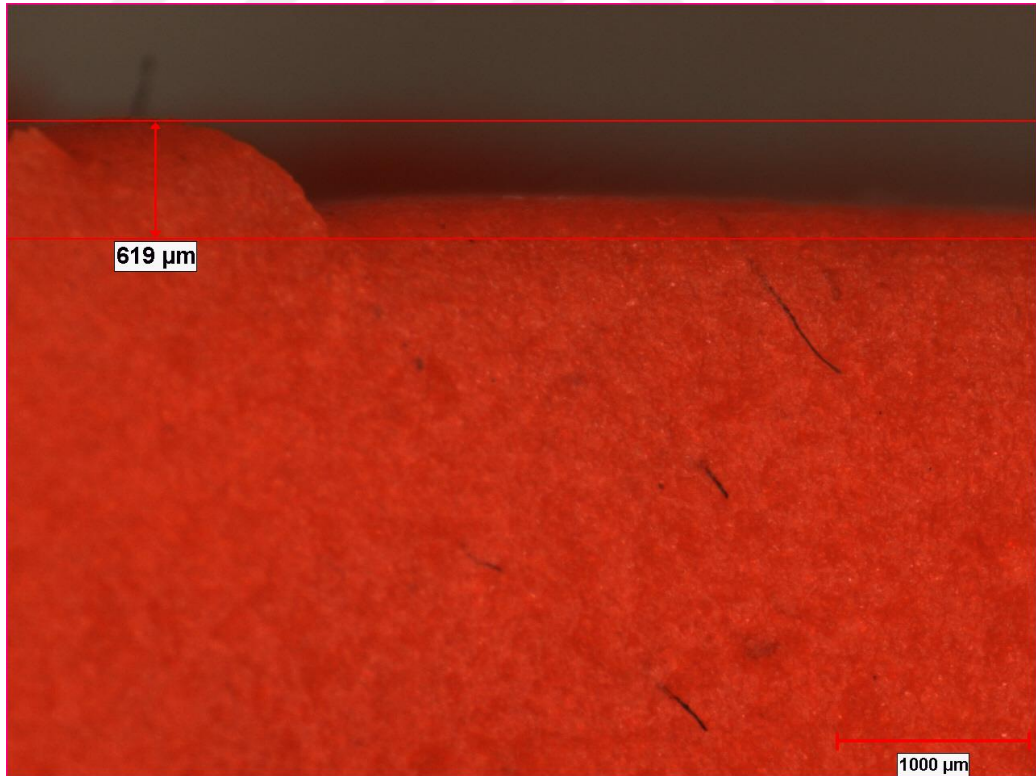
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

7800ms :202.13
8100ms :225.18
8400ms :227.39
8700ms :289.42
9000ms :340.87
9300ms :393.03
9600ms :439.67
9900ms :446.99
10200ms :449.42
10500ms :431.12
10800ms :434.79
11100ms :433.75
11400ms :435.57
11700ms :471.30
12000ms :499.35

Şekil 73. 20 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar için hamur numune travma parametreleri



Şekil 74. 20 mm travma ucu, 500 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan hamur numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı : 500

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

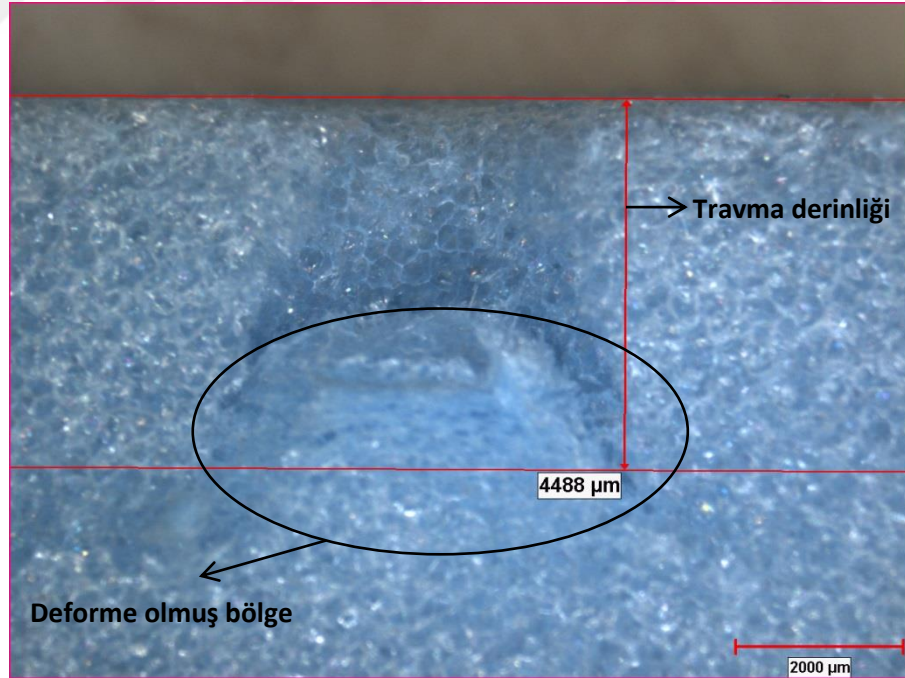
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

36000ms	:4.51
36300ms	:4.03
36600ms	:5.09
36900ms	:4.38
37200ms	:19.89
37500ms	:131.87
37800ms	:196.07
38100ms	:364.19
38400ms	:503.66
38700ms	:0.62
39000ms	:0.63
39300ms	:x
39600ms	:x
39900ms	:
40200ms	:

Şekil 75. 2 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için ekstrude polistren travma parametreleri



Şekil 76. 2 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı: 500

Bekleme Süresi: 300

Sensör mesafesi: 2

Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

31800ms	:0.39
32100ms	:0.48
32400ms	:0.84
32700ms	:0.99
33000ms	:12.25
33300ms	:64.36
33600ms	:117.14
33900ms	:210.86
34200ms	:265.72
34500ms	:251.15
34800ms	:299.64
35100ms	:348.88
35400ms	:393.43
35700ms	:404.10
36000ms	:505.29

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 2

Kuvvet Sınırı: 500

Bekleme Süresi: 300

Sensör mesafesi: 2

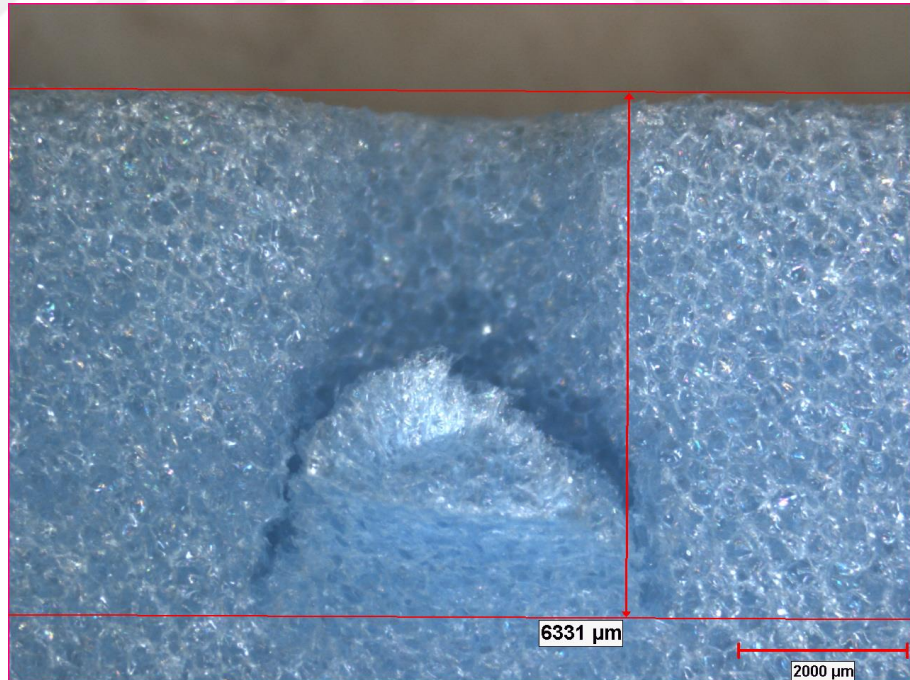
Başla

durdur

Kuvvet Değeri :

20700ms	:43.34
21000ms	:93.09
21300ms	:98.87
21600ms	:146.11
21900ms	:188.67
22200ms	:223.46
22500ms	:280.51
22800ms	:333.64
23100ms	:368.94
23400ms	:339.19
23700ms	:367.93
24000ms	:392.19
24300ms	:402.38
24600ms	:464.48
24900ms	:503.27

Şekil 77. 2 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar için ekstrude polistren travma parametreleri



Şekil 78. 2 mm travma ucu, 500 g kuvvet, iki tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği

Form1

Control Paneli

Tekrar Sayısı : 1

Kuvvet Sınırı : 500

Bekleme Süresi : 300

Sensör mesafesi : 2

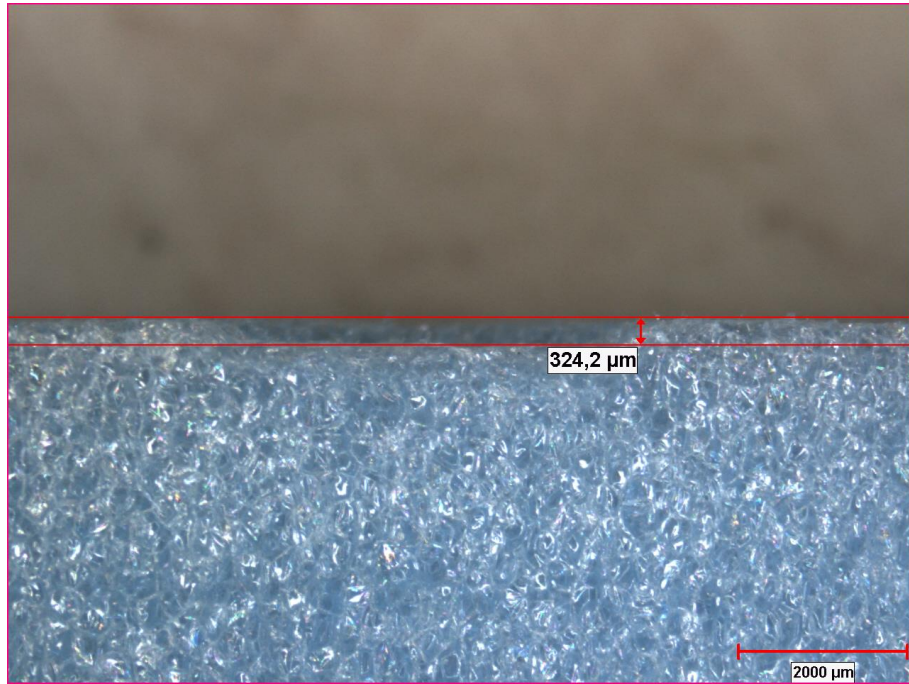
Başla

durdur

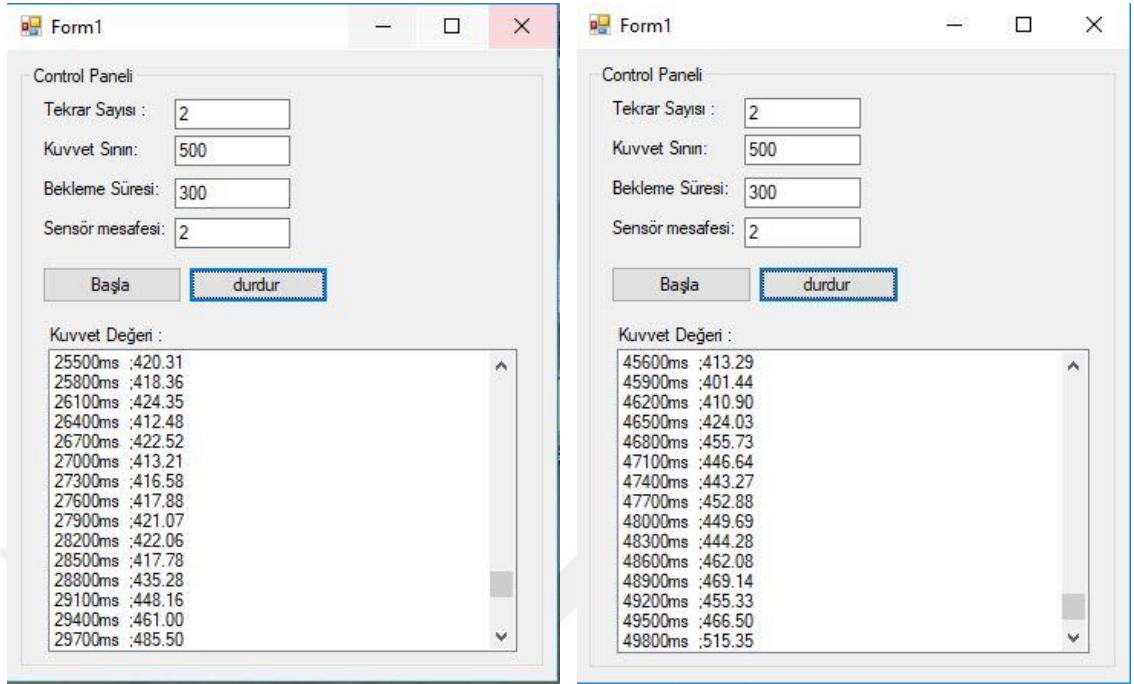
Kuvvet Değeri :

33600ms	:164.85
33900ms	:155.95
34200ms	:203.79
34500ms	:250.67
34800ms	:270.06
35100ms	:328.85
35400ms	:370.29
35700ms	:395.33
36000ms	:354.63
36300ms	:376.09
36600ms	:393.93
36900ms	:392.37
37200ms	:412.37
37500ms	:483.60
37800ms	:501.63

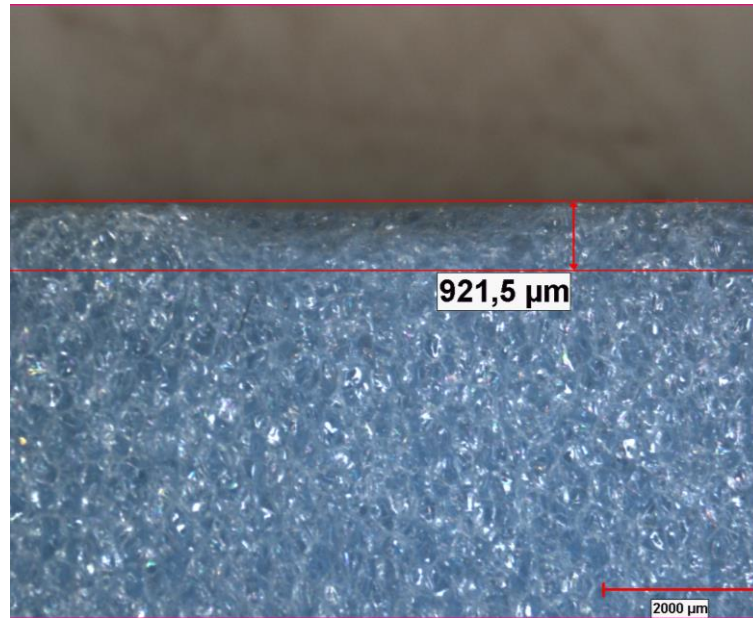
Şekil 79. 5 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar için ekstrude polistren travma parametreleri



Şekil 80. 5 mm travma ucu ile 500 g bir tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği



Şekil 81. 5 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar için ekstrude polistren travma parametreleri

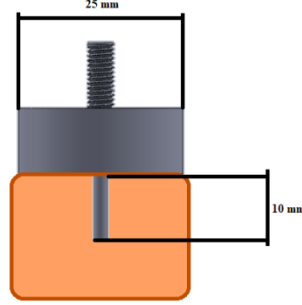


Şekil 82. 5 mm travma ucu ile 500 g iki tekrar ile oluşturulan ekstrude polistren numune travma derinliği

Travma Test Cihazı ile iki farklı test numunesi kullanılarak darbe testleri yapılmıştır. Bu testlerde elde edilen değerler aşağıda verilmiştir:

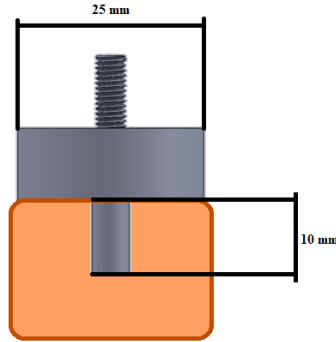
- Travma test cihazında 50 g yük altında 2 mm travma darbe ucu ile hamur numunede travma oluşturulmuştur. Hamur numunede bir darbe ile 2268 μm , iki darbe ile 3183 μm ortalama travma derinliği ölçülmüştür. Hamurda 5; 10 ve 20 mm çapındaki darbe uçlarıyla derinlik oluşmamıştır.
- Travma test cihazı ile 50 g yük altında 2; 5; 10; 20 mm travma darbe uçları ile ekstrude polistren numunelerde travma derinliği ölçülememiştir.
- 250 g yük ile 2 mm travma darbe ucu ile hamur numune kullanılarak yapılan testlerde bir darbe ile 7728 μm , iki darbe ile 8635 μm travma derinliği ölçülmüştür.
- Yapılan testlerde 250 g yük, 5 mm travma darbe ucu ile hamur numunelerde bir darbe ile 7329 μm , iki darbe ile 7960 μm travma derinliği ölçülmüştür.
- 10 mm travma darbe ucu kullanılarak 250 g yük altında Travma Test Cihazı ile hamur numunede bir darbe ile 641 μm , iki darbe ile 1239 μm travma derinliği ölçülmüştür.
- Travma test cihazı ile yapılan testlerde 250 g yük altında 20 mm travma darbe ucu ile hamur numunelerde travma derinliği oluşmamıştır.
- Ekstrude polistren numunede Travma Test Cihazı ile 250 g yük altında 2 mm travma darbe ucunda bir darbe ile 3285 μm , iki darbe ile 5795 μm travma derinliği ölçülmüştür. 5; 10; 20 mm travma darbe uçları ile ekstrude polistren numunelerde travma derinliği oluşumu sağlanamamıştır.
- Travma Test Cihazı ile 500 g yük altında 2 mm travma darbe ucu ile hamur numunede bir darbe ile 10187 μm , iki darbe ile 9703 μm travma derinliği ölçülmüştür. Cihaz ile 500 g yük altında 2 mm travma darbe ucu ile oluşturulan ucun uzunluğu 10 mm'dir. Oluşan darbe derinliği 10 mm üstüne çıktığından 25 mm çaplı kademe kısmın yüzeyine dayanmıştır.

O yüzden derinlik 10 mm ile sınırlı kalmıştır. Ölçümü temsil eden resim Şekil 77’de gösterilmiştir.



Şekil 83. 2 mm travma ucu ile 500 g kuvvet altında travma derinliğinin gösterimi

- Travma Test Cihazı ile 500 g yük altında 5 mm travma darbe ucu ile hamur numunede bir darbe ile 9438 μm , iki darbe ile 9366 μm travma derinliği ölçülmüştür. 2 mm travma darbe ucundaki travma derinliğine benzer durum 500 g yük altında 5 mm travma darbe ucu ile de gerçekleşmiştir. Travma darbe ucu derinliği travma ucu uzunluğu kadar ölçülmüştür. Ölçümü temsil eden resim Şekil 78’de gösterilmiştir.



Şekil 84. 5 mm travma ucu ile 500 g kuvvet altında travma derinliğinin gösterimi

- Yapılan testlerde 500 g yük altında 10 mm travma darbe ucu ile hamur numunede bir darbe ile 7154 μm , iki darbe ile 7829 μm travma derinliği ölçülmüştür.

- 500 g yük altında 20 mm travma darbe ucu ile Travma test cihazında hamur numunede bir darbe ile 396 μm , iki darbe ile 517 μm travma derinliği ölçülmüştür.
- 2 mm travma darbe ucu kullanılarak Travma test cihazı ile 500 g yük altında ekstrude polistren numunede bir darbe ile 4342 μm , iki darbe ile 6804 μm travma derinliği ölçülmüştür.
- Travma test cihazı ile 500 g yük altında 5 mm travma darbe ucu ile ekstrude polistren numunede bir darbe ile 455 μm , iki darbe ile 517 μm travma derinliği ölçülmüştür.
- 10 ve 20 mm travma darbe uçları ile ekstrude polistren numunelerde travma derinliği gözlenememiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada travma sonucu beyin veya omurilik gibi nöral doku hasarını simüle etme amacıyla; kuvvetin büyüklüğü, kuvvetin etki süresi, darbe ucu, darbe sayısı parametreleri kontrol edilebilen *yeni bir travma test yöntemi* geliştirilmiştir. Bu yeni travma test yöntemini gerçekleştirecek cihaz tasarlanmış, imal edilmiş ve doğrulama testleri yapılmıştır.

Cihazla 4 farklı travma ucu kullanılarak 1000 g kuvvete kadar tek ve birden fazla darbe hasarı ölçümleri yapılabilmektedir. Doğrulama testlerinde darbe uygulanacak dokuları temsil etmek üzere hamur (buğday unu, su ve tuz ile birlikte renklendirici ile hazırlanmış hamur) ve ekstrude polistren numune kullanılmıştır.

Travma Test Cihazında 50 g, 250 g, 500 g kuvvetler altında ve 2; 5; 10 ve 20 mm çapında silindirik travma darbe uçlarıyla, bir ve iki darbe oluşturulmuş, darbelerin travma derinlikleri ölçülmüş ve ölçümlerin tekrarlanabilir olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında beyin veya omurilik gibi nöral doku hasarını simüle etmek üzere *yeni bir yöntem geliştirilmiş*, bu yöntemi uygulamak üzere “*Yeni Travma Test Cihazı*” tasarlanıp imal edilmiştir.

Daha sonraki çalışmalarda,

- Travma test cihazına kapalı bir ortam ilave edilebilir ve bu ortam içerisinde farklı ortam koşulları sağlanarak travma oluşturulabilir,
- Travma darbe ucunun konumu bağlı olduğu loadcell tutucu ile manuel olarak ayarlanmaktadır. Travma ucunun konumu bir step motor ile ayarlanabilir hale getirilebilir.
- Travma test cihazında açılı travma oluşturmak için, cihaza uygun bir mekanizma tasarlanıp imal edilebilir. Travma oluşturan cisimlerin şekillerini temsil edecek yeni darbe uçları tasarlanıp kullanılabilir.
- Travma darbe uçlarının değişiminin manuel yapılması yerine, X eksenine yerleştirilen bir taret yardımı ile otomatik olarak değiştirilebilir.

- Travma test cihazının hassasiyetinin daha hassas veri alabilmesi için daha hassas veri aktarımı yapabilen mikro denetleyici seçilebilir.
- Travma darbe uçlarının, travmayı oluşturan 10 mm kısmı artırılabilir.



KAYNAKÇA

- [1] C. Vander Linden, E. Verhelst, Helenadeschepper, G. Vingerhoets, K. Deblaere, and K. Caeyenberghs, “European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine Cognitive training benefit depends on brain injury location in adolescents with traumatic brain injury : a pilot study traumatic brain injury : a pilot study . Catharine Vander Linden , MD , Physica,” 2018, 26 s.
- [2] M. T. Townsend, E. Alay, M. Skotak, and N. Chandra, “Effect of Tissue Material Properties in Blast Loading: Coupled Experimentation and Finite Element Simulation,” *Ann. Biomed. Eng.*, 2018, 14 s.
- [3] S. Carelli, T. Giallongo, Z. Gombalova, D. Merli, A. M. Di Giulio, and A. Gorio, “EPO-releasing neural precursor cells promote axonal regeneration and recovery of function in spinal cord traumatic injury,” *Restor. Neurol. Neurosci.*, vol. 35, no. 6, 2017, 583–599 s.
- [4] S. Kumar, M. L. Yarmush, B. C. Dash, H. C. Hsia, and F. Berthiaume, “Impact of Complete Spinal Cord Injury on Healing of Skin Ulcers in Mouse Models,” *J. Neurotrauma*, vol. 824, p. neu.2017.5405, 2017.
- [5] H. Kinder, E. Baker, and F. West, “The pig as a preclinical traumatic brain injury model: current models, functional outcome measures, and translational detection strategies,” *Neural Regen. Res.*, vol. 14, no. 3, 2019, 413–424 s.
- [6] A. A. Okigbo *et al.*, “Dose-dependent neurorestorative effects of amantadine after cortical impact injury,” *Neurosci. Lett.*, vol. 694, no. November 2018, 69–73 s.
- [7] F. Beltran-Carbajal, R. Tapia-Olvera, I. Lopez-Garcia, and D. Guillen, “Adaptive dynamical tracking control under uncertainty of shunt DC motors,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 164, no. May 2018, 70–78 s.
- [8] Y. Mao *et al.*, “The effects of a combination of ion channel inhibitors in female rats following repeated mild traumatic brain injury,” *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 19, no. 11, pp. 1–18, 2018.
- [9] A. N. Bolton-Hall, B. Hubbard, and K. E. Saatman, “Experimental Designs for Repeated Mild Traumatic Brain Injury: Challenges and Considerations,” *J. Neurotrauma*, 2018, 59 s.
- [10] A. Patar, P. Dockery, L. Howard, and S. S. McMahon, “Cell viability in three ex vivo rat models of spinal cord injury,” *J. Anat.*, 2018 , 244–251 s.
- [11] L. Krisa, M. Runyen, and M. . Detloff, “Translational Challenges of Rat Models of Upper Extremity Dysfunction After Spinal Cord Injury,” *Top. Spinal Cord Inj. Rehabil.*, vol. 24, no. 3, 2018, 195–205 s.

- [12] O. Fabela-Sánchez *et al.*, “Effect of the combined treatment of albumin with plasma synthesised pyrrole polymers on motor recovery after traumatic spinal cord injury in rats,” *J. Mater. Sci. Mater. Med.*, vol. 29, no. 1, 2018, 3-11 s.
- [13] M. Kiper, “Dünyada ve Türkiye’ de Tıbbi Cihaz Sektörü ve Strateji Önerisi,” 2013, Ankara, 226 s.
- [14] World Health Organization, “Medical Devices: Managing the Mismatch,” İsviçre, 2010 147 s.
- [15] C. Tanıl KÜÇÜK, İstanbul Sanayi Odası, *İlaç ve Tıbbi Malzemeler*. 2012 (Avrupa Birliği’ne Uyum Sürecinde Sektör Rehberleri, 79 s.)
- [16] “T.C. Sağlık Bakanlığı Tıbbi Cihaz Yönetmeliği,” (2007, 9 Ocak). Resmi Gazete (Sayı: 26398) ,
Erişim adresi : <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/06/20110607-1.htm>
- [17] “<https://www.hastane.com.tr/saglik/uygunsuz-tibbi-cihazlarda-hastane-enfeksiyonu-riski.html>,” 2013.
- [18] E. Erdal, *Ankara Tıbbi Cihazlar Sektör Analizi*. Ankara, Ocak 2013, 176 s.
- [19] “<https://www.siser.com.tr/isitme-cihaz-tarihsel-gelisimi/>.” .
- [20] A. A. Mertler, N. Karadoğan, and G. Tatarhan, “Türkiye’ de Tıbbi Cihazların Sayısal Durumu ve Oecd Ülkeleri ile Karşılaştırmaları,” *Int. J. Heal. Manag. Strateg. Res.*, vol. 1, no. 1, 2015, 52–70 s.
- [21] S. Mollahaliloğlu, H. O. Arı, H. G. Öncül, and H. Gürsoy, “Türk Sağlık Sektöründe Tıbbi Cihazların Sayısal Durumu, Bölgesel Dağılımı ve OECD Ülkeleri ile Karşılaştırmalar,” *Hacettepe Sağlık İdaresi Derg.*, vol. 12, no. 1, 2009, 86 s.
- [22] K. Tavioglu, “Travma Ve Resüsitasyon Kursu (Trk) İlk 10 Yılın Sonuçları Çıkarımlar Ve Deneyimler,” no. 0212, 2008, 1–11 s.
- [23] Prof. Ö. Rıdvan, “Travma Kinetiği”, 2016, Erişim adresi: <http://www.turkcerrahi.com/genel-cerrahi-dersleri/travma-kinetigi/>.
- [24] S. Eserdağ, “<https://www.jinekolognet.com/psikolojik-travmalar.asp>.” .
- [25] A. Akpınar, “Çoklu Travma Hastasına Yaklaşım Sunum Planı ve Amacı,” Çukurova Üniversitesi Tıp Fak. Acil Tıp Anabilim Dalı, 84 s.
- [26] O. Polat, “Travma,” Ankara, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Tıp Anabilim Dalı, 27s.
- [27] A. Kazancı, A. G. Gürçay, and O. Gürcan, “Ağırlık Düşürme Yöntemi İle Deneysel Omirilik Travma Modeli,” *Türk Nöroşİrürji Derneği Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu Bülteni*, Nisan 2014, 16–20 s.

- [28] E. Seçen, “Deneyisel Omurilik Travma Modelleri: Klip Kompresyon,” *Türk Nöroşİrürji Derneği Spinal ve Periferik Sinir Cerrahisi Öğretim ve Eğitim Grubu Bülteni*, Nisan 2014, 21–22 s.
- [29] D. Acar, “Deneyisel Spinal Kord Hasarında Gelsolin Tedavisinin Nöroprotektif Etkisi,” Konya Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Konya, 2013, 58 s. (Uzmanlık Tezi).
- [30] E. ALAYGUT, “Ratlarda Oluşturulan Medulla Spinalis Travma Modelinde İntratekal Yolla Verilen Ketorolak Trometamin’in Spinal Hücre Hasarına Etkisi”, Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Anesteziyoloji Ve Reanimasyon Anabilim Dalı, 2007, 61 S. (Uzmanlık Tezi).
- [31] “Manisa Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Cüneyt Temiz ile yapılan görüşmeden aktarılmıştır,” Manisa, 2018.
- [32] Robotiksistem.com,
“http://www.robotiksistem.com/motorlar_motor_cesitleri.html.” .
- [33] “<https://www.elprocus.com/difference-dc-motor-servo-motor-stepper-motor/>.”
- [34] “<https://www.elektrovadi.com/L298N-Dual-H-Bridge-Motor-Surucu,PR-1397.html>.” .
- [35] “https://www.robolinkmarket.com/l298n-motor-surucu-karti.html?language=tr¤cy=TRY&gclid=EAIaIQobChMInJSBhPOU4AIVE5SyCh3UWgjPEAQYAIAABEGKTYPD_BwE.” .
- [36] M. F. Fatih Çorapsız, “Üç Serbestik Dereceli Bir Kartezyen Robotun Tasarımı,Uygulaması ve Denetimi”, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektirik ve Elektronik Anabilim Dalı, Erzurum, 2014, 142 s. (Doktora tezi).
- [37] “<http://apluscnc.com/mekanik-urunler/>.” .
- [38] “<http://www.hakayrulman.com/thk-lineer-kizak-ray-araba/>.” .
- [39] E. Cem, “Sensörler,” in *Sensörler*, p. 43.
- [40] T. Y. Semiz, “<https://maker.robotistan.com/robot-kontrolculeri-sensorler/>,” 2017.
- [41] A. Açık, “<http://diyet.net/sensor-cesitleri-nelerdir/>,” 2015.
- [42] “<http://www.inverter-plc.net/sens%C3%B6rler/sens%C3%B6r.html>.” .
- [43] “<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>.”

- [44] H. O. Yılmaz, “Yük Hücresi Köşe Kalibrasyonu Test Robotu Tasarımı ve Uygulaması,” Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Anabilim Dalı, İstanbul, 2010, 74 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [45] M. C. Kasapbaşı and S. Alsan, “Çeşitli Endüstriyel Dönüştürücü Simülatör, Algılayıcılar İçin Eğitim Amaçlı Uygulamaları,” vol. 9, no. 1, 2008, 1–18 s.
- [46] “<https://robu.in/product/weighing-load-cell-sensor-1kg-electronic-kitchen-scale-yzc-131-wires/>.” .
- [47] P. ELEKTRONİK, “<https://www.puls.com.tr/trbilgiloadcell-nasil-calisir>.” .
- [48] “https://www.direnc.net/hx711-cift-kanal-tarti-sensoru-modulu?lang=tr&h=8dd23c6a&gclid=EAIaIQobChMIy4H_7PiA4AIVUOaaCh0DHAc8EAYYASABEgLtJfD_BwE.” .
- [49] “<https://potentiallabs.com/cart/hx711-weighing-sensor-module-india>.” .
- [50] B. Başaran, “Arduino’nun Elektrik Deneylerine Entegre Edilmesinin ve Deney Raporlarının Poster Şeklinde Hazırlanmasının, Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Fizik Laboratuvarlarına, Teknolojiye ve Bilgi ve İletişim Teknolojilerine Yönelik Tutumlarına Etkisinin İncelenmesi” Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2018, 157 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [51] G. Dökmetaş, *Arduino Eğitim Kitabı*, 2.Baskı. Dikeyksen Yayıncılık, İstanbul, 2017.
- [52] “<https://docs.microsoft.com/tr-tr/visualstudio/ide/visual-studio-ide?view=vs-2015>.”
- [53] B. Çengelci and E. Kuzu, “Kablosuz Bağlantılı Robotlar İçin Seri İletişimde I2C, SPI ProtokolleriWireless Connected Robots for I2C and SPI Serial Communications Protocols,” in *1 st International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences*, A. Erol and A. Yönetken, Eds. Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2016, 418–425 s.
- [54] K. OKTAY, “Ergitmeli Yığma Yöntemiyle Üretim Yapan 3D Yayıncılarda Çift Filament Süren Ekstruder Tasarımı,” İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Kontstrüksiyon Programı, 2015, 101 s. (Yüksek Lisans Tezi).
- [55] “<https://www.techopedia.com/definition/1756/power-supply>.” p. 20.
- [56] “https://www.chip.com.tr/blog/pcdelisi/regulator-nedir-ne-ise-yayar_4474.html.” .



Tech Support: services@elecfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

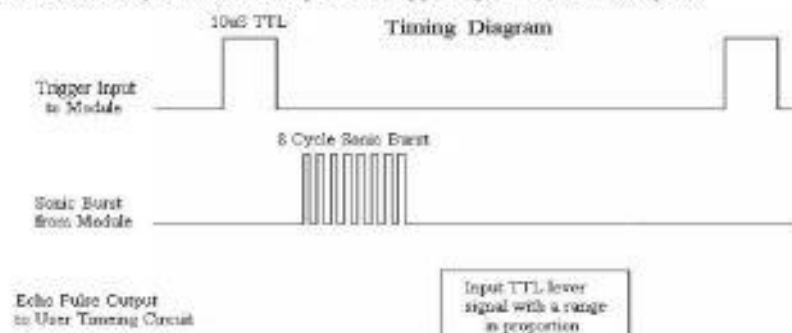
Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

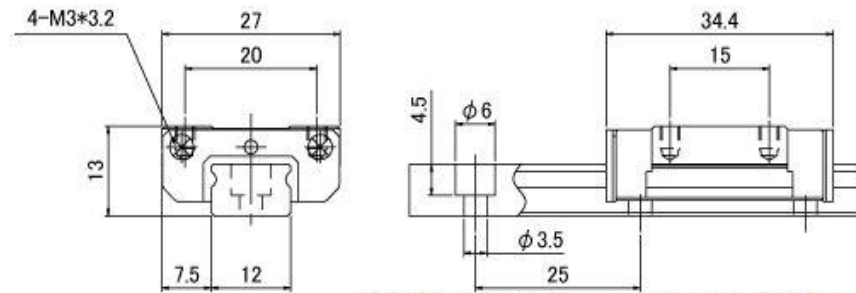


Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{s} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{s} / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



SRS 12M



[DXF data] [Detail dimensional drawing] [Detail specifications]

Detail dimensional drawing

Basic load rating						Static permissible moment						Mass	
Radial		Reverse radial		Side		M _A		M _B		M _C	M _D	LM block	LM rail
Dynamic rating C	Static rating C ₀	Dynamic rating C _L	Static rating C _{0L}	Dynamic rating C _T	Static rating C _{0T}	1 block	Double blocks	1 block	Double blocks	1 block	1 block		
kN	kN	kN	kN	kN	kN	N-m	N-m	N-m	N-m	N-m	N-m	kg	kg/m
4	3.53	4	3.53	4	3.53	12	78.5	12	78.5	23.1	—	0.027	0.65

Type using standard material Standard grease Standard grease nipples Standard seal
 Stainless AFF None UU, SS

ÖZGEÇMİŞ

Adı / Soyadı Gökhan EYİCİ

Doğum Yeri ve Yılı Manisa, 1990

Medeni Hali Evli

Yabancı Dili İngilizce

E-posta gokhan.eyici@cbu.edu.tr

Eğitim Durumu

Lise Manisa Anadolu Teknik Lisesi, 2008

Lisans Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Talaşlı İmalat Öğretmenliği Makine Eğitimi Bölümü, 2012

Mesleki Deneyim

Kurum bilgisi EÜAŞ Kütahya Seyitömer Termik Santrali 2012/2013
Manisa Celal Bayar Üniversitesi Makine Mühendisliği
Laboratuvar Sorumlusu 2014/ (devam ediyor)