

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ROBOTİK SAC KATLAMA KUVVET DEĞERLERİNİN YAPAY SİNİR
AĞLARI YÖNTEMİ İLE TAHMİNİ**

RAMAZAN KAVALCI

KOCAELİ 2016

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ROBOTİK SAC KATLAMA KUVVET DEĞERLERİNİN YAPAY
SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE TAHMİNİ**

RAMAZAN KAVALCI

Prof. Dr. Zafer BİNGÜL
Danışman, Kocaeli Üniv.

Yrd. Doç. Dr. Selçuk KIZIR
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Doç. Dr. Duygun EROL BARKANA
Jüri Üyesi, Yeditepe Üniv.





Tezin Savunulduğu Tarih: 01.07.2016

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Katlama işlemleri otomotiv endüstrisinde estetiklik gereken tavan, çamurluk, kaput, kapılar vb. sac bölgelerde uygulanmaktadır. Bu işlem tezgâh üstü katlama, kalıp ile katlama ve son olarak robotik sac katlama (Roller Hemming) olarak uygulanmaktadır. Robotik Sac katlama otomotiv sektöründe dış panel saclarının katlanarak birleştirildiği önemli bir uygulamadır. Bu uygulama için sonlu elemanlar yöntemi kullanarak üretim sonrasındaki hata oranı azaltılıp daha kaliteli çıktılar elde edilebilmektedir. Bu uygulamadaki en önemli parametre sacın katlanmasında uygulanan kuvvet değeridir. Bu kuvvet değeri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilebilmektedir. Bu çalışma, sonlu elemanlar yöntemi ölçütleri ile birlikte uzun zaman alan çalışmalar ile elde edilebilmektedir. Bu çalışmaların daha kısa sürede elde edilebilmesi için farklı yapay zekâ yöntemleri ile optimum sonuçlar elde edilemeye çalışılmıştır. Çalışmada kullanılmak üzere farklı girdi değerleri ile farklı saclar üzerinde uygulanan kuvvet değerleri hesaplanmıştır ve bu değerler yapay sinir ağları (YSA) teknikleri ile çalışılarak en uygun çıktılar tahmini elde edilmiştir.

Bu projenin gerçekleştirilmesinde beni yönlendiren hocam Prof. Dr. Zafer Bingül'e, desteklerini esirgemeyen arkadaşlarım Arş. Gör. Kaplan Kaplan ve Cemil Aktaş'a ve vermiş olduğu değerli bilgi ve tecrübelerinden dolayı Muharrem Saral'a teşekkür ederim. Ayrıca hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen ve beni bugünlere getiren annem, babam ve kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz – 2016

Ramazan KAVALCI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	ix
SİMGELEr VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER.....	3
2. KATLAMA VE KATLAMA YÖNTEMLERİ.....	11
2.1. Katlama Yöntemi	14
2.1.1. Katlamanın literatür araştırması.....	15
2.1.2. Katlama şekilleri	17
2.2. Katlamanın Tanımı.....	17
2.3. Katlama Teknolojileri	20
2.3.1. Kalıp ile katlama	21
2.3.2. Tezgah üstü katlama	22
2.3.3. Robotik sac katlama yöntemi.....	24
2.4. Katlama Kalitesi	29
2.4.1. Boyutsal kalite	29
2.4.1.1. Boşluk	29
2.4.1.2. Hizalama	30
2.4.2. Yüzey kalitesi	31
2.5. Robotik Sac Katlama İşlemindeki Parametreler	32
2.6. Robotik Sac Katlama İşleminin Katı Modelinin Hazırlanması ve Sonlu Elemanlar Yöntemi Analiz Modellenmesi	33
2.7. Robotik Sac Katlama İşleminin NX Programında Katı Modelinin Oluşturulması.	33
2.8. Robotik Sac Katlama İşleminin Sonlu Elemanlar Analizi İçin Modellenmesi	34
2.8.1. DynaForm programı LS dyna explicit analiz çözüm yöntemi.....	35
2.8.1.1. DynaForm programı robotik sac katlama adımları	35
2.9. Robotik Sac Katlama İşleminin Sonlu Elemanlar Analiz Çalışma Sonuçları.....	44
3. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA)	66
3.1. Yapay Sinir Ağlarının Biyolojik Kökeni	66
3.2. Yapay Sinir Hücresi	68
3.3. Nöron Modelleri	68
3.4. Aktivasyon Fonksiyonu Çeşitleri	68
3.4.1. Eşik fonksiyonu	68
3.4.2. Kısmi doğrusal fonksiyon.....	69
3.4.3. Sigmoid fonksiyonu	69
3.5. Yapay Sinir Ağı.....	70

3.5.1. Ağ yapıları	70
3.5.1.1. Tek katmanlı-ileri beslemeli sinir ağları (FF).....	70
3.5.1.2. Çok katmanlı-ileri beslemeli sinir ağları (FF)	71
3.5.1.3. Radyal tabanlı sinir ağları (RTF)	72
3.5.1.4. Döngülü yapay sinir ağları (RNN)	73
3.5.2. YSA'da öğrenme ve hatırlama	74
3.5.3. Eğitim ve test serisi seçimi	74
3.5.4. Geri yayılım algoritması (BP).....	75
3.5.4.1. Geri yayımlı eğitimi etkileyen etmenler	78
4. YSA YÖNTEMLERİ İLE ROBOTİK SAC KATLAMA İŞLEMİ	
KUVVET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ.....	81
4.1. Matlab Yapay Sinir Ağları Araç Kutusu.....	81
4.2. Matlab YSA Araç Kutusu İBGY Algoritması ile Çalışma	88
4.3. Matlab YSA Araç Kutusu RTF Modeli ile Çalışma	89
5. DENEYSEL SONUÇLAR.....	90
5.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi Kuvvet Değerleri ve YSA Yöntemleri	
Sonuçlarının Karşılaştırılması	92
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	101
KAYNAKLAR	103
EKLER	106
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	138
ÖZGEÇMİŞ	139

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Taşıt gövdesi üzerindeki bütün parçalar.....	3
Şekil 1.2.	Bir otomobilde aranan özellikler.....	4
Şekil 1.3.	Düşük mukavemetli, konvansiyonel yüksek mukavemetli (HSS) ve ileri yüksek mukavemetli (AHSS) saclar arasındaki mukavemet ve % uzama ilişkisi.....	5
Şekil 1.4.	Otomobillerde en çok kullanılan çeliklerin çekme grafikleri.....	6
Şekil 1.5.	Otomobillerde alüminyum uygulamalarına dönük görsel örnekler	7
Şekil 1.6.	Yıllara göre araçların ağırlık değişimi	8
Şekil 2.1.	Kaput sac panel parçaları	11
Şekil 2.2.	Katlama İşlemi. Dış kenar parça(turuncu) iç parça(siyah).....	12
Şekil 2.3.	Robotik sac katlama(solda), Sac katlama adımları (sağda).....	13
Şekil 2.4.	Solda dış panelin içe kayması(roll-in); Sağda dalgalanma	13
Şekil 2.5.	Katlama işlemi; Dış panel(Kırmızı) iç panel(yeşil)	14
Şekil 2.6.	Katlama şekilleri	17
Şekil 2.7.	Kaput açılmış görünümü	18
Şekil 2.8.	Araç ön kapsısı iç panel ve dış panel görünümü.....	19
Şekil 2.9.	Bir kapanır parçanın üretim işlemi; Solda dış panel (kırmızı) derin çekme, Sağda dış panelin tıraşlanması.....	19
Şekil 2.10.	Bini oluşturma işlemi; Bir bini kalıbı üzerinde dış panelin binisi oluşturulmaktadır(solda), bini oluşturma işlemi şematığı (sağda).....	20
Şekil 2.11.	Robotik sac katlama işlemi sonlu elemanlar analiz simülasyonu solda ön katlama, sağda son katlama	20
Şekil 2.12.	Katlama adımları; ön katlama (Sol iki resim) ve son katlama (sağ)	21
Şekil 2.13.	Bir kalıp ile katlama presi (Hyrotec).....	22
Şekil 2.14.	Solda ön katlama sağda son katlama makara kuvvet yönleri.....	22
Şekil 2.15.	Tezgâh üstü katlama sistemi	23
Şekil 2.16.	Farklı tezgâh üstü katlama sistemlerinin ön katlama hareket yönleri; Solda dikey yönde, sağda yatay yönde	23
Şekil 2.17.	Solda ön katlama sağda son katlama olmak üzere hareket yönleri kalıp üzerine dikey yöndedir.....	24
Şekil 2.18.	Robotik sac katlama Robot koordinasyon çalışması.....	25
Şekil 2.19.	Sac katlama işlemi ve parçaların birleşimi.....	25
Şekil 2.20.	Robotik sac katlama işlemi	26
Şekil 2.21.	Üç adımda Robotik sac katlama işlemi	27
Şekil 2.22.	İki adımda robotik sac katlama işlemi.....	27
Şekil 2.23.	Solda: üç farklı parça (tavan ve kapılar) aynı robot ile katlanmakta, sağda: İki robot bir parçanın farklı taraflarında çalışmakta.....	28
Şekil 2.24.	ABB firmasına ait farklı geometride makaralar	28
Şekil 2.25.	Saclar arası boşluk.....	29
Şekil 2.26.	Katlamanın kayması.....	30
Şekil 2.27.	Kaput ve ön çamurluk hizalaması	30
Şekil 2.28.	Yüzey bölgeleri. Önem sırasına göre soldan sağa: Dış yüzey,	

dış yarıçap ve iç yüzey	31
Şekil 2.29. Panel geri çekilmesi solda; Eğrilik sağda.....	31
Şekil 2.30. Sonlu elemanlar analizi robotik sac katlama tasarım modelleme giriş ve çıkış parametreleri	33
Şekil 2.31. Robotik sac katlama işlemi CAD modeli	34
Şekil 2.32. Analiz verisinin Dyna form programına aktarılması.....	35
Şekil 2.33. Makara üzerindeki gereksiz yüzeylerin temizlenmesi	36
Şekil 2.34. Dış sac orta düzleminde bini (solda) ve büküm bölgesi (sağda) seçimi	36
Şekil 2.35. Aparat mesh çalışması(solda), parça mesh çalışması (sağda).....	37
Şekil 2.36. Program robotik sac katlama işlem panceresi	37
Şekil 2.37. Solda dış sac orta düzlem elemanları dış sac geometrisinin tanımlaması, sağda elemanların dış geometriye eklenmesi işlemi.....	38
Şekil 2.38. Dış sac geomtrisi elemanlarının eklenmesi	38
Şekil 2.39. Dış sac kalınlık değerleri girilmesi ve elemanlara malzeme atanması....	39
Şekil 2.40. Dış sacın sabitlemesi	40
Şekil 2.41. Makara kuvvet uygulama yönü	40
Şekil 2.42. Katlama yatağı oluşturulması.....	41
Şekil 2.43. Makara katlama yörüngesi	41
Şekil 2.44. Analiz zaman ortalama adım boyutu.....	42
Şekil 2.45. Analiz dosyalarının oluşturulması.....	42
Şekil 2.46. Son katlama sac kalınlığı.....	43
Şekil 2.47. Ön katlaması gerçekleştirilmiş sac katlama işlemi	43
Şekil 2.48. Son katlaması gerçekleştirilmiş sac katlama işlemi	44
Şekil 2.49. Son katlaması gerçekleşmiş sac katlama işlemi ağ elemanları görünümü	44
Şekil 2.50. ŞLD: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme	46
Şekil 2.51. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme.....	46
Şekil 2.52. Ortalama gerilimler: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme.....	47
Şekil 2.53. Plastik gerinim: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme	47
Şekil 2.54. Kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme.....	48
Şekil 2.55. ŞLD: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme.....	48
Şekil 2.56. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme.....	49
Şekil 2.57. Ortalama gerilimler: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme	49
Şekil 2.58. Plastik gerinim: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme	50
Şekil 2.59. Kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111malzeme.....	50
Şekil 2.60. ŞLD: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme	51
Şekil 2.61. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme.....	51
Şekil 2.62. Ortalama gerilimler: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme.....	52

Şekil 2.63. Plastik gerinim: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme	52
Şekil 2.64. Kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme.....	53
Şekil 2.65. ŞLD: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme.....	53
Şekil 2.66. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111malzeme.....	54
Şekil 2.67. Ortalama gerilimler: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme.....	54
Şekil 2.68. Plastik gerinim: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme	55
Şekil 2.69. Kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme.....	55
Şekil 2.70. ŞLD: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme	56
Şekil 2.71. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme.....	56
Şekil 2.72. Ortalama gerilimler: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme.....	57
Şekil 2.73. Plastik gerinim: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme	57
Şekil 2.74. Kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme.....	58
Şekil 2.75. ŞLD: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK malzeme.....	58
Şekil 2.76. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK malzeme.....	59
Şekil 2.77. Ortalama gerilimler: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK malzeme.....	59
Şekil 2.78. Plastik gerinim: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK malzeme	60
Şekil 2.79. Kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme.....	60
Şekil 2.80. ŞLD: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme	61
Şekil 2.81. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme.....	61
Şekil 2.82. Ortalama gerilimler: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme.....	62
Şekil 2.83. Plastik gerinim: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme	62
Şekil 2.84. Kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme.....	63
Şekil 2.85. ŞLD: Makara çapı 45 mm, son katlama, DQSK malzeme.....	63
Şekil 2.86. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme.....	64
Şekil 2.87. Ortalama gerilimler: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme.....	64
Şekil 2.88. Plastik gerinimler: Makara çapı 45 mm, son katlama, DQSK malzeme.....	65
Şekil 2.89. Kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, son katlama, DQSK malzeme.....	65

Şekil 3.1.	Gerçek sinir hücresinin şematik gösterimi	67
Şekil 3.2.	Yapay Sinir Hücresi	67
Şekil 3.3.	Eşik Fonksiyonu	68
Şekil 3.4.	Kısmi Doğrusal Fonksiyon.....	69
Şekil 3.5.	Lojistik Sigmoid Fonksiyonu	69
Şekil 3.6.	Hiperbolik tanjant fonksiyonu.....	70
Şekil 3.7.	Tek katmanlı yapay sinir ağı	71
Şekil 3.8.	Çok katmanlı yapay sinir ağı.....	72
Şekil 3.9.	Radyal tabanlı nöron	72
Şekil 3.10.	Radyal tabanlı fonksiyon.....	73
Şekil 3.11.	Radyal tabanlı ağ topolojisi.....	73
Şekil 3.12.	YSA'nın eğitimi	74
Şekil 3.13.	Lojistik sigmoid fonksiyonunun eğim parametresiyle değişimi	79
Şekil 3.14.	Yerel minimum türleri.....	80
Şekil 4.1.	YSA araç kutusunda data oluşturma	81
Şekil 4.2.	YSA araç kutusu data ekleme ara yüzü.....	82
Şekil 4.3.	YSA araç kutusu eğitim ağı oluşturma ara yüzü.....	82
Şekil 4.4.	YSA araç kutusu data yönetim ara yüzü	83
Şekil 4.5.	YSA araç kutusu eğitim ağı modeli	84
Şekil 4.6.	YSA araç kutusu eğitim ağı ve eğitim parametre ara yüzü.....	84
Şekil 4.7.	YSA araç kutusu sinir ağları eğitim sonuç ara yüzü	85
Şekil 4.8.	YSA araç kutusu eğitim regresyon sonuç grafikleri	86
Şekil 4.9.	YSA araç kutusu eğitim performans sonuç grafiği	87
Şekil 4.10.	YSA araç kutusu eğitim durumu sonuç grafikleri.....	87
Şekil 4.11.	YSA araç kutusu ileri beslemeli geri yayılım algoritması eğitim ağı oluşturulması	88
Şekil 4.12.	YSA araç kutusu radyal tabanlı fonksiyon ile eğitim ağı oluşturulması	89
Şekil 5.1.	YSA çalışma modeli.....	90
Şekil 5.2.	AA611 malzemesi robotik sac katlama ön ve son katlama kuvvet değerleri sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan, İBGY ve RTF algoritmaları ile tahmin edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması	92
Şekil 5.3.	AA6111 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması	94
Şekil 5.4.	AA5182 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması	95
Şekil 5.5.	AA6016 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması	95
Şekil 5.6.	AA5754 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması	95
Şekil 5.7.	DQSK çelik malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	95
Şekil 5.8.	AA6111 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar	

	yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen ön katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	96
Şekil 5.9.	AA5182 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen ön katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	96
Şekil 5.10.	AA6016 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen ön katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	97
Şekil 5.11.	AA5754 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen ön katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	97
Şekil 5.12.	DQSK malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen ön katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	97
Şekil 5.13.	AA6111 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen son katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	98
Şekil 5.14.	AA5182 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen son katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	98
Şekil 5.15.	AA6016 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen son katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	98
Şekil 5.16.	AA5754 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen son katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	99
Şekil 5.17.	DQSK malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen son katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.....	99
Şekil B.1.	Ağ oluşturulmuş model.....	134
Şekil B.2.	Ağ oluşturulmuş model eleman gösterimi.....	135
Şekil B.3.	Kütle hareket sistemi.....	135
Şekil B.4.	Kuvvet Sistemi.....	136
Şekil B.5.	Kuvvet Yığılma Sistemi.....	136
Şekil B.6.	Ls Dyna'daki zaman tümleştirilmesi.....	137

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1.1. Otomobillerde kullanılan farklı çelik malzemelerin mekanik özellikleri	6
Tablo 1.2. Otomobillerde kullanılan farklı çelik malzemelerin mekanik özellikleri	6
Tablo 1.3. Alüminyum gövde panel malzeme alaşımlarının mekanik özellikleri.....	10
Tablo 2.1. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme	45
Tablo 2.2. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme	48
Tablo 2.3. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme	50
Tablo 2.4. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme	53
Tablo 2.5. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK çelik malzeme	55
Tablo 2.6. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK çelik malzeme	58
Tablo 2.7. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK çelik malzeme	61
Tablo 2.8. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, son katlama, DQSK çelik malzeme.....	63
Tablo 5.1. YSA modeli ön ve son katlama giriş ve çıkış dataları	91
Tablo 5.2. YSA yöntemleri İBGY VE RTF ile tahmin edilen AA6111 malzemesi Ön ve Son katlama kuvvet değerleri	93
Tablo 5.3. Ön ve Son Katlama İBGY VE RTF yöntemleri MSE değerleri	95
Tablo 5.4. Ön Katlama İBGY VE RTF yöntemleri MSE değerleri	99
Tablo 5.5. Son Katlama İBGY VE RTF yöntemleri MSE değerleri	100
Tablo A.1. Robotik Sac Katlama Analiz kuvvetleri ve YSA ile Tahmin Edilen Kuvvetlerin Karşılaştırılması	107

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	: Ayrıntı sinyali
b	: Bias değeri
C	: Crest faktör
d	: İki nokta arasındaki uzaklık
e	: Euler sayısı
f	: Aktivasyon fonksiyonu
h _j	: YSA çıkışları
i	: nöron
j	: Sinapsın giriş uygulanan ucu
k	: Basıklık
k	: Boyut
n	: Örnek sayısı
s	: Çarpıklık
w	: Ağırlık değeri
X(k)	: k noktalı ayırık sinyal
x _j	: YSA girişleri
Y	: Yaklaşım sinyali
μ	: Bulanıklaştırılmış değer
σ	: Stveart sapma
w _{ij}	: Ağırlık çarpanı
Φ(arg)	: Aktivasyon fonksiyonu
E	: Hata terimini
q	: Nöron numarası
δ	: Geri yayılacak hata terimi
μ	: Momentum terimi

Kısaltmalar

ANN	: Artificial Neural Networks (Yapay Sinir Ağları)
FEM	: Finite Element Method (Sonlu Elemanlar Yöntemi)
FFT	: Fast Fourier Transform (Hızlı Fourier Dönüşümü)
İBGY	: İleri Beslemeli Geri Yayınım
MSE	: Mean Square Error (Karelerin Ortalamasının Hatası)
RTF	: Radyal Tabanlı Fonksiyon
ŞLD	: Şekillendirme Limit Diyagramı
TCP-RTP	: Tool Center Point - Robot Target Point Distance
YSA	: Yapay Sinir Ağları

ROBOTİK SAC KATLAMA KUVVET DEĞERLERİNİN YAPAY SINIR AĞLARI YÖNTEMİ İLE TAHMİNİ

ÖZET

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe kullanılan 5 farklı (AA6111, AA5182, AA6016, AA5754 ve DQSK) sac malzemesi ve robotik sac katlama işlemini etkileyen farklı giriş parametreleri (kalınlık, bini yüksekliği, makara çapı ve dış sac yarıçapı) için DynaForm sonlu elemanlar analiz programı kullanılarak, çıkış parametreleri (sac hareketleri ve işlem kuvvet değerleri) çözdürülmüştür. Elde edilen kuvvet verileri yapay sinir ağları (YSA) ile eğitilmiş ve eğitilen YSA'nın doğruluğu test edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, robotik sac katlama işlemi için gerekli olan kuvvet değerlerinin sonlu elemanlar yöntemi kullanmadan doğrudan YSA yöntemi ile tahmin edilmesidir. Sonlu elemanlar yöntemi ile kuvvet değerleri hesaplanması, ağır hesaplama yükü ve dolayısıyla uzun simülasyon süresi oluşturmaktadır. Bu da sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan kuvvet değerlerini geri beslemeli bir kuvvet kontrolü sisteminde kullanılmasını engellemektedir. Sonuç olarak, otomotiv sektöründe kullanılan yukarıda ifade edilen sac malzemeler için, katlama işleminde elde edilen kuvvet değerlerinin tahmini iki farklı YSA modeliyle (ileri beslemeli geri yayılım modeli ve radyal tabanlı fonksiyon algoritması modeli) başarılı ve çok kısa sürede yapılabildiği bu çalışmada görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Katlama, Robotik Sac Katlama, Sonlu Elemanlar Analizi, Yapay Sinir Ağları.

PREDICTION OF FORCE VALUES APPLICATION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR ROBOTIC ROLLER HEMMING

ABSTRACT

In this study, for 5 different sheet panel materials (AA6111, AA5182, AA6016, AA5754 and DQSK) used for automotive industry and different input parameters (thickness, flange height, roller diameter and outer panel radius) effecting the robotic roller hemming application, output parameters (panel movements and force values) were analyzed using DynaForm finite element analysis program. The obtained force values were trained artificial neural networks and accuracy of the trained artificial neural network was tested.

The aim of this study is to obtain directly the force values which are needed for the robotic roller hemming with the artificial neural network method without using finite element analyses program. The calculating of these force values with finite element method analyses takes long times and it causes heavy computational effort. The force values obtained from finite element method is not possible to use in the feedback controlling system. To sum up, it is seen that the robotic roller hemming force values for the different materials used for automotive industry are able to predicted in the short time and successfully with two different artificial neural network (feedforward back propagation and radial basis function) methods.

Keywords: Hemming, Robotic Roller Hemming, Finite Element Method, Artificial Neural Network.

GİRİŞ

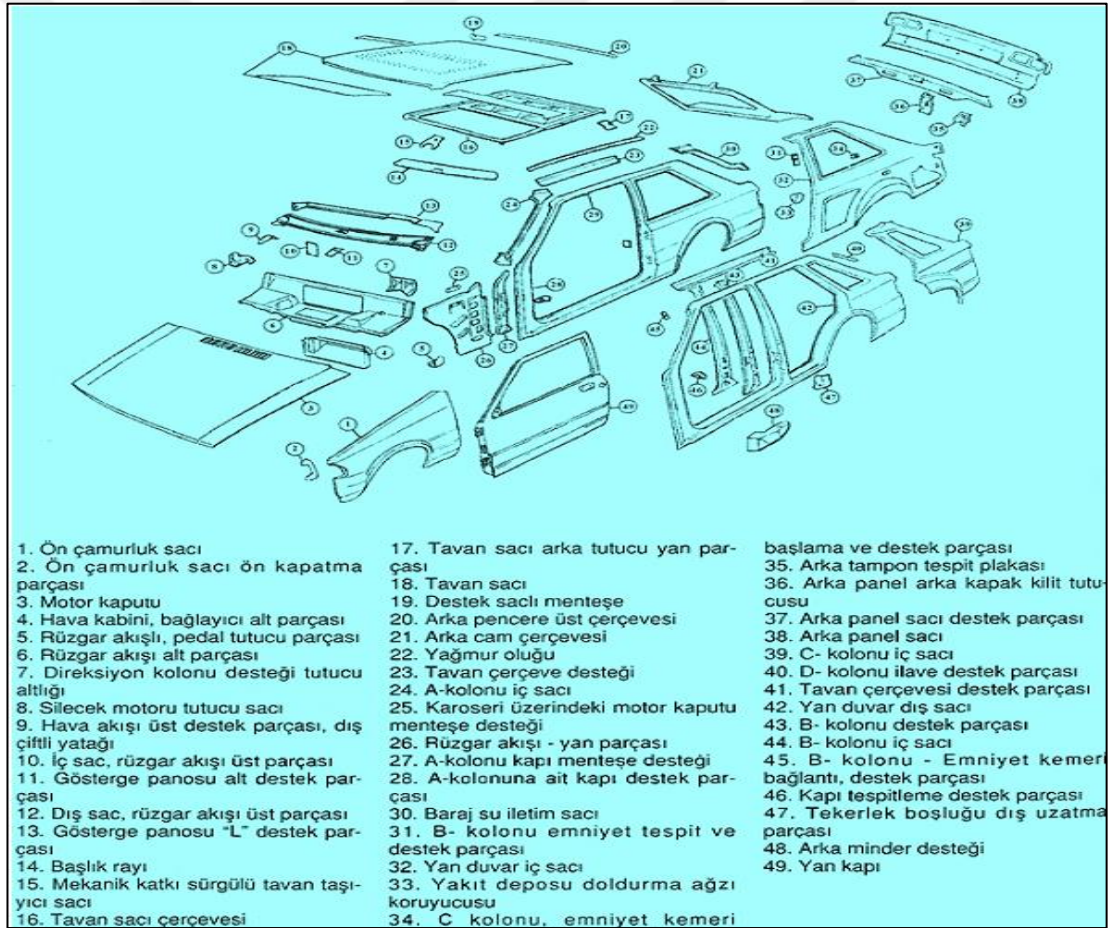
İnsanoğlunun gelişen ve değişen çevre, zaman ve duyguları neticesinde eskiden sadece basit bir ulaşım aracı olarak görülen otomobiller artık bir yaşam felsefesi haline gelmiştir. Bu durumun getirdiği rekabetçi durum otomotiv alanında faaliyet gösteren tüm şirketlerin daha ucuza, daha iyiyi mal edebilme zorunluluğunu ile birlikte her an sürekli gelişen teknoloji ile yeniliklerin ortaya çıkarılmasını kaçınılmaz hale getirmiştir. Artan rekabet ile birlikte otomotiv sanayi gelişen teknolojiyi yakından takip etme zorundadır. Birçok sanayi koluyla iletişim içinde olan otomotiv sektöründe rekabet ortamının gerektirdiği üretim sistemlerini ve teknolojiyi yakalayabilmiş ve bu gelişmeleri daha kaliteli ve daha az maliyetli araçlar üretebilmek için değerlendirmiş firmalar diğer firmalara karşı daha avantajlı duruma geçmektedir. Yani diğer sektörlerde olduğu gibi bu sektörde de ayakta durmak isteyen her firma sürekli gelişen bir teknolojiye sahip olmalı ve her yeni yöntemi sistemine kolay bir şekilde adapte edebilmelidir [1].

Şuan otomotiv sektöründeki önemli çalışmalardan bir tanesi, en kaliteli üretimin, yani boyutsal olarak en doğru araç gövdelerinin, sacların tasarımlarının kalitesidir. Bunun yanında uygulamalardaki yüzeysel çıktı kaliteleri de çok önemlidir. Bu çalışmalar esnasında parçadan bitmiş gövdeye kadar tüm işlemler kaliteyi artırıcı ve maliyeti azaltıcı yönde ilerleme kaydetmesi yönünde çalışılmaktadır. Bu araştırmalar şunu göstermiştir ki iyi bir araç ancak tüm ekiplerin tasarımdan, seri üretime ve sonrasına kadar etkin olarak çalışması ile mümkün olabilmektedir. Sac katlama işlemi, bu çalışmalar arasında kalite ve maliyet açısından büyük bir önem taşımaktadır. Üretim işlemlerinden araç gövde saclarının katlanması için gerekli belirli işlemler vardır. Bu işlemler çevrim zamanı, maliyet ve esnek çalışma sistemleri gibi özellikleri ile birbirinden ayrılmaktadır. Robotik sac katlama yöntemi bu özellikleri ve kısmi eksikleri ile birlikte bu işlemler içinde son teknoloji ve esnekliğin yer aldığı sistemi ile araç gövde üretim işlemlerinde yerini almaktadır [2].

Katlama, otomotiv sektöründe araç üretim süreçleri içerisinde kalite ve estetik açısından önemli bir yere sahiptir. Katlama kuvvet değerlerinin önceden belirlenebilmesi, işlem esnasında robotun programlanması çalışmalarında kolaylık sağlayarak daha hassas bir katlamanın ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu kuvvet değerleri, gerçek çalışmalar öncesi sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanabilmektedir. Fakat bu çalışmalar ağır hesaplama yükü nedeniyle saatler alan analiz sürelerine ihtiyaç duymaktadır. Bu çalışmamızda, robotik sac katlama işleminde sacı katlamak için gerekli olan kuvvet değerlerinin sonlu elemanlar yöntemi analiz programı yerine YSA yöntemi ile tahmini üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmada YSA yöntemi için gerekli kuvvet verilerin elde edilmesi için DynaForm sonlu elemanlar analiz programı kullanılmıştır.

1. GENEL BİLGİLER

Günümüzde kullanılan taşıtlar; yolcu, yük taşıma kapasitelerine göre ve istenilen estetik görünümlere göre çok değişik gövde tasarımları ile üretilmektedir. Taşıt gövdesini oluşturan yapı elemanları büyük preslerde basılarak biçimlendirilip daha sonrasında üretim hattında kaynak robotları ve katlama robotları gibi sac gövde birleştirici işlem elemanları aracılığı ile birleştirilmektedir. Şekil 1.1'de araç gövdesinde bulunan parçalar gösterilmektedir [3].



Şekil 1.1. Taşıt gövdesi üzerindeki bütün parçalar [3]

Bir taşıt gövdesi üst kısmında tavan sacı, ön, arka ve yan cam taraflarında çerçeve kolları ve bunları destekleyen iç saclardan oluşmaktadır. Tavan kısmı ve yan paneller taşıtın estetik ve aerodinamik açıdan en önemli kısımlarıdır. Ayrıca tavan sacı, aracın

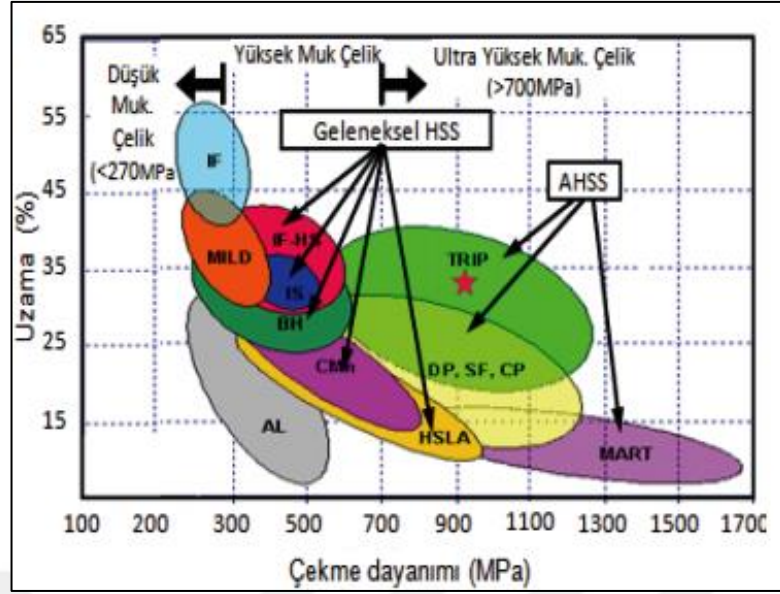
üstünü kapatmanın yanında bütün camlara çerçeve görevi yaparak desteklemektedir. Gövde yapımında genel üretim çelikleri kullanılmaktadır. Yani gövde destekleyici kolları bu çelikler ile güçlendirilen malzemeden yapılmıştır. Bu çelikler % 0.05 ile % 2.6 arasında karbon içeren bir demir karbon alaşımıdır. Çelik aynı zamanda iyi kaynak edilebilir. Taşıt gövdesinin sac panelleri çelik ve alüminyum alaşımlı malzemelerden yapılmaktadır. Otomotiv gövdesinde sıcak haddelenmiş çelikler ve soğuk haddelenmiş çelikler şeklinde iki tip çelik malzeme kullanılmaktadır [3 , 5].

Ayrıca otomotiv endüstrisinde çelik haricinde araç yakıt tüketimini ve araç ağırlığını düşürmek amacı ile plastik, kompozit, alüminyum, magnezyum, alaşımlar vb. gibi malzemelerin kullanımı artmaktadır fakat çelik endüstrisinde kaydedilen ilerlemeler sayesinde çelik; otomotiv sektörü için hala önemini korumaktadır. Otomotiv endüstrisi için üretimde gelişmiş araçlar için en önemli ölçütler Şekil 1.2’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere otomobilden istenen özellikler öncelikle güvenli oluşu, yakıt tüketimi, yakıt verimliliği ve ekonomikliğidir. Bunların yanında ayrıca çevre temizliği yani canlı sağlığı için karbondioksit salınımı da önemli durumdadır. Ayrıca konfor, otomobilin ağırlığı, sürüş performansı, maliyet/fiyat ilişkisi önem arz etmektedir [4].



Şekil 1.2. Bir otomobilde aranan özellikler[4]

Her malzeme için farklı bir “gerilme-şekil değiştirme” eğrisi vardır. Gerilme-şekil değiştirme eğrisi genellikle çekme deneyi ile hesaplanmaktadır. Bu eğri ile malzemenin mekanik davranışı ile özellikleri birlikte birçok bilgiye ulaşılabilmektedir. Çekme deneyi, malzemenin statik veya yavaş uygulanan bir kuvvete karşı direncini ölçmek için yapılmaktadır. Araç üretim endüstrisinde farklı çelik tipleri kullanılmaktadır. Şekil 1.3’te araç üretiminde kullanılan çeliklerin dayanım ve % uzama oranları verilmiştir [4].



Şekil 1.3. Düşük mukavemetli, konvansiyonel yüksek mukavemetli (HSS) ve ileri yüksek mukavemetli (AHSS) saclar arasındaki mukavemet ve % uzama ilişkisi [4]

Araç üretim çelikleri üç başlıkta tanımlanmaktadır. İlki yumuşak çelikler IF çelikleri çok az ara yer atomu içeren çelikler, düşük akma mukavemetleri, yüksek uzama ve iyi derin çekilebilirlik özellikleri nedeniyle çok iyi şekillendirilebilirlik özellikleri göstermektedirler. Düşük çekme mukavemeti ve yüksek % uzama değerlerine sahip olup darbe absorbe özelliğine sahiptir. Yüksek şekillendirilebilmeye sahip olan bu çelikler gövdede yüksek dayanıma ihtiyaç duyulmayan bölgelerde kullanılmaktadır. İkinci çelik tipi HSS (High Strength Steel), konvansiyonel yüksek mukavemet çelikleri, genellikle karbon-mangan, fırında sertleştirilebilen izotropik, yüksek mukavemetli IF ve yüksek mukavemetli düşük alaşımlı çeliklerdir. Üçüncü tip ise AHSS (Advanced High Strength Steel) ise gelişmiş yüksek mukavemet çeliklerinin yeni türleri: Çift faz ve martensitik çelik saclarıdır. Çift fazlı çelikler, üretildikleri yüksek mukavemetli düşük alaşımlı (YMDA) çeliklere göre oldukça iyi dayanım-süneklik ilişkisi göstermektedir. Bu çelikler üretildikleri YMDA ve karbon çelikleri ile kıyaslandığında pek çok şartlar için ideal olarak ifade edilebilecek özelliklere sahiptirler. Bunlar; düşük akma dayanımı, sürekli akma davranışı, yüksek pekleşme hızı, düzgün ve toplam uzama, yüksek yorulma dayanımı ve korozyon direnci gibi özelliklerdir. TRIP (TRansformation Induced Plasticity) çelikleri otomotiv endüstrisi için geliştirilmiş yüksek mukavemetli çeliklerin en yeni türüdür. Tablo 1.1 ve 1.2.'de

otomobillerde kullanılan çeliklerin mekanik özellikleri ve otomobilde kullanıldığı bölgeler verilmiştir [4].

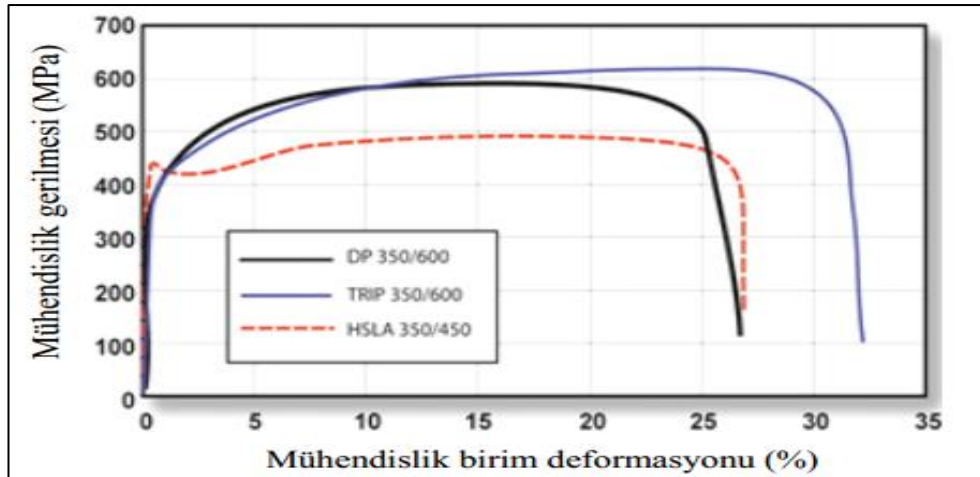
Tablo 1.1. Otomobillerde kullanılan farklı çelik malzemelerin mekanik özellikleri [4]

Malzeme	Akma Muk. (Mpa)	Çekme Muk. (Mpa)	Toplam Uzama (%)	Uyg. Kodu
Mild 140/270	140	270	38-44	A,C,F
BH210/340	210	340	34-39	B
BH260/370	260	370	29-34	B
IF 300/420	300	420	29-36	B
HSLA350/450	350	450	23-27	A,B,S
DP350/600	350	600	24-30	A,B,C,W,S
TRIP450/800	450	800	26-32	A,B
DP 500/800	500	800	14-20	A,B,C,W,S
Mart 950/1200	950	1200	5-7	A,B

Uygulanan bölge kodu: A=yardımcı(yan) parçalar, B=gövde yapısı, C=paneller, F=yakıt tankı, S=süspansiyonlar/şasiler, W=tekerler

Tablo 1.2. Otomobillerde kullanılan farklı çelik malzemelerin mekanik özellikleri[5]

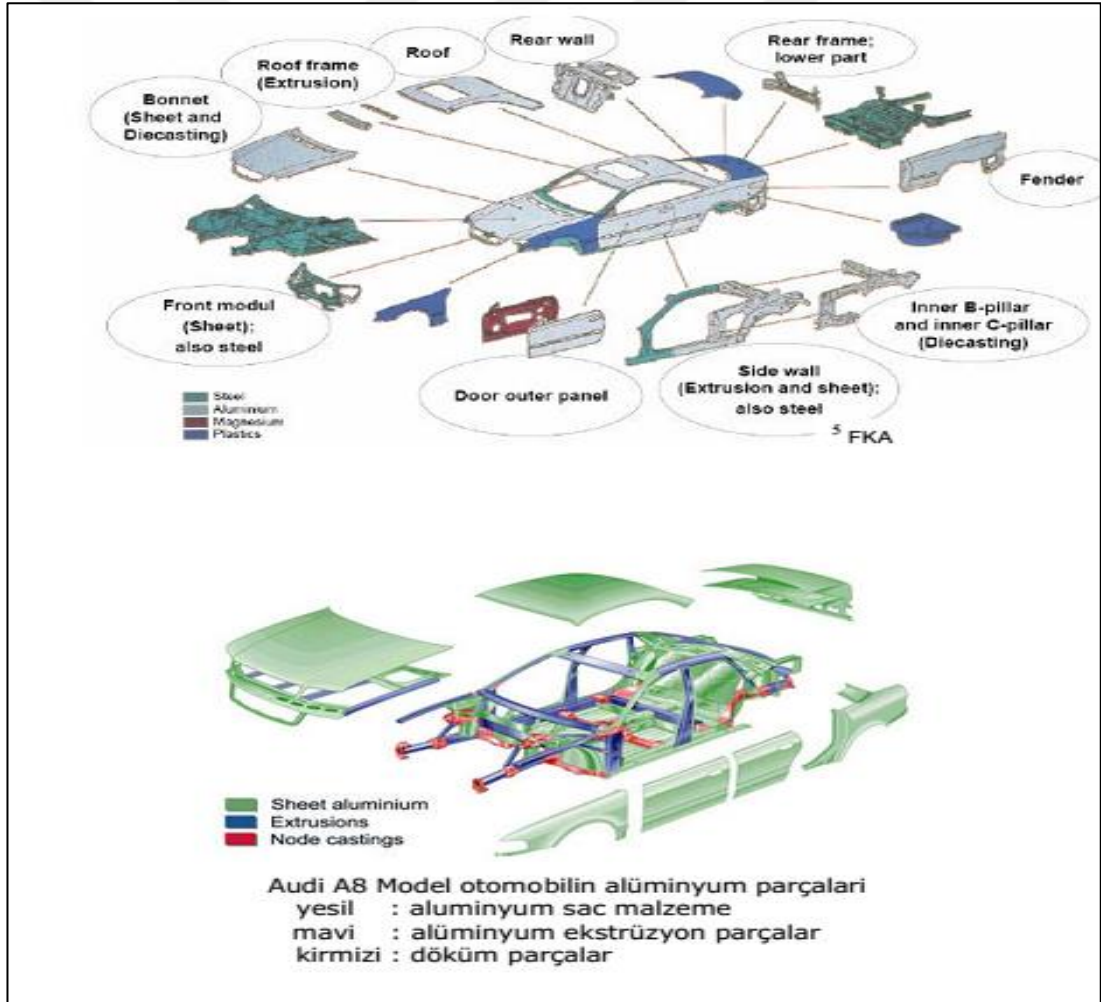
	DQSK	HSLA350	DP600	TRIP780
Density	7,87E-06	7,87E-06	7,87E-06	7,87E-06
Young's modulus, E (Mpa)	210	210	210	210
Poisson's ratio, ν	0,3	0,3	0,3	0,3
Strain coefficient, K (Mpa)	460	741	1032	1401
Strain hardening exponent, n	0,222	0,168	0,205	0,238



Şekil 1.4. Otomobillerde en çok kullanılan çeliklerin çekme grafikleri [5]

Son yıllar ile beraber araçlarda yakıt tüketimini ve araç ağırlığını düşürmek ve karbondioksit salınımının azaltılmasının önemi artarak devam etmektedir. Dolayısı ile

araç gövde üretiminde çelik malzeme yerine veya diğer malzemeler ile birlikte araçlarda hafif metal kullanımının artması ile birlikte alüminyum da araç üretim endüstrisine yerini almıştır. Hatta sağlamlığı artırılmış alüminyum alaşımlar araç gövdelerinde birçok bölgede kullanılır hale gelmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak günümüzde ortalama bir arabada çok çeşitli alüminyum parçalar kullanılabilir. Örneğin döküm yöntemiyle alüminyumdan imal edilmiş silindir kafaları, dişli kutusu gövdeleri, jantlar; ekstrüzyon yöntemiyle alüminyumdan imal edilmiş radyatörler, koltuk kızakları, darbe çubukları vb. alüminyumdan imal edilmiş parçalar, aracın toplam ağırlığının yaklaşık % 6'sını teşkil eder hale gelmiştir. Otomobillerde alüminyum uygulamalarına dönük bazı görsel örnekler aşağıda Şekil 1.5'de verilmiştir [6 - 7].



Şekil 1.5. Otomobillerde alüminyum uygulamalarına dönük bazı görsel örnekler [7]

parçanın yeterli rijitlik ve ön işleme direncini sürdürebilmesi için yüksek akma mukavemeti gerekmektedir. Alüminyum alaşımları düşük yoğunluklu, yüksek mukavemetli ve mükemmel korozyon dayanımı nedeni ile otomobillerin gövde panel uygulamalarında oldukça çok ilgi çekmektedir. Gövde panel uygulamalar için alüminyum-bakır, alüminyum magnezyum, alüminyum-magnezyum-silikon, olmak üzere üç çeşit alüminyum alaşımı kullanılmaktadır. Bu alaşım çeşitleri ve özellikleri aşağıda verilmiştir [7 - 9].

2000 (Al-Cu) Serisi Alüminyum Alaşımlar;

2008, 2010 ve 2036 gövde panel uygulamalarında kullanılan başlıca alaşımlardır. Bu alaşımlar ısıtılma işlemi uygulanabilir ve tabii yastanabilirler. Bu durumda 2008 ve 2010 alaşımları otomobilin fırınlama çevriminde bir miktar mukavemetini kaybederler. Bu alaşımlardan 2036 alaşımları en yüksek mukavemete sahiptir. 2008 ve 2010 alaşımları 2036'nın üzerine şekillendirilebilirliği artırmak amacı ile tasarım yapılar ve oldukça yüksek korozyon direncine sahiptirler [8 - 9].

5000 (Al-Mg) Serisi Alüminyum Alaşımlar;

Otomobil panelleri için kullanılan diğer alaşımlar 5182, 5454 ve 5754 alaşımlarıdır. Bu alaşımlar aynı zamanda mangan elementi de ihtiva ederler. Bu alaşımlar çökeltme sertleşmesi göstermezler ve ısıtılma işlemi esnasında mukavemetleri de artmaz. Bu alaşımlara şekil verme yolu ile ilave mukavemet kısırılabilirler. Fakat bu özelliklerini de fırınlama çevrimi esnasında kaybederler. Bu nedenle “-O” ısıtılma işlemi özellikleri alaşımın mukavemetinin daha uygun hale gelmesine yardımcı olur. 5000 alaşımları istisna olarak şekillendirilir ve yüksek korozyon dayanımına sahiptirler. Bu alaşımlar deformasyon esnasında Lüders bantlarının oluşumuna hassas olmalarından dolayı, dış gövde panel enstrüksiyonunda tercih edilmezler. Ayrıca 5182 alaşımı yaklaşık %3'ün üzerinde magnezyum ihtiva ettiklerinden şekillendirme ve daha sonra egzoz ve katalitik sistem gibi parçalara yakın uygulamalarda uzun süreli 65 °C'nin üzerinde sıcaklığa maruz kaldıklarından gerilme-korozyon çatlamasına maruz kalabilirler. Gerilme-korozyon hassasiyeti genellikle gövde panel uygulamaları için pratik görülmemektedir [8 - 9].

6000 (Al-Mg-Si) Serisi Alüminyum Alaşımlar;

6009, 6022 ve 6111 Al-Mg-Si alaşımlardır. 6000 serisi alaşımlar gövde panel alaşımlarıdır ve ışıl işlem uygulanabilen alaşımlardır. Özellikle fırınlama çevrimi esnasında çökelme sertleşmesine karşı oldukça uyarlıdır. Bu alaşımlardan 6111 en yüksek mukavemete sahiptir. Bunun yanında 6111 üstün uzama şekillendirme kabiliyetine sahipken 6009 bükme şekillendirilme özelliği bir miktar daha diğerlerine göre iyidir [8 - 9].

Alüminyum gövde panel alaşımlarının tipik mekanik zellikleri Tablo 1.3'te verilmiştir.

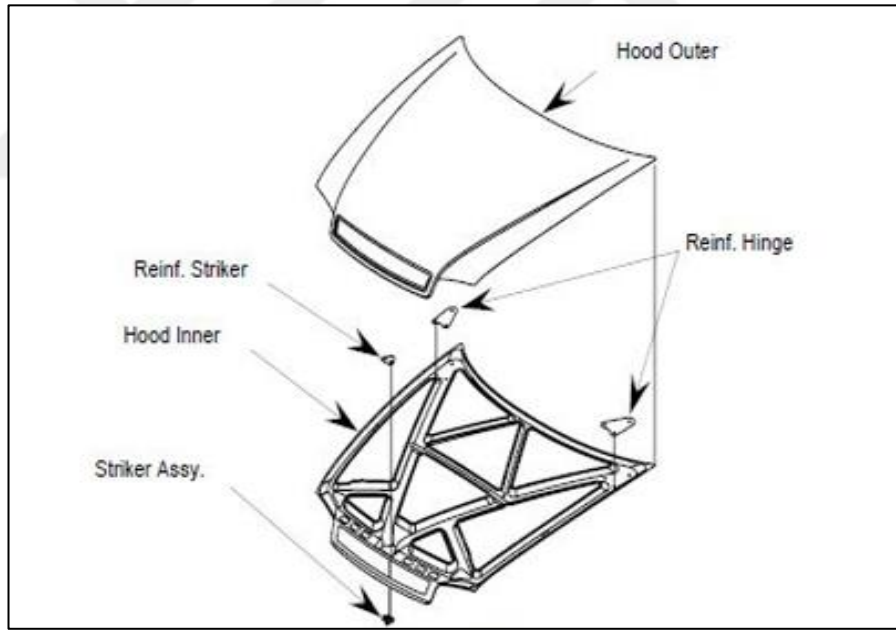
Tablo 1.3. Alüminyum gövde panel malzeme alaşımlarının mekanik zellikleri [9]

Malzeme	Maks. Çekme Mukavemeti (Mpa)	Akma Mukavemeti(Mpa)	Toplam Uzama (%) 50 mm için	Yoğunluk (g/cm ³)
5182-O	275	130	21	2,71
5454-O	250	115	22	2,71
5754-O	220	100	26	2,71
6009-T4	255	125	25	2,71
6016-T4	290	150	26	2,70
6022-T4	290	150	26	2,71
6111-T4	290	150	26	2,71

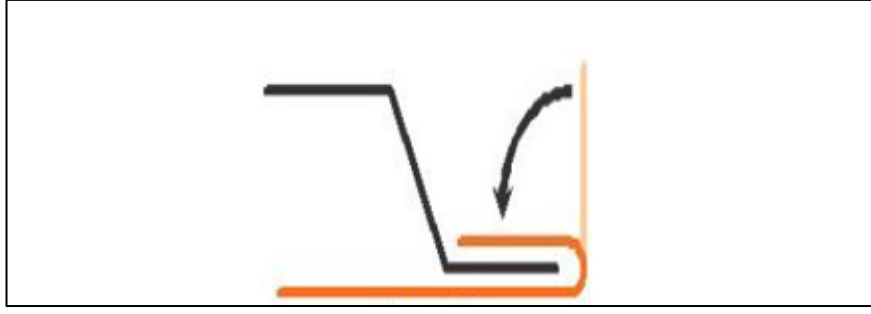
Çalışmalarımızda ağırlıklı olarak alüminyum alaşımları olması ile birlikte elik malzeme içinde çalışılmıştır. Bu bağlamda öncelikle alüminyum alaşımı saclar için sonlu elemanlar analizi daha sonra da elik malzeme için çalışmalar yapılarak robotik sac katlama işleminde sacların mekanik davranışı incelenmiş ve temel amaç olan işlemin kuvvet değişim değerleri elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen bu veriler ile yapay sinir ağları yöntemi matlab [10] programı yapay sinir ağları araç kutusu kullanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile saatler süren çalışmalar sonucu elde edilen değerlerin kısa sürede tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda öncelikle katlama işlemi ve yapay sinir ağları hakkında literatür taraması yapılarak ön bilgiler elde edilmiştir. Sonrasında ise bu çalışmada kullanılacak malzemeler ile robotik sac katlama işleminin DynaForm [11] programında sonlu elemanlar analiz yöntemi ile simülasyon çalışmaları yapılarak gerekli girdi verileri elde edilmiştir. Son olarak da elde edilen bu veriler ile yapay sinir ağları yöntemi ile çalışılarak hedeflenen sonuçlar elde edilmiştir.

2. KATLAMA VE KATLAMA YÖNTEMLERİ

Otomotiv üretim endüstrisinde araçların açılır parçalarının (kaput, kapı, çamurluk vb.) montajında iç ve dış sac paneller birleştirilmektedir. Dış panel bini kenarının iç sac üzerine katlanarak birleştirilmesi katlama olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.1’de örnek bir kaput sac parçaları görülmektedir. Araç üretim hatlarında, katlama işlemi montaj uygulamaları için önemli bir süreç olarak yer almaktadır. Katlama, otomotiv endüstrisinde bagaj kapağı, kapılar, kaput, çamurluk vb. estetik görünüm gereken araç sac bölgelerinde dış sacın iç sac üzerine katlanarak birleştirildiği bir işlemdir. Bu işlem tezgâh üstü katlama, kalıp ile katlama ve robotik katlama şeklinde uygulanmaktadır [12].

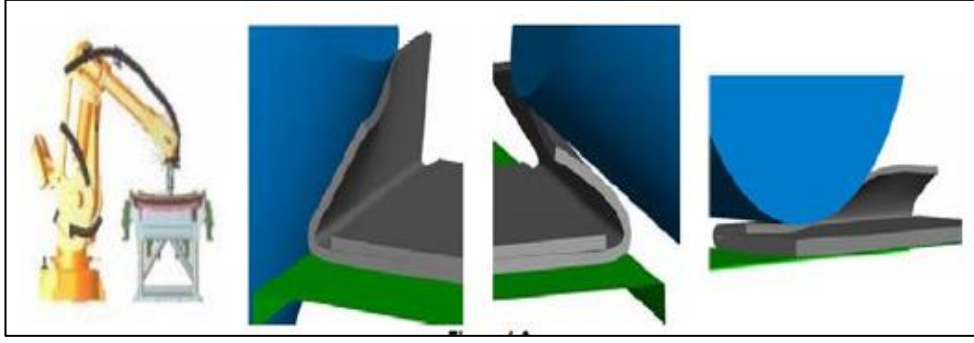


Şekil 2.1. Kaput sac panel parçaları [12]



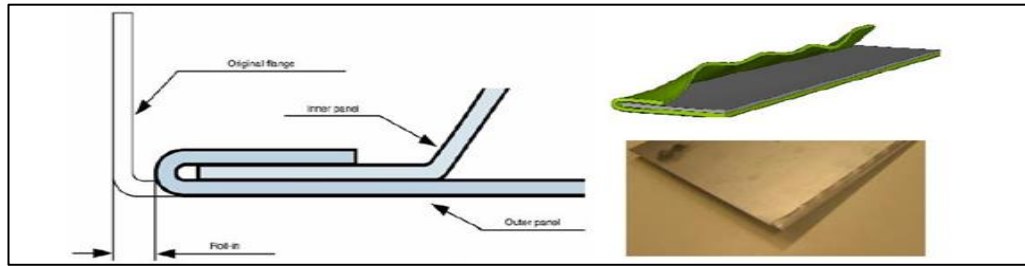
Şekil 2.2. Katlama İşlemi, dış kenar parça(turuncu) iç parça(siyah)

Robotik sac katlama işlemi katlama yöntemleri arasında son zamanlarda yer alamaya başlamıştır. Yani diğer yöntemlere göre yeni ve geliştirilmiş bir yöntemdir. Bir yörüngeyi takip eden bir robotun altıncı eksenine monte edilen bir kafa ve kafa ucundaki makara yardımı ile dış sac panel iç sac panel üzerine katlanarak birleştirilmektedir. Kalıp ile katlama ve tezgâh üstü katlama ile karşılaştırıldığında robotik sac katlamada üretim için gerekli ekipmanlar minimuma indirilebilmektedir. Bu durum uygulamayı, diğer ürünler için kolay programlanabilir özelliği ile birlikte birçok farklı parçanın üretimi için uygun hale getirmektedir. Robotik sac katlama uygulama adımları Şekil 2.3.'te gösterilmektedir. Sağdaki üç şekil adımları, soldaki şekil ise uygulama görüntüsünü içermektedir. Dış panelin kenarı (gri) şekilde görüldüğü gibi üç adımda, ilk iki adım ön katlama (ortadaki iki şekil) ve son katlama (en sağdaki şekil) aşamaları ile iç panel üzerine katlanmaktadır. Katlama adım sayıları makaranın yüzey ya da konum açısına göre değişmektedir. Yani makaranın yüzey açısı veya açısal konumu değiştirilerek adım sayısı artırılıp azaltılabilmektedir. Örneğin 45 derece yüzey veya konum açısı olan bir makara ile katlama adımları azaltılabilmektedir. Bu durum katlama kalitesi gereklilikleri ile sınırlı olup ön katlama adımının azaltılması katlama kalitesini azaltmayacak seviyede yapılabilir. Yani bir adımda 45 derece altındaki katlamalar sacın deformasyonunda kaliteyi bozabilecek etkilere neden olabilmektedir [12 - 13].



Şekil 2.3. Robotik sac katlama(solda), sac katlama adımları (sağda) [12]

Bu işlemin yeni bir çalışma olması nedeni ile robotik sac katlama işlemi ile ilgili çok çalışma ve bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle elde edilebilir ve sürdürülebilir gerekli ürün kalitesi deneme yanılma yöntemleri ile elde edilebilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi simülasyonları daha sabit bir işlem ortaya çıkarabilmek ve daha iyi ürün kalitesi elde edebilmek için kısa sürede pazarlama ile birlikte işlemi anlamaya, tanımlamaya ve optimize etmeye yardımcı olmaktadır. Bu çalışmaların temel amacı boyutsal ve yüzey kalitesinin kontrolünü sağlayan ve toplam uygulama süresini azaltabilecek işlem ayarlamalarını elde etmektir. Bu hedefler sonlu elemanlar yöntemi simülasyonları ile elde edilebilmektedir. Örnek olarak Şekil 2.4.'te solda dış paneldeki azalmayı ifade eden “roll-in” olarak adlandırılan işlemin bir parametresi gösterilmektedir. Katlama işlemi boyunca dış panel kenarında içe doğru azalmalar meydana gelmektedir. Kalite gereği son üründe dış panel boyutları bu azalmaları karşılayacak doğru boyutlardaki yeterli ölçüde olmalıdır [12 - 13].

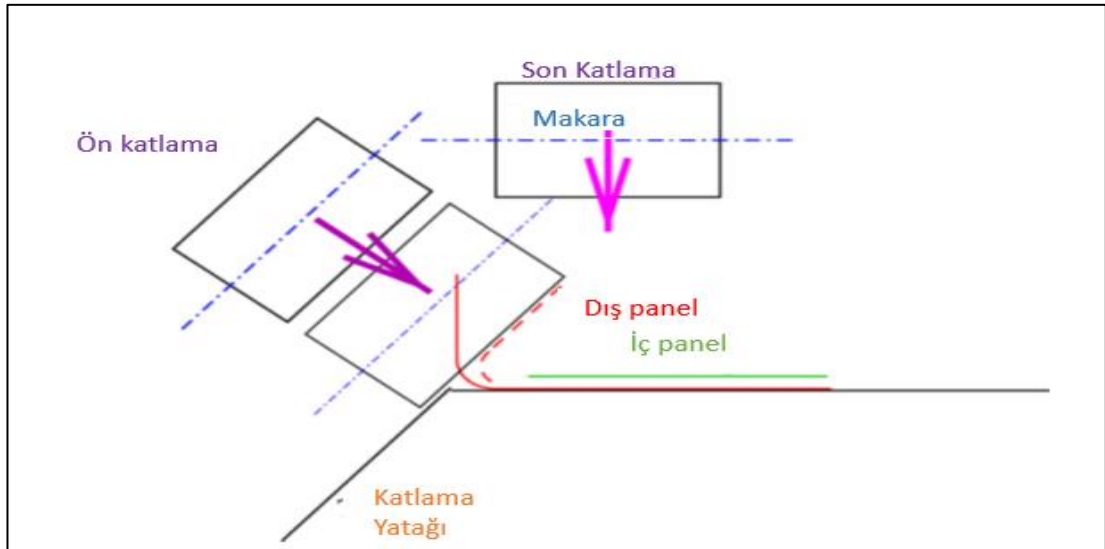


Şekil 2.4. Solda dış panelin içe kayması(roll-in); Sağda dalgalanma[12]

İleride bahsedeceğimiz robotik sac katlamaya etki eden parametrelerden biri olan dalgalanma kümelenmeleri, katlama işlemi boyunca dış panel katlama bölgesinde meydana gelmektedir. Bu etkiler Şekil 2.4.'te sağda gösterilmektedir. Bu etki katlama işlemleri içerisinde robotik sac katlama için spesifik bir etkidir. Yukarıdaki şekilde sağda görüldüğü gibi ön katlama adımı boyunca bir dalga kümesi bini bölgesinde form halini almaktadır. Son katlama sonunda bu dalgalanma kümeleri her zaman düzleştirilememektedir. Yukarıdaki şekilde görüleceği gibi bu durum ürün kalitesi için bozucu etki anlamına gelmektedir. Burada bir sonraki bölümde , tezgâh üstü katlama, kalıp katlama ve robotik katlama için bilgilendirmeler, robotik sac katlama işlemi etkileyen parametreler ve robotik sac katlama işleminin DynaForm programında sonlu elemanlar analizi hakkında tanımlamalar yapılacaktır.

2.1. Katlama Yöntemi

Bu bölümde katlamanın tanımlanması ve katlama yöntemleri tezgah üstü katlama, kalıp ile katlama ve robotik katlama hakkında bilgiler yer alacaktır. Temel işlem parametrelerini içeren üretim metotları bölüm 2.2 'de açıklanmaktadır. Bölüm 2.3'de katlama kalitesi tanımlamaları boyutsal ve yüzey kalitesi başlıkları adı altında incelenmektedir. Robotik sac katlama simülasyonlarına bölüm 2.4'te yer verilmektedir.



Şekil 2.5. Katlama işlemi; dış panel(kırmızı) iç panel(yeşil) üzerine [14]

2.1.1. Katlamannın literatür araştırması

Katlama işlemi uygulaması işleme etki eden birçok parametreye sahiptir. Bu parametreler hakkında bilgi bölüm 2.4.'te verilecektir. Bu parametreler işlem açısından kritik öneme sahiptirler. Bu parametreler ışığında yapılan çalışmalar işlemin kalitesini etkilemektedir. Bu açıdan birçok detaylı literatür araştırması yapılmıştır.

Robotik sac katlama işleminde Jonkers (2006), TCP-RTP mesafesinin, sac geometrisinin, makara çapının etkileri üzerine çalışmıştır. Ön katlamada oluşan dalgalanmalar makara çapı, TCP-RTP mesafesi ve malzemeye göre değişmektedir. Ayrıca bu parametreler işlem süresince meydana gelen sacın içe kayması “roll-in” gibi kalite problemlerine etki etmektedir. Yapılan çalışmalara göre TCP-RTP mesafesi azaltılması ve makara çapının artması sonucunda sac katlama işlemindeki kuvvet değişimi artmaktadır. Ayrıca makara çapı artıkça dalgalanmalarda azalmalar görülmektedir. Deneysel bir model ile düz ve konkav geometrili sacların işlem üzerinde (Eisele ve diğ., 2010), sacın içe kayma kalite çıktısı üzerine etkisi hakkında çalışmıştır. Ayrıca robotik sac katlama etki eden bini yüksekliği, makara çapı ve konumu, makara hareket yönü ve malzeme ön sertleştirme parametreleri bu çalışmada dikkate alınan girdiler olarak yer almaktadır. Bu çalışmaya göre konkav geometrilere dalgalanma sorunu daha fazla ve kontrolü daha zor olmaktadır. Ayrıca işlem parametreleri göz önünde bulundurularak sonlu elemanlar yöntemi sonuçları ile karasel regresyon yaklaşımı ve sinir ağları çalışmalarının karşılaştırılarak elde edilen sonuçların deneysel yöntem üzerindeki sonuçlarını araştırmışlardır. Bu çalışmada robotik sac katlama işlemi kalite çıktılarını etkileyen “roll-in” ve iki katlanır bölge arasında meydana gelebilecek boşluk hatası üzerinde incelemeler yapılmıştır. İşlem kalitesi açısından sacların plastik deformasyonu ve işlemin süresi çevrim süresinin iyileştirilmesi üzerine (Carlson ve diğ., 2009) çalışmışlardır. Bu çalışmaya göre işlemin çevrim süresi, görev paylaşımı, robotların eş zamanlı çalışması ve hücre konfigürasyonu ile azaltılabilmektedir. Sonlu elemanlar analizi ile ön katlama hareket yönü, katlama yörüngesi, kalıp yarıçapı ve son katlama kuvvetinin işlem üzerindeki etkilerini (Ahmetoğlu ve diğ., 2000) araştırmışlardır. Robotik sac katlama işleminde iki ve üç paso sonucundaki plastik gerinim değişimlerini (Aher ve Shinde, 2012) sonlu elemanlar yöntemi ile incelemişlerdir. Çalışmalar sonucunda iki paso ve üç paso sonucunda benzer gerinim ve dalgalanma sonuçları elde edilmiştir. Farklı geometri ve

birden fazla iterasyon ile analiz edildiğinde benzer gerinim değişimleri ve dalgalanmalar elde edilmiştir. Klasik katlama ve robotik sac katlama işlemi sayısal simülasyonu için AA6106 malzemesinin çekme ve yırtılma testlerini (Le Maoût ve diğ., 2012) incelemişlerdir. Sayısal simülasyonlar sonucunda ön katlama süresince sacın içe kayması açısından iyi sonuçlar almışlardır. Bu sonuçlarda sacın içe kayması klasik katlama için yaklaşık olarak 1,5 mm robotik katlama için ise 0,6 mm ölçülerindedir. Bu çalışmanın asıl amacı olan malzemenin izotropik olmamasının ve Bauschinger etkisinin katlamada sacın içe kayması açısından çok az bir etkiye sahip olduğu bilgisinin elde edilmesidir. Ayrıca sacın büküm bölgesindeki temel hareketler robotik sac katlamada klasik katlamaya göre daha düzenlidir. (Le Maoût ve diğ., 2005) sac katlama işlemi 2D simülasyonları ile çalışmışlardır. Katlama işlemleri adımlarından bini oluşturma, ön katlama ve son katlama adımlarının her biri arasında işlemler sonrasında geri yaylanma meydana gelmektedir. Ayrıca bu çalışmada işlem sırasında meydana gelen kuvvet değişimleri incelenmektedir. Robotik sac katlamada katlama açısına bağlı olarak katlama kuvveti ve hızının toplam katlama kalınlığı, dalgalanma ve sacın içe kayması üzerine etkilerini (More ve diğ., 2015) incelemişlerdir. Robot hızı artıtıldığında sacın içe kayması azalmakta ve dalgalanma artmaktadır ve ayrıca toplam kalınlığın bu durumlar üzerine fazla bir etkisi yoktur. Baskı kuvveti arttığına sacın içe kayması azalmakta ve ayrıca baskı kuvvetinin sacın içe kayması üzerindeki etkisi robot hızına göre daha önemlidir. Bununla birlikte baskı kuvvetinin artması ile dalgalanma ve toplam kalınlık önemli derecede azalmaktadır. 45 dereceye büküm sonuçları, 55 dereceye büküm sonuçlarına göre daha iyidir. Robotik sac katlama işlemindeki dalgalanma ve buruşma sorunlarının nedenleri üzerine (Raskar ve Shilvant S, 2014) çalışmışlardır. Makara çapı ön katlama adımı esnasında bini bölgesinde meydana gelen dalgalanmaları belirlemektedir. Makara çapı arttıkça ön katlamada meydana gelen dalgalanmalar azalmaktadır. Ayrıca çalışmalar neticesinde tüm bini yüksekliklerinde küçük çaplı makaraların büyük çaplı makaralara göre daha fazla büküm yaptığı görülmüştür. Saclardaki gerinim değerleri küçük çaplı makaralarda büyüklere göre daha fazladır. Yukarıdaki bir çok çalışma ile birlikte otomotiv endüstrisi araç üretim uygulamaları için büyük öneme sahip robotik sac katlama işlemi için yapılan gelişmeler artarak devam etmektedir. Bu çalışmamızda da yapılan çalışmalardan elde edilen literatür bilgileri ile birlikte bu çalışmamızda robotik

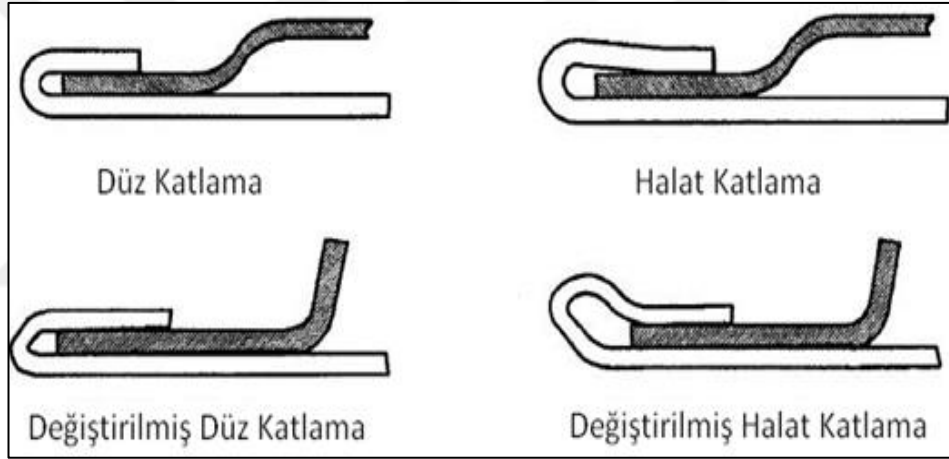
sac katlama işlemi süresince uygulanan kuvvet değerlerinin YSA yöntemi ile tahmin edilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır.

2.1.2. Katlama şekilleri

Düz Katlama: En sık tercih edilen tiptir.

Halat Katlama: Katlama kenarının keskinliği önlendiği için güvenliğin ön planda yer aldığı alanlarda kullanılır. Bükme yarıçapı geniş olduğundan, alüminyum gibi şekillendirilmesi zor olan malzemeler için tercih edilir.

Bu iki temel katlama şekli yanı sıra, uygulanacak bölgeye göre değiştirilmiş düz katlama ve değiştirilmiş halat katlamalar tercih edilebilir.

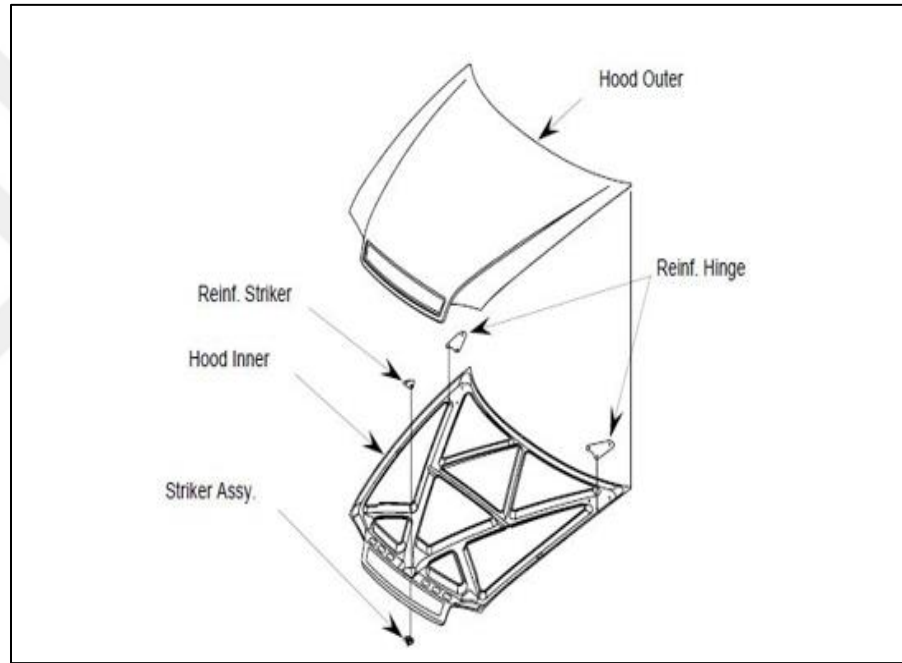


Şekil 2.6. Katlama şekilleri

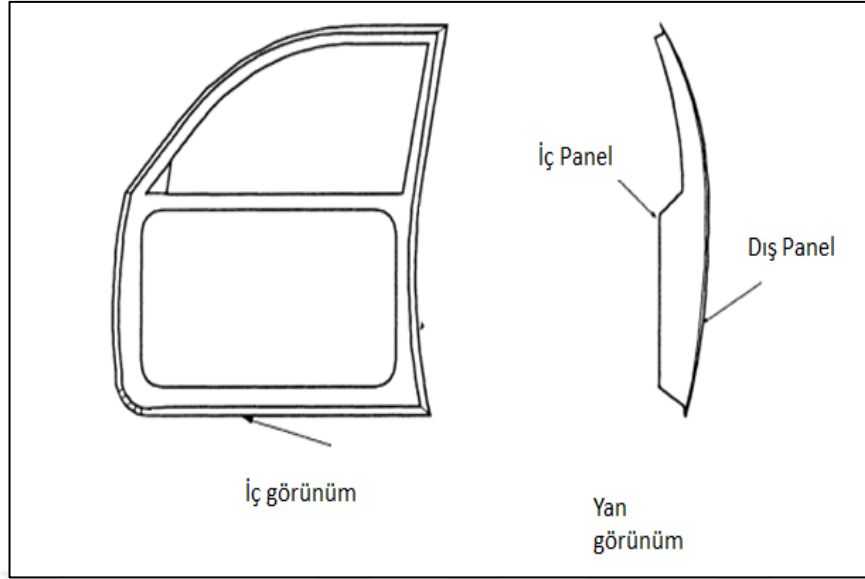
2.2. Katlamannın Tanımı

Bir metal panelin kenarın bükülmesi kat olarak tanımlanır. Katlama ise bu kenarın bükülerek katlandığı işlemin adıdır. Yukarıdaki şekilde dış panel, iç panel üzerine bükülmektedir ve bu düzenli ve sıkı bir birleştirme sağlamaktadır. Bununla birlikte bu uygulama kaynak ile birleştirmeden daha az kuvvetli olup, katlama işlemi ek bir birleştirme ile bağlanabilmektedir. Macunlama uygulaması, kaynak uygulaması birleşmenin kuvvetini artırmak için uygulanabilmektedir. Katlama uygulaması, temel olarak otomotiv gövdelerinde kapakların birleştirilmesi için gerekli metotlarında kullanılmaktadır [12 - 13].

Burada otomotiv gövde sacları, kapılar, bagaj kapakları, tavan vb. bölgelerdeki kapanır parçaları belirtmektedir. Şekil 2.7.'de bir araç ön kaput montaj parçaları Şekil 2.8.'de ise bir araç ön kapısı iç ve dış panel görünümü gösterilmektedir. Artırılmış güvenlik ve estetik katın diğer fonksiyonlarıdır. Yani katlama yapılan bu bölgeler güvenlik ve estetik görünümün beklenildiği yerlerdir. Katlama teknolojisini devam eden gelişimleri yeni ürünler için yeni fırsatlar ve yeni uygulamalara yön vermektedir. Katlama teknolojisinin son gelişimi, bu çalışmada da üzerinde durulan robotik sac katlama işlemidir. Bu işlem bu çalışma için robotik bir sistem ile estetikliği ortaya çıkarmıştır [12 - 13].

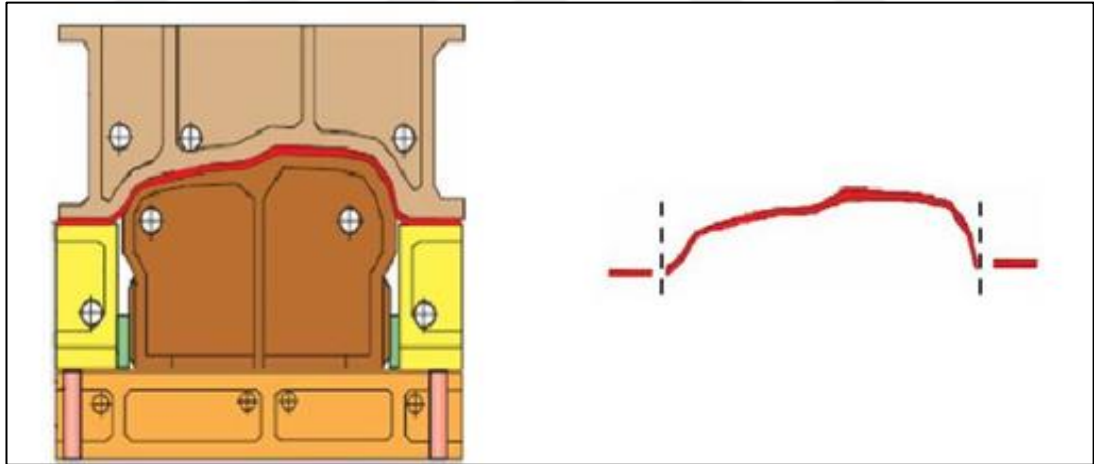


Şekil 2.7. Kaput açılmış görünümü



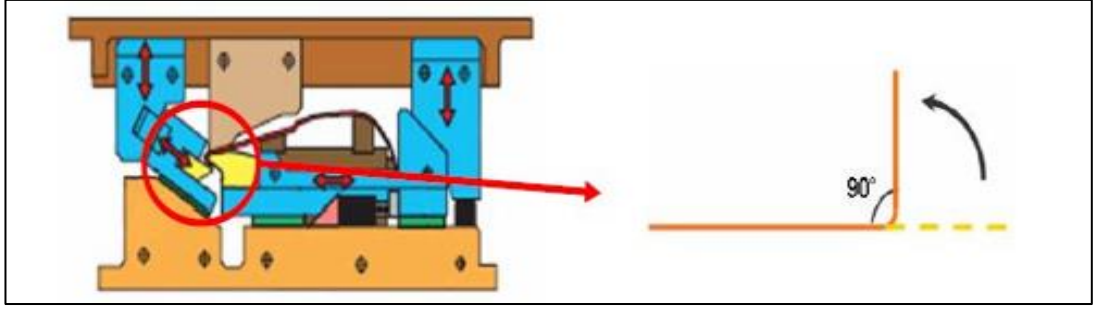
Şekil 2.8. Araç ön kaptısı iç panel ve dış panel görünümü

Bir gövde kapanır parçasının üretim işlemi komponentlerin basıldığı pres hattında başlamaktadır. Dış panel (kırmızı) derin çekme (Şekil 2-4'te solda) ile ve takibinde tıraşlama (Şekil 2-4'te sağda) ile üretilmektedir [12].



Şekil 2.9. Bir kapanır parçasının üretim işlemi; Solda dış panel (kırmızı) derin çekme, Sağda dış panelin tıraşlanması

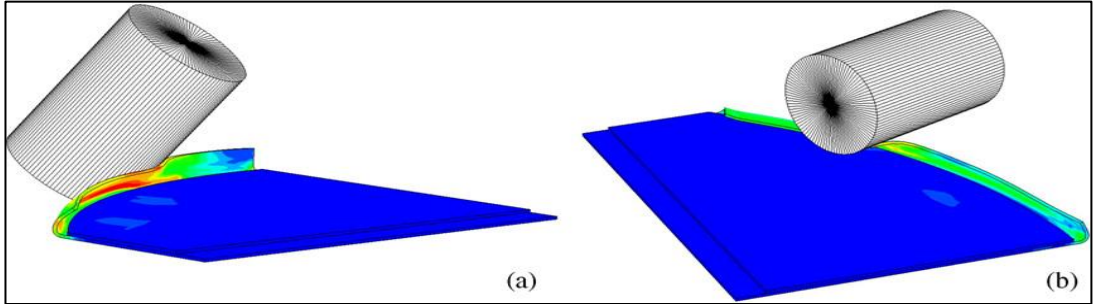
Tıraşlama işleminden sonra dış bükülür panelin kenarları bükülmektedir. Şekil 2-4'te gösterilen bu işlem bini oluşturma olarak adlandırılmaktadır. Bini oluşturma, panel kenarının yaklaşık olarak 90° 'ye bükülmesi ile gerçekleşmektedir. Dış panel parçasını Şekil 2.9.'daki sarı aparatlar bükmektedir. Bükülen kenarın açılım açısı Şekil 2.10.'da gösterilmektedir. [12]



Şekil 2.10. Bini oluşturma işlemi; Bir bini kalıbı üzerinde dış panelin binisi oluşturulmaktadır(solda), bini oluşturma işlemi şematığı (sağda) [12]

Katlama işlemine ek yapıştırma işleminde son kapanır parçalara korozyon koruması ve nemlendirme işlemi için ek güçlendirme verilmektedir. Dış ve iç parçalar bu işlemler sonunda tam anlamı ile bitişik olarak birleştirilmektedir. Son ürün katlama ya da katlamaya ek punto kaynağı ile montajlanarak birleştirilmektedir [12].

Otomotiv sektöründe kapılar, kaporta ve dış sac kısımlarının kısa zamanda ve yüksek kalitede olması istenmekte ve bu yüzden gerçek çalışma öncesinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılmaktadır. Bu parçalar güçlendirilmiş iç sac parçalar ve dış parçalar her ikisi de üç aşamada gerçekleşen bini oluşturma, ön katlama ve son katlama ile gerçekleştirilmektedir [12 - 15].



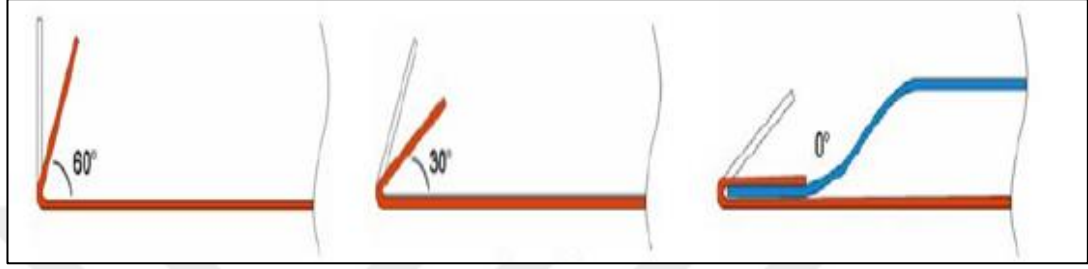
Şekil 2.11. Robotik sac katlama işlemi sonlu elemanlar analiz simülasyonu solda ön katlama, sağda son katlama [12]

Sonraki bölümde katlama teknolojileri ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilecektir.

2.3. Katlama Teknolojileri

Sac birleştirme uygulamaları için farklı katlama işlemleri vardır. Bunlar yatırım maliyetleri, işlem süreleri ve teknik konsept farklılıkları gibi parametreler ile birbirinden ayrılmaktadır. Bu bölümde bu teknolojiler arasındaki teknik farklılıklar

hakkında bilgilendirilme yapılacaktır. Üç temel katlama işlemi kalıp ile katlama, tezgâh üstü katlama ve robotik sac katlama olarak katlama teknolojileri altında yer almaktadır. Farklılıklarına rağmen, her biri benzer olarak iki temel adımda katlama işlemini tamamlamaktadır. Bunlar ön katlama ve son katlama olarak adlandırılır. Bazı uygulamalarda ön katlama iki adımda (Şekil 2.12. sol iki resim), son katlama (şekil 2.12. sağda) ise tek adımda gerçekleştirilebilmektedir [12].

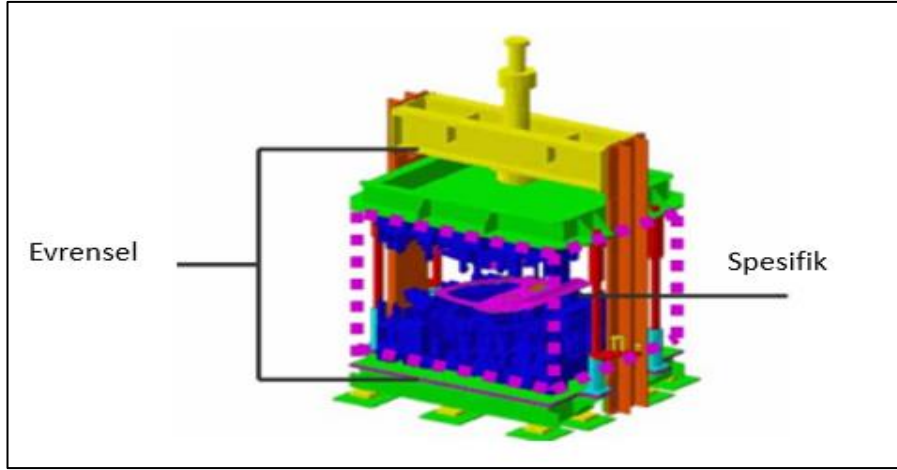


Şekil 2.12. Katlama adımları; ön katlama (Sol iki resim) ve son katlama (Sağ)

Ön katlama işlemi adımları dış panel sacının açılış açısına bağlıdır. Yani dış sacın binisinin açısına bağlı olarak ön katlama adımları değişmektedir. 90° ve üzeri bini açılarında iki adımda, 90° ve altındaki açılarda ise ön katlama tek adımda gerçekleştirilebilmektedir. Bu temel işlem adımları ve katlama teknolojileri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Katlama işlemleri; tezgâh üstü, kalıp ile ve robotik sac katlama olarak açıklanmaktadır.

2.3.1. Kalıp ile katlama

Baskı presleri yardımı ile gerçekleştirilen katlama işlemi kalıp ile katlama olarak adlandırılır. Bu yöntem katlama teknolojileri arasındaki en eski yöntemdir. Şekil 2.13.'te bir kalıp katlama kurulum örneği verilmektedir. Bu sistemin kurulumu evrensel olarak yapılmaktadır. Sadece mor renkte işaretlenen parçalar spesifiktir. Bu parçalar katlama kalıbını kapsamaktadır. Tüm diğer parçalar evrenseldir.



Şekil 2.13. Bir kalıp ile katlama presi (Hyrotec) [12]

90° bini açısı için katlama ön ve son katlama olarak 2 adımda gerçekleştirilir. Geleneksel katlama işlemi için her bir katlama adımı için ayrı iki presin gerekli olduğu aşamalar ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlemin hareket yönü dikey yöndedir. Ön ve son katlama Şekil 2.14.'te görüldüğü gibi dikey yöndedir [12].

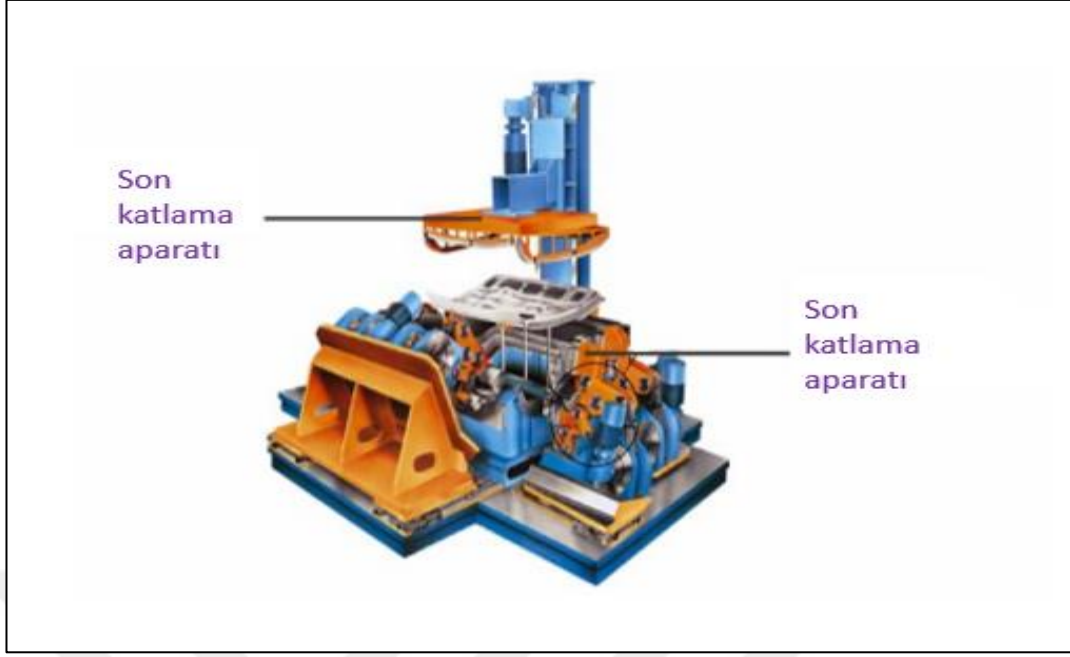


Şekil 2.14. Solda ön katlama sağda son katlama makara kuvvet yönleri

Katlama işlemi bu yöntem ile hızlı gerçekleştirilebilmektedir. Bu yüzden kalıp ile katlama yöntemi yüksek hacimli üretimler için uygundur. Şekil 2.13'teki mavi parçalar olarak gösterilen kalıplar değiştirilerek yeni parçalar aynı kurulum ile kolaylık ile katlanabilir. Fakat farklı parçalar için farklı kalıplar gerekmektedir. Dolayısı ile bu yönden yatırım açısından farklı parçalı üretimler için uygun olmamaktadır.

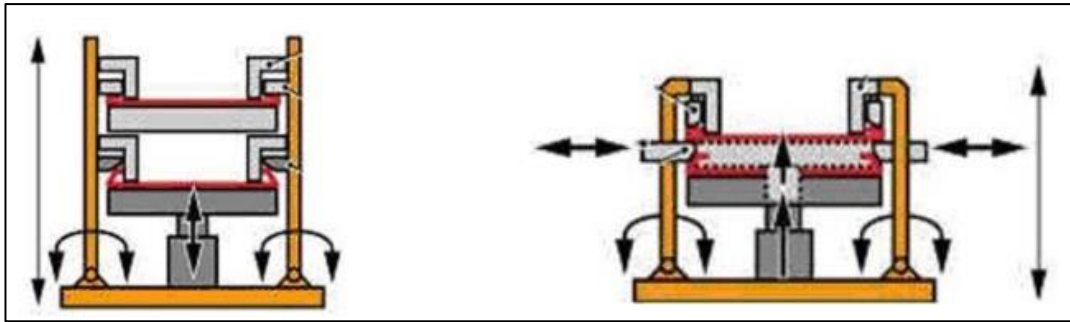
2.3.2. Tezgah üstü katlama

Tezgah üstü katlama sistemleri çok yönlü sistemlerdir. Komple bir tezgah üstü kurulumu Şekil 2.15'de gösterilmektedir. Ön katlama aparatları yatay pozisyonda konumlandırılmıştır. Son katlama aparatları ise dikey olarak konumlandırılmıştır. Tezgah üstü katlama sistemi tamamen spesifik bir kurulumdur.



Şekil 2.15. Tezgâh üstü katlama sistemi [12]

Spesifik özellikleri ile uyumlu olarak bir çok farklı tezgâh üstü katlama sistemleri vardır. Hareket yönü dikey yatay veya her iki yönde hareketin olduğu sistemler olabilir. Şekil 2.16.'da ön katlama adımı için solda dikey, sağda yatay tezgâh üstü sistemeler görülmektedir. Dış parça kırmızı renkte belirtilmiştir. Şekilde daha alttaki adım ön katlama, daha üstteki adım ise son katlama adımıdır [12].



Şekil 2.16. Farklı tezgâh üstü katlama sistemlerinin ön katlama hareket yönleri; Solda dikey yönde, sağda yatay yönde[12]

Kalıp ile katlama sistemlerine benzer olarak, tezgâh üstü katlama sistemlerinde, ürün genel olarak iki adımda katlanmaktadır. Her iki adım da bir sistem içerisine entegre edilmiştir. Daha karmaşık ürün geometrileri tezgâh üstü katlama sistemler ile katlanabilmektedir. Şekil 2.17.'de tezgâh üstü katlama yönleri çeşitleri

gösterilmektedir. Görüldüğü üzere ön katlamada dikey yönde, son katlamada yatay yönde bir hareket vardır.



Şekil 2.17. Solda ön katlama sağda son katlama olmak üzere hareket yönleri kalıp üzerine dikey yöndedir.

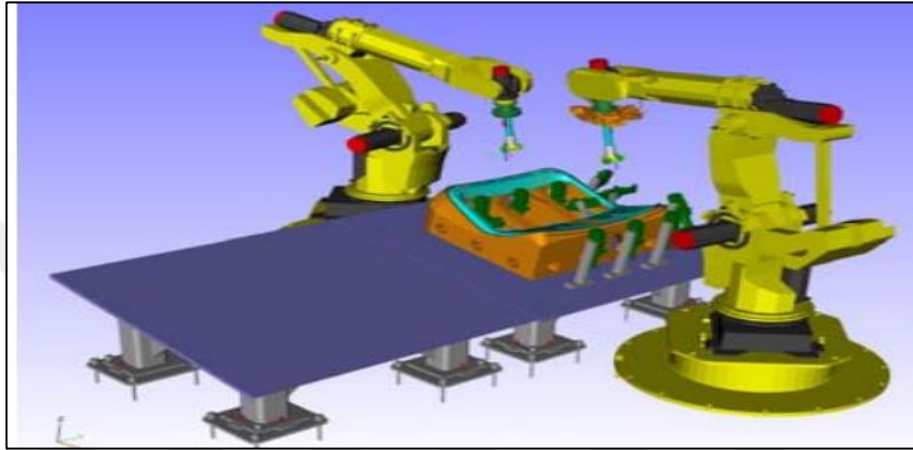
Tezgâh üstü katlama sistemleri yüksek hacimli üretimler için uygundur. Çevrim süreleri kalıp ile katlama sistemi ile benzerlik göstermektedir. Tezgah üstü katlama sistemini bir montaj hattına entegre etmek kolaydır. Bu kurulumun bir dezavantajı yüksek yatırım maliyetine sahip olmasıdır. Sistem çok pahalıdır çünkü tüm kurulum spesifik bir ürün için olmaktadır [12].

2.3.3. Robotik sac katlama yöntemi

Bu günlerde müşteri talepleri devamlı olarak salınımlar göstermekte, şirketler ayakta durmak ve pazar paylarını ellerinde tutmak için müşterilerin bu talepleri yönünde üretim işlemlerini değiştirmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Ayrıca bu değişikliklerin otomotiv endüstrisi için her bir yeni bir işlem olarak tanımlanmaktadır. Bu yüzden şirketler sürekli olarak üretim yöntemlerini yenilemek zorundadırlar. Ancak bu şekilde geliştirilmiş işlemler ile yeni ürünler üretebilme ve etkili bir şekilde bu pazar yarışında olabilirler. Araç gövde iç ve dış panellerinin birleştirilmesinde uygulanan kaynak işlemlerinin yerini alarak, sadece ürün kalitesinde değil ayrıca görünümde de kaliteli çıktılar verebilen, üretim işlemlerini arttıracak birçok yöntem vardır. Bu bakış açısı ile otomotiv endüstrisi montaj kapasitelerini arttıracak katlama işlemleri ortaya çıkmıştır. Bunlar kalıp ile katlama, tezgâh üstü katlama ve robotik sac katlama olarak adlandırılmaktadır.

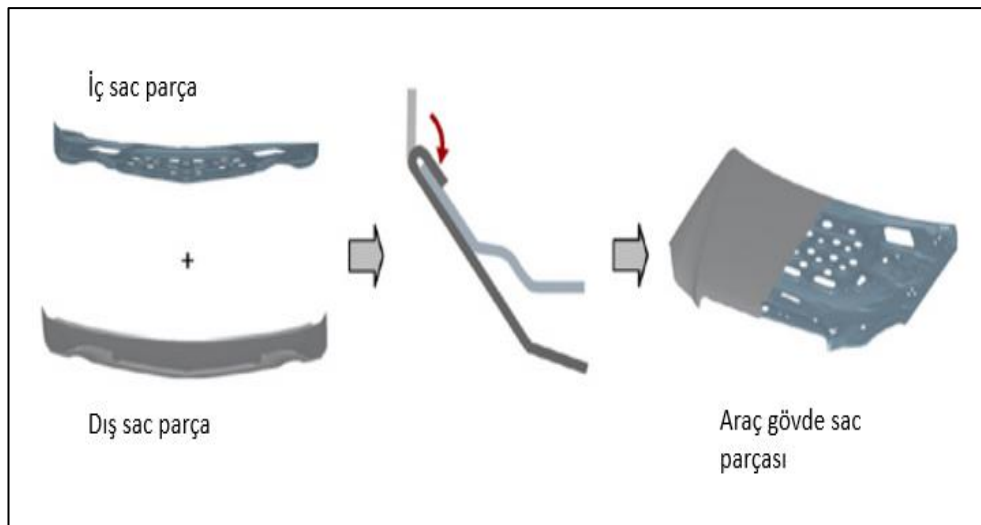
Kalıp ile katlama ve tezgâh üstü katlama işlemleri düşük çevrim zamanları ile yüksek hacimli üretimler için uygundur. Diğer taraftan bu iki işlem, ürünlere göre spesifik işlemlerdir. Yani bir üründen diğerine geçiş maliyetli ve uzun süre almaktadır. Bu yüzden daha esnek bir katlama yöntemi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu bakış açısı ile robotik sac katlama işlemi montaj işlemleri için iyi bir alternatif olmaktadır. Robotik

sac katlama yöntemi yüksek esneklik özelliğine rağmen geleneksel yöntemler olan kalıp ile katlama ve tezgâh üstü katlamaya göre yüksek bir çevrim zamanına sahiptir. Buna rağmen robotik sac katlama sistemi bu esnekliği ve işlemdeki hızlandırıcı iyileştirmeler ile bu alanda ihtiyaçları tatmin edici derecede karşılayabilmektedir. Bu iyileştirmeler görev dağılımı, hücre düzenlenmesi ve robot programlanması başlıkları altında ayarlanmaktadır. Şekil 2.18’de robotların koordinasyonlu bir şekilde çalışma hücresi gösterilmektedir [15 - 17].



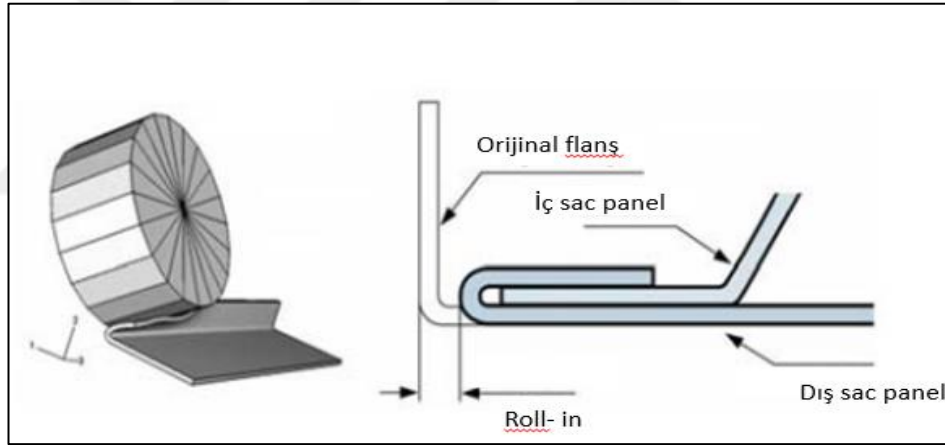
Şekil 2.18. Robotik sac katlama Robot koordinasyon çalışması [16]

Sac katlama işlemi otomotiv gövde saclarından dış sac parçanın iç sac parça üzerine kenetlenerek birleştirildiği bir işlemdir. Bu işlemin parça birleşim işlemi Şekil 2.19’da gösterilmektedir.



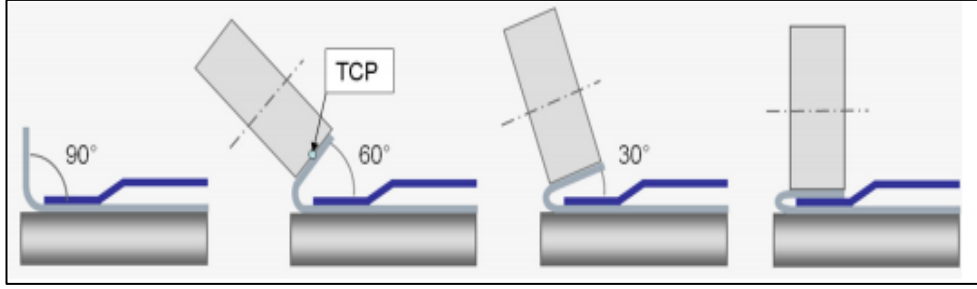
Şekil 2.19. Sac katlama işlemi ve parçaların birleşimi [13]

Robotik sac katlama, doksanlı yılların sonlarına doğru kullanılmaya başlanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, tavan, bagaj, çamurluk, kapı sacları gibi bölgelerin montajlarında geniş bir uygulama alanına sahiptir. Araç kapanır sacları , Panel, güçlendirici ve dış panel olmak üzere üç temel parçadan oluşmaktadır. Araç kapanır parçalarını üretimi üç adımda gerçekleştirilir. İlk adımda bu üç parça sırası ile yapıştırma, tıraşlanma ve bini oluşturma işlemlerinden geçirirler. Dış panel kenarının bini oluşturma işleminde, dış panel kenarı gövde paneline önemli miktarda dik olacak şekilde bükülerek bini formunu almaktadır. Ondan araç kapanır parçaları, punto kaynağı, perçinleme ya da perçinli çivileme gibi güçlendirici işlemler ile birleştirmenin yapıldığı alt montaj hattına taşınmaktadır. Son olarak tüm iç panel ,dış panel ile yapıştırıcı ve katlama işlemi uygulanarak birleştirilir. Robotik sac katlama işleminde robot, makara ile geometri yörüngesinde dış sacı iç sac üzerine bükerek katlamaktadır [13 - 19].



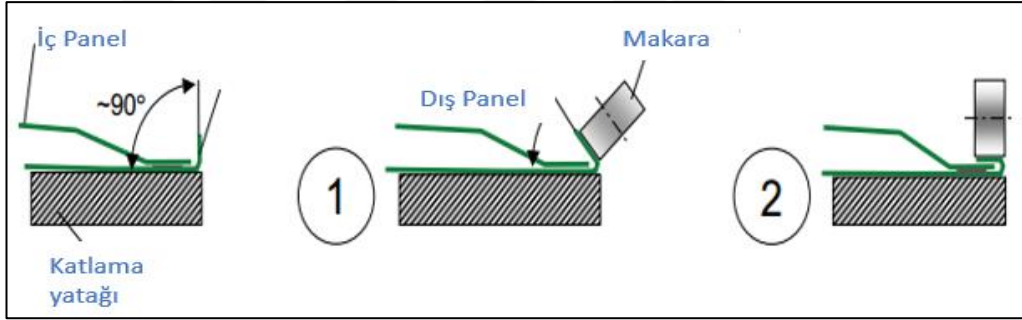
Şekil 2.20. Robotik sac katlama işlemi [15]

Robotik sac katlama işlemi genellikle makara oryantasyonu ve hedef merkez noktasına bağlı olarak üç adımda uygulanmaktadır. İlk iki adım ön katlama, son adım ise son katlama olarak adlandırılmaktadır. Robotik sac katlama işleminde bu üç adım için genellikle üç farklı makara kullanılmaktadır. Ön katlama adımlarında makaralar dış panel binisi önce 60 dereceye sonra 30 dereceye bükmekte, son katlamada ise makara dış panel binisini iç panel üzerine tamamen katlamaktadır. Bu adımlar Şekil 2.21’de gösterilmektedir. TCP, hedef merkez noktası olarak tanımlanmaktadır. [15 - 25]



Şekil 2.21. Üç adımda robotik sac katlama işlemi [14]

Yukarıda olduğu gibi robotik sac katlamanın üç adımda gerçekleştiği durumlarda çevrim süresi diğer geleneksel katlama işlemlerine göre daha fazla olmaktadır. Bu yüzden robotik sac katlama işlemi çevrim süresini azaltmak önemli bir ihtiyaçtır. Bu da ilk katlamada 45 dereceye yakın bir ön katlama gerçekleştirilerek uygulanabilmektedir. Şekil 2.22’de iki adımda robotik sac katlama uygulaması görülmektedir.



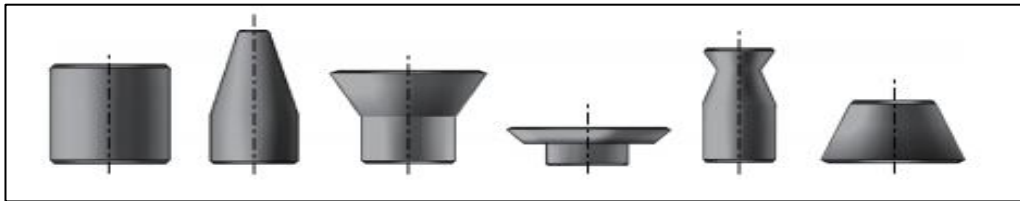
Şekil 2.22. İki adımda robotik sac katlama işlemi [12]

Şekil 2.23’de görüldüğü üzere robotik sac katlama işlemi tamamen farklı yönlerde hareket yönü kabiliyeti ile diğer yöntemlerden farklıdır. Robot uç işlevcisine yerleştirilen makara ile dış sac panel binisi üzerinde bir yörüngeyi takip etmektedir. Tüm aşamalar farklı açılara sahip makaralar ile katlanabileceği gibi sadece bir makara ile robot ucunun farklı oryantasyonu ile katlanabilmektedir. Bu çalışma şekil 2.23’de solda esnek bir robot hücresinde üç farklı parçanın katlama işlemi şeklinde gösterilmektedir. Ayrıca birden fazla robot ile robotik sac katlama işlemi hızlandırabilmektedir. Şekil 2.23’de sağda, bir parçanın farklı tarafları iki farklı robot ile katlanmaktadır [12].



Şekil 2.23. Solda: üç farklı parça (tavan ve kapılar) aynı robot ile katlanmakta, sağda: İki robot bir parçanın farklı taraflarında çalışmakta [12]

Düz geometriye sahip sistemlerde robotik sac katlama hızı 500 mm/s civarında olmaktadır. Farklı geometrilerde katlama işlem hızı geometriye bağlı olarak değişmektedir. Aynı şekilde katlanacak sac geometrisine göre kullanılacak olan makara geometrisi ve çapı da değişiklik göstermektedir. Şekil 2.24.'de ABB firmasına ait makaralar görülmektedir. Robotik sac katlama işlemi temel avantajı her bir ürün için düşük yatırım maliyeti ve yeni robotik sac katlama ekipmanı tasarım ve üretim zamanının yönetilebilinmesidir. Kalıp ile katlama ve tezgah üstü katlama işlemlerine göre daha yavaş olması robotik sac katlama işlemini düşük ve orta hacimli üretimler ile sınırlamaktadır. Robotik sac katlamadaki yeni gelişmeler, daha çok çevrim süresini azaltarak yüksek hacimli üretimlerde kullanılmaya daha elverişli hale getirmek üzerine odaklanmaktadır. İki adımda katlama ve daha yüksek hızda katlama bu günlerdeki üzerinde çalışılan gelişmelerdir. Farklı işlem çeşitleri katlama işlem ürünü üzerinde kalite ve boyut bakımından farklı etkilere sahiptir. Bir sonraki bölümde katlama işlemi boyutsal ve yüzeysel kalitesi üzerinde durulacaktır.



Şekil 2.24. ABB firmasına ait farklı geometride makaralar [18]

2.4. Katlama Kalitesi

Katlama temel olarak araç gövde saclarının birleştirilmesinde kullanılmaktadır. Bu yüzden araçların dış görünüşleri katlama işlemi çıktılarından etkilenmektedir. Yani katlama işlem kalitesi araç görünümünde çok önemlidir. Bu yüzden son işlemi etkileyen faktörlerin tanımlanması ve son geometrinin ve yüzey kalitesinin tahmin edilebilmesi önemlidir. Aşağıda kalite bölgeleri verilmiştir. Bunlar boyutsal ve yüzey kalitesi olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.4.1. Boyutsal kalite

Boyutsal kalite temel olarak boşluk ve panellerin aynı hizada olması olarak iki başlıkta incelenmektedir. Bu terimler katlama işlemi için çok önemlidir. Bu terimler boyutsal kalitenin değerlendirilmesinde gözlemlenmektedir.

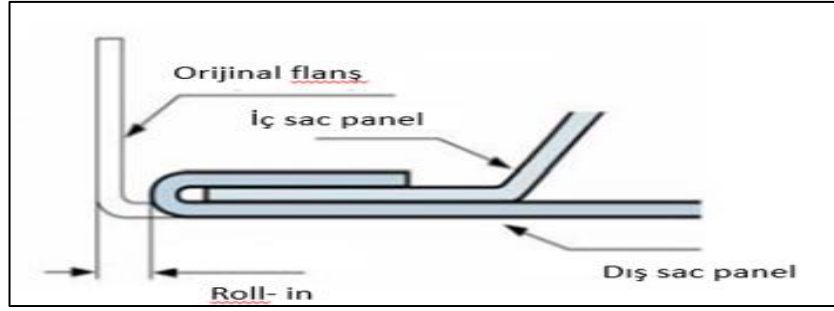
2.4.1.1. Boşluk

Araç gövde kapanır parçaları, düzgün bir şekilde açılabilir ve kapanabilir olması gerektiği gerçeğinden dolayı boşluklar oluşturmaktadırlar. Şekil 2.25'te panel boşlukları ile ilgili örnekler yer almaktadır.



Şekil 2.25. Saclar arası boşluk [12]

Otomotiv endüstrisindeki genel amaç gövde parçaları arasındaki bu boşlukları azaltmaktır. Bu yüzden katlama işleminde Şekil 2.26.'da gösterilen katlamanın içe kayması (roll-in) hatasının kontrol ve tespiti çok önemlidir. Katlama öncesi bu kaymayı hata kontrol edici çalışmalar gereklidir. Katlamanın kayması olarak tanımlanan bu hata orijinal panel binisi ve katlama dış yarıçapı arasındaki uzaklıktır [12].

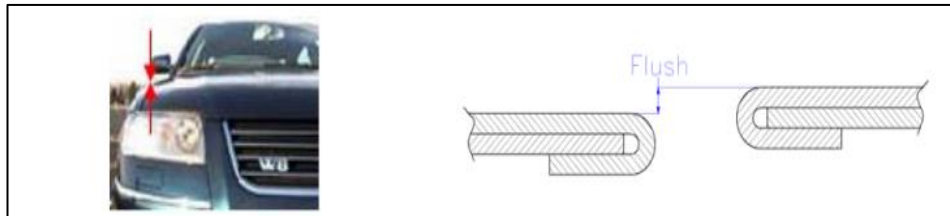


Şekil 2.26. Katlamanın kayması

Köşelerde ve eğri bölgelerde katlama kayması düz bölgelerden farklı olabilir. Keskin köşelerde panel boyutunun artması (roll-out) bile söz konusu olabilir. Bu yüzden ürün üzerinde her yerde katlama kayması aynı olmamaktadır. Şekil 2.25'te sağda farklı geometrilerde birleştirilmiş farklı katlama kayması etkilerinin olduğu arka kapı görülmektedir. Bu paneller arası boşlukların kalite açısından eşit olarak dağılması gerekmektedir. Yani Şekil 2.25'te kırmızı ile gösterilen boşluklar mavi ile gösterilenlere eşit olmalıdır. Bu yüzden katlama kaymasının arkasındaki mekanizmanın kontrolü çok önemlidir. Katlama aparatları ve uygulanan katlama metodu katlama kaymasının boyutlarını belirlemektedir. Tezgah üstü katlama sistemlerinde genellikle toplamda 0,6 ~ 0,8 mm arasında bir katlama kayması meydana gelmektedir. Genelde katlama sistemlerinde ise 0,0 ~ 0,2 mm civarındadır. Bu kaymalar çoğunlukla işlemin farklı yöndeki uygulamalarından kaynaklanmaktadır.

2.4.1.2. Hizalama

Şekil 2.27'de görülen iki komşu panel arasındaki boşluk doğru olmalıdır.



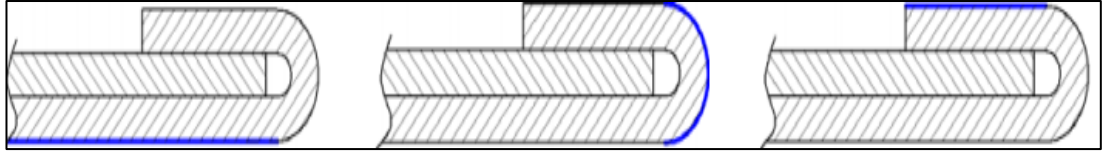
Şekil 2.27. Kaput ve ön çamurluk hizalaması[12]

Hatalı bir boşluk araç görünümünü mahveder ve akustik problemlere yol açar. Buna kapı yüzeyinin ön tarafının ön çamurluk yüzeyinin dışına konumlandırılmaması durumu örnek verilebilir. Yanlış bir hizalama durumundaki etki yanlış şekilde montajlamaya sebep olmaktadır. Bu etki katlama tekniği ve katlama parametreler

nedeni ile ortaya çıkabilmektedir. Bu yüzden bu kriterler dikkate alınarak uygun katlama tekniği ile katlama parametreleri dikkate alınarak çalışılmalıdır. Robotik sac katlama parametreleri ilerleyen bölümlerde açıklanmaktadır.

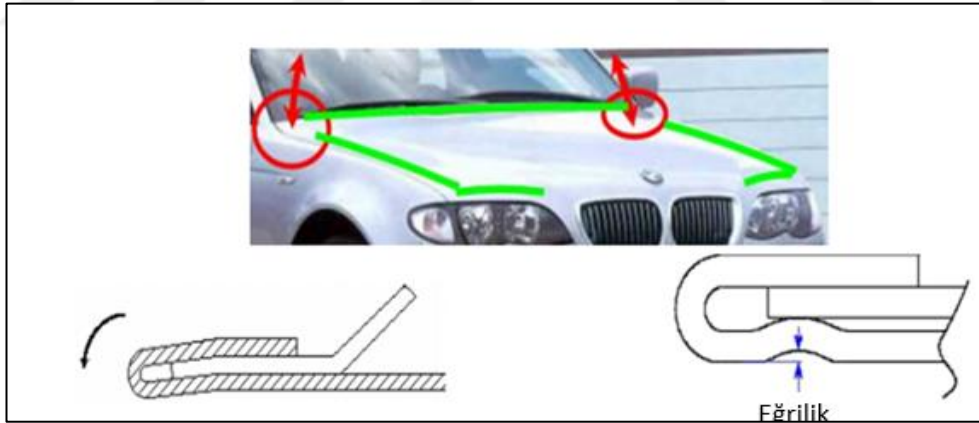
2.4.2. Yüzey kalitesi

Şekil 2.28’de katlanmış ürünün yüzey kalitesi ile ilgili üç temel bölge gösterilmektedir.



Şekil 2.28. Yüzey bölgeleri. Önem sırasına göre soldan sağa: Dış yüzey, dış yarıçap ve iç yüzey

Dış yüzey ve iç yüzey bölgelerinde dalgalanma veya eğrilik görülebilmektedir. Bu hatalar ürün kenar bölgesi boyunca meydana gelmektedir. Şekil 2.29’da yeşil bölgeler bunları göstermektedir. Ayrıca dış yarıçap bölgelerinde çatlak ve kırıklar meydana gelebilmektedir [12].



Şekil 2.29. Panel geri çekilmesi solda; Eğrilik sağda [12]

Ürün köşe bölgelerinde bazı diğer hatalarda meydana gelebilmektedir. Bu hatalar Şekil 2.29’da kırmızı ile daireye alınmış bölgelerde sık sık kaput köşelerinde meydana gelen geri çekme ya da kayma olarak bilinen kenara yakın panelin eğriliğini içermektedir. Köşeler aracın geri kalan gövdesi ile aynı hizada değildir. Bu hatların bazıları katlamadan hemen sonra direkt olarak tespit edilemese de ilk boyamadan sonra görünür hale gelmektedir.

Bazı katlama hataları boyutsal ve yüzeysel kalite problemleri birleşiminden ortaya çıkabilmektedir. Panelin geri kayması, dış yüzey hatası ayrıca boyutsal boşluk hatasına sebep olmaktadır. Bunlar sebepler araç gövdesi yüzey kalitesi ve görünüm estetiği açısından problemlere sebep olmaktadır. Bu yüzden katlama prosesi sonuçları kaliteli çıktı almak açısından dikkatler uygulanması gereken bir işlemdir.

2.5. Robotik Sac katlama İşlemine Etki Eden Parametreler

- Malzeme cinsi
- Malzeme kalınlığı
- Makara şekli ve boyutları
- Makara dönüş tipi (serbest/tahrikli)
- Bini yüksekliği
- Makara Yüzeysel-Kenet Alt Kalıbı Kenarı mesafesi (“TCP-RTP :Tool Center Point – Robot Target Point distance”)
- Makara – Bini dibi mesafesi
- Parça-Kenet Alt Kalıp Taşma mesafesi (“Product/Hem Bed overhang”)
- Geçiş sayısı
- Parça üzerinde bölgesel geçiş tekrarı
- Her geçiş için bükme açısı
- Geri yaylanma (“springback”)
- Makara doğrusal hızı
- Makara dönme hızı
- Konik makara yüzeyindeki çizgisel hız farkı

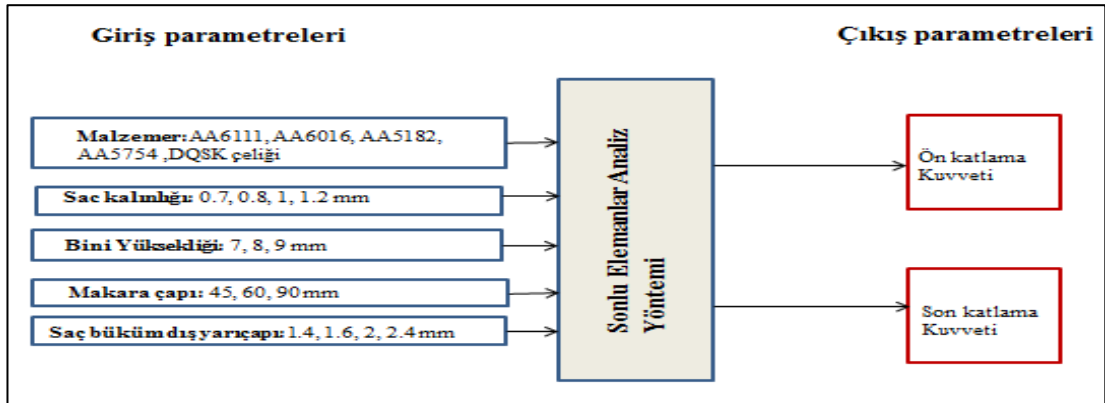
Bu parametreler sac katlama işlemi için büyük önem taşımaktadır [22 - 27].Her birinin işlem üzerinde farklı etkileri olmaktadır. Bu yüzden bu işlem üzerindeki çalışmalarda bu parametreler dikkate alınarak çalışılmaktadır. Bu parametreler göz önünde bulundurularak bu kritik etkiler nedeni ile robotik sac katlama gerçek çalışmasından önce sonlu elamanlar analizi ile sac katlama işlemi sonucunda uygulanan çalışmaya karşı malzemenin verdiği tepkiler ve işlem esnasında katlamanın gerçekleşmesi için gerekli uygun kuvvet değerleri elde edilebilmektedir. Bir sonraki bölümde robotik sac katlama işleminin gerçeğe uygun tasarlanarak LS-Dyna DynaForm[11] programı ile analizinin gerçekleştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar anlatılacaktır.

2.6. Robotik Sac Katlama İşleminin Katı Modelinin Hazırlanması ve Sonlu Elemanlar Yöntemi Analiz Modellenmesi

YSA yöntemi ile robotik sac katlama işlemi kuvvet değerleri elde edilmesi çalışması öncesinde sonlu elemanlar yöntemi modellenip analiz edilerek sacın işlem sırasındaki deformasyonu ve uygulanan kuvvet değerleri tespit edilecektir. Sonlu elemanlar yöntemi öncesinde ise işleme sokulacak modelin katı modelin tasarımı gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

2.7. Robotik Sac Katlama İşleminin NX Programında Katı Modelinin Oluşturulması

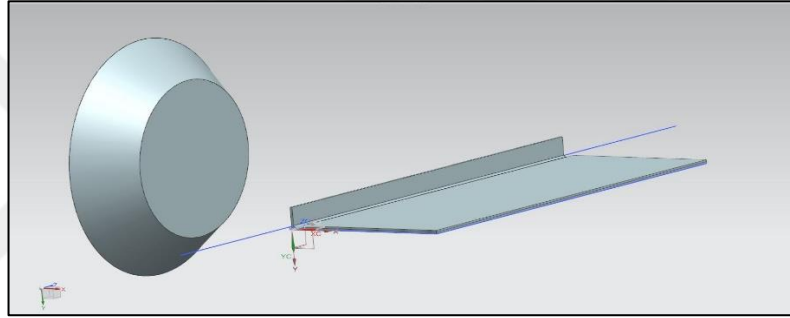
Bu çalışmada robotik sac katlama yönteminin düz geometrili saclar için uygulanan çalışmaları üzerine durulmaktadır. Bu bağlamda robotik sac katlama parametreleri göz önünde bulundurularak işlemin katı model çalışması NX [28] programında tasarlanıp iges uzantılı olarak oluşturulmuştur. Çalışmalarımızda dikkate alınan parametreler Şekil 2.30'da verilmektedir. Ayrıca işlemin katı modelinin gösterimi Şekil 2.31.'de verilmiştir.



Şekil 2.30 Sonlu elemanlar analizi robotik sac katlama tasarım modelleme giriş ve çıkış parametreleri

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere çalışmalarımızda öncelikle literatür taramasında edilen bilgiler ışığında çalışmalar yapılmıştır. Daha sonra ideal olan parametreler dikkate alınarak çalışmalara devam edilmiştir. Görüldüğü gibi çalışmalarımızda malzeme olarak AA6111, AA6016, AA5182, AA5754 alüminyum alaşımları ve galvaniz kaplı, soğuk haddelenmiş DQSK çeliği kullanılmıştır. Bu malzemelere ait mekanik özellikler Tablo 1.1, 1.2 ve 1.3'te verilmiştir. Kalınlık olarak alüminyum alaşımları için 0,8, 1,

1,2 mm, çelik için ise 0,7 ve 0,8 mm ölçülerinde tasarımlar ile çalışılmıştır. Her iki malzeme çeşidi için de bini yüksekliği 7, 8, 9 mm, makara çapları ise 45, 60 ve 90 mm değerleri ile çalışılmıştır. Büküm dış yarı çapı sac kalınlığı ile paralel olarak 0,7 için 1,4, 0,8 için 1,6, 1 için 2, 1,2 için ise 2,4 mm olarak alınmıştır. TCP-RTP (Makara Yüzeyi-Kenet Alt Kalıbı Kenarı mesafesi) mesafesi makara temas yüzeyi merkez noktası ile kuvvetin uygulanacağı hedef noktası merkezi arasındaki dik mesafedir. Bu mesafesi için görüldüğü gibi 0,5, 1, 1,5 mm değerlerinde çalışmalar yapılmıştır fakat en mantıklı kuvvet değerleri 1 mm için çıkmıştır. Bu nedenle analiz çalışmalarımız 1 mm değeri baz alınarak ilerlemiştir. Bu mesafe farklı geometrilerde 0,5 ile 1,5 mm arasında değişebilmektedir. Bu mesafenin azalması ile uygulanan kuvvet değerlerinin arttığı görülmüştür.



Şekil 2.31. Robotik sac katlama işlemi CAD modeli

2.8. Robotik Sac Katlama İşleminin Sonlu Elemanlar Analizi İçin Modellenmesi

Robotik sac katlama işlemi ikinci bölümde açıklandığı gibi birçok parametreye sahiptir. Bu parametrelerin uygun şekilde kullanılarak iyileştirilmesi işlem kalitesi açısından önemlidir. Sonlu elemanlar analizi robotik sac katlama işlemi gerçek uygulaması öncesinde hataların en aza indirilmesi dolayısı maliyetin azaltılması ve en uygun katlama parametrelerinin belirlenebilmesi ihtiyacı nedeni ile önemli bir çalışmadır. Bu çalışma sayesinde en uygun katlama girdileri belirlenerek en kaliteli katlamalar elde edilebilmektedir. Bu bağlamda tasarımı oluşturulan robotik sac katlama sistemi DynaForm analiz programında sonlu elemanlar analiz yöntemi uygulanarak parametreler ışığında uygun veriler elde edilecektir. Bu analiz çalışma süreleri çok uzun süreler alabilmektedir. Bu süreler analiz edilecek parçaların boyutlarına ve geometrilerine göre değişmektedir. Biz bu çalışmamızda eni 50 mm,

boyu 150 mm olan düz sac modelleri üzerinde analizler gerçekleştirdik. Bu çalışmalarda 48 GB Ram, 2,52 GHZ özelliklere sahip HP Z620 masaüstü Workstation bilgisayar ile bir analiz ortalama 10 saat süreler almıştır. Dolayısı ile analiz süreleri etkileyen bir diğer etken de bilgisayar özellikleridir.

İşlemin DynaForm analiz programında modellenmesi ve analiz adımları aşağıdaki gibidir.

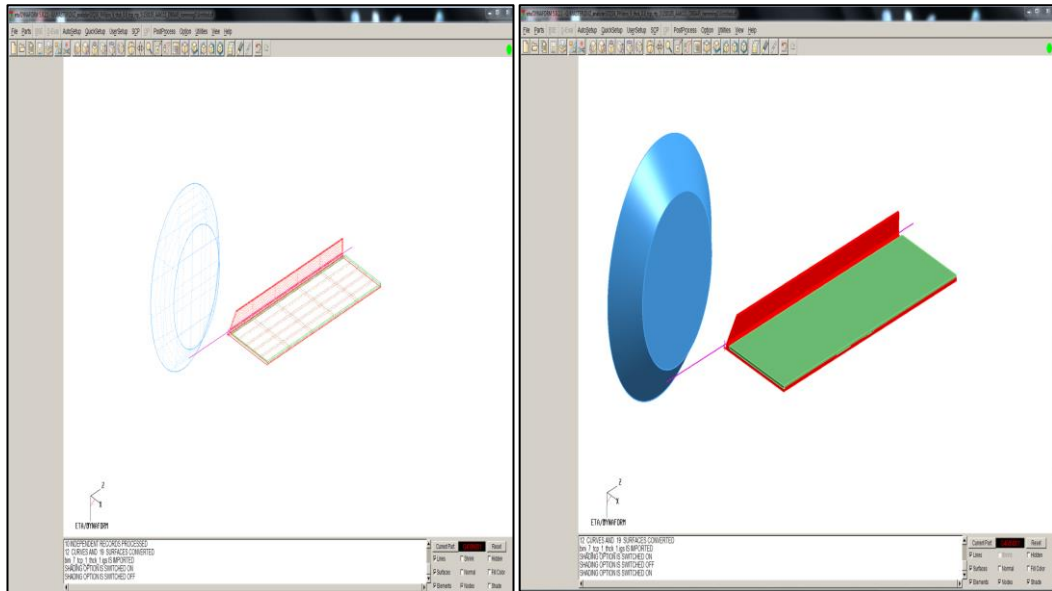
2.8.1. Dyna form programı LS dyna explicit analiz çözüm yöntemi

Dyna form analiz programı LS dyna analiz programı çözücülerini kullanmaktadır. Ls dyna programı katlama işlemini explicit analiz yöntemi ile gerçekleştirmektedir. Explicit yöntem ile ilgili detaylı anlatım Ek B’de verilmiştir.

2.8.1.1. Dyna form programı robotik sac katlama adımları

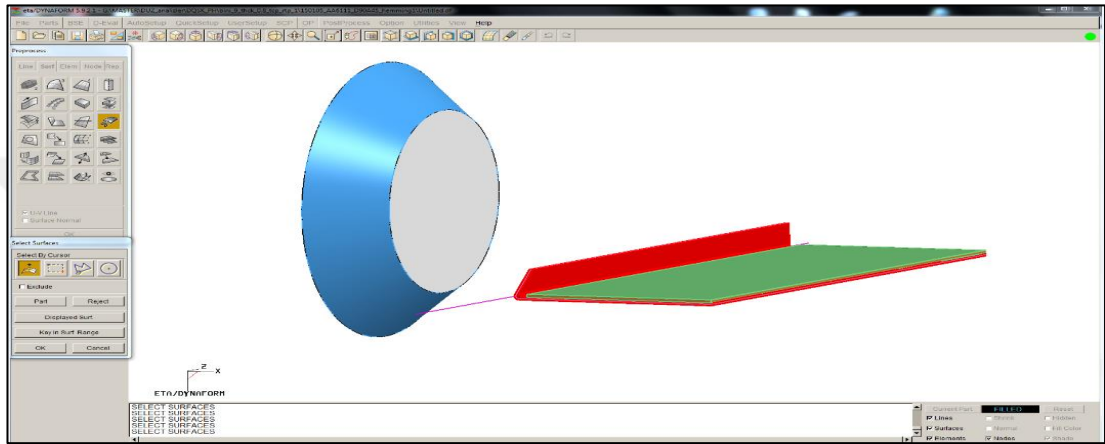
Bu çalışmalar ön katlama ve ön katlama sonucunda elde edilen datalar ile son katlama çalışmaları olarak iki adımda gerçekleştirilmiştir.

Ön katlama çalışmaları kapsamında ilk olarak NX programında iges formatında kaydedilen datanın dyna form programına import edilmesi gerçekleştirilir.

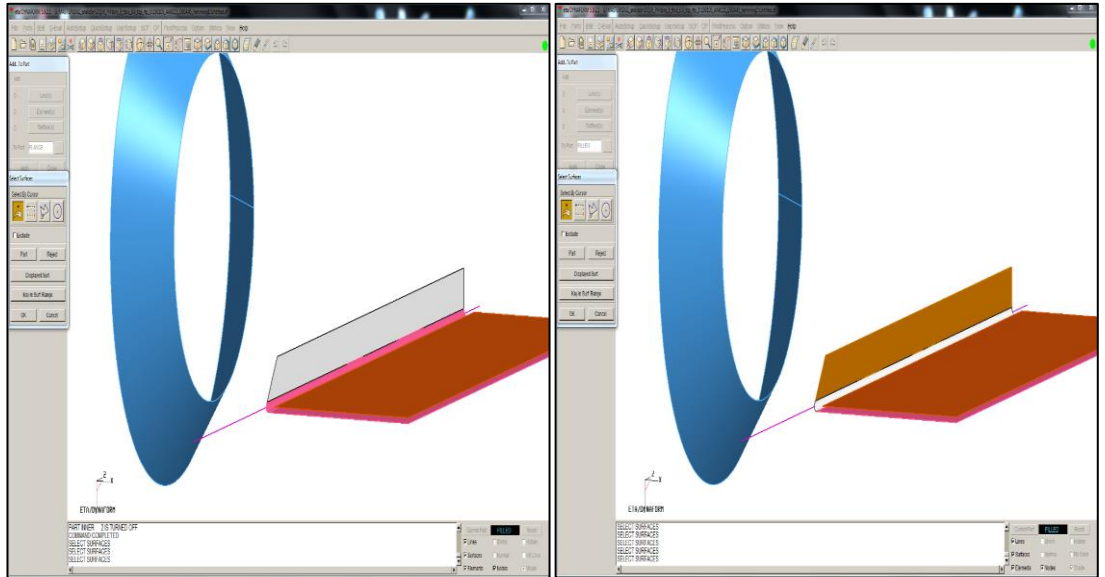


Şekil 2.32. Analiz verisinin Dyna form programına aktarılması

Dyna form programına alınan verinin her bir elemanı makara, makara yörüngesi, iç sac, dış sac olarak adlandırılır. Bu adımdan sonra işlem için gerekli olmayan yüzeyler temizlenir. Bu çalışmada gereksiz olarak belirlenen yüzeyler makara üzerinde bulunmaktadır. Bu çalışma Şekil 2.33’de görülmektedir. Daha sonra iç ve dış sac parçalarına orta düzlem atanır. Katlama işlemi bu orta düzlem üzerinde gerçekleştirilecektir. Orta düzlemi oluşturulan dış sac bini bölgesi ve büküm bölgesi aşağıda görüldüğü gibi dış sac orta düzlemi üzerinde seçilir.



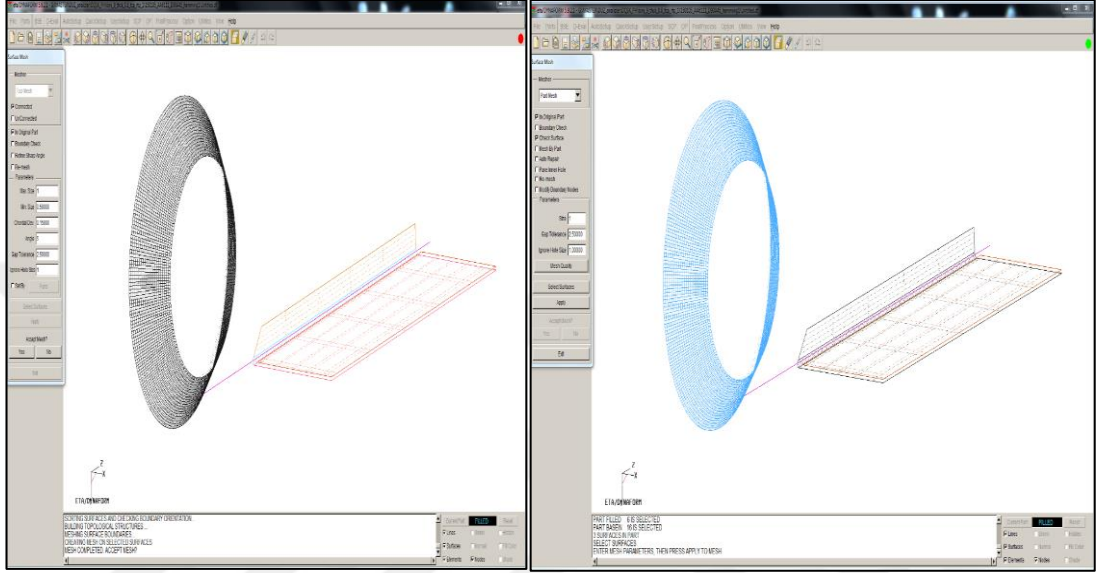
Şekil 2.33. Makara üzerindeki gereksiz yüzeylerin temizlenmesi



Şekil 2.34. Dış sac orta düzleminde bini (solda) ve büküm bölgesi (sağda) seçimi

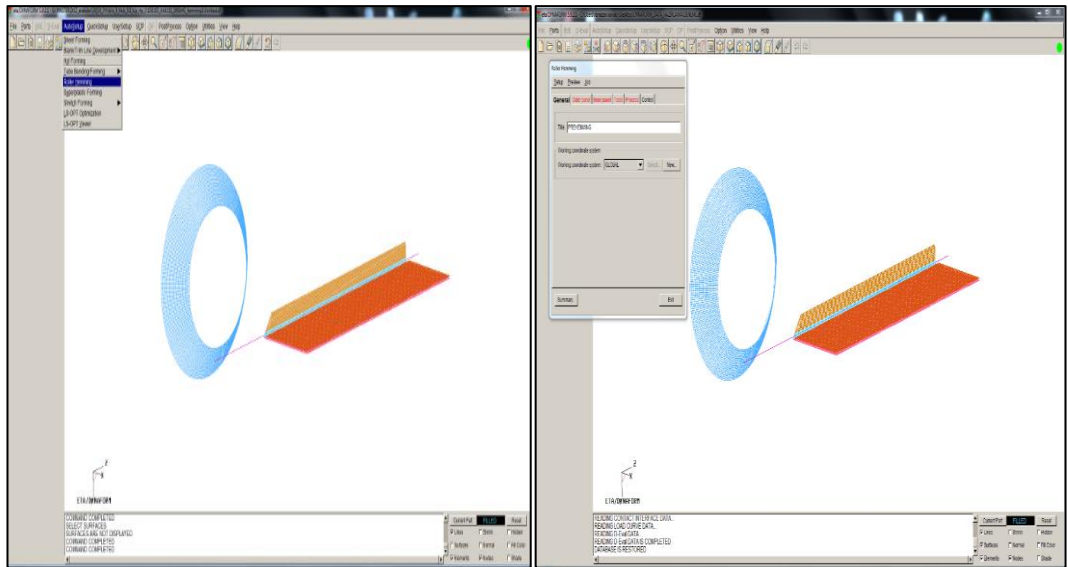
Bu adımdan sonra aparat ve parçaların mesh işlemine geçilir. Mesh işlemi analizin doğruluğu açısından önemli bir adımdır. Mesh eleman boyutları analiz yapılacak aparat veya parçanın ölçüleri ile orantılı olarak uygun bir geometride olmalıdır. Biz burada

makara aparatımız için 1 mm, parçalarımızda ise kuvvete maruz kalacak olan bini ve büküm bölgelerinde 0,6 mm, iç sac ve dış sac base bölgesinde ise 1 mm boyutlarında elamanların uygunluğunu tespit ederek çalışmalarımızı gerçekleştirdik. Kuvvete maruz kalan bölgelerde daha küçük boyutlu eleman kullanılması analizin çözüm doğruluğunu artırmaktadır.



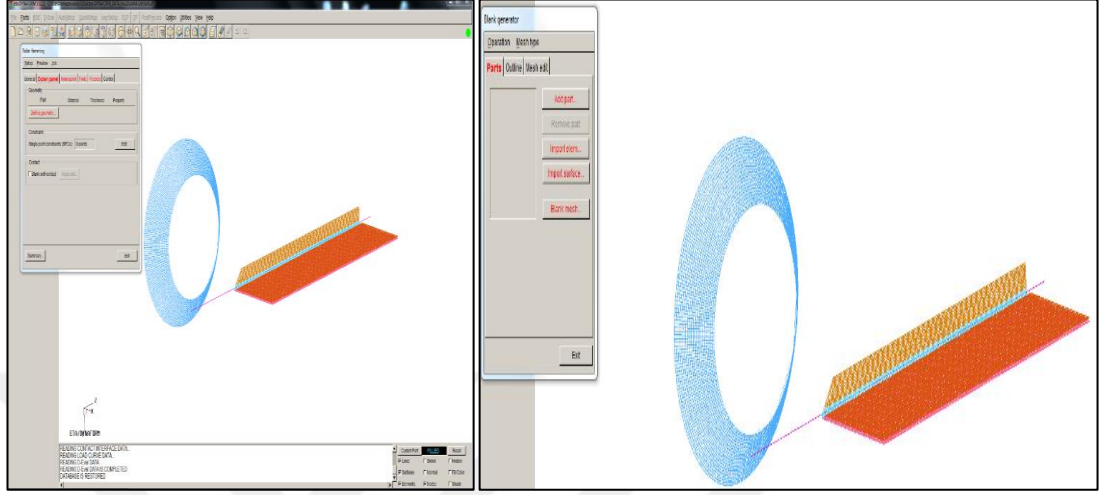
Şekil 2.35. Aparat mesh çalışması(solda), parça mesh çalışması (sağda)

Data analiz ön hazırlıkları tamamlandıktan sonra programda autsetup bölmesinden robotik sac katlama penceresi açılır.(Şekil 2.36). Burada ilk olarak işlemi ismi girilerek adımlara devam edilir.

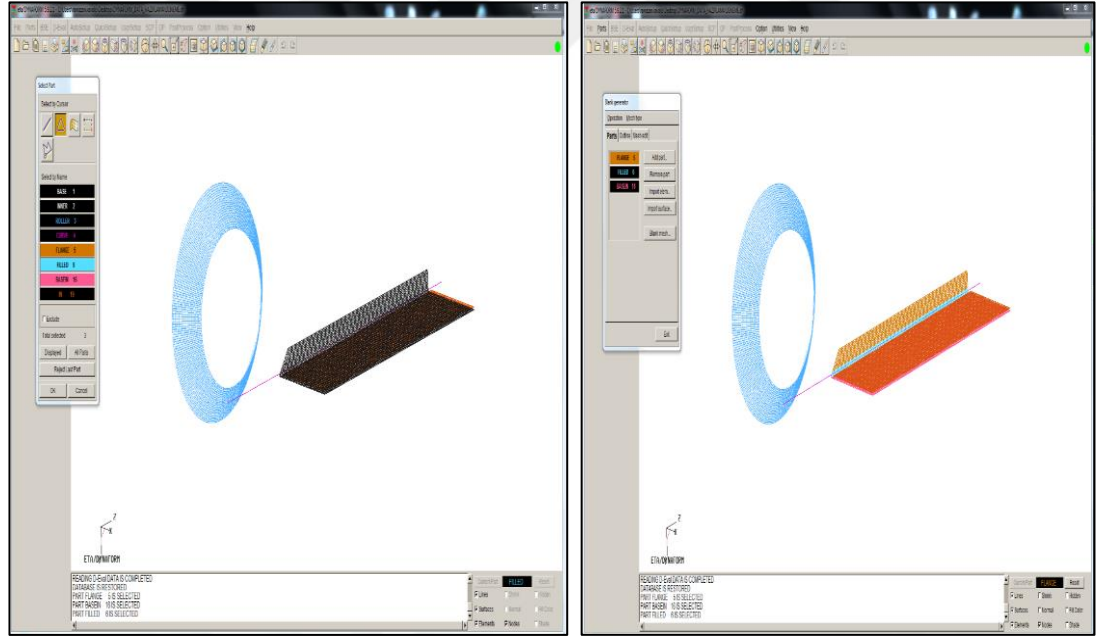


Şekil 2.36. Program robotik sac katlama işlem penceresi

Bu penceredeki ilk çalışma dış sac orta düzlemi elemanlarının tanımlanmasıdır. İlk olarak bu parçalar seçilir. Şekil 2.37 ve 2.38’de bu işlemler yer almaktadır. “Addpart” ile bu parçaların ekleme işlemi teker teker seçilerek yapılır.

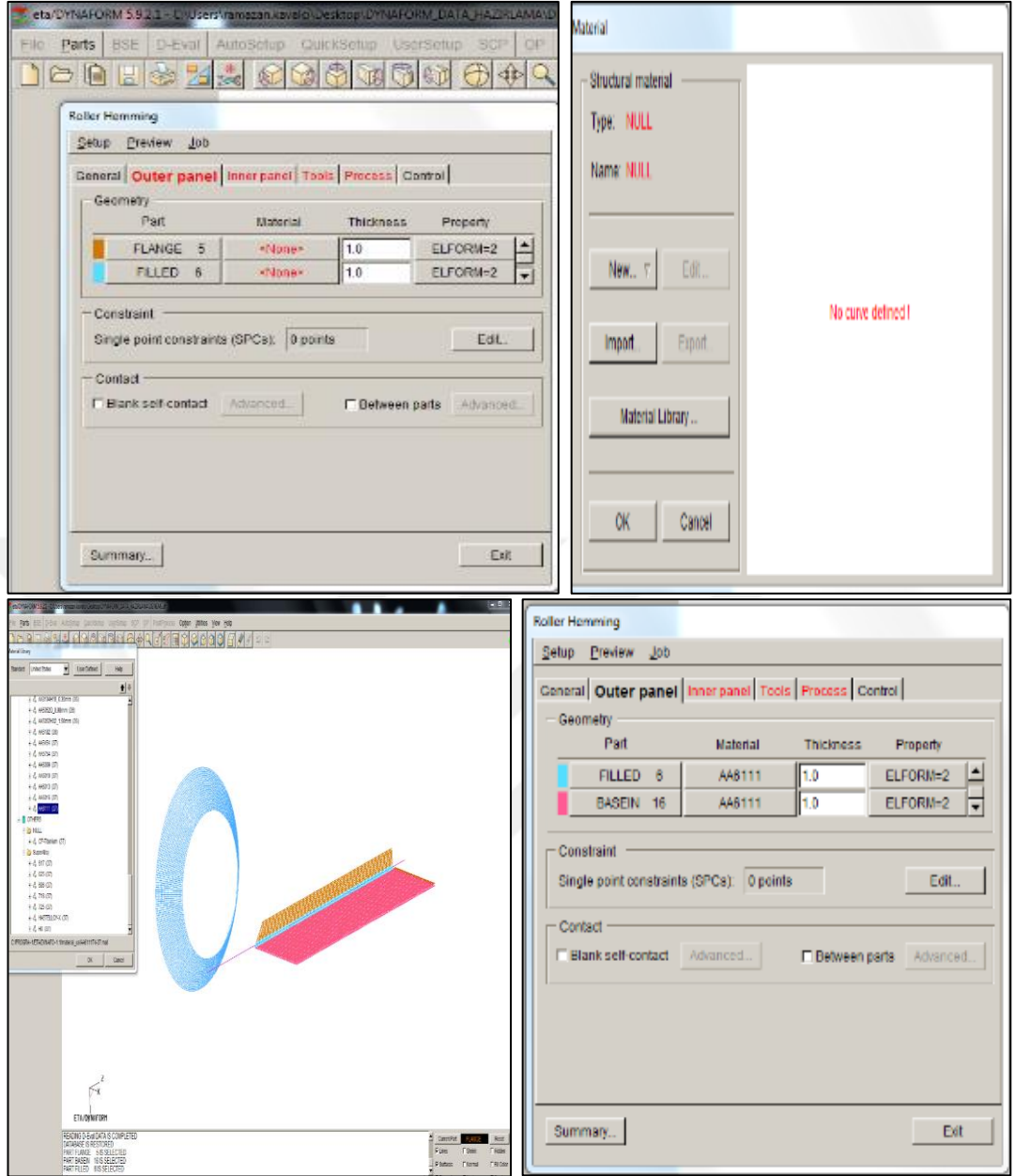


Şekil 2.37. Solda dış sac orta düzlem elemanları dış sac geometrisinin tanımlanması, sağda elemanların dış geometriye eklenmesi işlemi



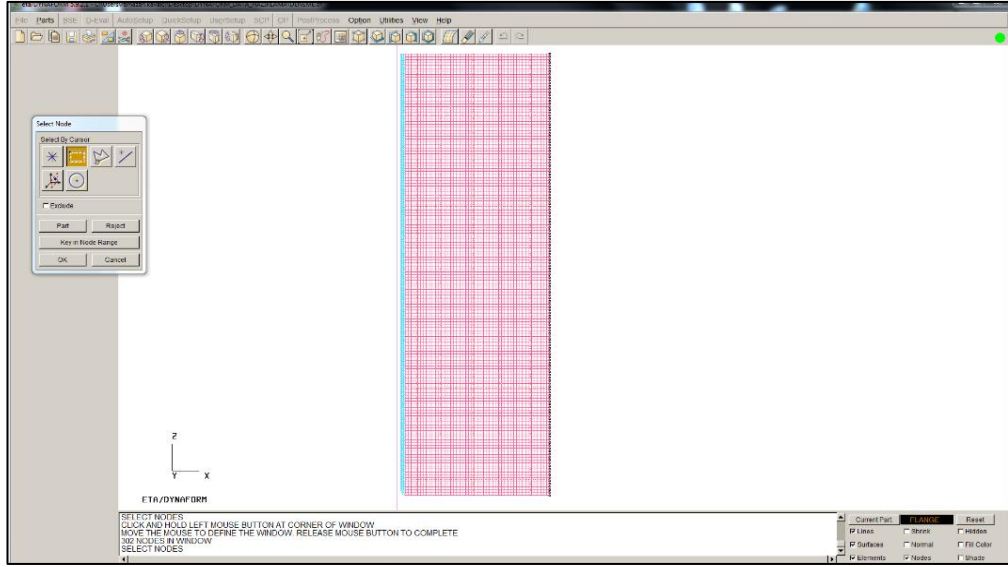
Şekil 2.38. Dış sac geomtrisi elemanlarının eklenmesi

Dış sac orta düzlemi için tanımlanan elemanlar için bu adımlardan sonra kalınlık verilmesi, malzeme atanması işlemleri gerçekleştirilir. Bu çalışmalar Şekil 2.39’da verilmiştir.



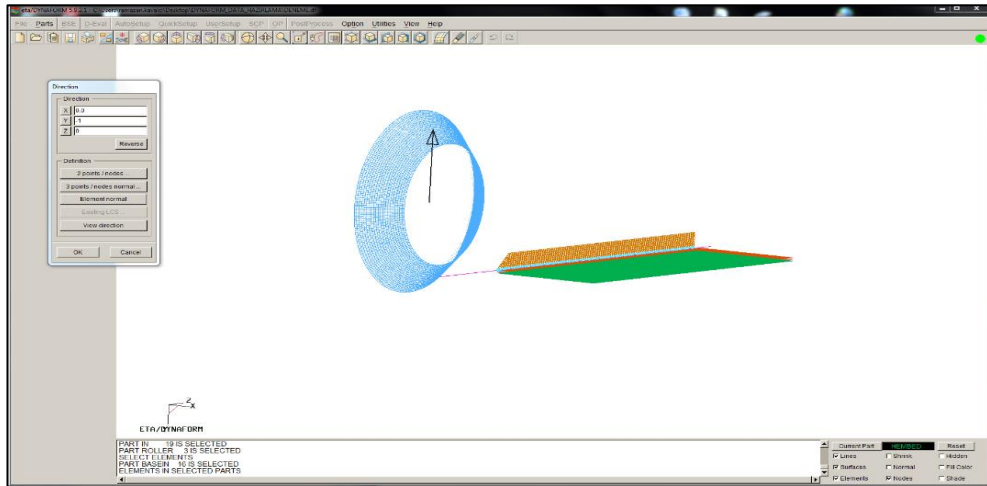
Şekil 2.39. Dış sac kalınlık değeri girilmesi ve elemanlara malzeme atanması

Parçalara malzeme atanması adımından sonra parçanın katlama hareket yönüne göre hareket etmemesi gereken yönler göz önüne alınarak dış sacın sabitlenmesi gerekmektedir. Bu adım Şekil 2.40'ta görüldüğü gibi gerçekleştirilir. Siyah kareler ile görülen bölge sabitlenmiş kenarı göstermektedir.



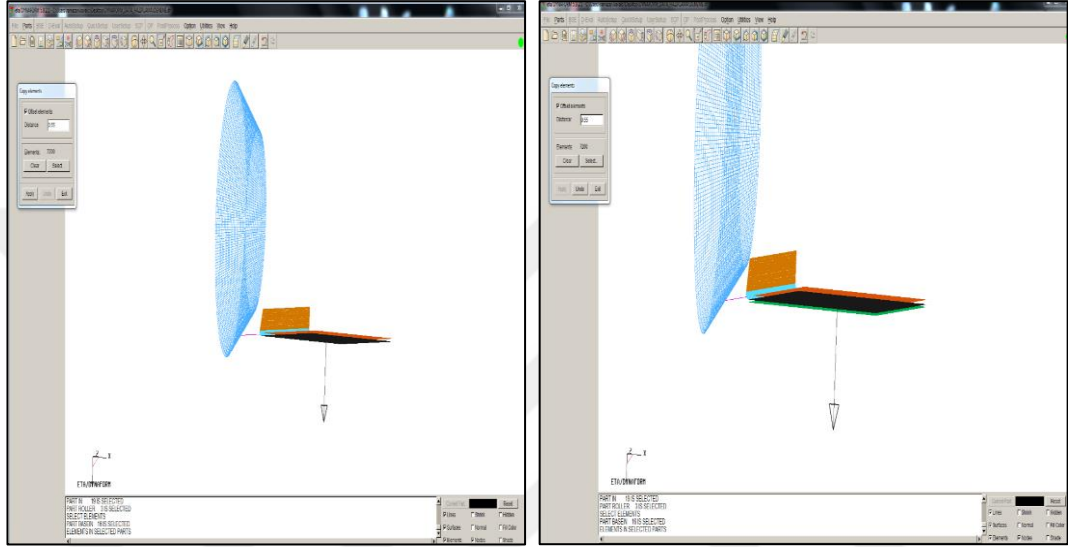
Şekil 2.40. Dış sacın sabitleilmesi

Bu adım sonrasında iç panel ve makara tanımlama işlemi ile katlama yatağı oluşturma çalışması yapılır. Çalışmalarımızda iç panel rijit bir parça olarak alınmıştır. Bunun nedeni iç sacın işlem sırasında fazla bir deformasyona maruz kalmaması ve dikkate alındığı zaman analiz süresinde uzamalara neden olmasıdır. Yani iç sacın dikkate alınması durumunda analize biraz daha iş yükü gelecek ve süre uzayacaktır. Bu nedenle iç sac deformasyonu ihmal edilmiştir. İç sacın rijit olarak çalışmasından sonra bükme aparatımız olan makaranın işlem için seçimi yapılır. Bu işlemin yanında “tool” sekmesi altında makara hareketine göre kuvvet uygulama yönü de kontrol edilmelidir. Makara kuvvet uygulama yönü seçim işlemi Şekil 2.41’de görülmektedir.



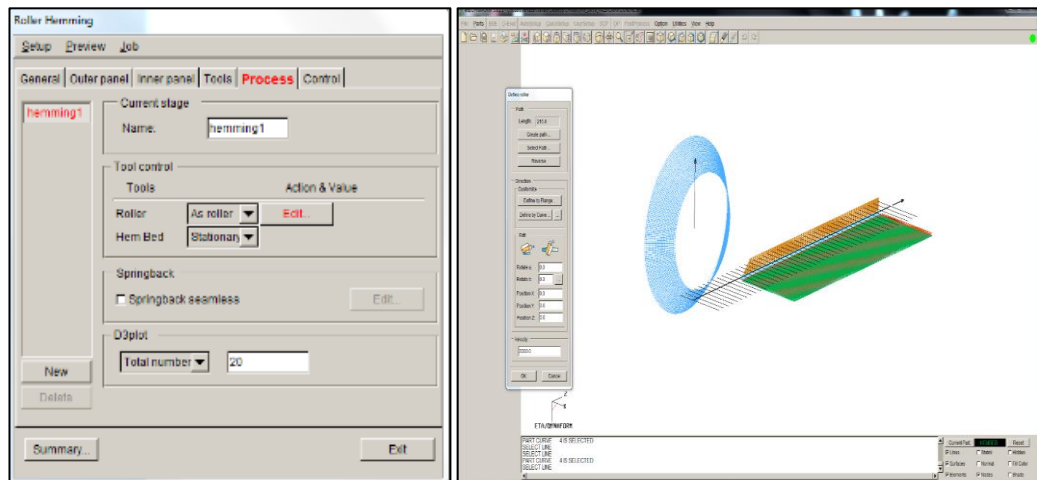
Şekil 2.41. Makara kuvvet uygulama yönü

Makara işlemi sonrasında ise katlama yatağının oluşturulması işlemi gerçekleştirilir. Katlama yatağı dış sacın altında, adından da anlaşılacağı gibi katlama esnasında saclara alt destek sağlayan aparattır. Bu aparat, analiz hazırlama sürecinde, program özellikleri ile dış sac taban bölgesi boyutlarındaki bir parçanın sac kalınlığının yarısı ölçülerdeki bir mesafe aşağıya doğru ötelenmesi ile oluşturulur. Bu çalışma Şekil 2.42’de verilmiştir. Sağdaki yeşil parça katlama yatağını ifade etmektedir.



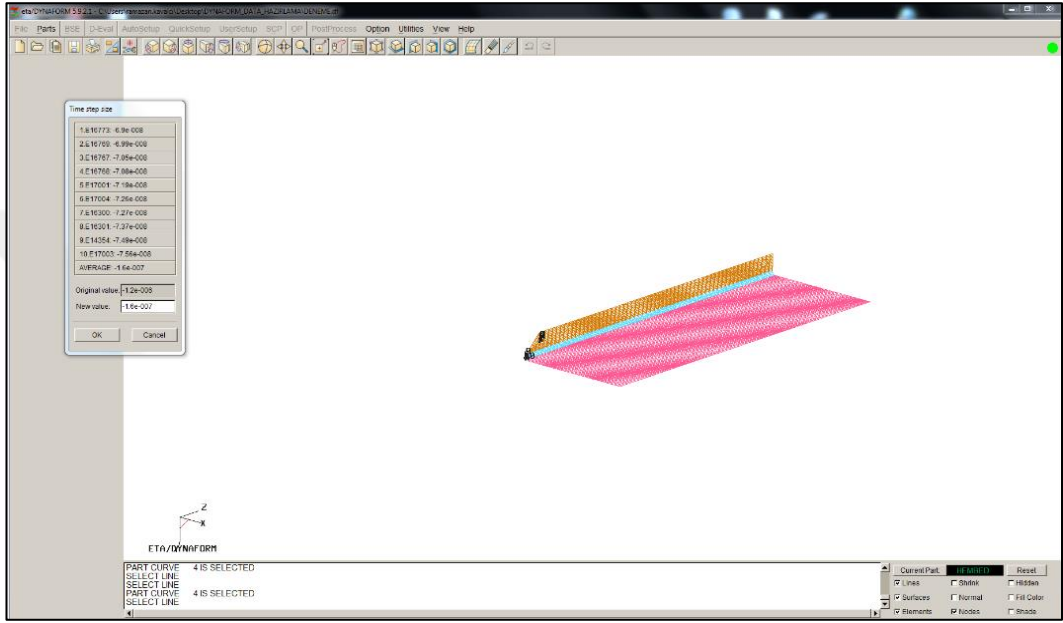
Şekil 2.42. Katlama yatağı oluşturulması

Katlama yatağı oluşturulması sonrasında makaranın hareket yörüngesinin belirlendiği işlem adımına geçilir. Burada katı modelde oluşturulan bir hat seçilerek makaranın sacı katlayacağı yörünge ve yönü belirlenir. Bu çalışma Şekil 2.43’te gösterilmektedir.

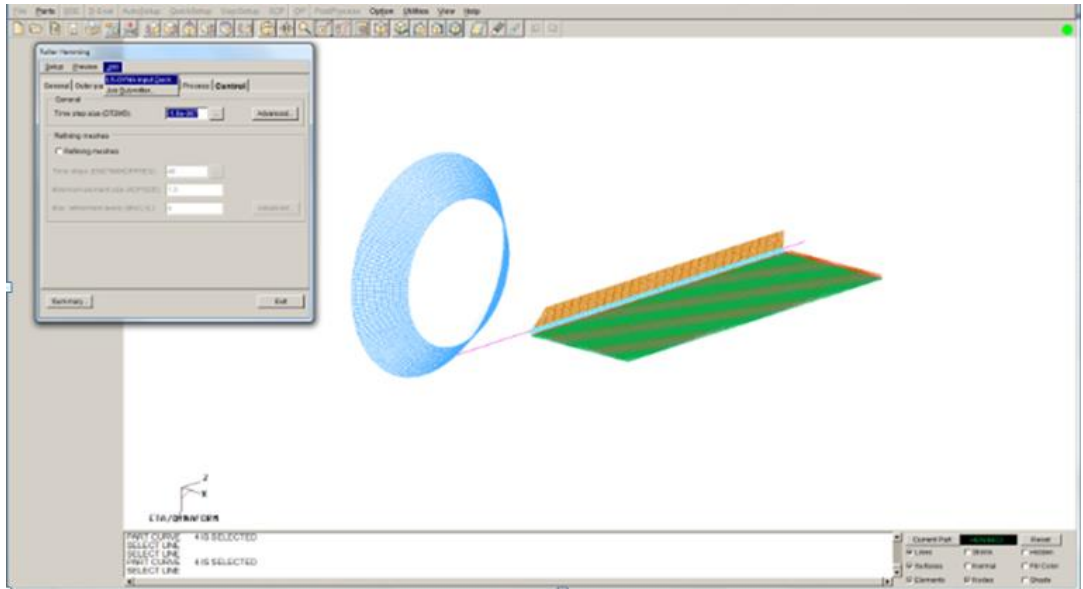


Şekil 2.43. Makara katlama yörüngesi

Yörünge adımının tanımlanması ile birlikte “control” sekmesi altında analizin zaman adım boyutları ortalama değer olarak seçilip “job” sekmesi altındaki “LS-DYNA input deck” bölümü ile analiz dosyaları oluşturulup ön katlama simülasyon adımları tamamlanır. Bu çalışmalar sırası ile Şekil 2.44 ve Şekil 2.45’te verilmiştir. Son adım ile dyna form ara yüz programı ile LS-DYNA program çözücülerinde çözülecek dosyalar oluşturulur.

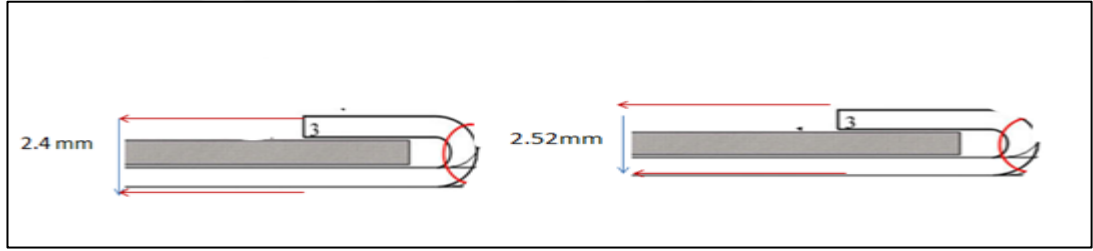


Şekil 2.44. Analiz zaman ortalama adım boyutu

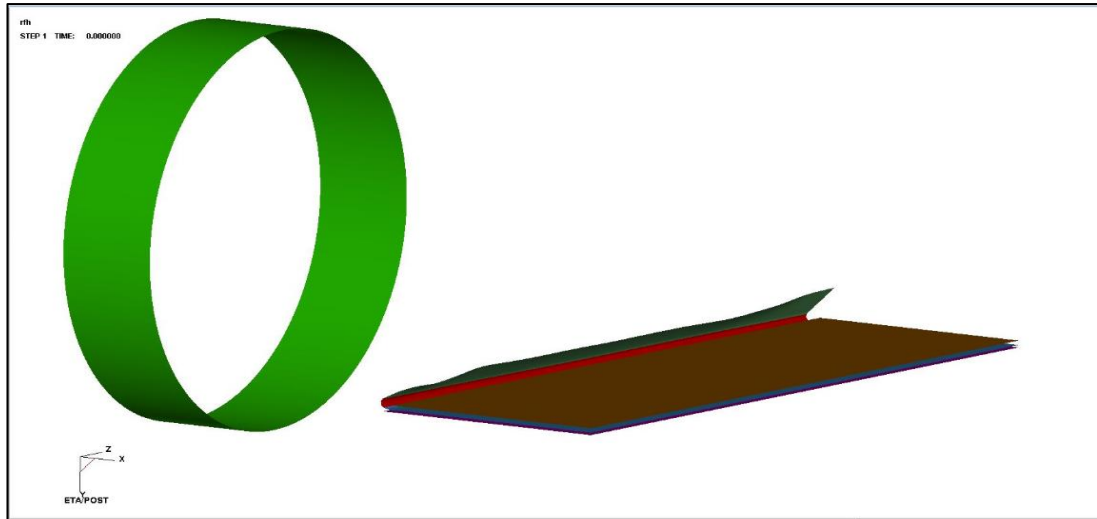


Şekil 2.45. Analiz dosyalarının oluşturulması

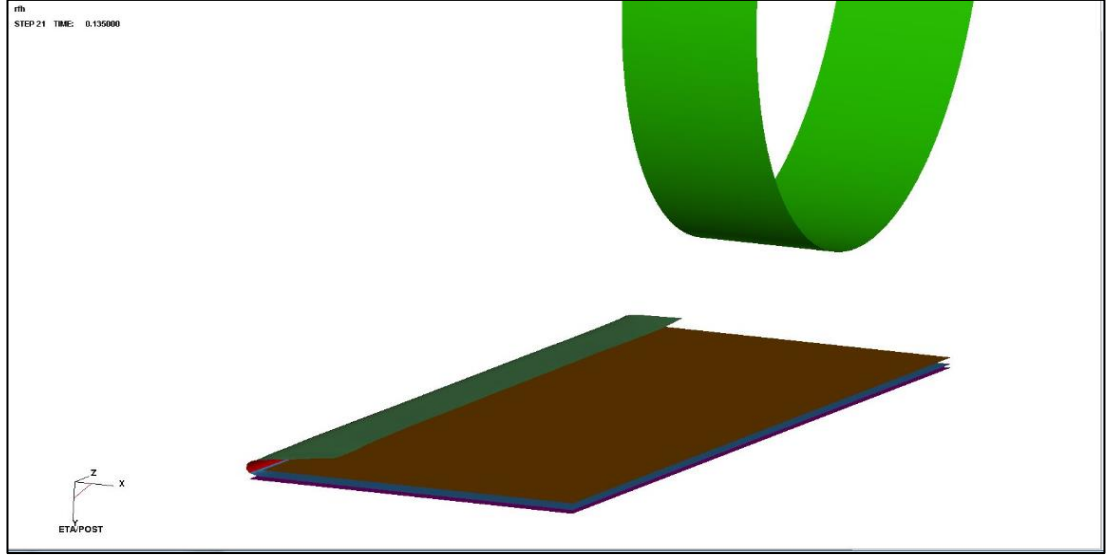
Son katlama aşamasında, ön katlama sonrasındaki çalışmanın devamı olduğu için ön katlama analizi sonucunda oluşan dosyalar kullanılarak analiz adımlarına başlanılır. Ön katlama sonucunda analiz dosyalarından katlama yatağı ve iç sac parçaları “nastran” uzantılı olarak “export” edilir. Bunun nedeni deformasyonu önemli olmayan rijit parçalar olmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte sacı son aşamaya katlayacak olan makara ve makaranın hareket edeceği yörünge ve bu yörünge katlama yüksekliği NX katı model tasarım programında ayarlanır. Bu yörünge yüksekliği yani katlamanın son yüksekliği Şekil 2.46’da görüldüğü gibi 3 sac kalığında iç sac orta düzleminden yukarı olan yüksekliğin kalınlığının %10 tolerans fazlası ile iç sac orta düzleminden aşağı olan yüksekliğin kalınlığının toplamı olarak belirlenmektedir. Yani kalınlığı 0,8 mm olan bir sac için iç sac orta düzleminden yukarı olan yüksekliğin kalınlığının (1,2) %10’nun iç sac orta düzleminden aşağı kalan kalınlığı (1,2) ile toplamıdır. Yani 2,52 mm’dir.



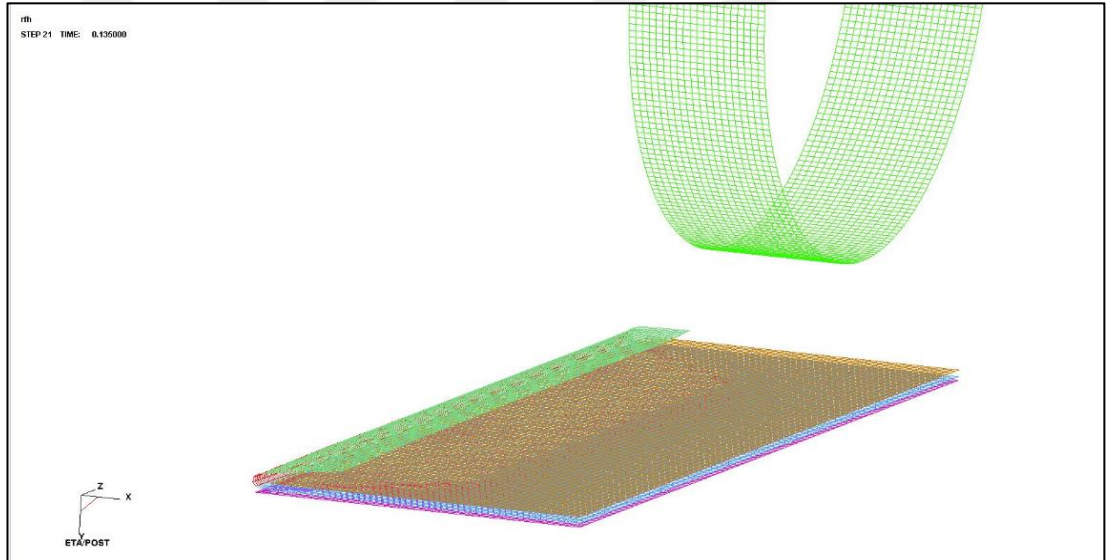
Şekil 2.46. Son katlama sac kalınlığı



Şekil 2.47. Ön katlaması gerçekleştirilmiş sac katlama işlemi



Şekil 2.48. Son katlaması gerçekleştirilmiş sac katlama işlemi



Şekil 2.49. Son katlaması gerçekleşmiş sac katlama işlemi ağ elamanları görünümü

2.9. Robotik Sac Katlama İşleminin Sonlu Elemanlar Analiz Çalışma Sonuçları

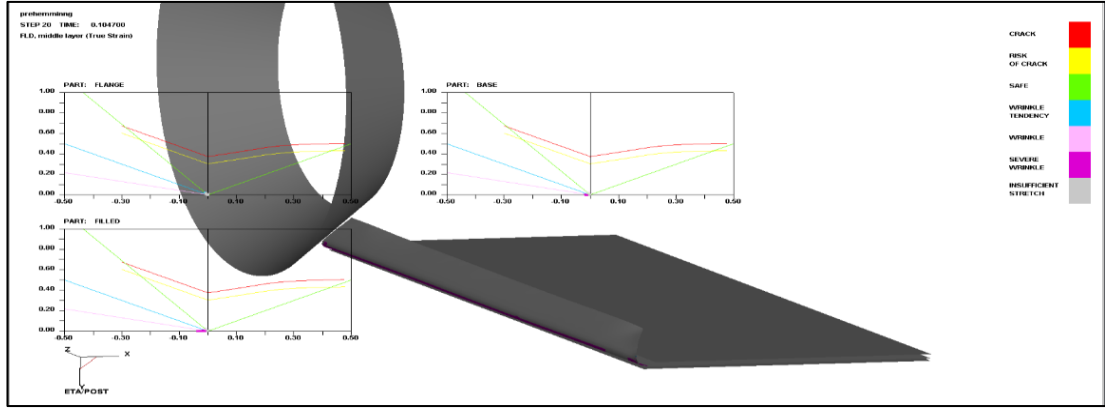
Robotik sac katlama analiz simülasyonları ile işlemin kuvvet değerleri ile birlikte malzemenin deformasyon bilgileri hakkında da veriler elde edilmiştir. Bu bölümde AA6111 alaşımı ve DQSK çeliği için yapılan çalışmaların deformasyon bilgilerini yansıtan grafikler ile kuvvet grafiklerine yer verilecektir. Çalışmamızda kullanılan diğer malzeme giriş parametrelerine göre elde edilen kuvvet bilgileri Ek-A'da sunulmuştur.

Aşağıda görülen şekilde şekillendirme limit diyagramı yer almaktadır. Bu diyagram katlama işlemi gerçekleştirilen dış sacın taban, büküm bölgesi ve bini bölgesinde katlama işlemi boyunca meydana gelen değişimleri göstermektedir. Görüldüğü gibi mor renkten kırmızıya değişen renkler bulunmaktadır. Kırmızı kırıkları, sarı kırılma risklerini, yeşil güvenli bölgeyi, turkuaz dalgalanma eğilimini, pembe dalgalanmayı ve mor ise dalgalanmanın çok olduğu durumları ifade etmektedir. Analiz çalışmalarında aşağıda tabloda görüldüğü gibi giriş olarak malzeme, kalınlık, bini yüksekliği, makara çapı, dış sac yarıçapı, zaman ve bu girişler ile elde edilen kuvvet çıkış verileri elde edilmiştir. Analiz çalışmaları sonuçlarına göre yapay sinir ağı yönteminde kullanılmak üzere AA6111-1, AA5182-2, AA6016-3, AA5754-4 ve DQSK çeliği-5 malzeme kodları belirlenmiştir. Ayrıca tablolardaki verilere göre sırası ile AA6111 ve DQSK çeliği 45 ve 90 mm yarıçaplı makaralar ile gerçekleştirilen ön ve son katlama işleminin sırası ile şekillendirme limit diyagramı(ŞLD), sacın büküm yönündeki hareketleri, ortalama gerilimler, plastik gerinimler ve kuvvet değişimini gösteren grafiklerine yer verilmiştir.

Tablo 2.1. 'de ve Şekil 2.54'te görüldüğü üzere giriş parametrelerine göre hesaplanan kuvvet değerleri 237 N ile 293 N arasında değişmiştir. Aşağıda verilen diğer örneklerle beraber bu giriş parametrelerinin değişiminin çıkış kuvvetine nasıl etki ettiği görülecektir.

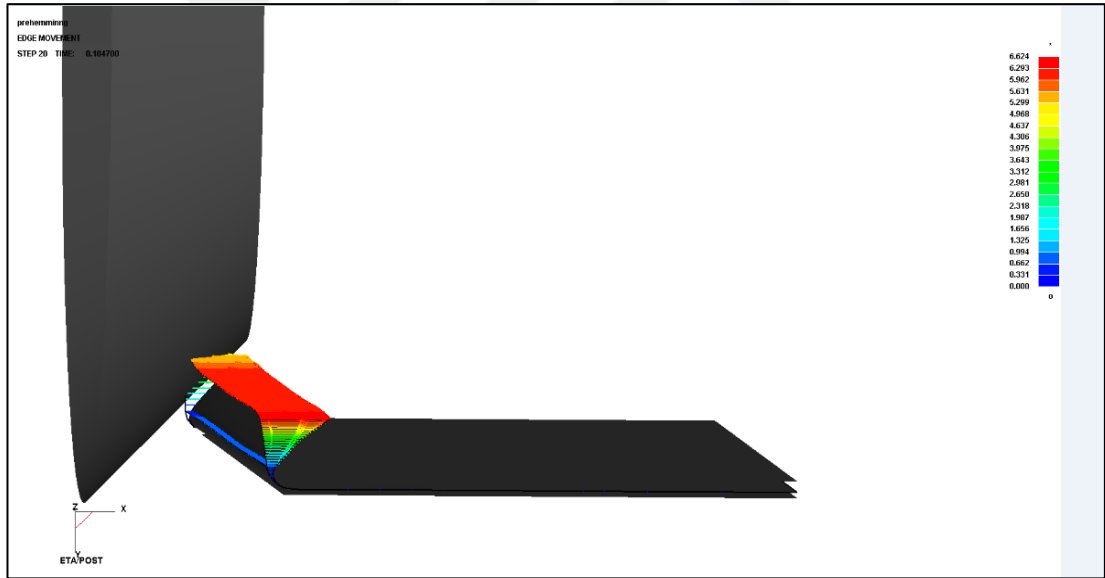
Tablo 2.1. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

MALZEME	AA6111	AA6111	AA6111	AA6111	AA6111	AA6111	AA6111	AA6111
KALINLIK	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
BİNİ YÜKSEKLİĞİ	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
MAKARA ÇAPI	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
DIŞ SAC ÇAP	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
ZAMAN	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00
KUVVET	237,72	262,27	265,58	276,57	292,57	281,63	288,50	261,74

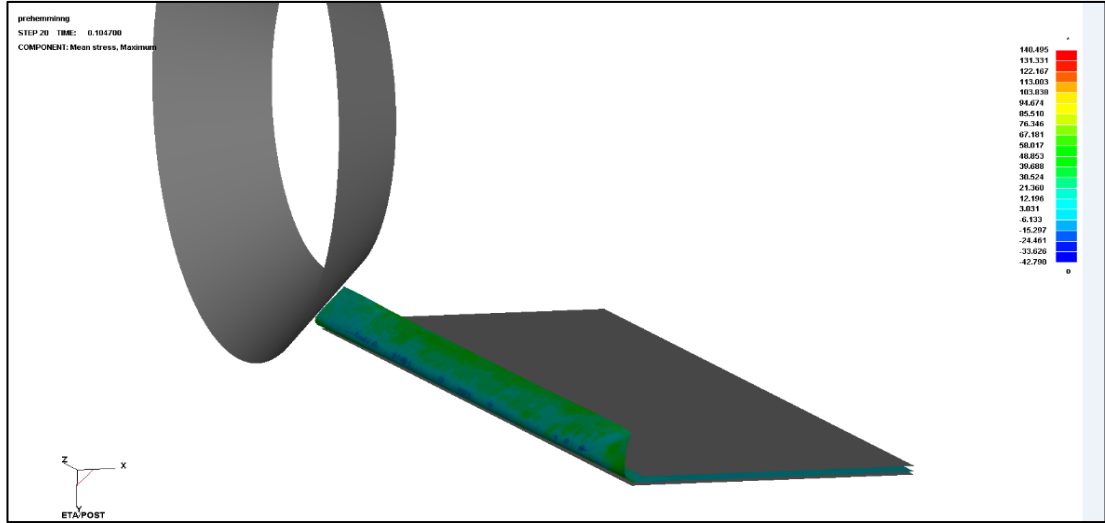


Şekil 2.50. ŞLD: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

Şekil 2.51’de görüldüğü üzere bini yüksekliği 7 mm , sac büküm yarıçapı 0,8 mm olduğu bilgisi ile sac binisinin katlama büküm bölgesi ön katlama öncesi konumunun x yönündeki içe kayma ölçüsü 0,33 mm olarak hesaplanmıştır. Bu grafikte mavi renkteki bölge büküm bölgesidir. Ön katlamada sac içe doğru kaymaktadır.

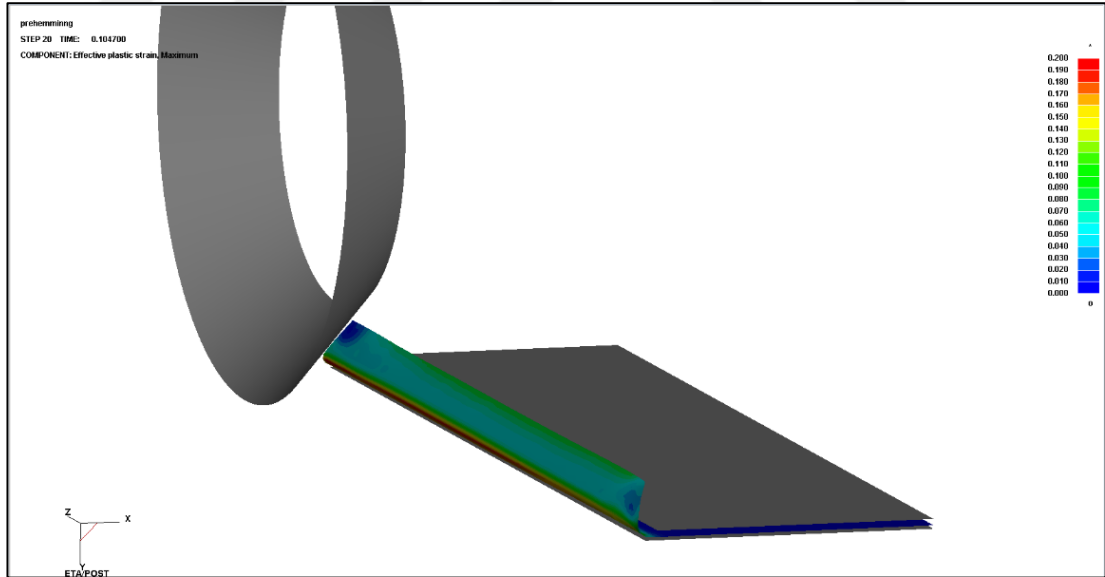


Şekil 2.51. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

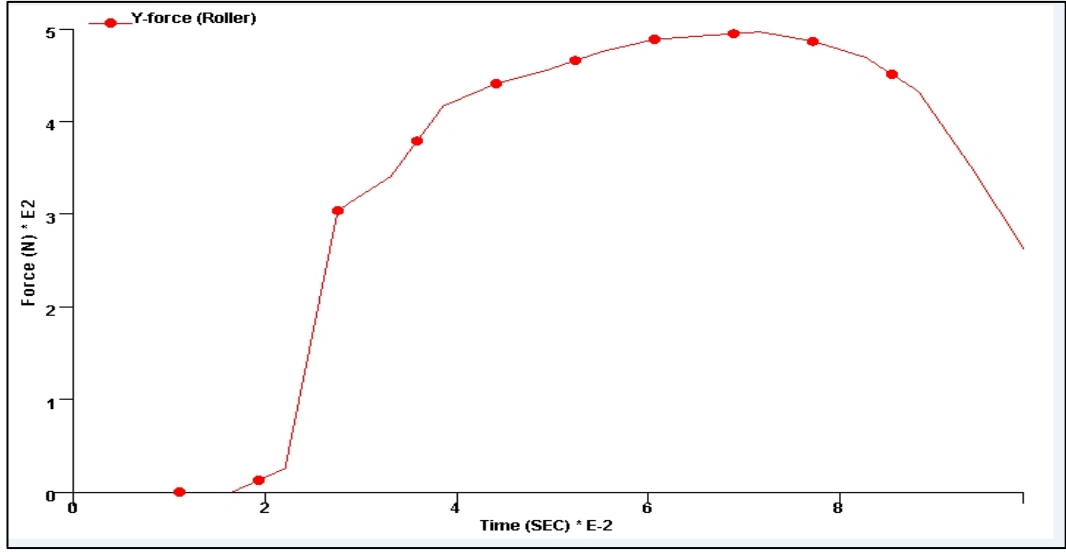


Şekil 2.52. Ortalama gerilimler: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

Şekil 2.52 ve 2.53 sırası ile ortalama gerilimler ve plastik gerinim değişimlerini göstermektedir. Bu model analizi için maksimum ortalama gerilim değeri 140 Mpa, maksimum plastik gerinim değeri ise 0,2 mm değerine ulaşmıştır. Büküm bölgesinde kırmızı renkte görülen bölgeler en fazla deformasyona maruz olan kısımlardır.



Şekil 2.53. Plastik gerinim: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

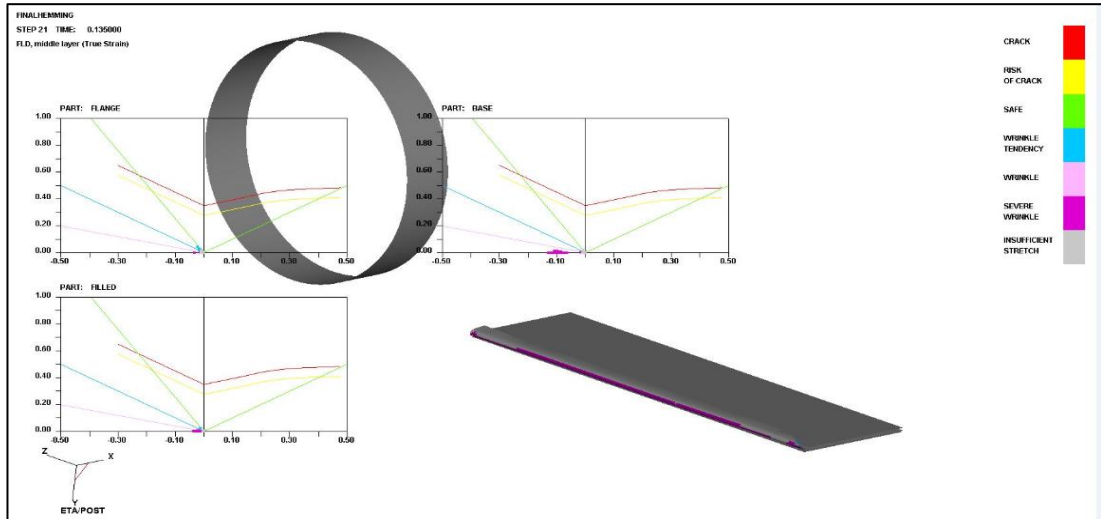


Şekil 2.54. Kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

Tablo 2.2. 'de ve Şekil 2.55'de görüldüğü üzere bu malzeme için giriş parametrelerine göre hesaplanan son katlama kuvvet değerleri 640 N ile 760 N arasında değişmektedir.

Tablo 2.2. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme

MAKARA ÇAPI	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
ZAMAN	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00
KUVVET	695,148	706,16	748,442	758,16	711,549	709,811	693,647	640,663

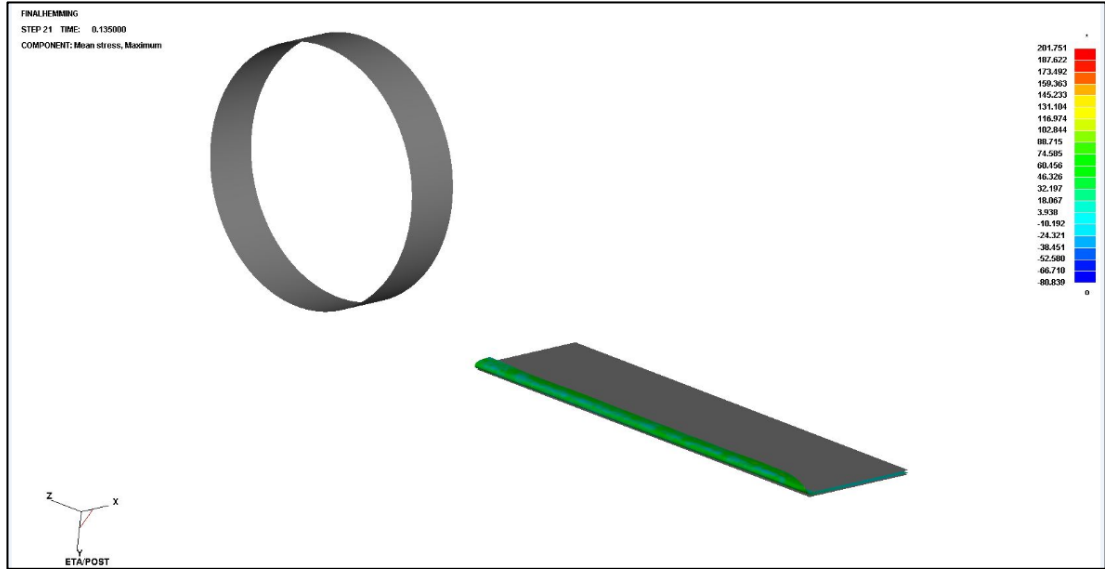


Şekil 2.55. ŞLD: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme

Şekil 2.56’da görüldüğü üzere bini yüksekliği 7 mm , sac büküm yarıçapı 0,8 mm olduğu bilgisi ile sac binisinin katlama büküm bölgesi ön katlama öncesi konumunun x yönündeki içe kayma ölçüsü 0,12 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ön katlamada 0,33 mm iken son katlamada daha doğru ölçülere ulaşmıştır. Bu grafikte mavi renkteki bölge büküm bölgesidir. Ön katlamda sac içe doğru kayması son katlamada azalmaktadır.



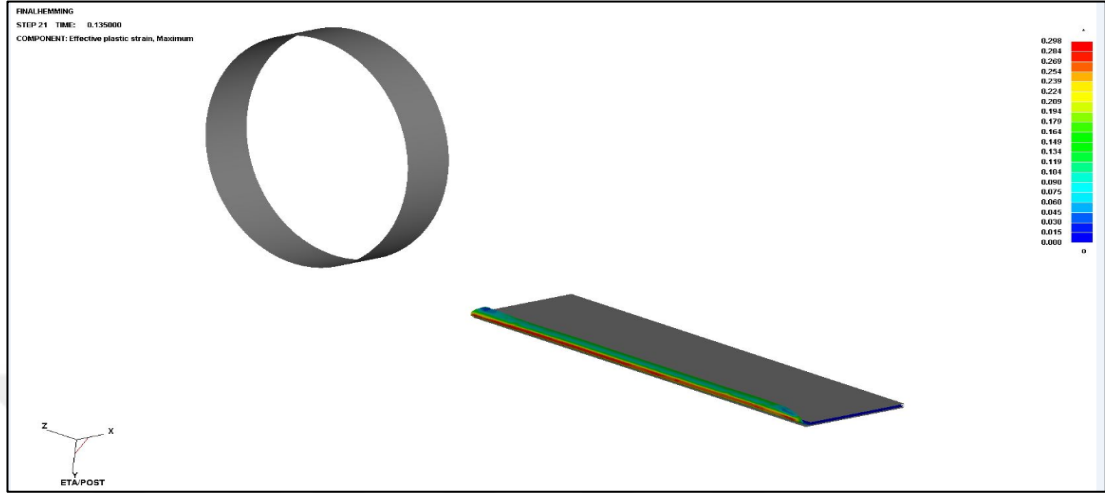
Şekil 2.56. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme



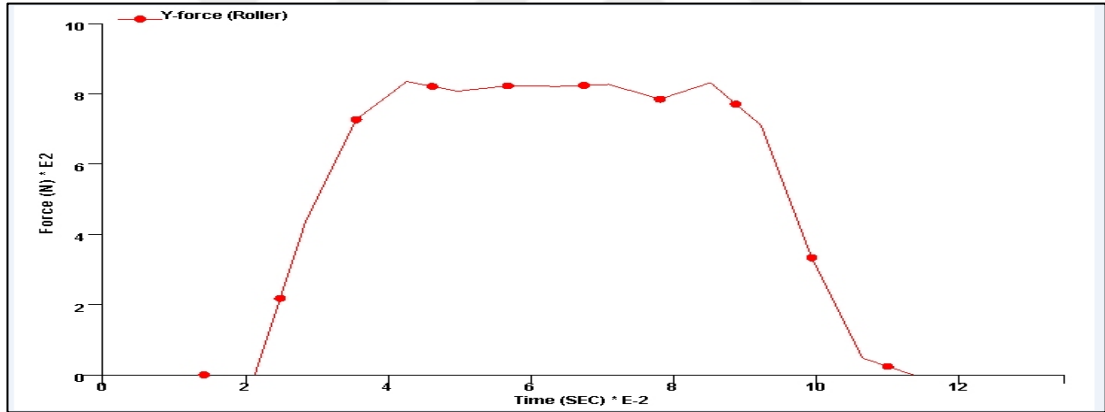
Şekil 2.57. Ortalama gerilimler: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme

Şekil 2.57 ve 2.58 sırası ile ortalama gerilimler ve plastik gerinim değişimlerini göstermektedir. Bu model analizi için maksimum ortalama gerilim değeri 202 Mpa,

maksimum plastik gerinim değeri ise 0,208 mm değerine ulaşmıştır. Büküm bölgesinde kırmızı renkte görülen bölgeler en fazla deformasyona maruz olan kısımlardır.



Şekil 2.58. Plastik gerinim: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme

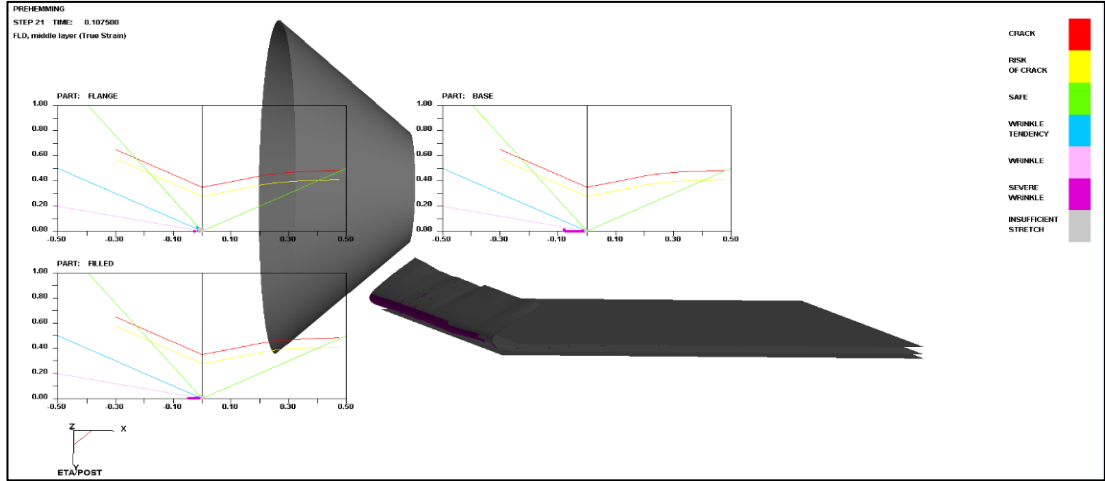


Şekil 2.59. Kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, son katlama, AA6111 malzeme

Tablo 2.3. 'te ve Şekil 2.56'da görüldüğü üzere giriş parametrelerine göre hesaplanan ön katlama kuvvet değerleri 181 N ile 270 N arasında değişmektedir.

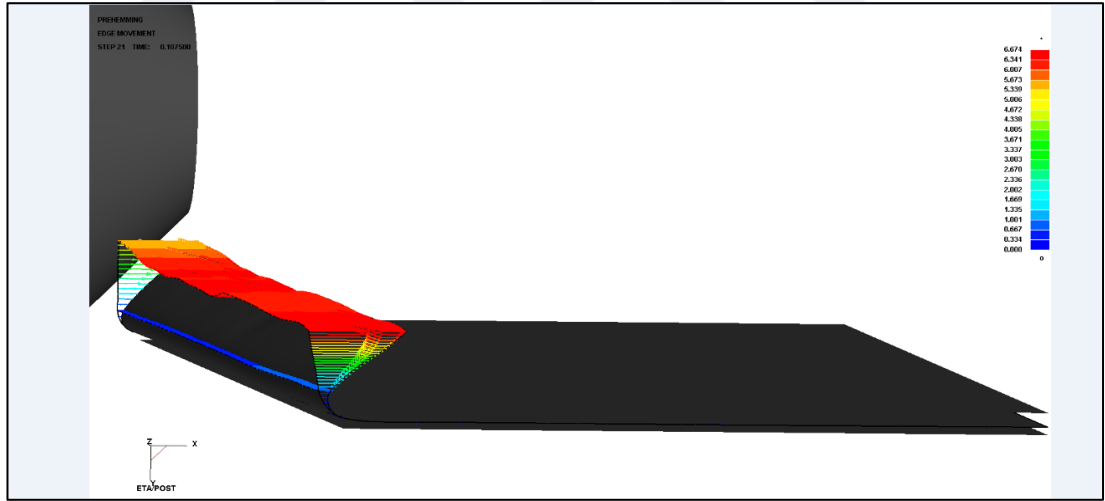
Tablo 2.3. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

MAKARA ÇAPI	45	45	45	45	45	45	45	45
ZAMAN	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00
KUVVET	231,264	236,749	259,662	268,259	260,032	242,902	214,346	181,049

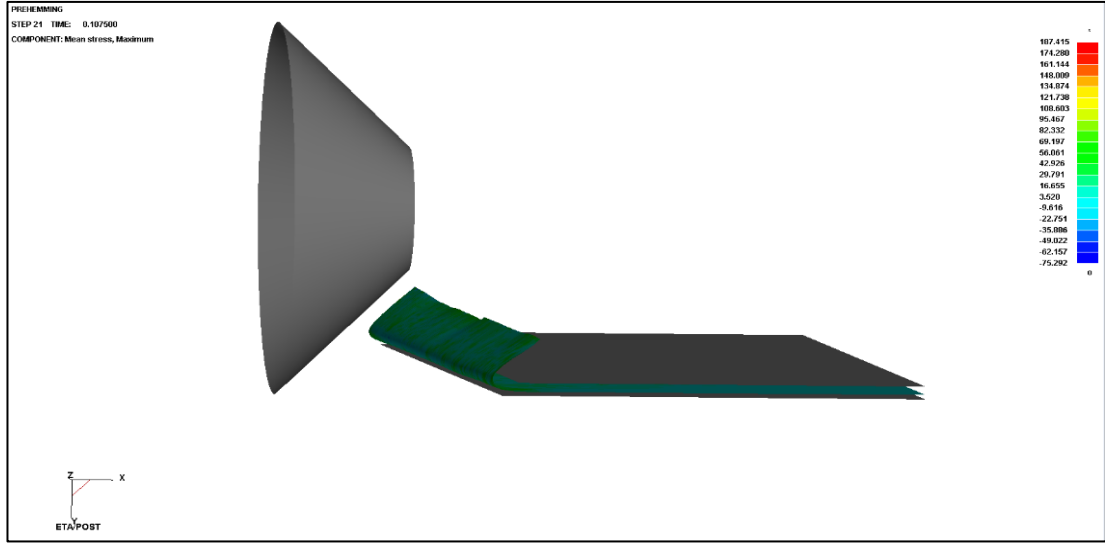


Şekil 2.60. ŞLD: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

Şekil 2.61’de görüldüğü üzere bini yüksekliği 7 mm , sac büküm yarıçapı 0,8 mm olduğu bilgisi ile sac binisinin katlama büküm bölgesi ön katlama öncesi konumunun x yönündeki içe kayma ölçüsü 0,33 mm olarak hesaplanmıştır. Bu grafikte mavi renkteki bölge büküm bölgesidir. Ön katlamada sac içe doğru kaymaktadır.

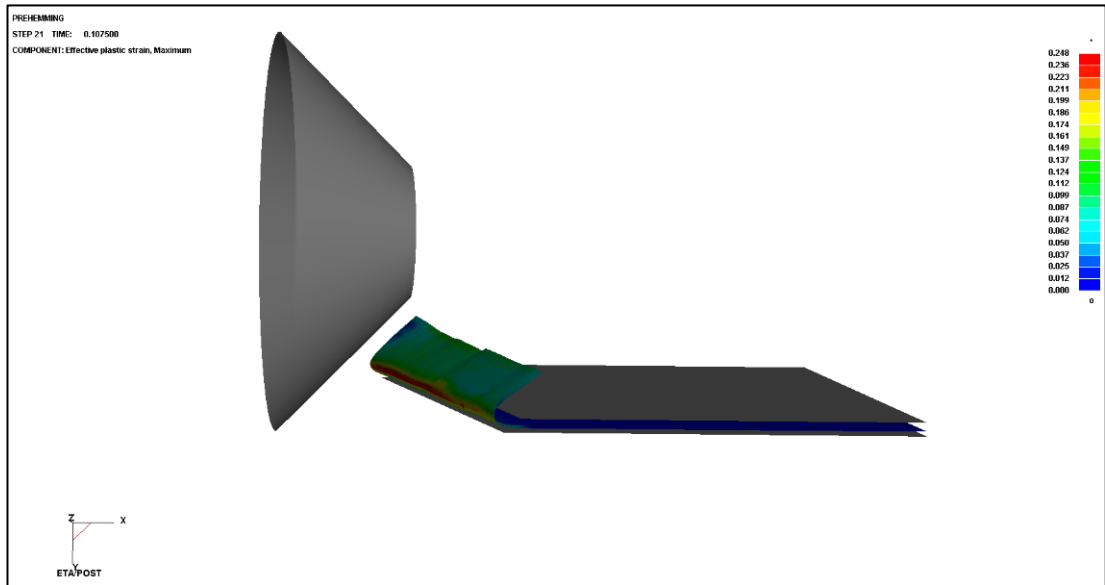


Şekil 2.61. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

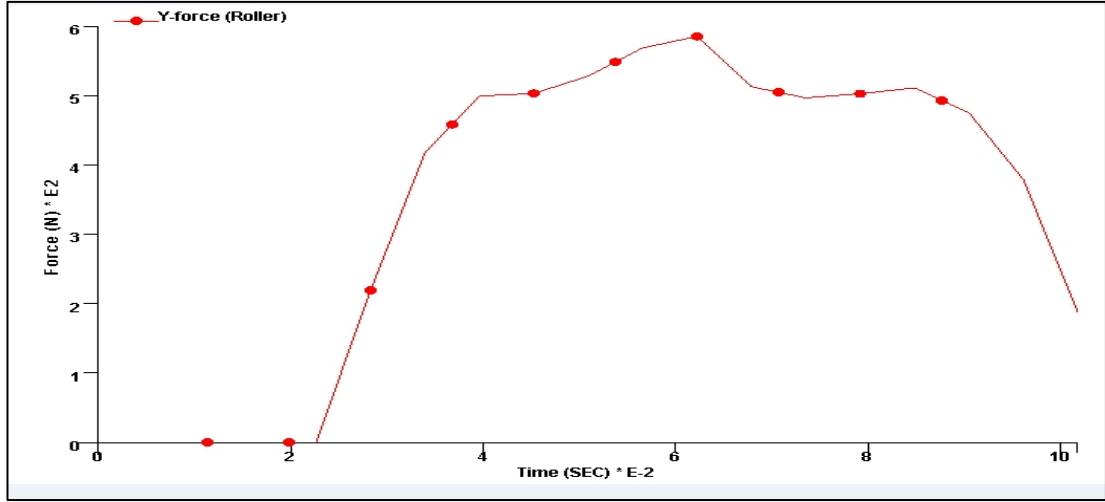


Şekil 2.62. Ortalama gerilimler: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

Şekil 2.62 ve 2.63 sırası ile ortalama gerilimler ve plastik gerinim değişimlerini göstermektedir. Bu model analizi için maksimum ortalama gerilim değeri 187 Mpa, maksimum plastik gerinim değeri ise 0,248 mm değerine ulaşmıştır. Büküm bölgesinde kırmızı renkte görülen bölgeler en fazla deformasyona maruz olan kısımlardır.



Şekil 2.63. Plastik gerinim: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

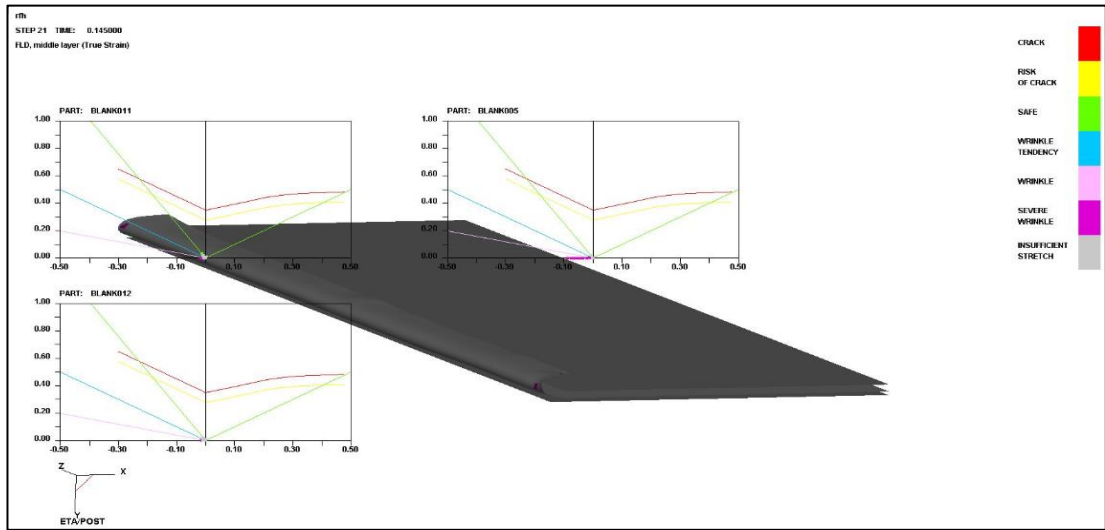


Şekil 2.64. Kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, ön katlama, AA6111 malzeme

Tablo 2.4. 'te ve Şekil 2.69'da görüldüğü üzere giriş parametrelerine göre hesaplanan son katlama kuvvet değerleri 442 N ile 528 N arasında değişmektedir.

Tablo 2.4. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme

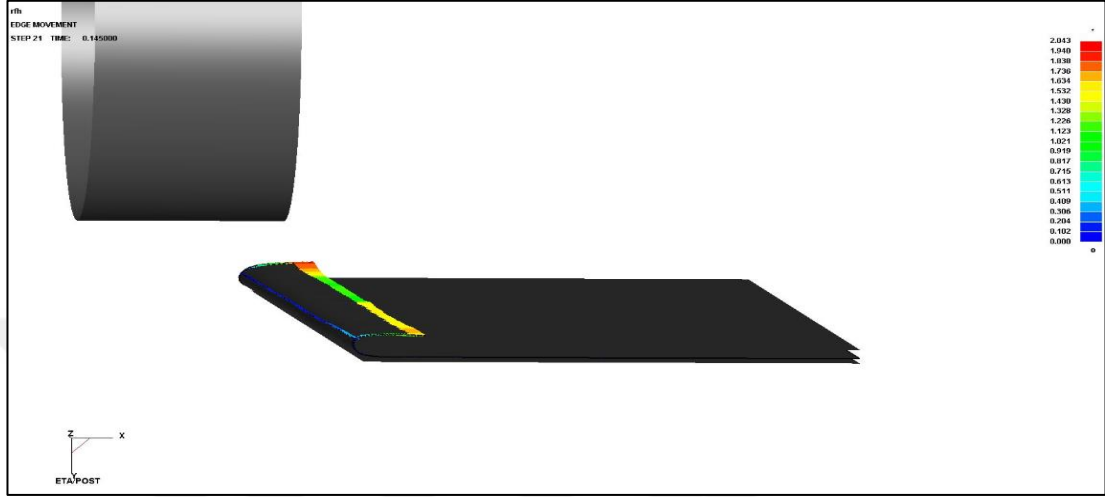
MAKARA ÇAPI	45	45	45	45	45	45	45	45
ZAMAN	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00
KUVVET	476,518	508,392	517,468	527,448	484,076	441,566	447,375	457,955



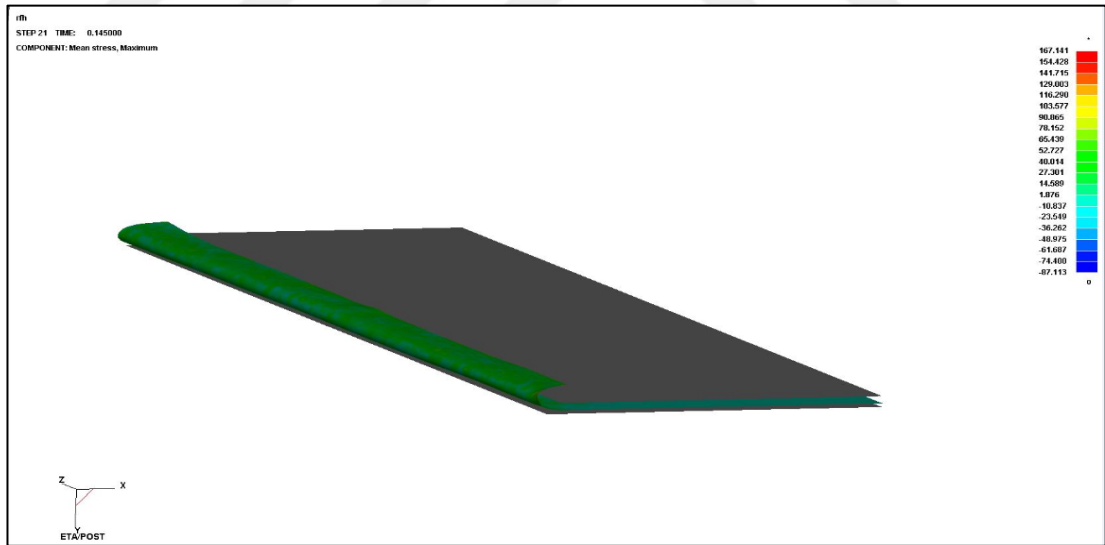
Şekil 2.65. ŞLD: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme

Şekil 2.66'da görüldüğü üzere bini yüksekliği 7 mm , sac büküm yarıçapı 0,8 mm olduğu bilgisi ile sac binisinin katlama büküm bölgesi ön katlama öncesi konumunun

x yönündeki içe kayma ölçüsü 0,102 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ön katlamada 0,33 mm iken son katlamada daha doğru ölçülere ulaşmıştır. Bu grafikte mavi renkteki bölge büküm bölgesidir. Ön katlamda sac içe doğru kayması son katlamada azalmaktadır.

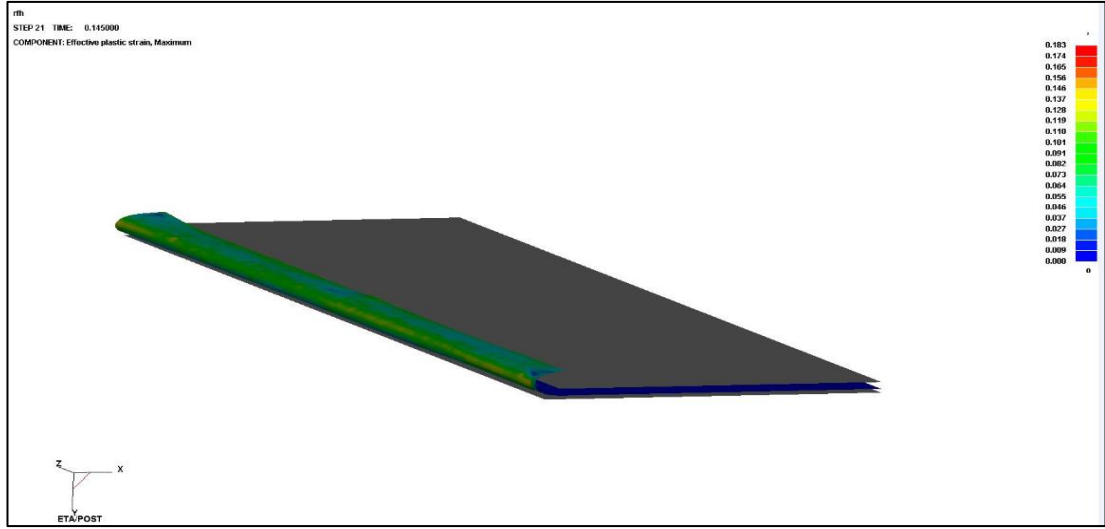


Şekil 2.66. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme

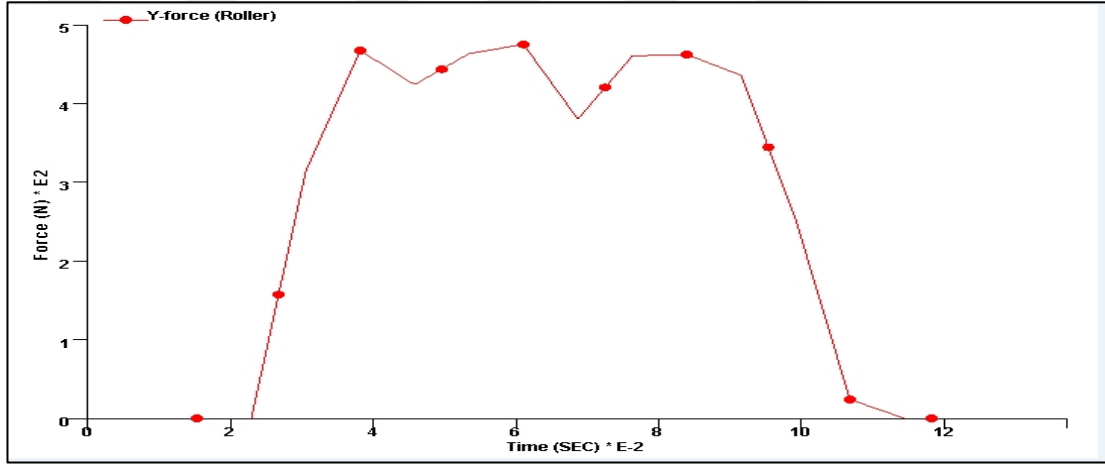


Şekil 2.67. Ortalama gerilimler: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme

Şekil 2.67 ve 2.68 sırası ile ortalama gerilimler ve plastik gerinim değişimlerini göstermektedir. Bu model analizi için maksimum ortalama gerilim değeri 167 Mpa, maksimum plastik gerinim değeri ise 0,183 mm değerine ulaşmıştır. Büküm bölgesinde kırmızı renkte görülen bölgeler en fazla deformasyona maruz olan kısımlardır.



Şekil 2.68. Plastik gerinim: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme

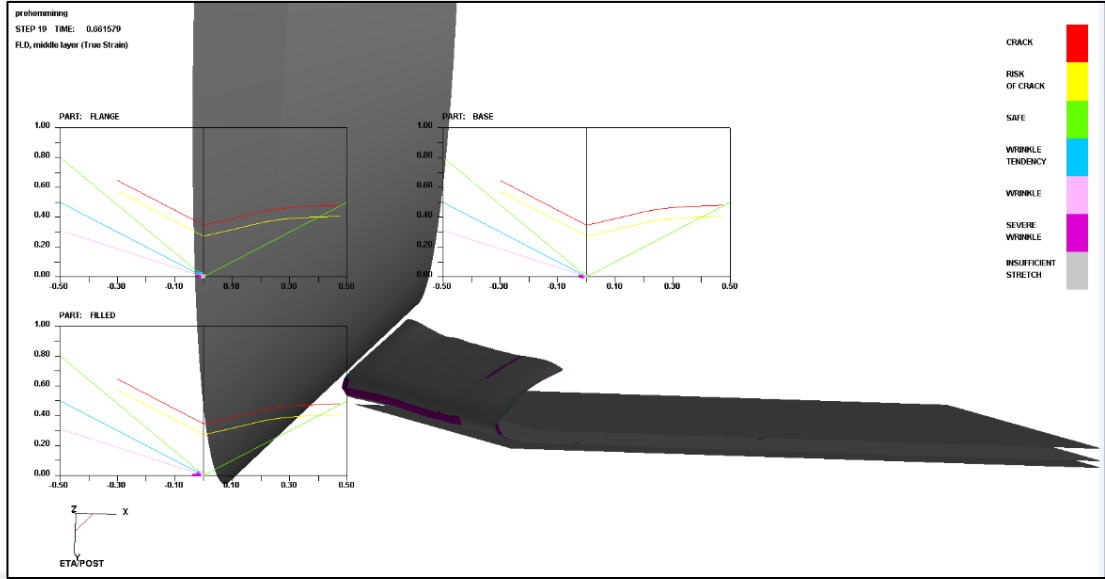


Şekil 2.69. Kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, son katlama, AA6111 malzeme

Tablo 2.5 'da ve Şekil 2.74'te görüldüğü üzere giriş parametrelerine göre hesaplanan kuvvet değerleri 315 N ile 371 N arasında değişmektedir.

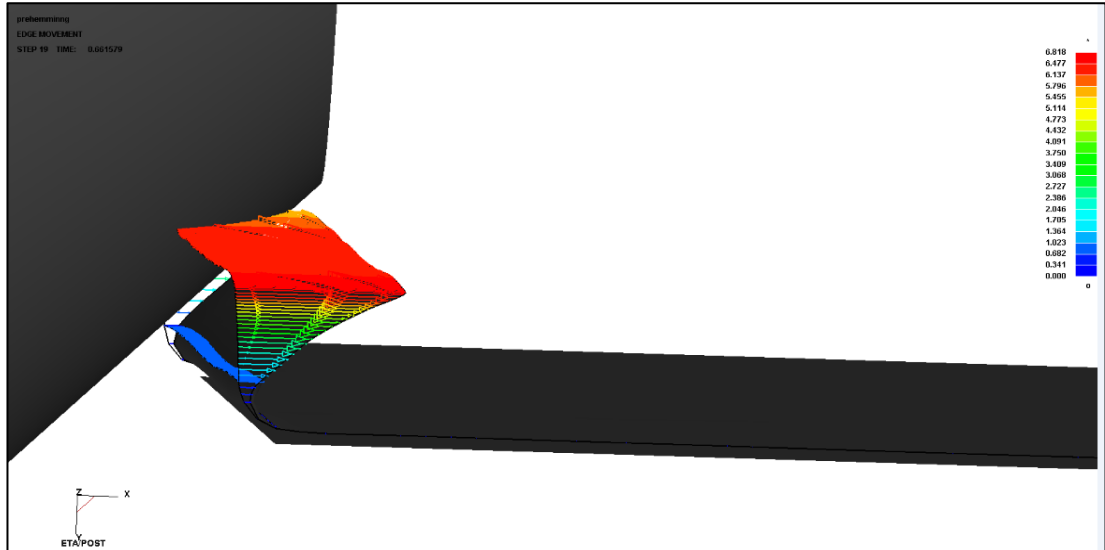
Tablo 2.5. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme

MALZEME	DQSK	DQSK	DQSK	DQSK	DQSK	DQSK	DQSK	DQSK
KALINLIK	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
BİNİ YÜKSEKLİĞİ	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
MAKARA ÇAPI	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
DIŞ SAC ÇAP	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
ZAMAN	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00
KUVVET	315,88	333,544	351,119	367,761	371,161	371,059	367,423	328,146

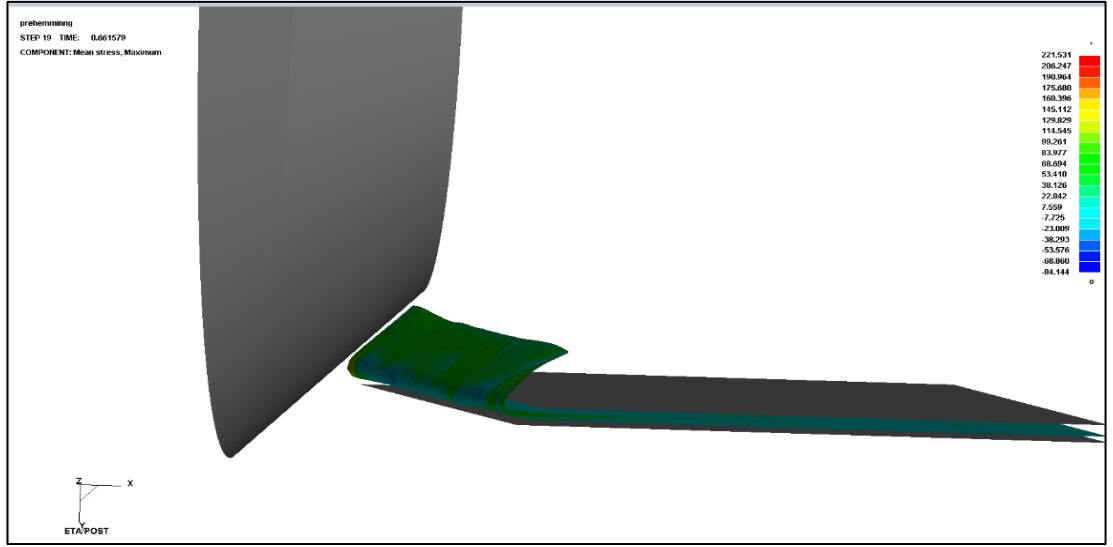


Şekil 2.70 8. ŞLD: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme

Şekil 2.71’de görüldüğü üzere bini yüksekliği 7 mm , sac büküm yarıçapı 0,8 mm olduğu bilgisi ile sac binisinin katlama büküm bölgesi ön katlama öncesi konumunun x yönündeki içe kayma ölçüsü 0,341 mm olarak hesaplanmıştır. Bu grafikte mavi renkteki bölge büküm bölgesidir. Ön katlamada sac içe doğru kaymaktadır.

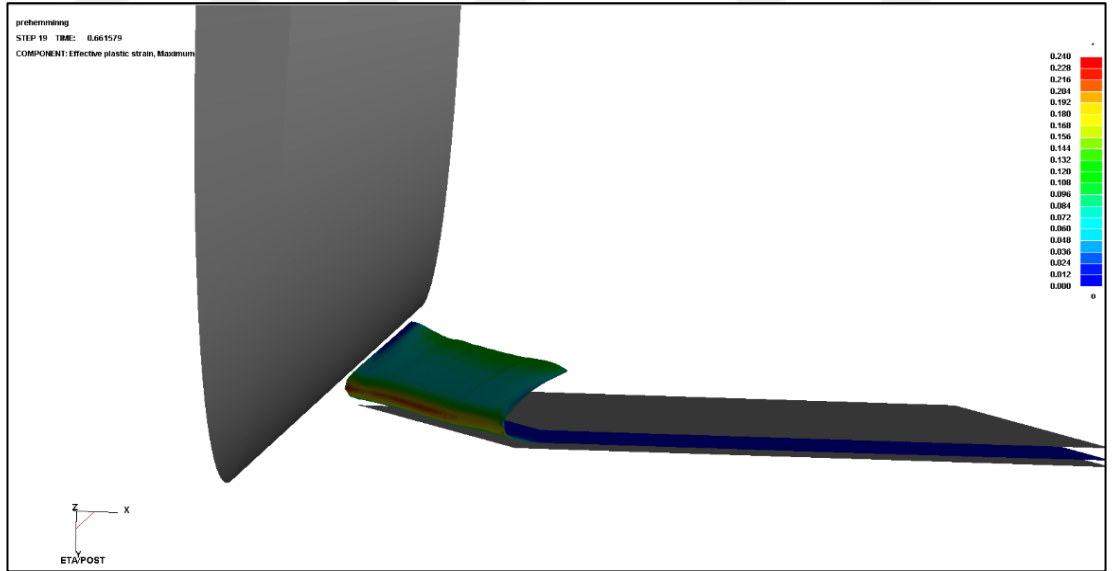


Şekil 2.71. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme

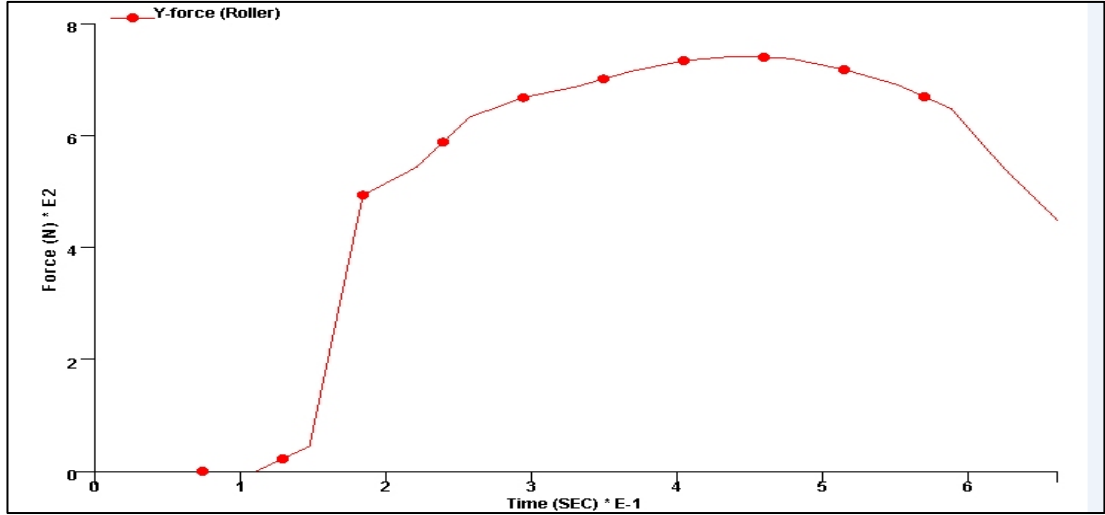


Şekil 2.72. Ortalama gerilimler: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme

Şekil 2.72 ve 2.73 sırası ile ortalama gerilimler ve plastik gerinim değişimlerini göstermektedir. Bu model analizi için maksimum ortalama gerilim değeri 222 Mpa, maksimum plastik gerinim değeri ise 0,24 mm değerine ulaşmıştır. Büküm bölgesinde kırmızı renkte görülen bölgeler en fazla deformasyona maruz olan kısımlardır.



Şekil 2.73. Plastik gerinim: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme

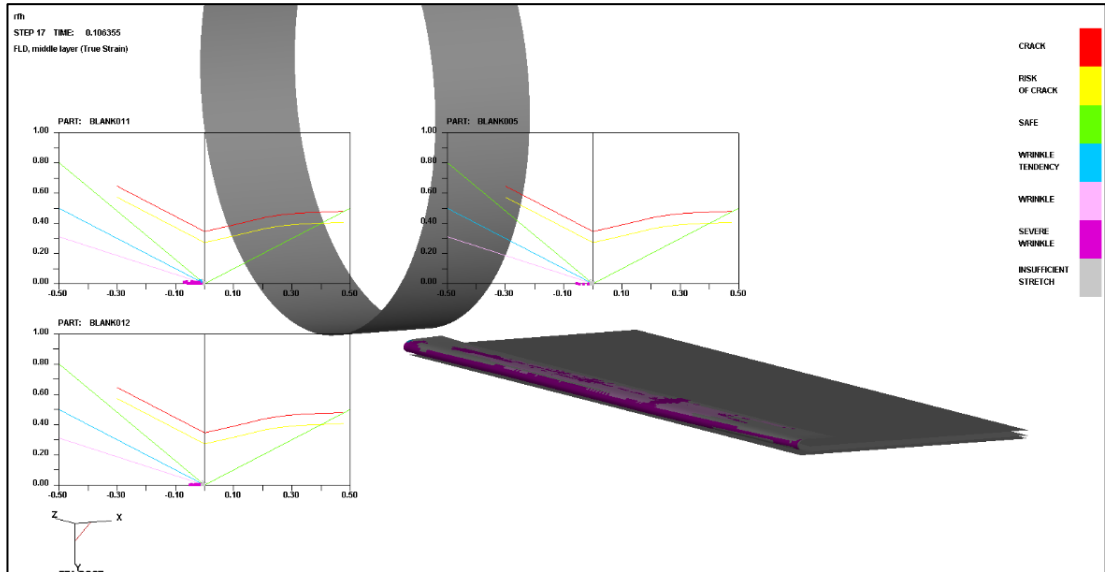


Şekil 2.74. Kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, ön katlama, DQSK malzeme

Tablo 2.6. 'de ve Şekil 2.79'da görüldüğü üzere giriş parametrelerine göre hesaplanan son katlama kuvvet değerleri 925 N ile 1079 N arasında değişmektedir.

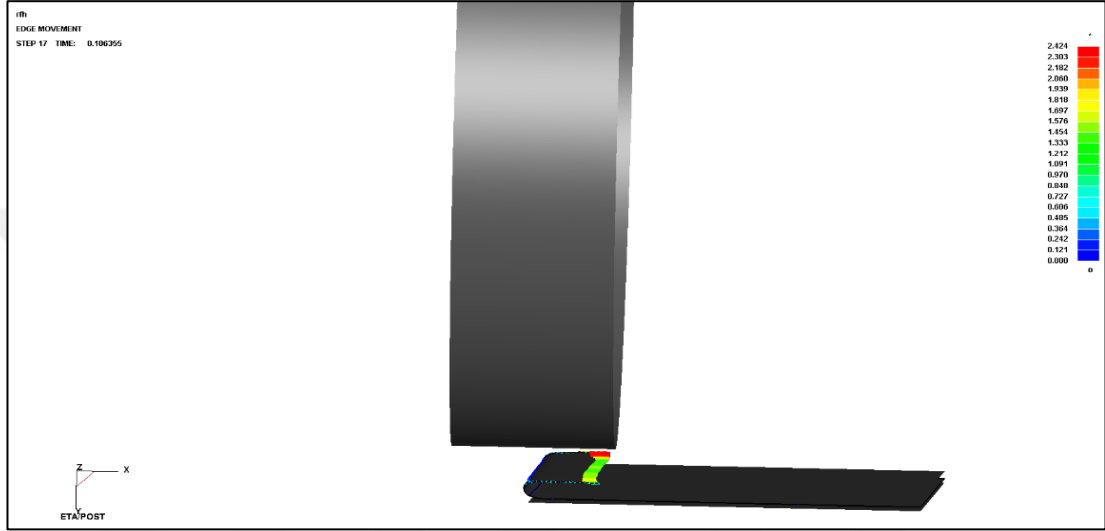
Tablo 2.6. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK malzeme

MAKARA ÇAPI	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
ZAMAN	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00
KUVVET	925,033	991,551	1069,307	1073,848	1079,643	1064,301	1057,294	1025,555

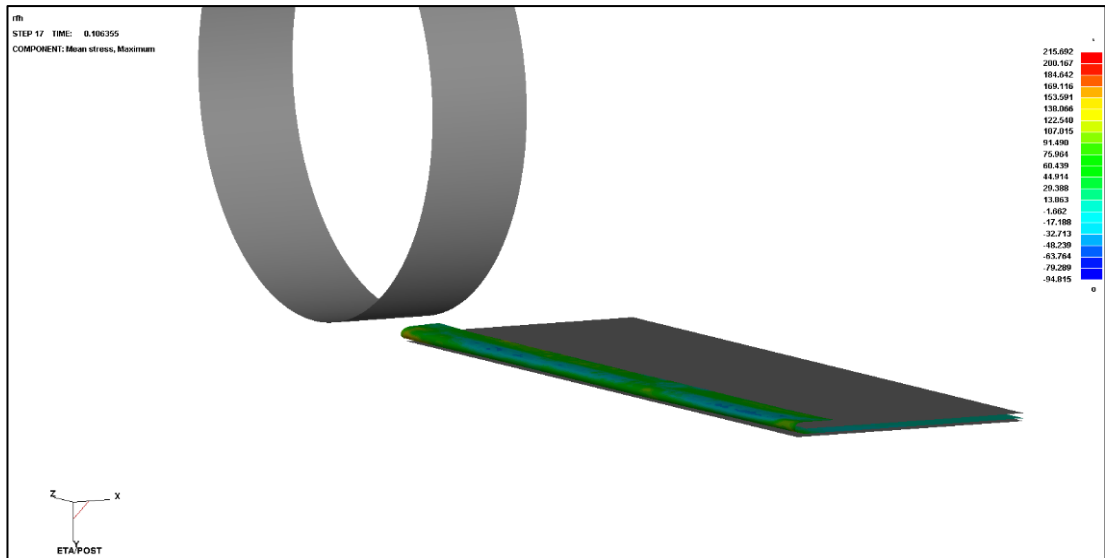


Şekil 2.75. ŞLD: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK malzeme

Şekil 2.76'da görüldüğü üzere bini yüksekliği 7 mm , sac büküm yarıçapı 0,8 mm olduğu bilgisi ile sac binisinin katlama büküm bölgesi ön katlama öncesi konumunun x yönündeki içe kayma ölçüsü 0,121 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ön katlamada 0,341 mm iken son katlamada daha doğru ölçülere ulaşmıştır. Bu grafikte mavi renkteki bölge büküm bölgesidir. Ön katlamda sac içe doğru kayması son katlamada azalmaktadır.



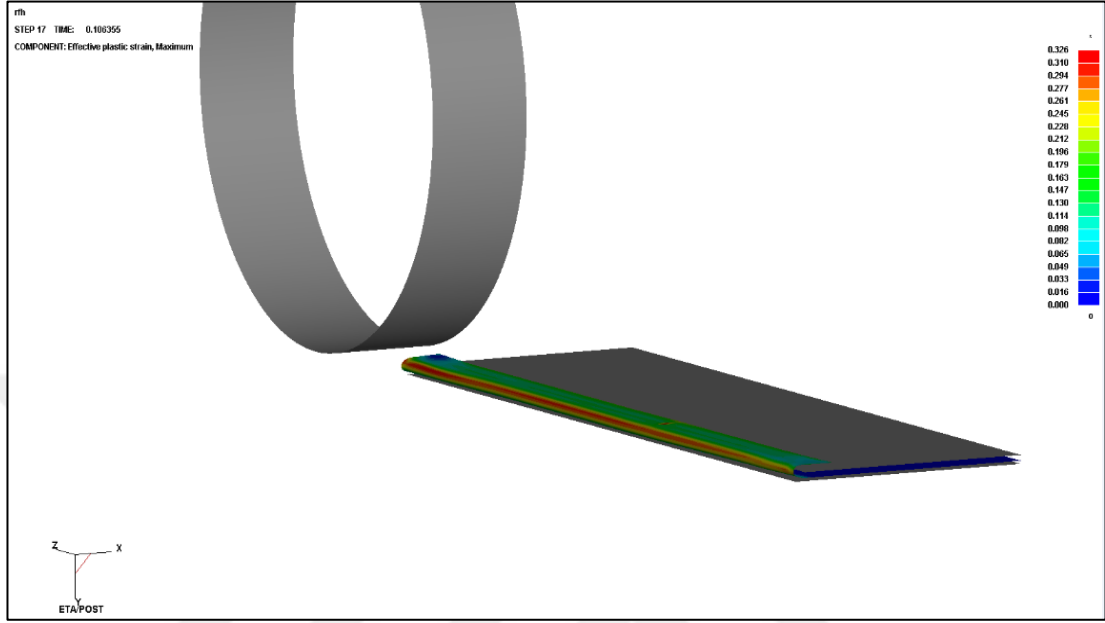
Şekil 2.76. X yönündeki içe kaymalar: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK malzeme



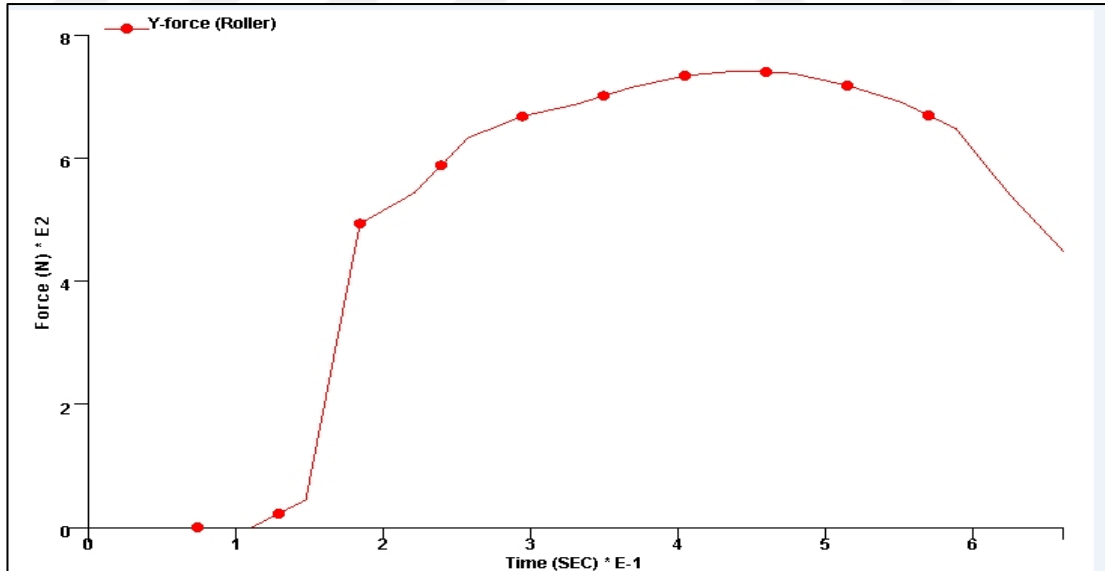
Şekil 2.77. Ortalama gerilimler: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK malzeme

Şekil 2.77 ve 2.78 sırası ile ortalama gerilimler ve plastik gerinim değişimlerini göstermektedir. Bu model analizi için maksimum ortalama gerilim değeri 216 Mpa,

maksimum plastik gerinim değeri ise 0,326 mm değerine ulaşmıştır. Büküm bölgesinde kırmızı renkte görülen bölgeler en fazla deformasyona maruz olan kısımlardır.



Şekil 2.78. Plastik gerinim: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK malzeme

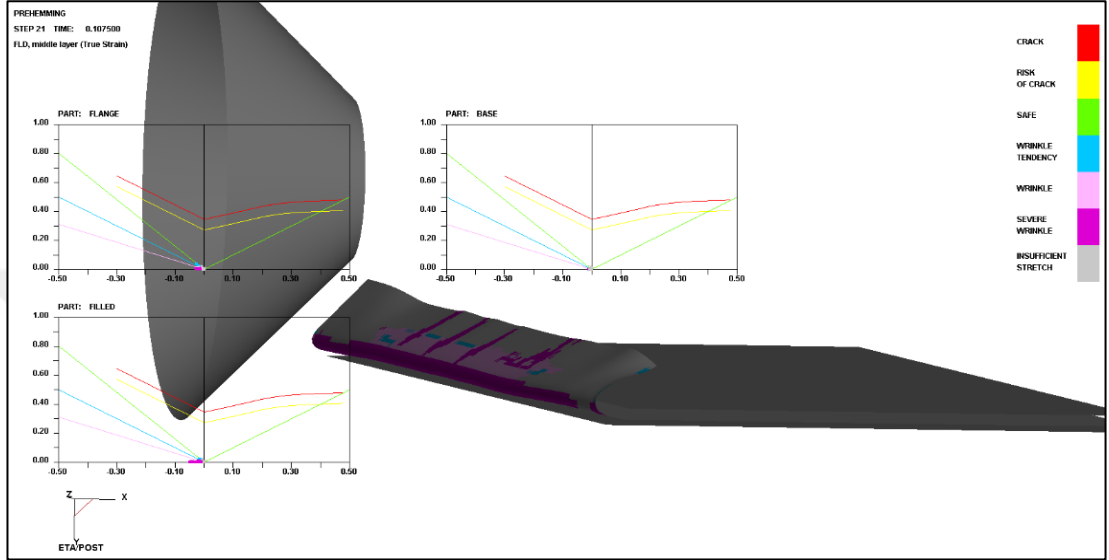


Şekil 2.79. Kuvvet değişimi: Makara çapı 90 mm, son katlama, DQSK malzeme

Tablo 2.7 'da ve Şekil 2.79' da görüldüğü üzere giriş parametrelerine göre hesaplanan kuvvet değerleri 266 N ile 340 N arasında değişmektedir.

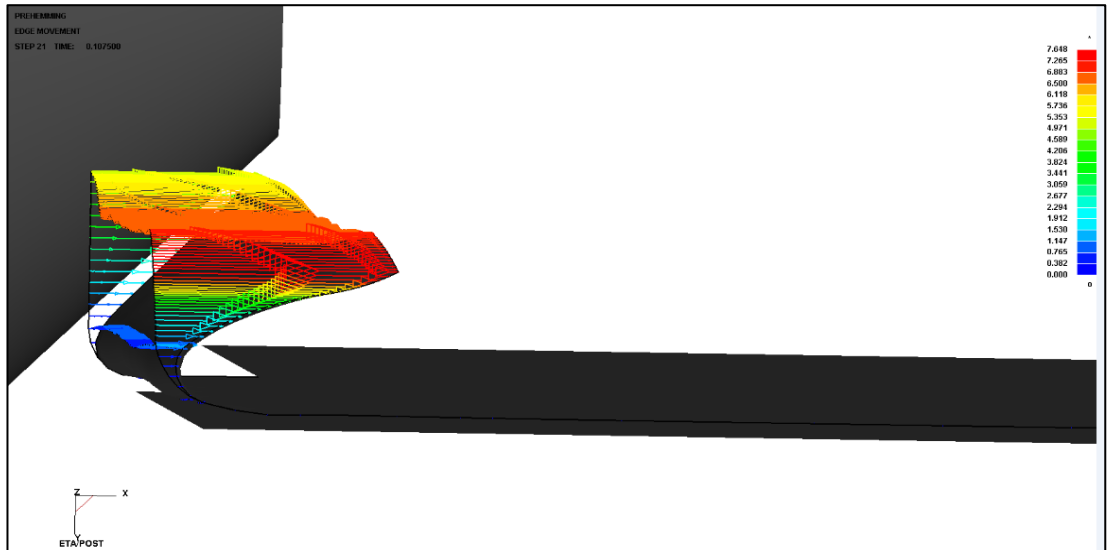
Tablo 2.7. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme

MAKARA ÇAPI	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
ZAMAN	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00
KUVVET	273,11	298,30	320,64	335,18	340,57	337,63	323,50	266,74

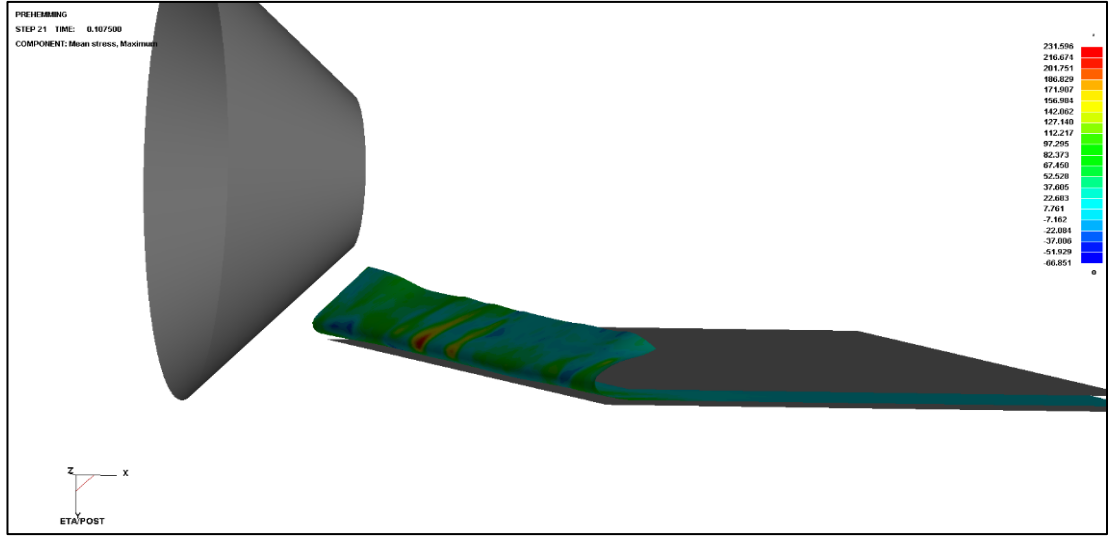


Şekil 2.80. ŞLD: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme

Şekil 2.81’de görüldüğü üzere bini yüksekliği 7 mm , sac büküm yarıçapı 0,8 mm olduğu bilgisi ile sac binisinin katlama büküm bölgesi ön katlama öncesi konumunun x yönündeki içe kayma ölçüsü 0,382 mm olarak hesaplanmıştır. Bu grafikte mavi renkteki bölge büküm bölgesidir. Ön katlamada sac içe doğru kaymaktadır.

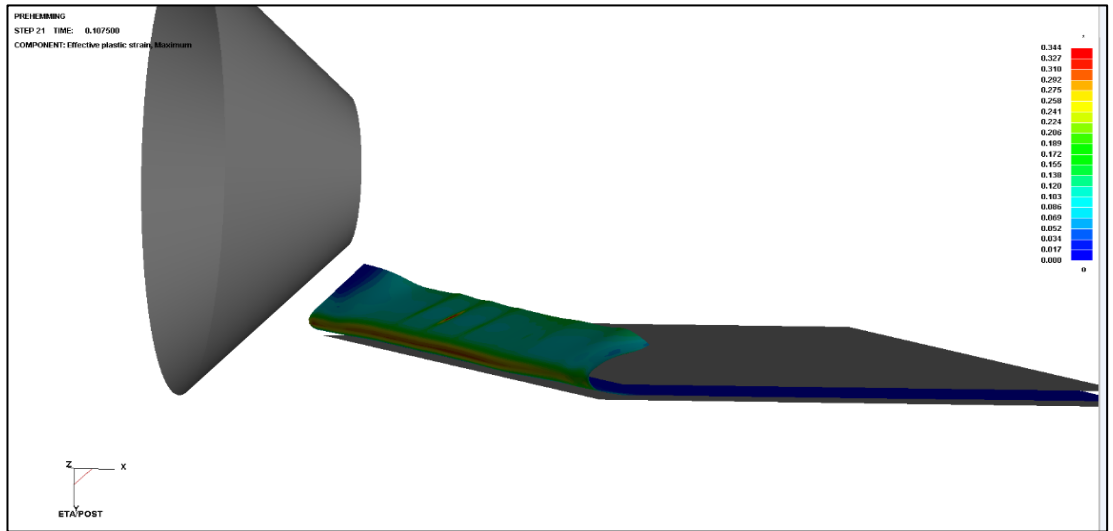


Şekil 2.81. X yönünde içe kaymalar: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme

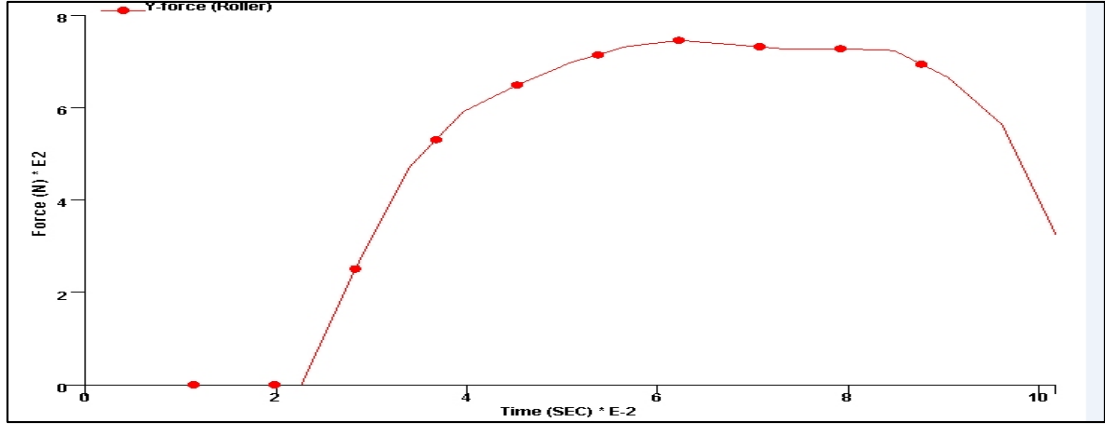


Şekil 2.82. Ortalama gerinimler: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme

Şekil 2.82 ve 2.83 sırası ile ortalama gerinimler ve plastik gerinim değişimlerini göstermektedir. Bu model analizi için maksimum ortalama gerilim değeri 232 Mpa, maksimum plastik gerinim değeri ise 0,344 mm değerine ulaşmıştır. Büküm bölgesinde kırmızı renkte görülen bölgeler en fazla deformasyona maruz olan kısımlardır.



Şekil 2.83. Plastik gerinimler: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme

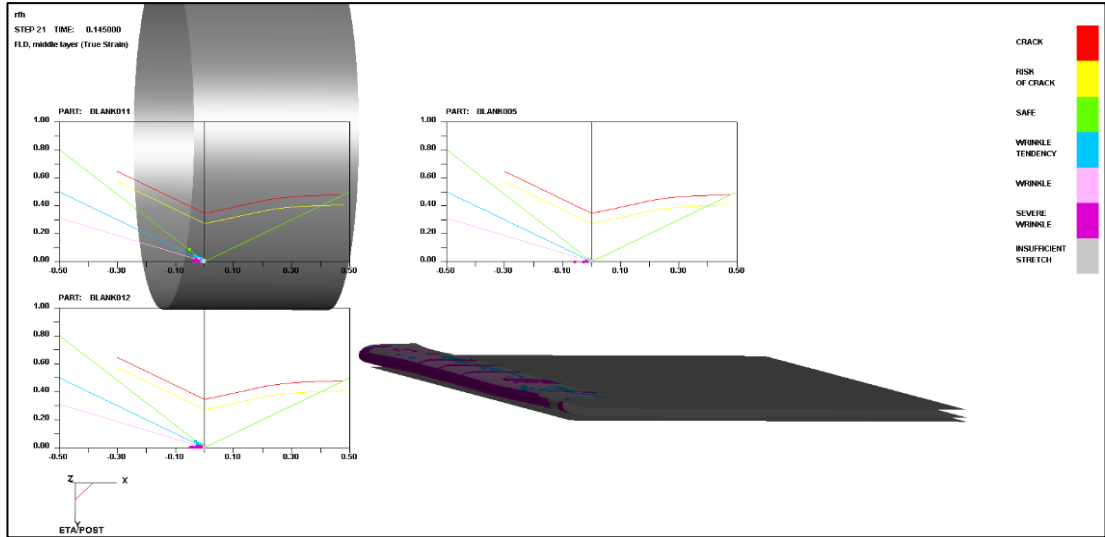


Şekil 2.84. Kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme

Tablo 2.8 'de ve Şekil 2.89'te görüldüğü üzere giriş parametrelerine göre hesaplanan kuvvet değerleri 632 N ile 855 N arasında değişmektedir.

Tablo 2.8. Robotik sac katlama tasarım modelleme parametreleri ve 1 saniyedeki 8 nokta için kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, son katlama, DQSK malzeme

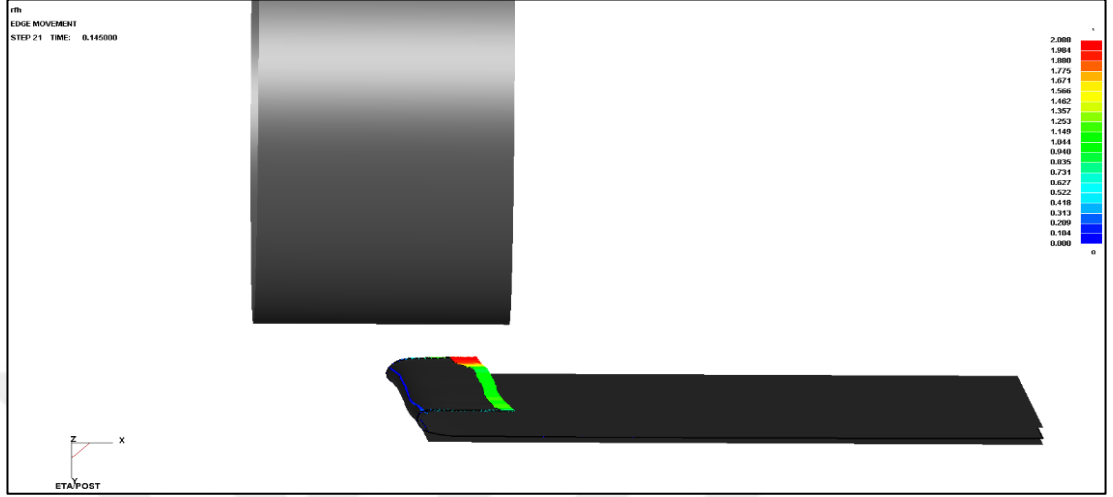
MAKARA ÇAPI	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
ZAMAN	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00
KUVVET	786,033	830,551	851,307	854,848	832,643	825,301	844,294	632,555



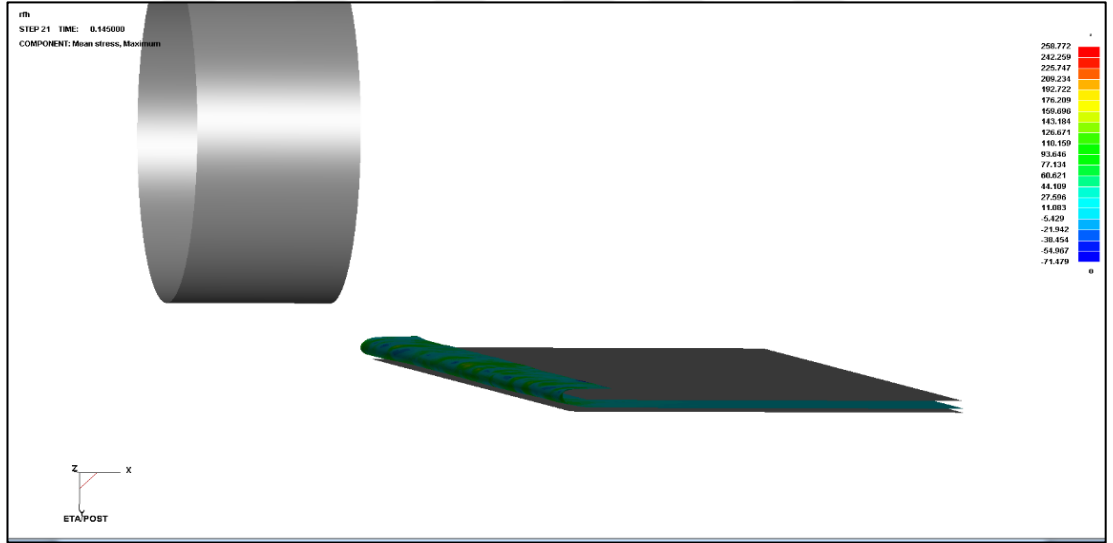
Şekil 2.85. ŞLD: Makara çapı 45 mm, son katlama, DQSK malzeme

Şekil 2.86'da görüldüğü üzere bini yüksekliği 7 mm , sac büküm yarıçapı 0,8 mm olduğu bilgisi ile sac binisinin katlama büküm bölgesi ön katlama öncesi konumunun x yönündeki içe kayma ölçüsü 0,104 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer ön

katlamada 0,382 mm iken son katlamada daha doğru ölçülere ulaşmıştır. Bu grafikte mavi renkteki bölge büküm bölgesidir. Ön katlamada sac içe doğru kayması son katlamada azalmaktadır.

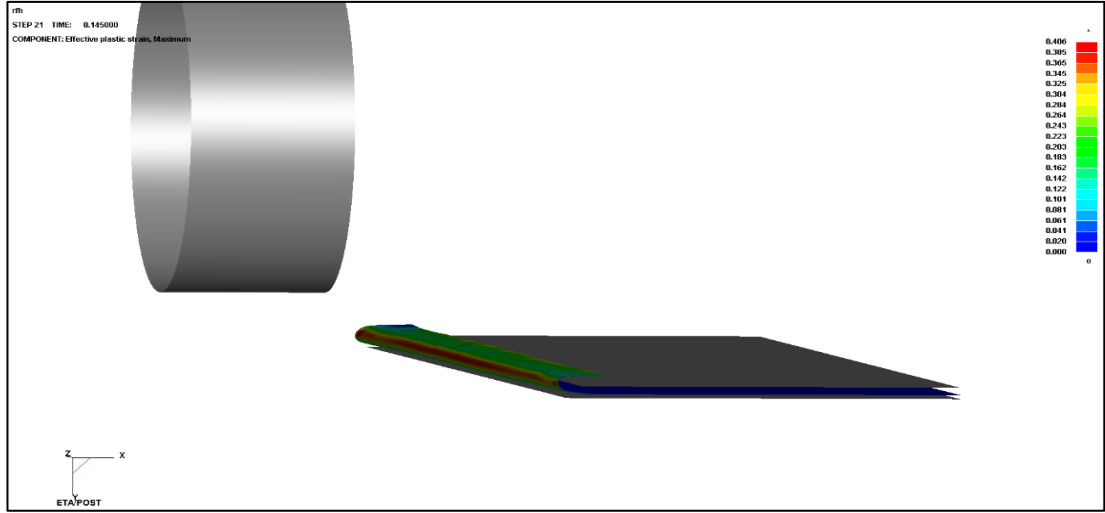


Şekil 2.86. X yönünde içe kaymalar: Makara çapı 45 mm, son katlama, DQSK malzeme

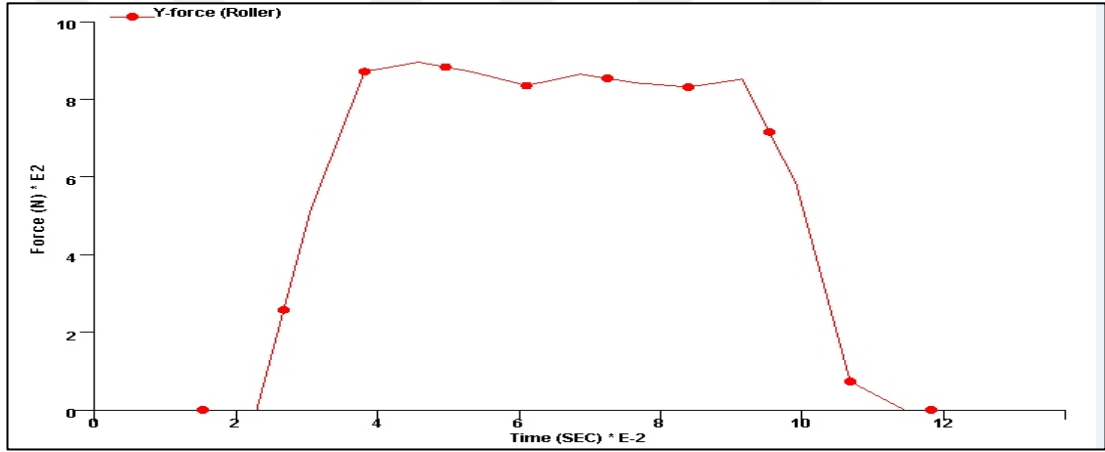


Şekil 2.87. Ortalama gerilimler: Makara çapı 45 mm, ön katlama, DQSK malzeme

Şekil 2.87 ve 2.88 sırası ile ortalama gerilimler ve plastik gerinim değişimlerini göstermektedir. Bu model analizi için maksimum ortalama gerilim değeri 259 Mpa, maksimum plastik gerinim değeri ise 0,406 mm değerine ulaşmıştır. Büküm bölgesinde kırmızı renkte görülen bölgeler en fazla deformasyona maruz olan kısımlardır.



Şekil 2.88. Plastik gerinimler: Makara çapı 45 mm, son katlama, DQSK malzeme



Şekil 2.89. Kuvvet değişimi: Makara çapı 45 mm, son katlama, DQSK malzeme

DynaForm programında yapılan analizler ile elde edilen yukarıdaki grafikler ile de görüleceği üzere her bir giriş parametresinin çıkış kuvveti üzerinde etkisi bulunmaktadır. Yukarıda iki malzeme AA611 ve DQSK çeliği için kuvvet sonuçları ve deformasyonu yansıtan grafikler verilmiştir. Grafiklerden de anlaşılacağı üzere AA6111 alaşımlı sacları katlama için gerekli kuvvet miktarı DQSK çeliği için gerekli kuvvet miktarından fazla olmaktadır. Ayrıca giriş parametre değerleri artırıldıkça kuvvet değerlerinin arttığı görülmektedir. Ön katlama kuvvet değerleri son katlama kuvvet değerlerine göre daha düşüktür.

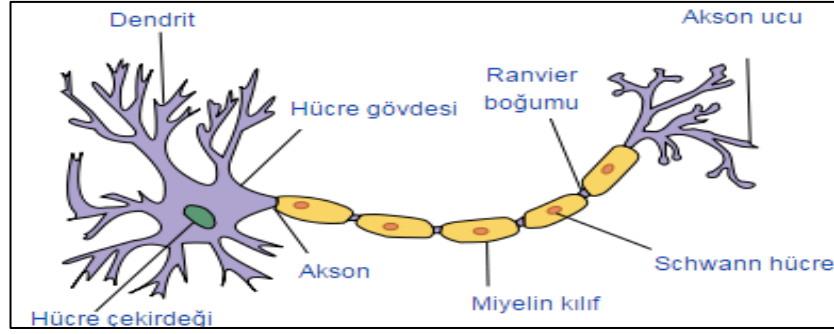
3. YAPAY SINİR AĞLARI

Yapay sinir ağı(YSA), insan beyninin bilgi işleme tekniğinden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işlem teknolojisidir. YSA ile basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şekli taklit edilir. Taklit edilen sinir hücreleri nöronlar içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. Diğer bir ifadeyle, YSA'lar, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretmektedir. Bir insanın, düşünme ve gözleme yeteneklerini gerektiren problemlere yönelik çözümler üretebilmesinin temel sebebi ise insan beyninin ve dolayısıyla insanın sahip olduğu yaşayarak veya deneyerek öğrenme yeteneğidir [24]. Bu bölümde, öncelikle yapay sinir ağlarının biyolojik kökeninden bahsedilecek ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemi anlatılacaktır.

3.1. Yapay Sinir Ağlarının Biyolojik Kökeni

İnsan beyni, düşünme, hatırlama ve problem çözme yeteneklerine sahip karmaşık bir sistemdir. Beyin fonksiyonlarının bilgisayarla taklit edilmesine yönelik girişimlerin başarısı henüz kısmi olmaktan öteye gidememiştir.

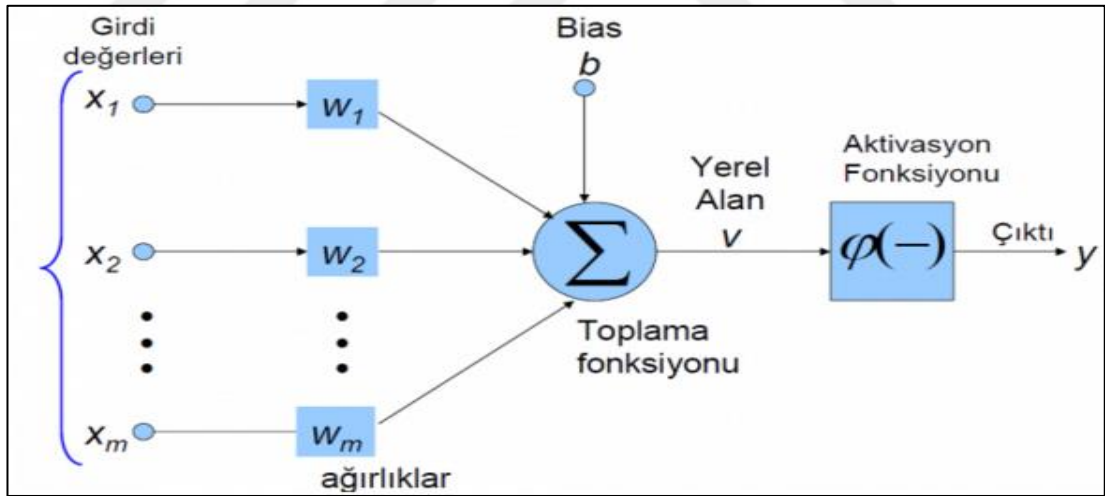
Bu karmaşık yapının temel birimi nörondur. Şekil 3.1'de gerçek sinir hücresinin şematik gösterimi verilmiştir. Nöron, dendritler aracılığıyla sinyalleri alır ve birleştirir. Bileşke sinyalin yeterince güçlü olduğu durumda nöron ateşleme yapar ve sinyal, terminalleri aracılığıyla diğer nöronların dendritleriyle bağlantılı olan akson boyunca yol alır. Akson boyunca yol alarak nörona ulaşan sinyaller, elektriksel yükü değişken hızlarda ileten sıvı ile dolu çok küçük boşluklardan geçerler. Bu boşluklar, sinaptik bağlantılar olarak anılır. Sinaptik bağlantının empedans veya kondüktans değerinin ayarlanması, bellek oluşumu ve öğrenmeyi sağladığından kritik önemdedir [25].



Şekil 3.1. Gerçek sinir hücresinin şematik gösterimi [24]

3.2. Yapay Sinir Hücresi

Sinir ağları birbirine paralel olarak çalışan basit elemanlardan oluşur. Gerçek bir sinir hücresinin birimlerine eşdeğer bileşenlerle modellenen yapay sinir hücresi Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Gövdenin giriş birimi olan bağlantıların her birinin kendine ait bir ağırlık çarpanı vardır. Ağırlık değeri pozitif veya negatif olabilir. Uygulanan sinyallerin ağırlık değeriyle çarpımları, iki kısımdan oluşan gövdenin ilk kısmında toplanır. Bu toplam, ikinci kısmı tanımlayan aktivasyon fonksiyonunun argümanı olur.



Şekil 3. 2. Yapay Sinir Hücresi [27]

3.3. Nöron Modelleri

Nöronlar, yapay sinir ağlarının bilgi işleyen yapısal elemanlarıdır. Bir nöronun yapısında üç temel yapıtaşı bulunur:

Sinaps adı verilen bağlantılar: Her sinapsın kendine ait w_{ij} ile gösterilen bir ağırlık çarpanı vardır. Bu ifadede i ile söz konusu nöron, j ile sinapsın giriş uygulanan ucu tanımlanmaktadır. Ağırlık çarpanı pozitif değerli olabileceği gibi negatif değerli de olabilir [24 - 28].

Toplayıcı: Uygun ağırlıkların uygulanmış olduğu giriş sinyallerini toplamak için kullanılır [24 - 28].

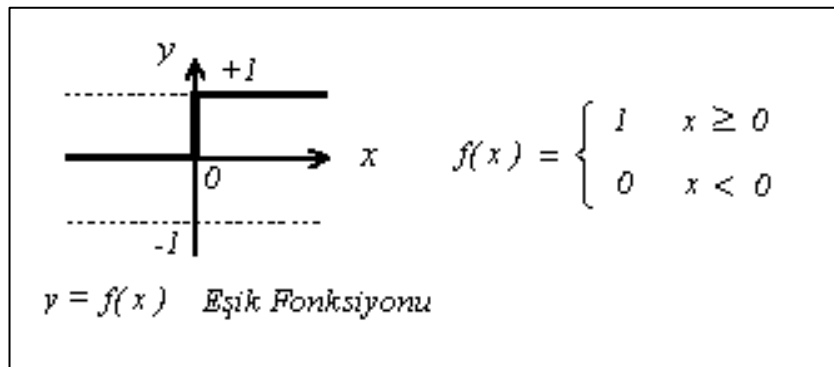
Aktivasyon fonksiyonu: Nöronun çıkışının genliğini kısıtlamak için kullanılır. Genelde bir nöronun normalize edilmiş genliği $[0,1]$ veya $[-1,1]$ kapalı aralığında ifade edilir [28].

3.4. Aktivasyon Fonksiyonu Çeşitleri

$arg = I_j + b_j$ tanımlaması kullanılarak bir nöron için aktivasyon fonksiyonu $\Phi(arg)$ ifadesiyle gösterilir. Aktivasyon fonksiyonunun üç temel tipi takip eden alt başlıklarda verilmiştir.

3.4.1. Eşik fonksiyonu

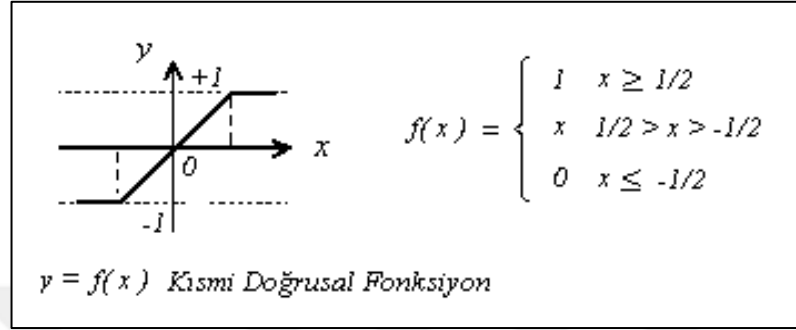
Eşik fonksiyonu kullanılarak yapılmış bir nöron literatürde McCulloch-Pitts modeli olarak adlandırılır. Fonksiyonun grafiği Şekil 3.3'te gösterilmiştir [29].



Şekil 3.3. Eşik Fonksiyonu

3.4.2. Kısmi doğrusal fonksiyon

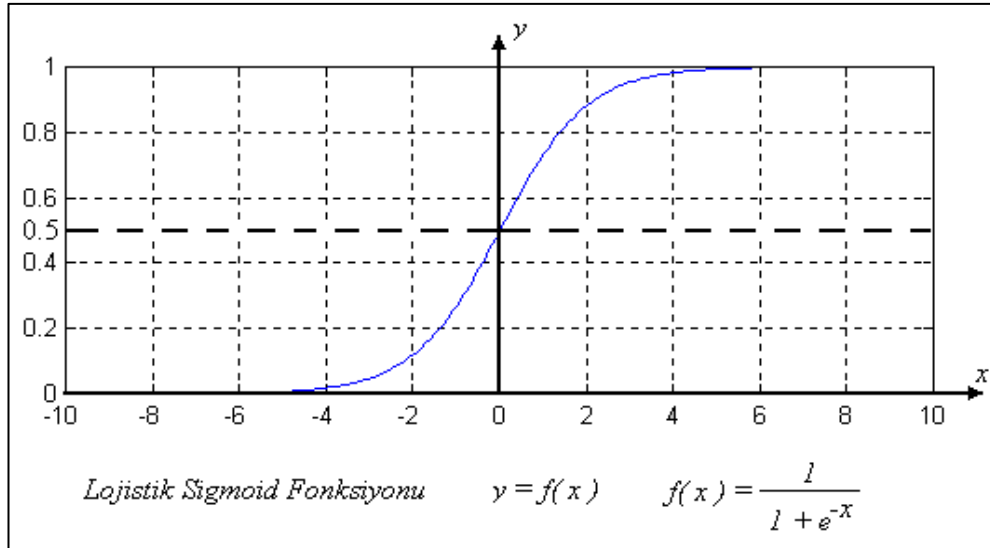
Doğrusal olmayan bir genlik artımı sağlayan bu aktivasyon fonksiyonu Şekil 3.4'te gösterilmiştir. Eğer doğrusal bölgedeki genlik arttırıcı katsayı yeterince büyük alınırsa parçalı doğrusal fonksiyon eşik fonksiyonuna dönüşür [29].



Şekil 3.4. Kısmi Doğrusal Fonksiyon

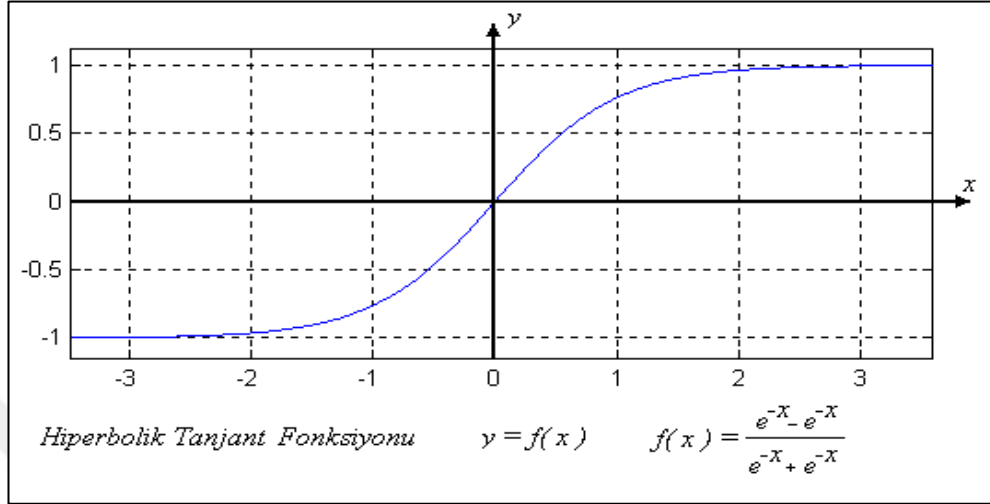
3.4.3. Sigmoid fonksiyonu

Yapay sinir ağları oluşturulurken en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonudur. Doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlar arasında denge sağlayan sürekli artan bir fonksiyon olarak tanımlanır. Sigmoid fonksiyona bir örnek lojistik fonksiyondur ve Şekil 3.5'de gösterilmiştir [24-30].



Şekil 3.5. Lojistik Sigmoid Fonksiyonu

Görüleceği üzere sigmoid fonksiyonunun türevi alınabilirken eşik fonksiyonunun türevi alınmaz. Hiperbolik tanjant fonksiyonu da sigmoid fonksiyon örneğidir ve Şekil 3.6’da görülebilir.



Şekil 3.6. Hiperbolik tanjant fonksiyonu

3.5. Yapay Sinir Ağı

Yapay Sinir Ağı, öngörülen sayıda yapay sinir hücresinin, veri işlemek amacıyla belirli bir mimaride yapılandırılması ile şekillenir. Bu yapı, genellikle, numaralandırılmış birkaç katmandan oluşur. İlk katman, çoğunlukla numaralandırılmayan, giriş katmanıdır. Bu katmanın numaralandırılmaya katılmayışının sebebi, giriş katmanındaki elemanların ağırlık çarpanları ve aktivasyon fonksiyonlarının olmaması sebebiyle veri girişinden başka bir işlem yapmamalarıdır. Çıkış katmanı da son katmandır. Tercihe bağlı olarak farklı sayıda olabilen diğer ara katmanların ortak adı gizli katmandır [26].

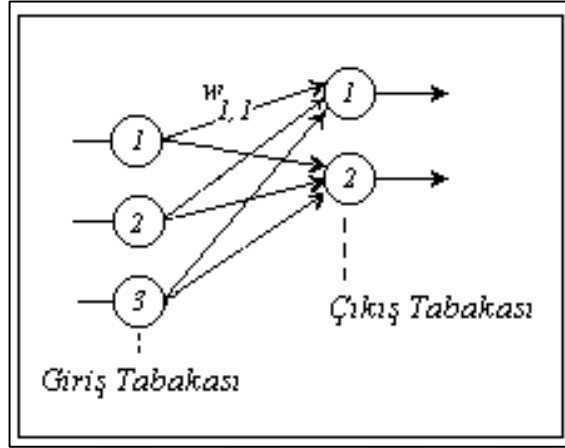
3.5.1. Ağ yapıları

Ağ yapıları tek katmanlı ileri beslemeli, çok katmanlı ileri beslemeli ve döngülü yapay sinir ağları olmak üzere üç temel başlıkta toplanabilir.

3.5.1.1. Tek katmanlı-ileri beslemeli sinir ağları (FF)

Tek katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı en basit ağ yapısıdır. Bir giriş katmanı ve bir çıkış katmanı vardır. Örnek yapısı Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Bu tip bir ağda bilgi

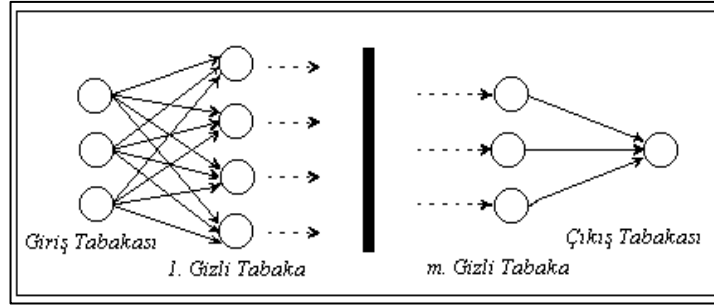
girişten çıkışa doğru ilerler yani ağ ileri beslemedir. Tek katmanlı olarak isimlendirilmesinin sebebi, giriş katmanının veri üzerinde hiçbir işlem yapmadan veriyi çıkış katmanına iletmesidir [24 - 29].



Şekil 3.7. Tek katmanlı yapay sinir ağı

3.5.1.2. Çok katmanlı-ileri beslemeli sinir ağları (FF)

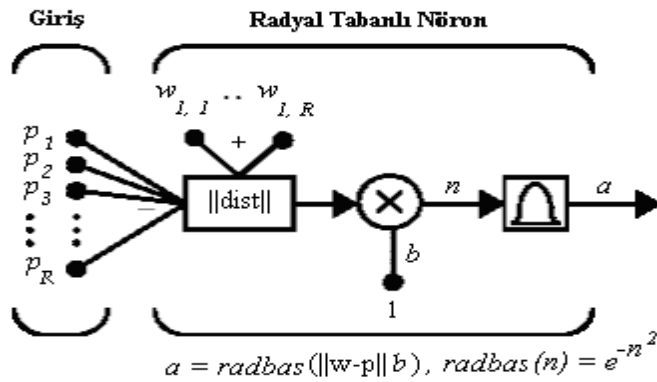
Bu tip yapay sinir ağlarının özelliği, Şekil 3.8’de da görüleceği üzere bir veya daha fazla gizli katman içermesidir. Gizli katmanların amacı giriş ve çıkış katmanları arasında gerekli bir takım işlemler yapmaktır. Giriş katmanı geniş olduğu zaman gizli katmanlar sayesinde yüksek dereceli istatistiksel veri elde edilebilir. Çok katmanlı yapılarda (n). katmanın çıkış sinyalleri (n+1). katmanın giriş sinyalleri olarak kullanılır. m adet giriş düğümü, ilk gizli katmanında h_1 adet nöron, ikinci gizli katmanında h_2 adet nöron ve çıkış katmanında q adet nöron bulunan bir çok katmanlı ileri besleme ağı $m-h_1-h_2-q$ ağı olarak adlandırılır. Eğer her katmanda bulunan nöronlar bir sonraki katmanın tüm nöronlarına bağlı ise bu tip ağa tam bağlantılı ağ denir. Eğer bu sinaptik bağlantılardan bazıları eksikse ağ, kısmi bağlantılı ağ adını alır [28].



Şekil 3.8. Çok katmanlı yapay sinir ağı

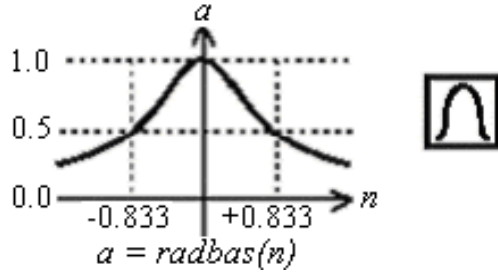
3.5.1.3. Radyal tabanlı sinir ağları (RTF)

Radyal tabanlı ağlar, duyarlı almaç bölgelerinin olduğu giriş tabakası, radyal tabanlı nöronları, Şekil 3.9, içeren gizli tabaka ve çoğunlukla doğrusal aktivasyon fonksiyonlu nöronlardan ibaret çıkış tabakasından oluşur. Radyal tabanlı ağlar, geri yayılım algoritmalı ileri beslemeli ağlardan daha fazla nöron kullanımına ihtiyaç duyabilirse de eğitim süresi çok daha kısadır. Yoğun eğitim verisiyle daha iyi sonuçlar verir [26-30].



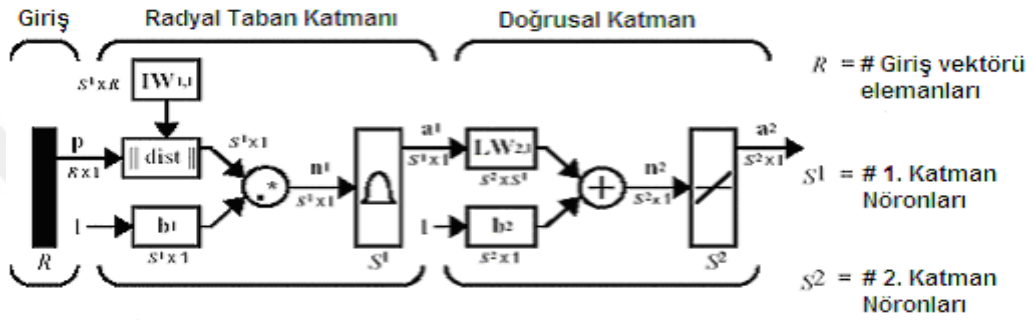
Şekil 3.9. Radyal tabanlı nöron

Radbas transfer fonksiyonunun net girişi, ağırlık vektörü, w , ile giriş vektörü, p 'nin vektörel uzaklığının bias terimi ile çarpımıdır. w ile p arasındaki uzaklık azaldıkça transfer fonksiyonunun çıkışı artar ve uzaklık sıfırken çıkış maksimum değeri 1'e ulaşır. w ile p arasındaki uzaklık arttıkça çıkış sifira gider [26 - 30].



Şekil 3.10. Radyal tabanlı fonksiyon

Radyal tabanlı bir ağın topolojisi Şekil 3.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Radyal tabanlı ağ topolojisi

3.5.1.4. Döngülü yapay sinir ağları (RNN)

Döngülü yapay sinir ağlarının ileri beslemeli ağlardan farkı en az bir adet geri besleme çevriminin olmasıdır.

Yukarıda verilen sınıflandırmada, bağlantıların simetrik veya asimetrik olması durumuna göre alt sınıflar ortaya çıkar. i nöronundan j nöronuna yönelik bir bağlantı varsa j 'den i 'ye yönelik bir bağlantı da vardır. Bu iki bağlantının ağırlıkları $w_{ij}=w_{ji}$ eşitse bağlantı simetriktir denir. Eşitsizlik durumunda, bağlantı asimetrik olur.

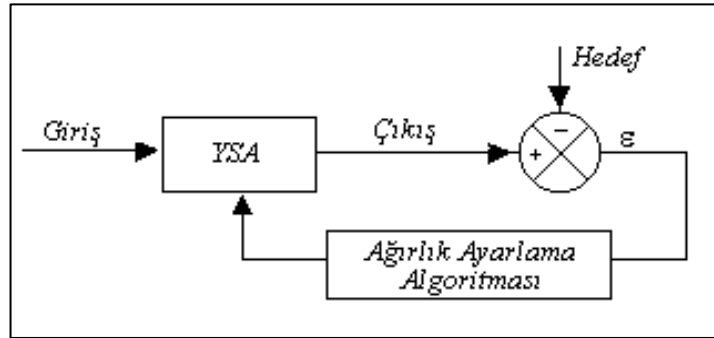
Farklı katmanlara ait nöronların bağlantısına, katmanlar arası(interlayer) bağlantı denir. Aynı katmandaki nöronların bağlantısına, katman içi(intralayer) bağlantı, komşu olmayan katmanlardaki nöronların bağlantısında katmanlar ötesi(supralayer) bağlantı denir. Bunlardan başka, bir nöron kendisiyle bağlantılı olabilir. Sıkça kullanılan bir terim olan tam-bağlantılılık, bir katmana ait tüm nöronların komşu katmandaki tüm nöronlarla bağlantılı olduğu durumu tanımlar [25-31].

3.5.2. YSA'da öğrenme ve hatırlama

YSA'nın gerçekleştirdiği iki temel fonksiyon, öğrenme ve hatırlamadır. Öğrenme, ağırlık değerlerinin, bir giriş vektörüne karşılık arzu edilen çıkış vektörünü sağlamak üzere uyarlanmasıdır. YSA'nın, belirli bir girişe, ağırlık değerlerine uygun bir çıkış üretmesi de hatırlama olarak tanımlanır.

Ağırlık değerlerini ayarlandığı öğrenme süreci denetimli, denetimsiz olabilir. Aralarındaki farkın kaynağı eğitim verisinin sınıflandırmasını yapan denetim mekanizmasının olup olmadığıdır. Bu durumda, denetimsiz öğrenme sürecinde öğrenmenin yanı sıra eğitim verisinin sınıflandırması da başarılması gereken bir başka görevdir [24-31].

Mühendislik uygulamalarının büyük çoğunluğu denetimli öğrenmeyi kullanır. Yapay sinir ağına, yapması istenilen göreve dayalı bir dizi örnek bilgi verilerek sinir ağı eğitilir. Burada amaç belirli bir giriş için hedef bir çıkış elde etmektir. Hedef çıkış, denetmen tarafından sağlanır. Elde edilen çıkışla hedef karşılaştırıldığı zaman hedefe ulaşılammışsa bağlantıların ağırlıkları benimsenen öğrenme yaklaşımına göre ayarlanarak işlem tekrarlanır. Blok diyagram olarak Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 12. YSA'nın eğitimi

3.5.3. Eğitim ve test verisi seçimi

Yapay sinir ağının eğitimi ve sınaması için toplanan veri sistemin düzgün çalışma uzayını kapsamalıdır. Örnek kayıtlarının çalışma uzayının sınırlarını belirlediği ve yapay sinir ağlarının yalnızca eğitildiği çalışma aralığı için güvenilir sonuç verebildiği, yani, ekstrapolasyon yeteneğinin güvenilemeyecek derecede kısıtlı olduğu unutulmamalıdır. Genel özelliklerin net olarak belirlenmesi için örnek kaydı koleksiyonunun geniş olması tercih edilir. Bu kayıtların bir kısmı eğitim aşamasında

kullanılırken bir kısmı sinama aşamasında ağın genelleştirme yeteneğinin teyidi amacıyla kullanılır. Sinamanın başarısızlığı durumunda, sinama amacıyla kullanılan kayıtların bir kısmı eğitim verisine katılarak eğitim ve sinama işlemleri kabul edilebilir bir performans kriterine kadar tekrarlanır [24-31].

Yapay sinir ağı eğitiminde karşılaşılan temel bir sorun ezberlemedir. Yapay sinir ağının eğitim sürecindeki hata seviyesi, test sürecindeki hata seviyesine göre bariz farklılıklar gösterdiği takdirde ezberleme sorunu ile karşılaşmış olur. Bu da tanımlanması istenen fonksiyonla ilişkiden ziyade eğitim verisindeki gürültü gibi tuhafıkların da öğrenildiği anlamına gelir. Ezberlemeyi azaltmak için yapılabilecekler, eğitimde kullanılan kayıt sayısını arttırarak gürültünün ortalamasının kendiliğinden düşmesini sağlamak, serbest parametre olan nöronların sayısını kullanılması gerekenin asgarisi ile sınırlamak ve eğitimi, ezberleme başlamadan kesmektir. Yöntem, çapraz değerlemeli eğitim olarak adlandırılır. Esası, eğitim sırasında ezberleme kontrolü yapmaya dayanır. Eğitim aşamasında biri eğitim, diğeri kontrol için olmak üzere iki veri grubu kullanılır. Her epokun sonunda her iki grup için hatanın RMS değeri hesaplanır ve kontrol kümesinin hatasında değişim olmadığı halde eğitim kümesinin hatasının azalmaya devam ettiği aşama tespit edilmeye çalışılır. Bu aşamada eğitim kesilir [24-31].

3.5.4. Geri yayılım algoritması (BP)

Uygun ağırlıkların bulunması için en sık kullanılan yöntem geri yayımdır. Geri yayılım algoritması, bir hedef fonksiyonu minimize etmek üzere tasarlanmış optimizasyon tekniğidir[30]. En sık kullanılan hedef fonksiyon hatanın karesidir. ε , hata terimini göstermek üzere, hata Denklem (3.1a) ve hedef fonksiyonun tanımlanmasında kullanılan hatanın karesi Denklem (3.2b) eşitliğiyle verilir.

$$\varepsilon = \varepsilon_q = [T_q - \Phi_{qk}(I)] \quad (3.1a)$$

$$\varepsilon^2 = \varepsilon_q^2 = [T_q - \Phi_{qk}(I)]^2 \quad (3.1b)$$

Yukarıda kullanılan gösterimde, k katman numarası, q nöron numarasını belirlemektedir. Delta kuralıyla ifade edildiği üzere, ağırlık değerindeki değişim, hatanın karesinin ağırlığa göre değişim oranıyla orantılıdır.

$$\Delta w_{pq,k} = -\eta_{p,q} \frac{\partial \mathcal{E}_q^2}{\partial w_{pq,k}} \quad (3.2a)$$

Kısmi türev, zincir kuralı kullanımıyla açılarak;

$$\Delta w_{pq,k} = -\eta_{p,q} \frac{\partial \mathcal{E}_q^2}{\partial \Phi_{q,k}(\mathbf{I})} \frac{\partial \Phi_{q,k}(\mathbf{I})}{\partial I_{q,k}} \frac{\partial I_{q,k}}{\partial w_{pq,k}} \quad (3.2b)$$

Denklem (3.2b) eşitliğinde,

$$\frac{\partial \mathcal{E}_q^2}{\partial \Phi_{q,k}(\mathbf{I})} = -2[T_q - \Phi_{q,k}(\mathbf{I})] \quad (3.3a)$$

$$\frac{\partial \Phi_{q,k}(\mathbf{I})}{\partial I_{q,k}} = \alpha \Phi_{q,k}(\mathbf{I}) [1 - \Phi_{q,k}(\mathbf{I})] \quad (3.3b)$$

$$I_{q,k} = \sum_{p=1}^n w_{pq,k} \Phi_{p,j}(\mathbf{I}) \quad (3.3c)$$

$$\frac{\partial I_{q,k}}{\partial w_{pq,k}} = \Phi_{p,j}(\mathbf{I}) \quad (3.3d)$$

Denklem (3.3) eşitlikleri Denklem (3.2b) eşitliğine yerleştirilirse;

$$\Delta w_{pq,k} = -\eta_{p,q} (-2\alpha) [T_q - \Phi_{q,k}(\mathbf{I})] \Phi_{q,k}(\mathbf{I}) [1 - \Phi_{q,k}(\mathbf{I})] \Phi_{p,j}(\mathbf{I}) \quad (3.4)$$

Esasen geri yayılacak hata terimi olan δ aynı zamanda kısa bir gösterim elde etmek için;

$$\delta_{pq,k} = (2\alpha) [T_q - \Phi_{q,k}(\mathbf{I})] \Phi_{q,k}(\mathbf{I}) [1 - \Phi_{q,k}(\mathbf{I})] \quad (3.5)$$

olarak tanımlanırsa;

$$\Delta w_{pq,k} = -\eta_{p,q} \frac{\partial \mathcal{E}_q^2}{\partial w_{pq,k}} = -\eta_{p,q} \delta_{pq,k} \Phi_{p,j}(\mathbf{I}) \quad (3.6)$$

N, iterasyon sayacı olmak üzere, (N+1). adım için ayarlanacak ağırlık değeri;

$$w_{pq,k}(N+1) = w_{pq,k}(N) - \eta_{p,q} \delta_{pq,k} \Phi_{p,j}(\mathbf{I}) \quad (3.7)$$

ile elde edilir.

Denklem (3.7) eşitliğinde tanımlanan işlem, uygun ağırlık değerlerine ulaşabilmek için çıkış katmanının tüm nöronlarına uygulanır. Hedef değerlere ulaşamamasının bir sebebi hatalı çıkış katmanı ağırlıklarıyken diğeri, gizli katmanın ürettiği hatalı çıkışlardır. Gizli katmanın ağırlıklarının ayarlanmasında kullanılan denklemler, hedef değer olmaksızın hesaplanması gereken hata terimi $\delta_{hp,j}$ haricinde aynıdır. $\delta_{hp,j}$, çıkış katmanında bağlantılı olduğu her nöronun hata terimine katkı yapan gizli katman nöronlarının her biri için ayrıca hesaplanmalıdır.

Hatanın ağırlıklara göre gradyanı başlangıç noktası alınıp zincir kuralıyla devam edilirse,

$$\Delta w_{hp,j} = -\eta_{h,p} \frac{\partial \varepsilon_q^2}{\partial w_{hp,j}} \quad (3.8a)$$

$$\Delta w_{hp,j} = -\eta_{h,p} \sum_{q=1}^r \frac{\partial \varepsilon_q^2}{\partial \Phi_{q,k}(\mathbf{I})} \frac{\partial \Phi_{q,k}(\mathbf{I})}{\partial I_{q,k}} \frac{\partial I_{q,k}}{\partial \Phi_{p,j}(\mathbf{I})} \frac{\partial \Phi_{p,j}(\mathbf{I})}{\partial I_{p,j}} \frac{\partial I_{p,j}}{\partial w_{hp,j}} \quad (3.8b)$$

Denklem (3.8b) eşitliğinin sağ tarafındaki terimleri ayrı ayrı ele alalım;

$$\frac{\partial \varepsilon_q^2}{\partial \Phi_{q,k}(\mathbf{I})} = (-2)[I_q - \Phi_{q,k}(\mathbf{I})] \quad (3.9a)$$

$$\frac{\partial \Phi_{q,k}(\mathbf{I})}{\partial I_{q,k}} = \alpha \Phi_{q,k}(\mathbf{I}) [1 - \Phi_{q,k}(\mathbf{I})] \quad (3.9b)$$

$$\frac{\partial I_{q,k}}{\partial \Phi_{p,j}(\mathbf{I})} = w_{pq,k} \quad (3.9c)$$

$$\frac{\partial \Phi_{p,j}(\mathbf{I})}{\partial I_{p,j}} = \alpha \Phi_{p,j}(\mathbf{I}) [1 - \Phi_{p,j}(\mathbf{I})] \quad (3.9d)$$

$$\frac{\partial I_{p,j}}{\partial w_{hp,j}} = x_h \quad (3.9e)$$

Denklem (3.9) eşitlikleri Denklem (3.8b) eşitliğinde yerlerine koyulursa,

$$\frac{\partial \varepsilon^2}{\partial w_{hp,j}} = \sum_{q=1}^r (-2) [T_q - \Phi_{q,k}(\mathbf{I})] \alpha \Phi_{q,k}(\mathbf{I}) [1 - \Phi_{q,k}(\mathbf{I})] w_{pq,k} \alpha \Phi_{p,j}(\mathbf{I}) [1 - \Phi_{p,j}(\mathbf{I})] x_h \quad (3.10a)$$

$$\frac{\partial \varepsilon^2}{\partial w_{hp,j}} = \sum_{q=1}^r \delta_{pq,k} w_{pq,k} \alpha \Phi_{p,j}(\mathbf{I}) [1 - \Phi_{p,j}(\mathbf{I})] x_h \quad (3.10b)$$

$$\delta_{hp,j} = \delta_{pq,k} w_{pq,k} \frac{\partial \Phi_{p,j}(\mathbf{I})}{\partial \mathbf{I}_{p,j}} \quad (3.11)$$

elde edilir.

Son adım olarak, gizli katman nöronunun (N+1). iterasyon için değeri Denklem (3.12) ile bulunur:

$$w_{hp,j}(N+1) = w_{hp,j}(N) - \eta_{hp} x_h \delta_{hp,j} \quad (3.12)$$

Tüm gizli katman nöronları için değişiklik yapıldıktan sonra yeni girişler uygulanır ve süreç yeniden başlar. Hedeflenen hata kriterine ulaşılan dek iterasyon devam eder. Hata kriterine ulaşıldığında eğitim tamamlanmış olur [24-31].

3.5.4.1. Geri yayımlı eğitimi etkileyen etmenler

Geri yayımlı eğitimin başarımını arttırmak için yapılabilecek bir takım düzenlemeler önerilmiştir.

Her bir nöron için bir bias elemanı ilave edilebilir. Aktivasyon fonksiyonunun apsisi kestiği noktayı öteleyerek nöronun eşik seviyesinde değişiklik etkisi yaratır. Genelde, eğitim hızını olumlu etkiler. Giriş elemanlarının biası (+1) olmak durumunda olmasına karşın diğer biaslar herhangi bir değer alabilir ve eğitilebilir [24-31].

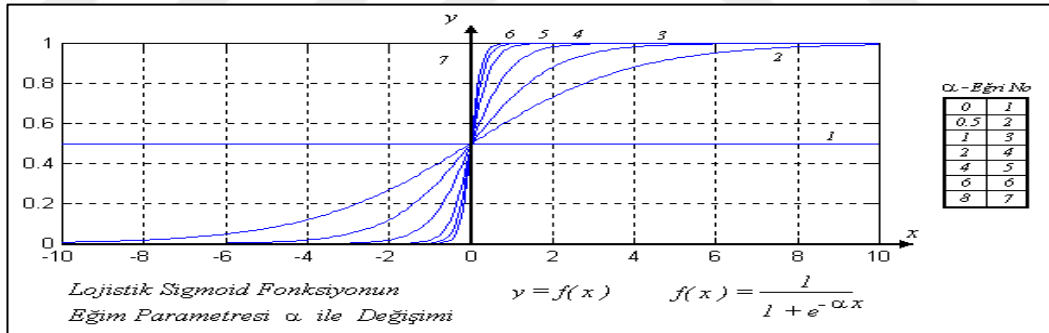
Hareketli bir cismin momentumunun etkisine benzer, eğitim sürecinin yönünün korunması sağlar. Bunun için, ağırlık ayarlaması sırasında, önceki ağırlık değişimiyle orantılı bir terim ilave edilir. μ , momentum terimi olmak üzere Denklem (3.13) elde edilir:

$$w_{pq,k}(N+1) = w_{pq,k}(N) - \eta_{p,q} \delta_{pq,k} \Phi_{p,j}(\mathbf{I}) + \mu \Delta w_{pq,k}(N) \quad (3.13)$$

Yerel minimumdan kurtulmayı sağlayabildiği için ilgi gören düzenlemelerdendir. Ancak, geri yayınının olamadığı gibi momentum ilavesi de her derde deva değildir [5].

Pozitif değerli olmak zorundaki öğrenme katsayısı 2'den büyük seçildiğinde YSA'nın kararsızlığına, 1'den büyük seçildiğinde de çözüme ulaşmaktansa salınım yapmasına sebep olur. Öğrenme katsayısı (η) için (0,1) uygun aralıktır. Bu aralıkta seçilen katsayının büyüklüğüyle, öğrenme adım aralığı orantılıdır. Eğitim verisinin değişim oranına uygun katsayı seçilmelidir. Uyarlanabilir öğrenme katsayısı kullanımı da başvurulabilecek yöntemlerdendir [24-30].

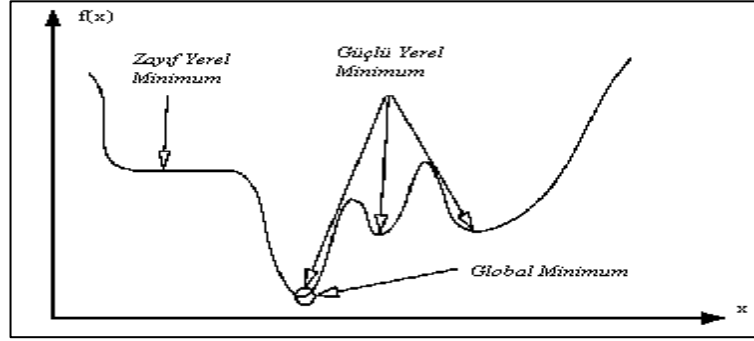
Sigmoid fonksiyonunun eğim parametresine (α) bağlı değişim Şekil 3.13'de gösterilmiştir. Artan ağırlık değerleri, nöronun, sigmoid fonksiyonun eğiminin(türevinin) çok küçük değerli bölgelerinde işlem yapmasına sebep olur. Geri yayımlanan hata terimi türevle orantılı olduğundan, düşük eğimde yeterli eğitim gerçekleşmez. Eğimin ayarlanması, eğitim süresini ve başarısını doğrudan etkiler [24-31].



Şekil 3.13. Lojistik sigmoid fonksiyonunun eğim parametresiyle değişimi

Geri yayınım algoritmasının sıkıntı yaratan yanı, yerel minimuma takılmasıdır. Algoritma, gradyan azaltma yöntemini kullandığı için hata yüzeyinin eğimi negatif olduğu sürece ağırlıkların minimuma ulaşmayı sağlayacak şekilde ayarlandığı kabul edilir. Hata yüzeyi, kolaylıkla düşülebilecek fakat kurtulmanın mümkün olmayabileceği tepe ve çukurları barındırabilir. Atanan ilk ağırlık değerleri, civarında, azalan gradyan yönünde arama yapılacak noktayı belirler. Rasgele seçilen ilk noktadan, global minimuma kadar olan mesafede yerel minimum problemini

yaratabilecek hata değerleriyle karşılaşmak muhtemeldir. Şekil 3.14 yerel minimumları göstermektedir [24-31].



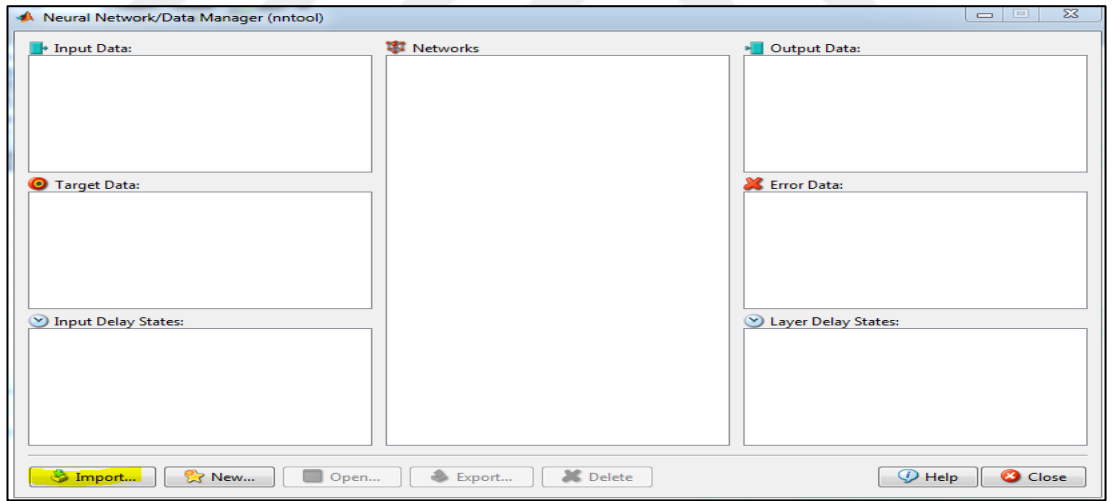
Şekil 3.14. Karşılaşılan minimum türleri

4. YSA YÖNTEMLERİ İLE ROBOTİK SAC KATLAMA İŞLEMİ KUVVET DEĞERLERİNİN TAHMİNİ

Bu tez çalışmasındaki temel amaç sonlu elemanlar analiz programı ile elde edilen kuvvet değerlerinin yapay sinir ağları yöntemleri kullanılarak elde edilmesidir. Bu bölümde sonuçlarımız YSA çok katmanlı ileri beslemeli geri (İBGY) yayılım algoritması ve radyal tabanlı fonksiyon (RTF) modeli kullanılarak tahmin edilecektir. Bu çalışmaların uygunluğu incelenecek ve ayrıca kuvvet değerlerinin regresyon analizi gerçekleştirilecektir.

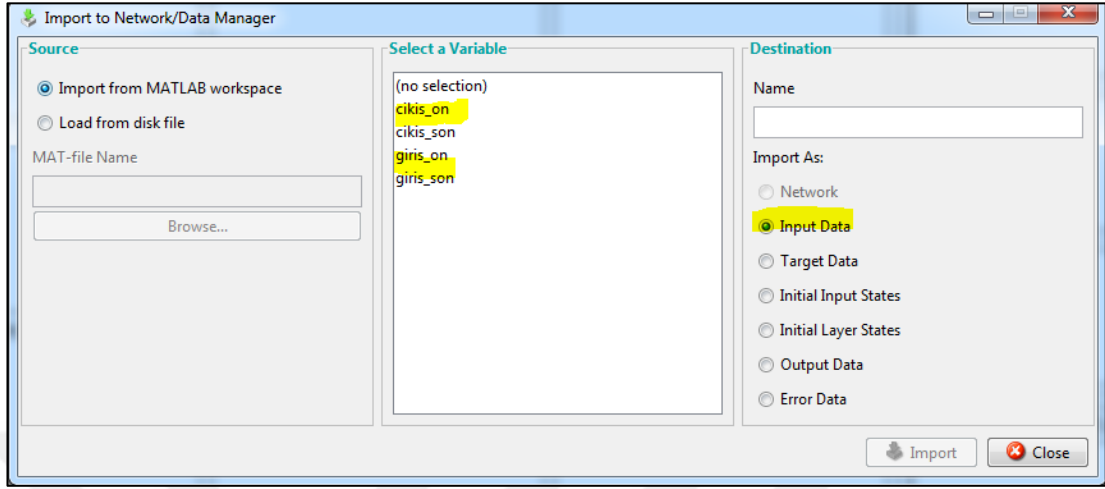
4.1. Matlab YSA Araç Kutusu

Matlab [10] yapay sinir ağları araç kutusunu açmak için matlab konsolda “nntool”[33] yazılır ve Şekil 4.1’de verilen yapay sinir ağları data yönetim araç kutusu ekrana gelir.



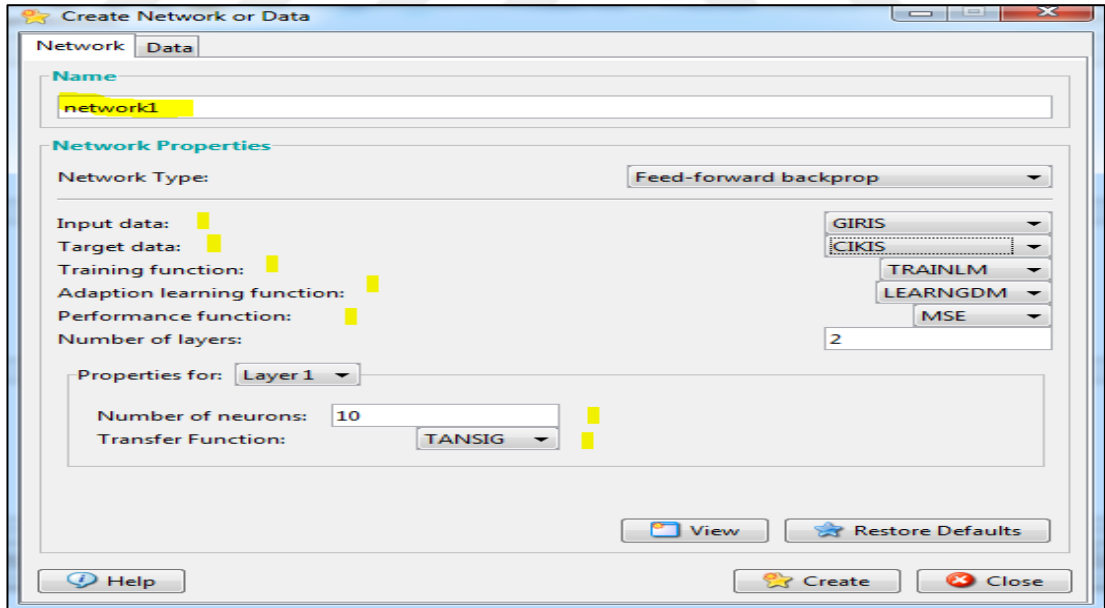
Şekil 4.1.YSA araç kutusunda data oluşturma

Daha sonra matlab çalışma uzayı bölgesine kaydedilen giriş ve çıkış dataları “import” tuşu ile adım adım Şekil 4.2’de görüleceği gibi içe aktarılır.



Şekil 4.2. YSA araç kutusu data ekleme ara yüzü

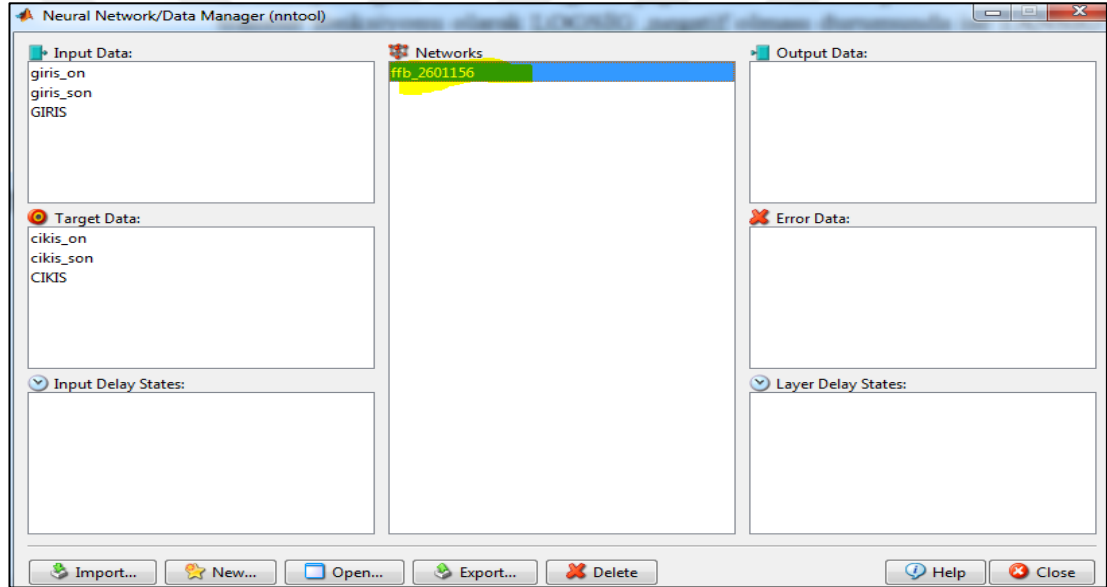
Sonraki adımda Şekil 4.2’deki arayüzde yeni tuşu ile yeni ağ oluşturulması için Şekil 4.3 ‘teki ekran açılır.



Şekil 4.3. YSA araç kutusu eğitim ağı oluşturma ara yüzü

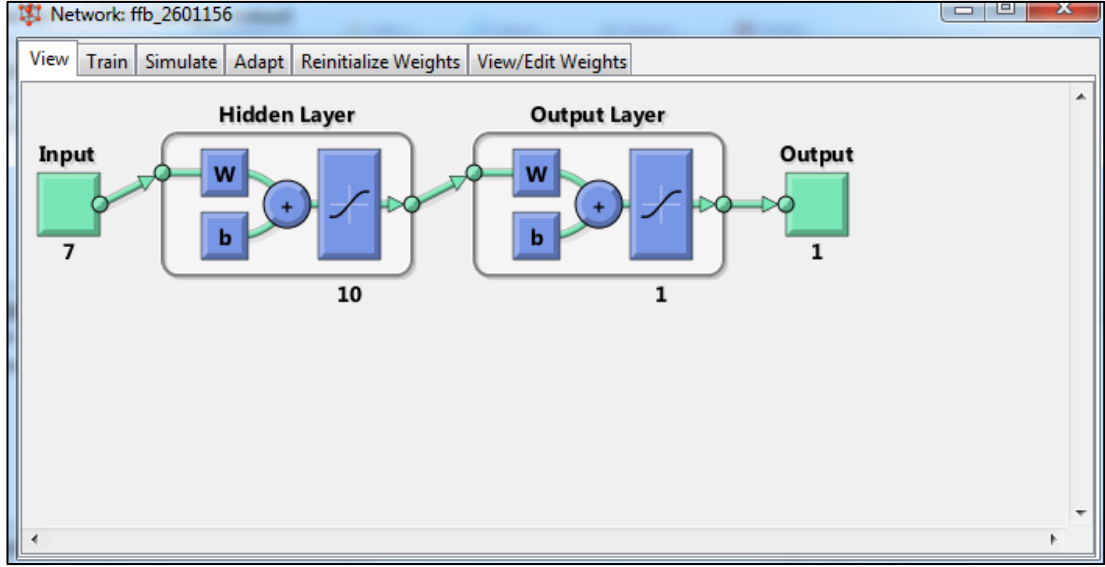
Bu adımda ilk olarak ağ adı tanımlanır. Daha sonra çalışmada kullanılacak ağ tipi seçilir. Bu seçenek genel olarak Şekil 4.3’te de görüldüğü gibi ağ tipi olarak ileri beslemeli geri yayılım algoritması seçeneği olarak tercih edilmektedir. Eğitim girdi ve çıktıları daha önce matlab uzayında tanımlanan GIRIS ve CIKIS dataları olarak seçilir.

Bizim çalışmamızda GIRIS 7X2160 , CIKIS ise 1X2160 matris olarak belirlenmiştir. Daha sonraki seçenekler olan eğitim fonksiyonu, öğrenim adaptasyon fonksiyonu ve performans fonksiyonu ağın ve çalışmanın ihtiyacına ve iyileştirilmesine göre değiştirilir. Yukarıda temel olarak seçilen seçenekler yer almaktadır. Katman sayısının bir eksiği kadar bir adet gizli katman ve bir adet çıktı katmanı vardır. Sonuçlar iyi çıkmaz ise katman sayısı artırılarak denemeler yapılabilir. Bu da formülasyonu daha karmaşık hale getirir. Aynı şekilde nöron sayısı da sonuçlara göre artırılarak eğitim yapılabilir. Verilerin pozitif olması durumunda transfer fonksiyonu olarak LOGSİG ,negatif olması durumunda ise TANSİG seçimi yapılmaktadır. Bu işlemlerin bitiminde tamam tuşu ile eğitim ağı oluşturulur. Ve Şekil 4.4'teki ekran açılır. Ağlar bölgesinde oluşturduğumuz eğitim ağı görülür.

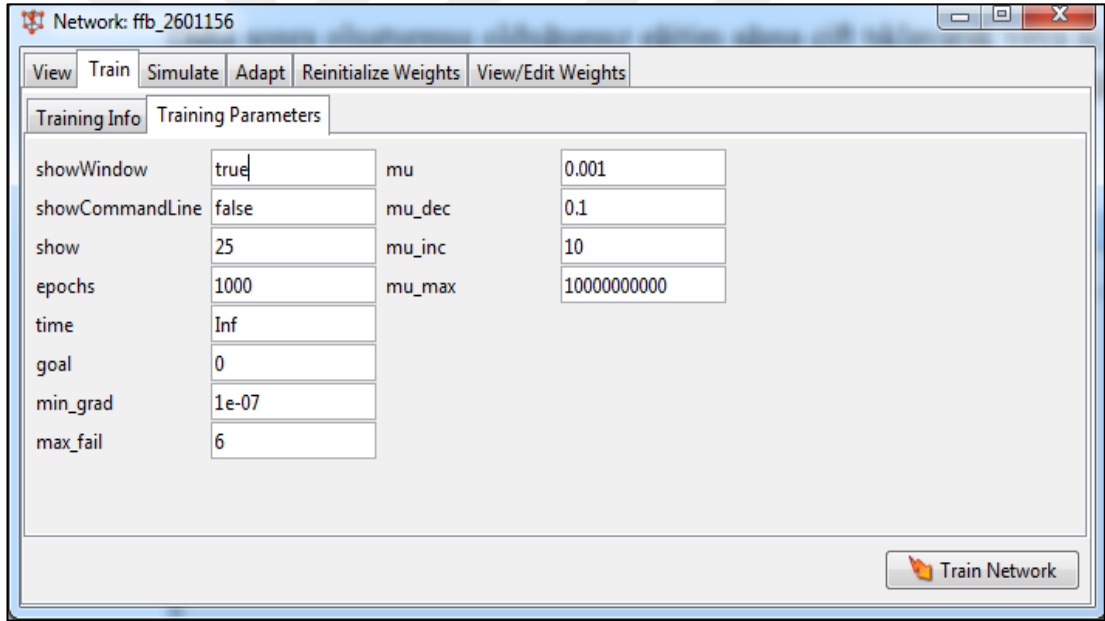


Şekil 4.4. YSA araç kutusu data yönetim ara yüzü

Daha sonra oluşturmuş olduğumuz eğitim ağına çift tıklayarak veya aç diyerek ağın içine girilir ve aşağıda eğitim giriş ve çıkışlarının belirlendiği ve eğitim parametrelerinin ayarlandığı ekran karşımıza gelir.

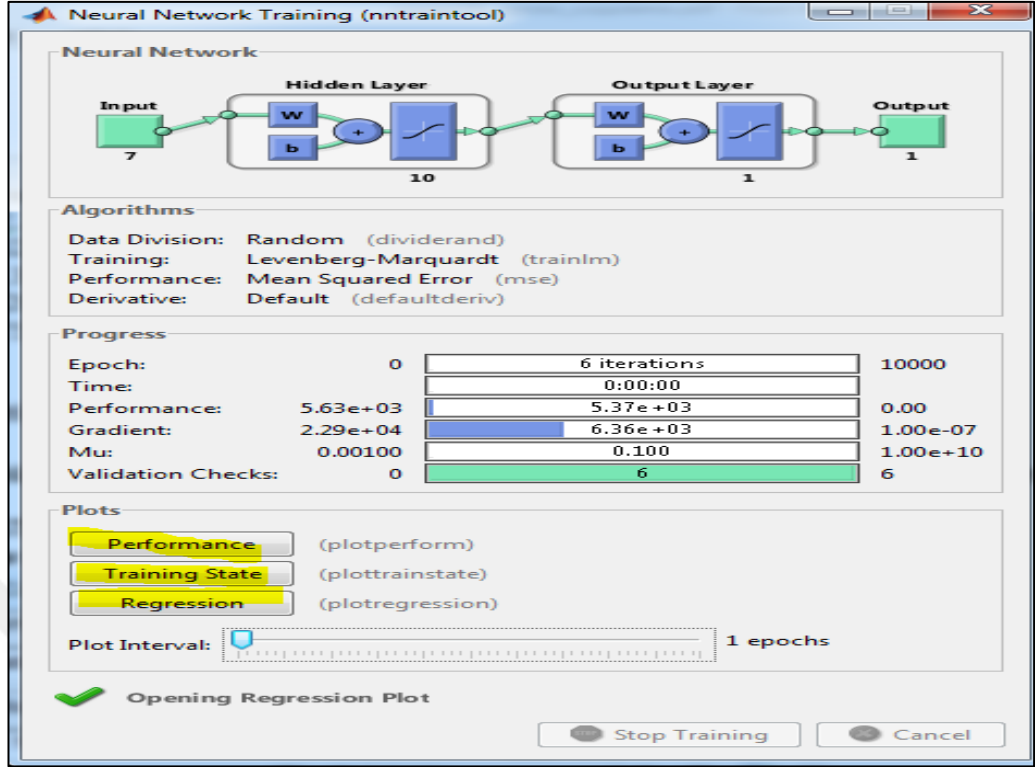


Şekil 4.5. YSA araç kutusu eğitim ağı modeli



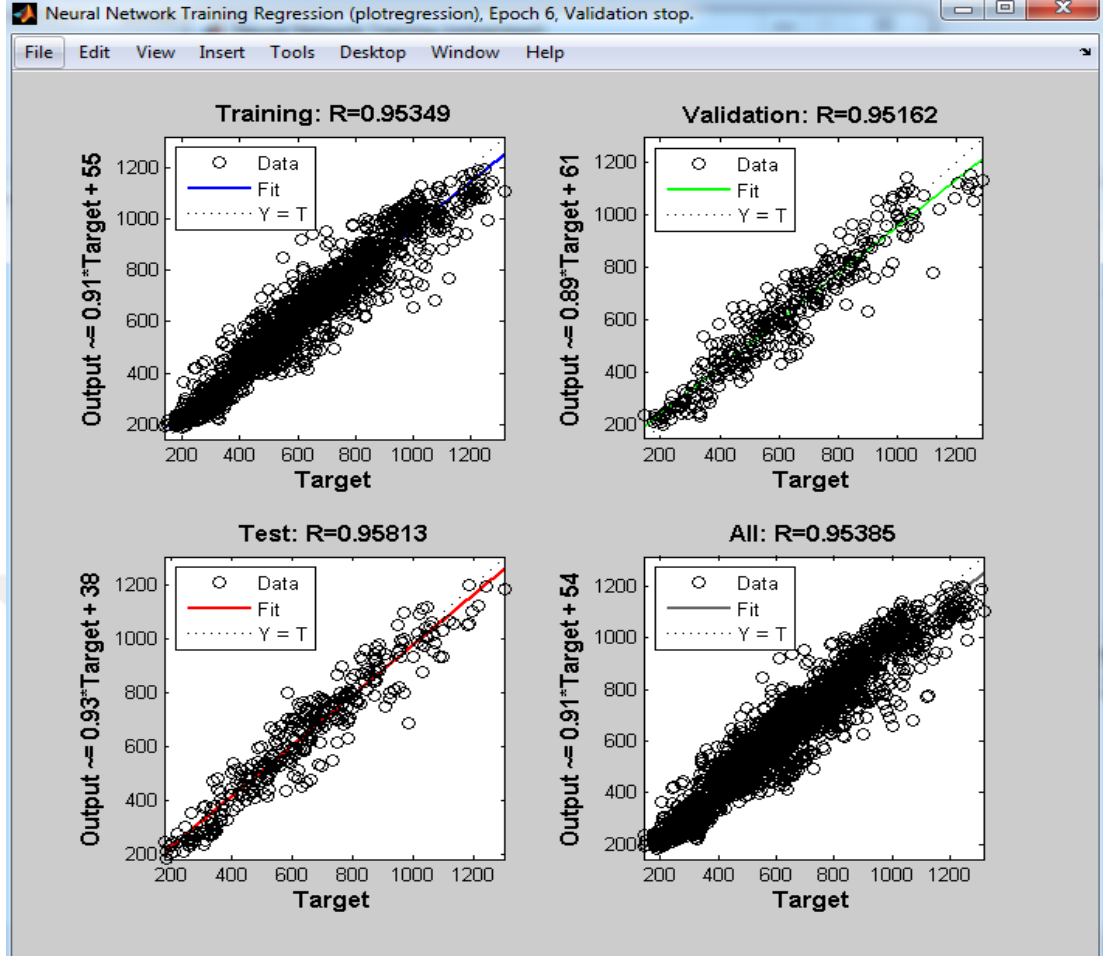
Şekil 4.6. YSA araç kutusu eğitim ağı ve eğitim parametre ara yüzü

Eğitim parametrelerinden “epochs” eğitim deneme tekrar sayısıdır. Veri sayısı çok ise bu değer artırılmalıdır. “min_grad” eğer eğitim sonunda hata değeri bu değere ulaşırsa eğitim durmaktadır. Bu parametreler eğitim değiştirilerek uygun çalışma değerleri elde edilebilir. Bu bölüm hazırlıktan sonra eğitim başlatılır.



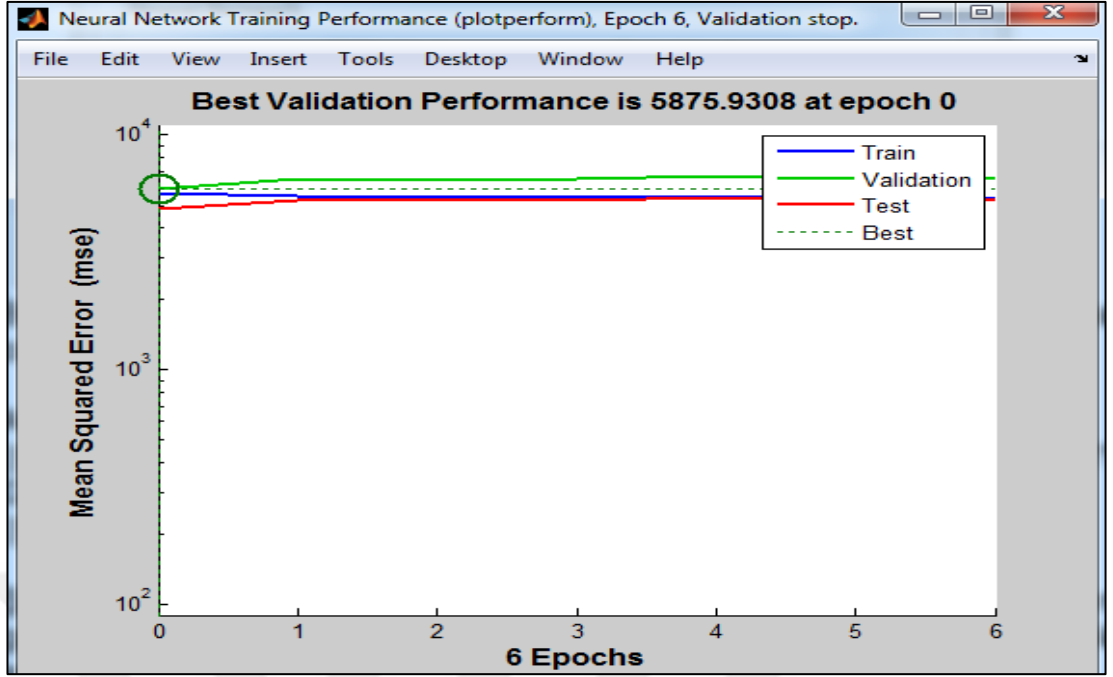
Şekil 4.7. YSA araç kutusu sinir ağı eğitimi sonuçları ara yüzü

Eğitim sonucunda Şekil 4.7'de görüldüğü gibi performans, eğitim durumu ve regresyon çıktıları oluşur. Bu çıktılar değerlendirilerek eğitimin durumu değerlendirilir. Eğitimin hata değerine göre eğitim parametreleri ve diğer verilere değiştirilerek uygun eğitim çalışması elde edilir.

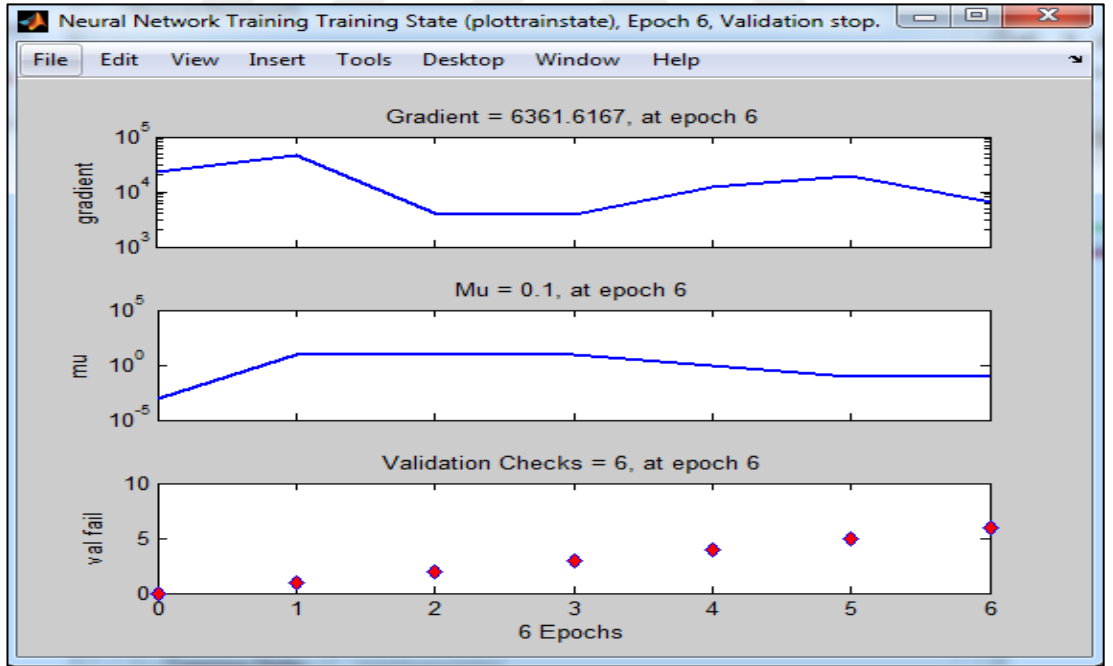


Şekil 4.8. YSA araç kutusu eğitim regresyon sonuç grafikleri

Sinir ağları eğitim regresyon sonuçlarında R değeri 1'e ne kadar yakın ise çalışma sonuçları o kadar iyidir.

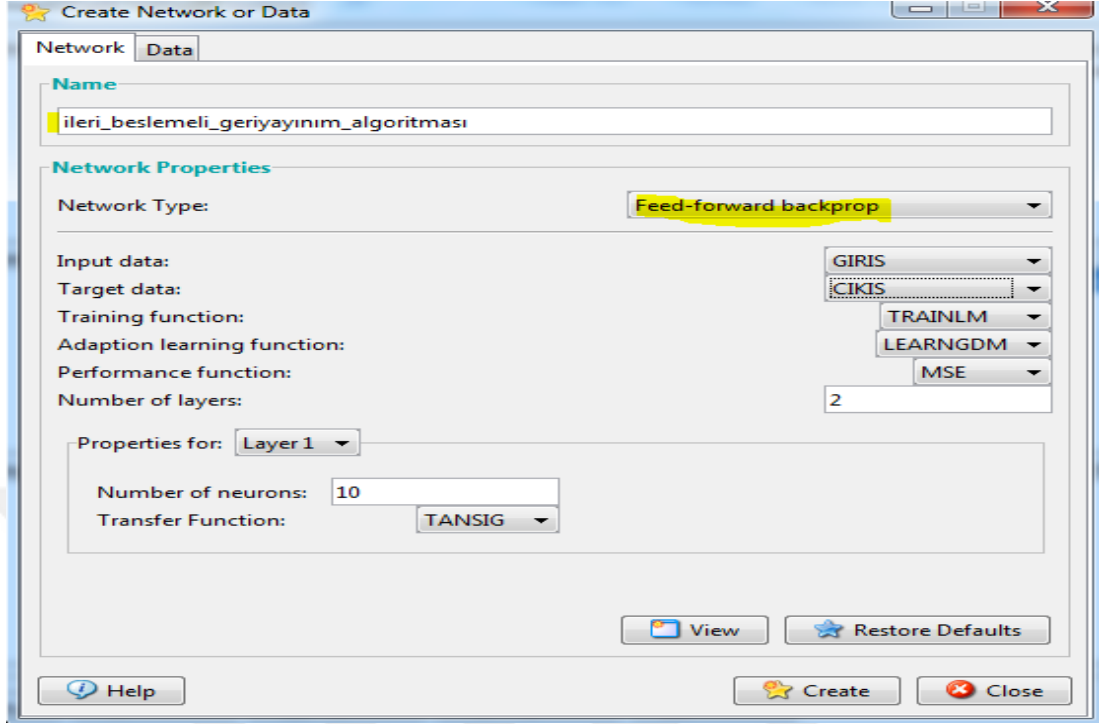


Şekil 4.9. YSA araç kutusu eğitim performans sonuç grafiği



Şekil 4.10. YSA araç kutusu eğitim durumu sonuç grafikleri

4.2. Matlab YSA Araç Kutusu İBGY Algoritması ile Çalışma

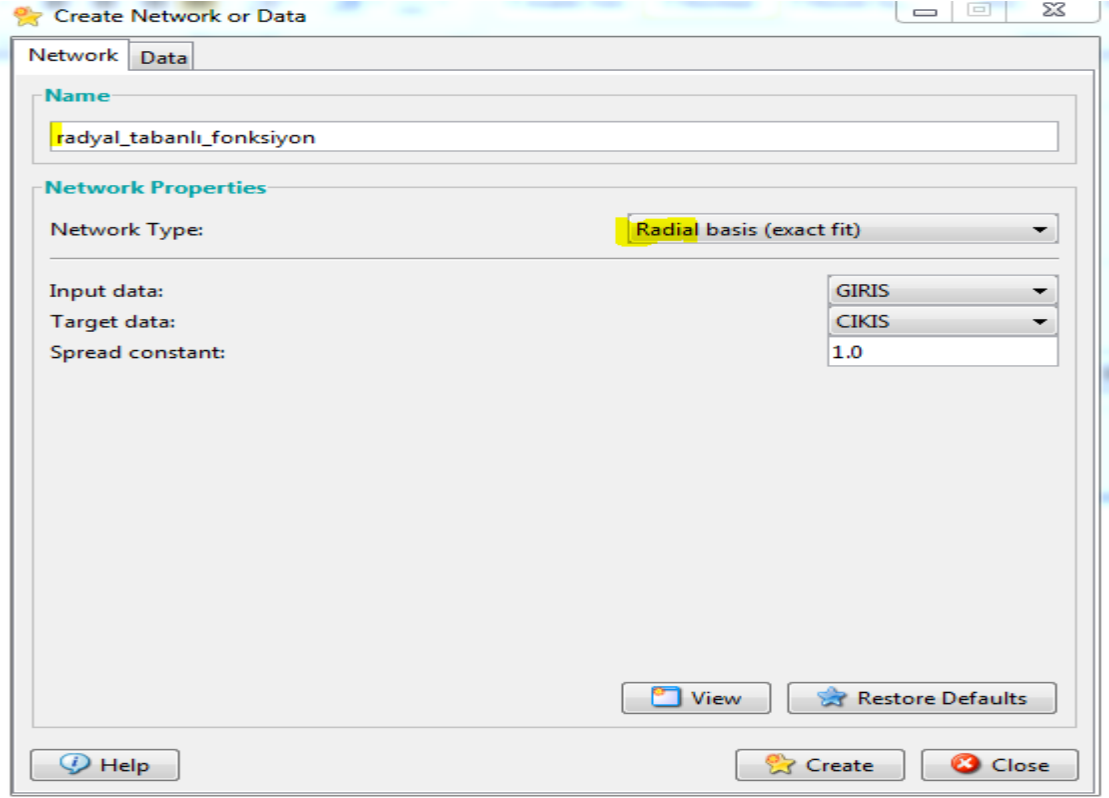


Şekil 4.11. YSA araç kutusu ileri beslemeli geri yayinım algoritması eğitim ağı oluşturulması

Bu çalışmada YSA araç kutusunda ağ modeli olarak ileri beslemeli geri yayinım algoritması seçilmiştir. Eğitim fonksiyonu olarak TRAINLM, adaptasyon öğrenme fonksiyonu olarak LEARNGDM, performans fonksiyonu olarak MSE seçilmiştir. Katman sayısı olarak 2, ve bu katmanlar için 10 nöronlu bir model oluşturulmuştur. Bu girdiler ile birlikte ağ modelinde transfer fonksiyonu olarak verilerin pozitif olması ile birlikte TANSIG fonksiyonu kullanılmıştır. Giriş için belirlenen GIRIS datası 7X2160 , çıkış için belirlenen CIKIS datası ise 1X2160 matrislerdir.

Eğitim sonucunda Şekil 4.11’de görüldüğü gibi performans, eğitim durumu ve regresyon çıktıları oluşur. Bu çıktılar değerlendirilerek eğitimin durumu değerlendirilir. Eğitimin hata değerine göre eğitim parametreleri ve diğer verilere değiştirilerek uygun eğitim çalışması elde edilir. Aşağıdaki grafikler eğitimin değerlendirilmesi için gerekli verileri içermektedir.

4.3. Matlab YSA Araç Kutusu RTF Modeli ile Çalışma

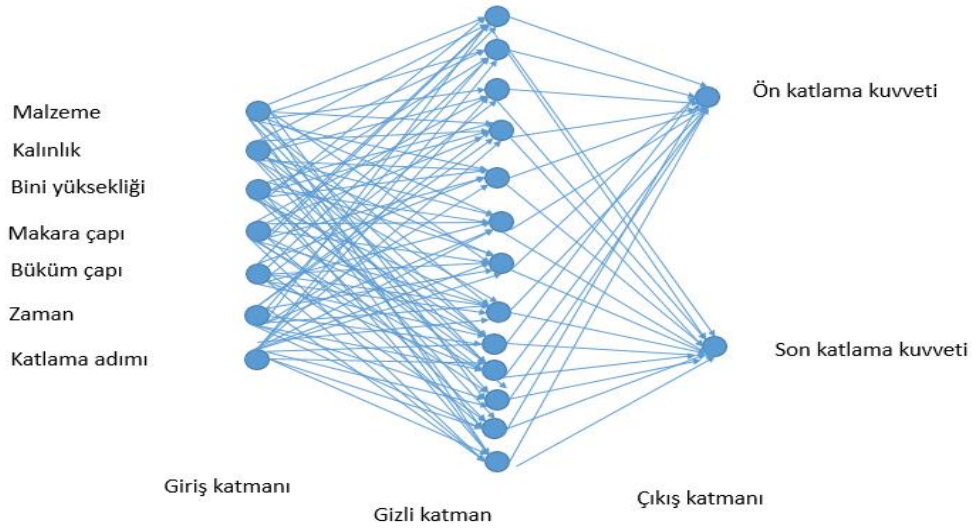


Şekil 4.12. YSA araç kutusu radyal tabanlı fonksiyon ile eğitim ağı oluşturulması

Bu çalışmada Şekil 4.12’de de görüldüğü üzere YSA modeli ağ tipi olarak radyal tabanlı fonksiyon ağ çeşidi kullanılmıştır. Giriş ve hedef dataları seçilip yayılım sabiti 1 seçilmiştir.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında DynaForm analiz programında modellenip Ls Dyna çözücülerini ile analiz edilen modellerden elde edilen analiz sonuçlarındaki kuvvet değerlerinin yapay sinir ağları yöntemlerinden İBGY algoritması ve RTF yardımı ile elde edilmesi üzerine çalışılmıştır. Bu çalışmada malzeme türü, sac kalınlığı , bini yüksekliği, makara çapı, sac dış çapı, adım ve zaman parametreleri YSA modelleri Çıkış olarak ise kuvvet değerleri elde edilmiştir. ne giriş olarak verilmiştir. Tez kapsamında iki farklı YSA modeli kullanılmıştır. Şekil 5.1’de kısaca tez kapsamında yapılan çalışmalar şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.1. YSA çalışma modeli

Tablo 5.1. YSA modeli ön ve son katlama giriş ve çıkış dataları

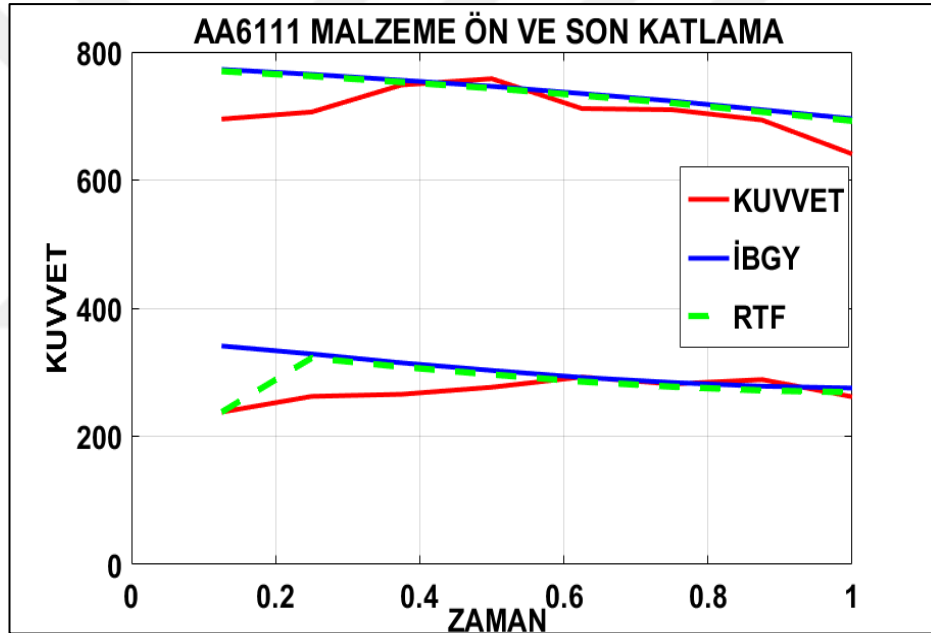
MALZEME KODU	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
KALINLIK	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
BİNİ YÜKSEKLİĞİ	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
MAKARA ÇAPI	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
DIŞ SAC YARIÇAP	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
ZAMAN	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00
ADIM1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
KUVVET1	237,72	262,27	265,58	276,57	292,57	281,63	288,50	261,74
İBGY1	341,06	328,5	314,6	302,785	291,87	284	278,2	275,3
RTF1	237,72	322,28	308,27	296,365	285,36	277,4	271,5	268,67
ADIM2	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
KUVVET2	695,15	706,16	748,44	758,16	711,55	709,81	693,65	640,66
İBGY2	772,65	764,99	755,76	746,308	734,97	723,4	709,7	695,75
RTF2	769,88	762,16	752,86	743,338	731,92	720,3	706,4	692,39

Tablo 5.1’de görüldüğü gibi sonlu elemanlar analiz yönteminde malzeme, sac kalınlığı, katlama bini yüksekliği, makara çapı, sac dış bükme yarı çapı ve zaman değişkeni giriş parametresi olarak dikkate alınmış, kuvvet ise çıkış parametresi olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda beş farklı malzeme için ön ve son katlama olarak 270 analiz gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde ön katlama kuvvet değerleri 200-800 N, son katlama kuvvet değerleri ise 400-1200 N arasında değişmektedir. Aynı şekilde giriş parametre bilgileri ile YSA yöntemleri kullanılarak her bir analiz için kuvvet değerleri tahmini gerçekleştirilmiştir. YSA yöntemleri İBGY ve RTF yöntemleri için malzeme ve tüm data bazında çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar için giriş ve çıkış matrisleri oluşturulmuştur.

Girişler belirlendikten sonra, hedef çıkış matrisi belirlenmiştir. Tüm datalar kapsamında 7×2160 'lık giriş matrisine karşılık, 1×2160 'lık hedef çıkış vektörü belirlenmiştir. Bu çalışmada ön ve son katlama analizleri bir arada ve sekiz saniyelik 270 tane analiz datası yer almaktadır. Yani 135 ön katlama 135 son katlama işlemine ait 270 tane analizin sekiz saniyelik kuvvet değerleri yer almaktadır. Malzeme bazında yapılan ve ön katlama son katlama ayrı ayrı yapılan çalışmalarda ise 5×216 'lık giriş matrisine karşılık, 1×216 'lık hedef çıkış vektörü belirlenmiştir.

5.1. Sonlu Elemanlar Yöntemi Kuvvet Değerleri ve YSA Yöntemleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

DynaForm sonlu elemanlar analiz programı ile hesaplanan kuvvet değerleri bu çalışmada Matlab YSA araç kutusu kullanılarak YSA yöntemleri İBGY yöntemi ve RTF algoritması modelleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Şekil 5.2’de sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen kuvvet değerleri ile İBGY ve RTF yöntemleri ile tahmin edilen kuvvet değerleri karşılaştırılması görülmektedir. Bu grafikteki veriler AA6111 malzemesi, 0,8 mm kalınlık, 7 mm bini yüksekliği, dış çap 1,6 mm, kullanılan makara çapı 90 mm ile bir saniye süresince sekiz noktada uygulanan ön ve son kuvvet değerleri için verilmiştir.



Şekil 5.2 AA611malzemesi robotik sac katlama ön ve son katlama kuvvet değerleri sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan, İBGY ve RTF algoritmaları ile tahmin edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması

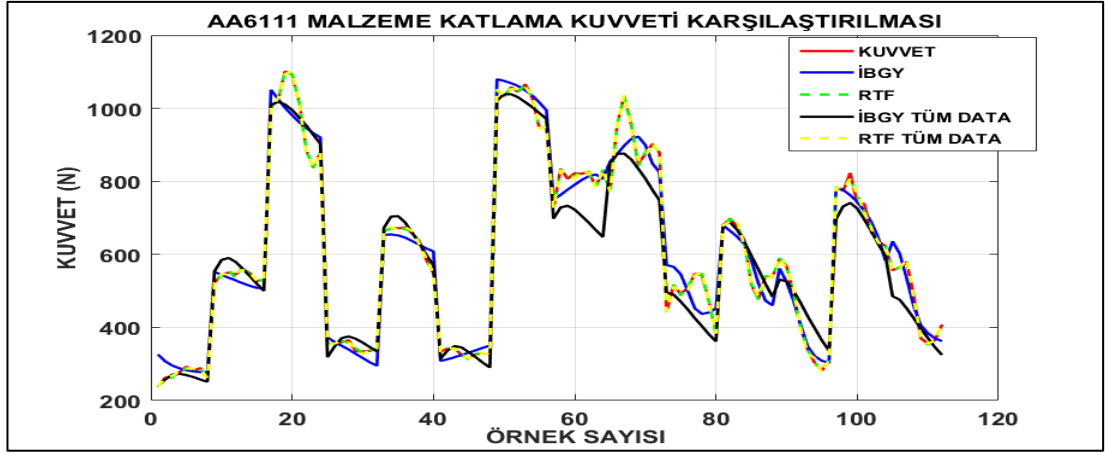
Şekil 5.2’de görüldüğü gibi sonlu elemanlar kuvvet değerleri kırmızı renkte, İBGY algoritması kuvvet değerleri mavi renkte ve RTF modeli kuvvet değerleri yeşil renkte verilmiştir. Grafiğin alt bölümünde ön katlama kuvvet değerleri 200 N ile 400 N arasında ve grafiğin üst bölümünde son katlama kuvvet değerleri 600 N ile 800 N arasında verilmekte ve ayrıca bu kuvvet değişimleri Tablo 5.2’de gösterilmektedir

Bu çalışmada yukarıda verilen AA6111 malzemesine ait kuvvet değerleridir. Bu çalışma kapsamında beş farklı malzeme analiz edilmiştir. Bu malzemeler için robotik

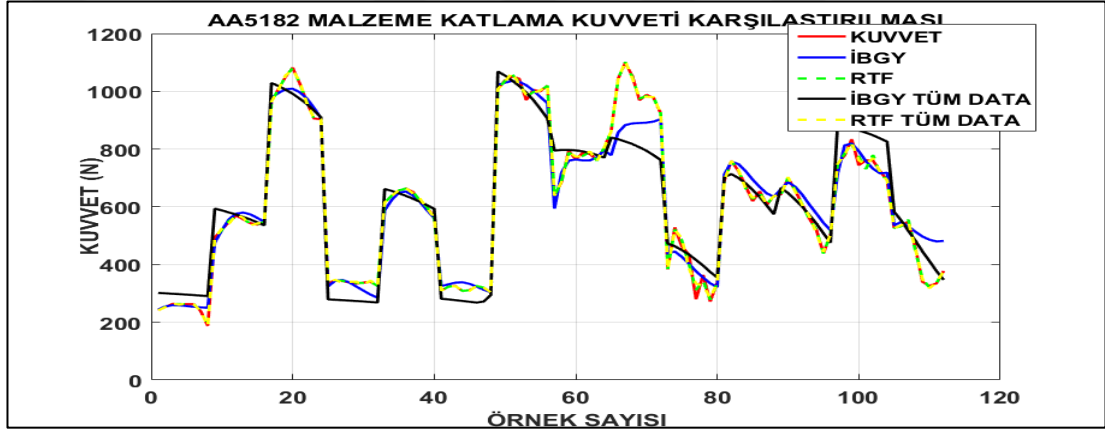
sac katlama kuvvet değerleri YSA metotları İBGY ve RTF algoritmaları ile malzeme bazında ve tüm datalar bazında tahmin edilmiştir. YSA eğitimleri için dataların %75'i eğitim ve %25'i test için kullanılmıştır. Bu çalışma sonuçlarının karşılaştırılmasında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen kuvvet değerleri ve YSA yöntemleri ile tahmin edilen kuvvet değerleri Şekil 5.3., 5.4., 5.5., 5.6. ve 5.7.'de gösterilmiştir. Kırmızı renkte verilen kuvvetler sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan değerler, mavi renkte gösterilen değerler İBGY algoritması ile tahmin edilen malzeme bazında kuvvet değerleri, RTF algoritması ile tahmin edilen malzeme bazında kuvvet değerleri, siyah renk ile gösterilen değerler İBGY algoritması ile tüm data bazında tahmin edilen kuvvet değerleri ve sarı renkte gösterilen değerler RTF algoritması ile tahmin edilen tüm data bazındaki kuvvet değerleridir. Bu grafiklerde görüldüğü gibi bir saniye süresince sekiz nokta için uygulanan kuvvet değerleri zamana göre 112 örnek için verilmektedir ve ayrıca MSE ortalama karasel hata oranları hesaplanıp bu sonuçlar için Tablo 5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.2. YSA yöntemleri İBGY VE RTF ile tahmin edilen AA6111 malzemesi Ön ve Son katlama kuvvet değerleri

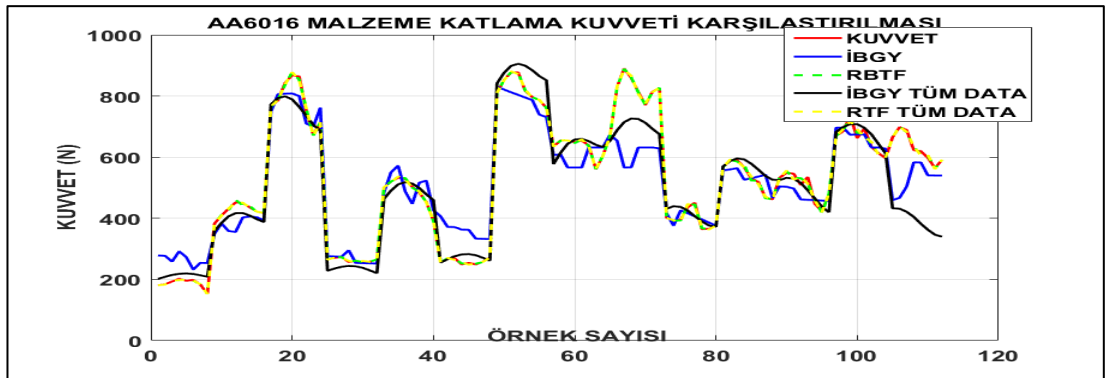
Zaman(sn)	0,13	0,25	0,38	0,5	0,63	0,75	0,88	1
İBGY1								
Kuvvet	224,02636	230,886867	237,9664	243,004	244,58	240,34	230,20688	220,3476
Ön (N)								
İBGY2								
Kuvvet	739,3812	769,891673	793,5165	800,7331	786,83	757,15	724,91095	711,2436
Son (N)								
RTF1								
Kuvvet	237,75798	265,415336	266,955	275,9298	290,47	281,04	288,16593	261,8578
Ön (N)								
RTF2								
Kuvvet	695,01993	706,920417	746,1462	761,841	707,88	712,1	692,87613	640,7806
Son (N)								



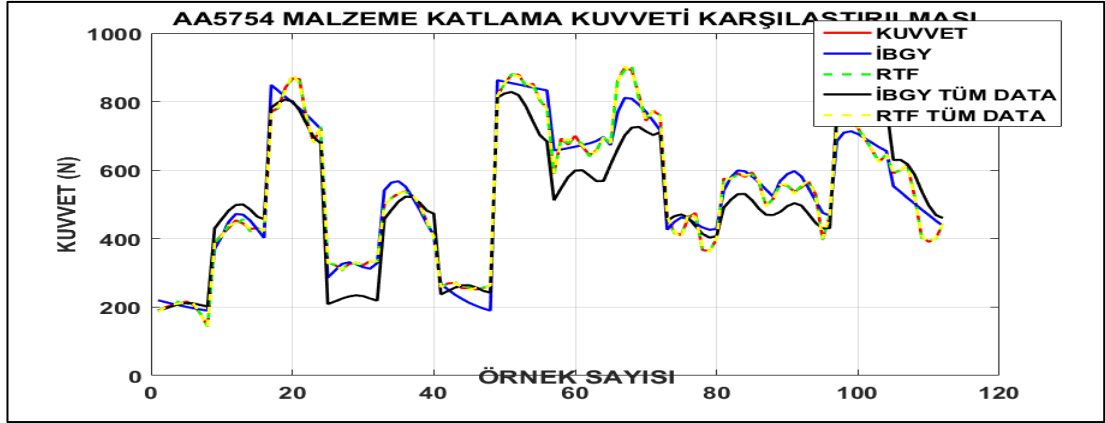
Şekil 5.3. AA6111 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



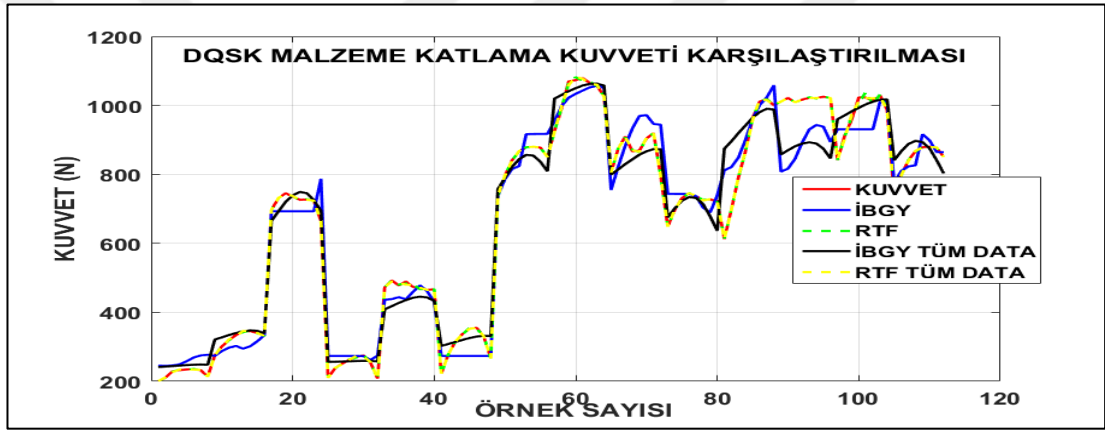
Şekil 5.4. AA5182 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.5 AA6016 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.6. AA5754 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması

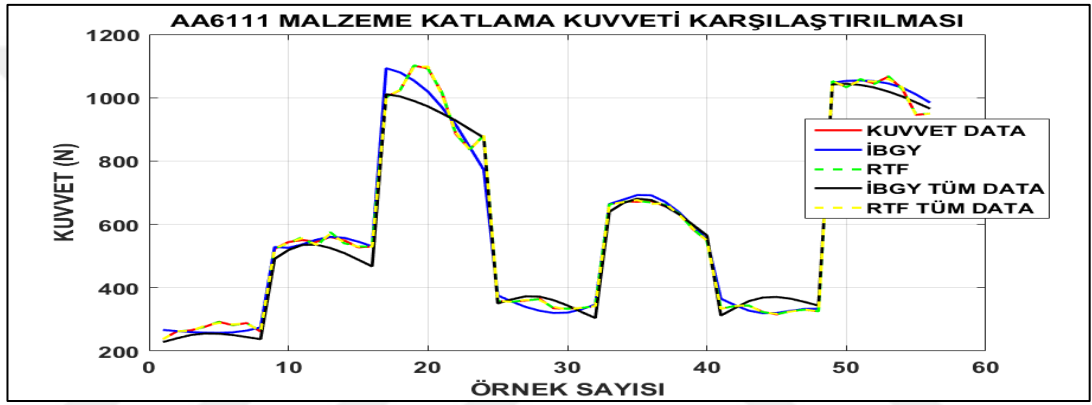


Şekil 5.7. DQSK çelik malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen kuvvet değerlerinin karşılaştırılması

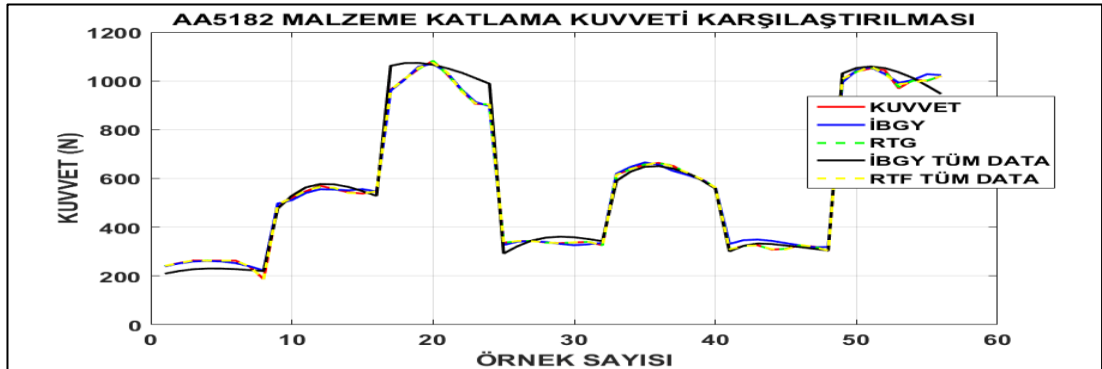
Tablo 5.3. Ön ve Son Katlama İBGY VE RTF yöntemleri MSE değerleri

MSE DEĞERLERİ					
Malzemeler	AA6111	AA5182	AA6016	AA5754	DQSK
İBGY	18,46415213	26,02780691	32,42781069	14,14622441	34,46689806
İBGY_ALL	29,40731586	52,61950116	45,04970446	46,20652123	35,30643892
RTF	0,20095198	0,549444087	0,286958467	0,155678836	0,101242903
RTF_ALL	0,358439608	0,903234895	0,467306062	0,178009218	0,102365677

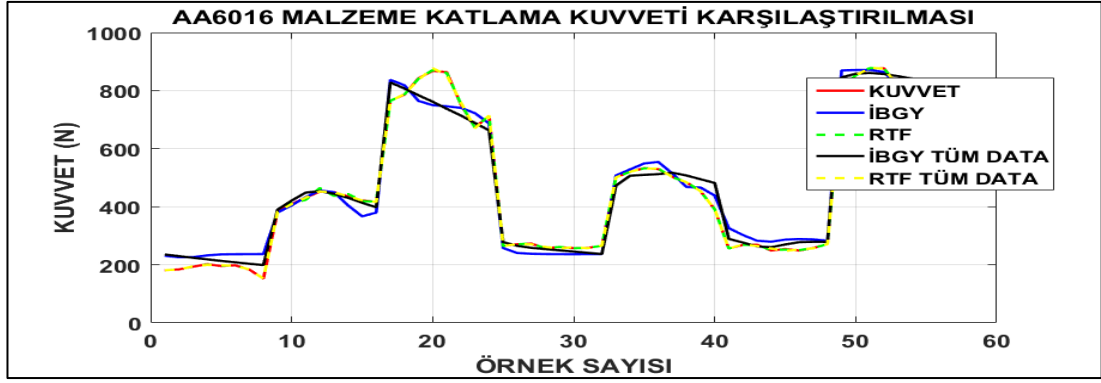
Yukarıda görüldüğü gibi analiz kuvvet sonuçları YSA yöntemleri ile malzeme ve tüm veriler bazında tahmin edilmiştir. Bu sonuçlara ek olarak ayrıca bu kuvvet değerleri ayrı ayrı şekilde ön katlama ve son katlama için malzeme ve tüm veriler bazında tahmin edilmiştir. Her bir malzemeye ait ön katlama kuvvet değerleri ayrı ayrı olarak Şekil 5.8., 5.9., 5.10., 5.11. ve 5.12.’de ve son katlama kuvvet değerleri ayrı ayrı olarak ise Şekil 5.13., 5.14., 5.15., 5.16. ve 5.17.’ de gösterilmektedir. Bu grafiklerde görüldüğü gibi bir saniye süresince sekiz nokta için uygulanan kuvvet değerleri zamana göre 56 örnek için verilmektedir ve ayrıca MSE ortalama karasel hata oranları hesaplanıp bu sonuçlar için Tablo 5.4 ve 5.5’te verilmiştir.



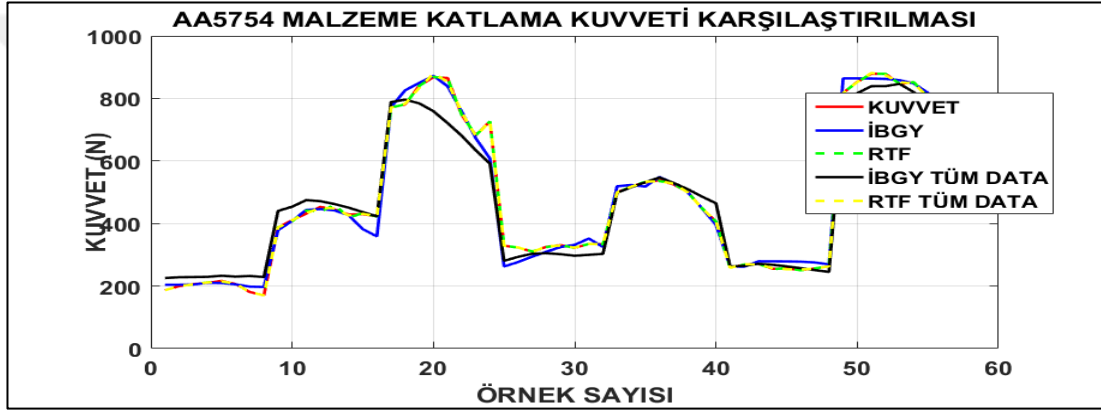
Şekil 5.8. AA6111 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen ön katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



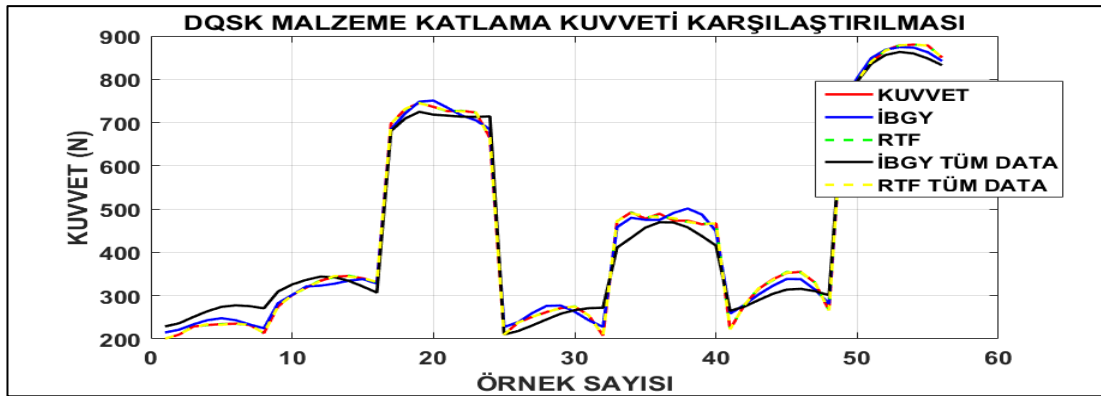
Şekil 5.9. AA5182 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen ön katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



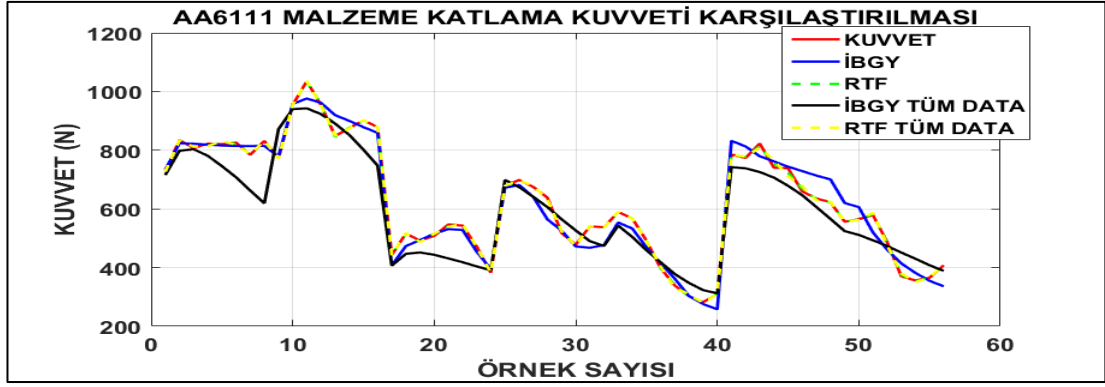
Şekil 5.10. AA6016 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen ön katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



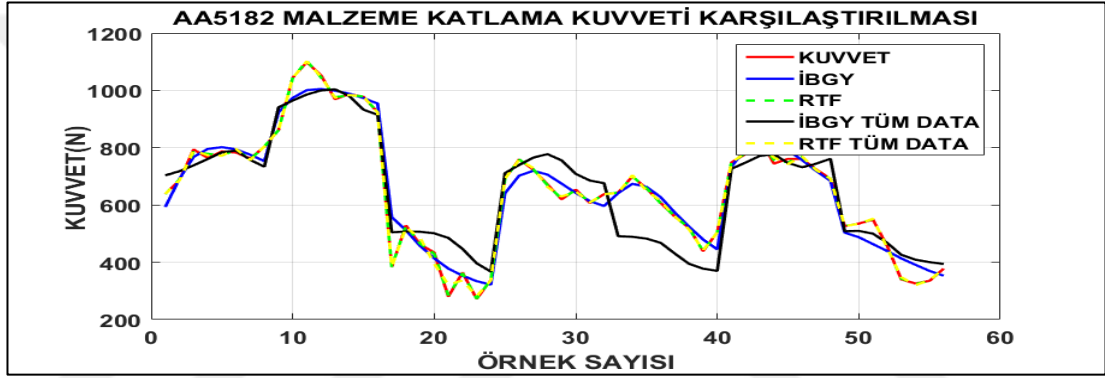
Şekil 5.11. AA5754 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen ön katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.12. DQSK çelik malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen ön katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



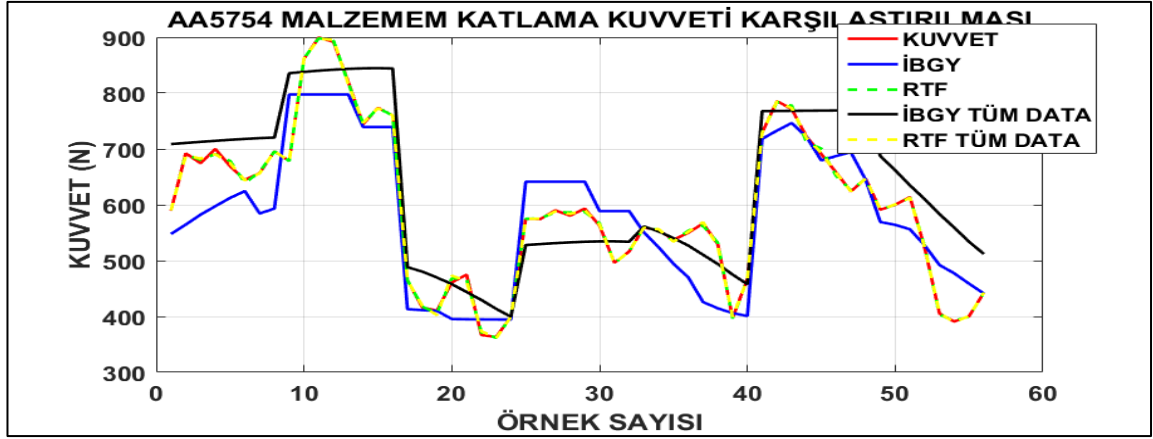
Şekil 5.13. AA6111 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen son katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



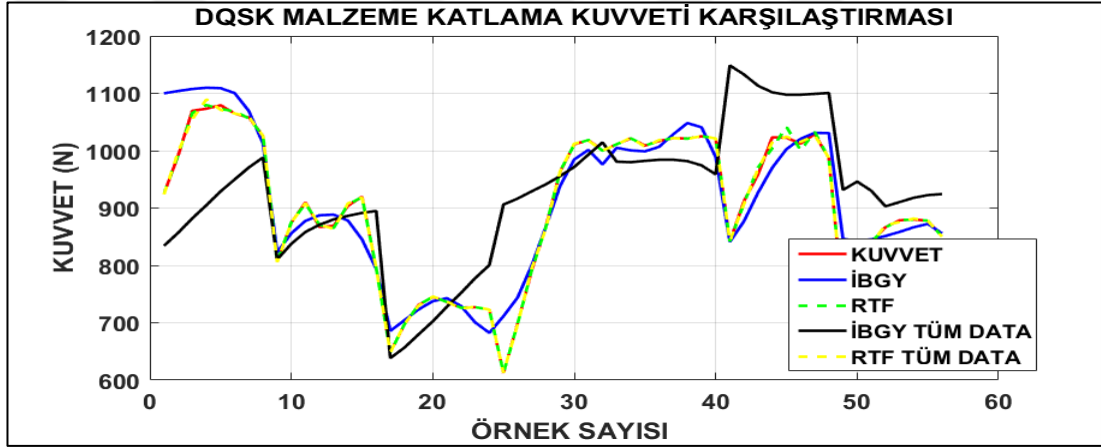
Şekil 5.14. AA5182 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen son katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 5.15. AA6016 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen son katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.16. AA5754 AA6111 malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen son katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.17. DQSK çelik malzeme ve tüm data bazında sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen, İBGY yöntemi elde edilen ve RTF model ile elde edilen son katlama kuvvet değerlerinin karşılaştırılması

Tablo 5.4. Ön Katlama İBGY VE RTF yöntemleri MSE değerleri

MSE DEĞERLERİ					
Malzemeler	AA6111	AA5182	AA6016	AA5754	DQSK
İBGY	16,1088	2,791443	24,71462	12,66605	3,163036
İBGY_ALL	21,42737	20,74833	29,69173	32,09078	14,99774
RTF	0,231304	0,047038	0,167349	0,186664	0,027009
RTF_ALL	0,258195	0,361876	0,168469	0,23347	0,062332

Tablo 5.5 Son Katlama İBGY VE RTF yöntemleri MSE değerleri

MSE DEĞERLERİ					
Malzemeler	AA6111	AA5182	AA6016	AA5754	DQSK
İBGY	25,72039	39,56969	18,08207	68,10788	31,79752
İBGY_ALL	62,23978	123,8375	166,8454	70,2838	194,8161
RTF	0,389924	0,435298	0,830573	0,242124	0,307793
RTF_ALL	1,017724	2,223563	1,980893	0,274275	0,387812



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Robotik sac katlama uygulamalarında sacın katlanması için gerekli kuvvet değerlerinin bir model ile elde edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kuvvet değerleri sacın katlanması için büyük önem taşımaktadır. Bu değerlerin uygulama öncesinde elde edilebilmesi, işlem sırasındaki zaman ve malzeme kaybını önleme açısından çok önemlidir. Bu kuvvet değişimlerinin gerçek uygulama öncesinde elde edilmesi amacı ile sonlu elemanlar yönteminde bir model analiz edilerek deformasyon ve kuvvet sonuçları elde edilebilmektedir. Fakat bu analizlerin her biri kullanılan bilgisayar özellikleri ve modelin karmaşıklığına bağlı olarak çok uzun süreler almaktadır.

Bu çalışma kapsamında beş farklı malzemeye ait modelin, robotik sac katlama işlemi giriş parametreleri göz önünde bulundurularak sonlu elemanlar analizleri çalışmaları ile bir saniye boyunca geometri üzerinde sekiz nokta uygulanan kuvvet değer değişimleri hesaplanmıştır. Daha sonra bu tezin temel amacı olan sonlu elemanlar analizi işe elde edilen kuvvet değerlerinin YSA yöntemleri ile tahmini üzerine çalışmalar yapılmıştır. İBGY ve RTF YSA yöntemleri ile 270 tane sonlu elemanlar analiz sonucu için çalışmalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında, sonlu elemanlar yöntemi ile uzun sürelerde elde edilen kuvvet değerlerinin YSA yöntemleri ile eğitimler kısa sürede tahmin edilebilirliği görülmüştür ve ayrıca bu çalışmalar arasında YSA yöntemleri arasında bu çalışma için RTF modeli İBGY modeline göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Tablo 4, 5 ve 6'da görüldüğü gibi robotik sac katlama kuvvetlerinin tahmini için sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanan kuvvet değerleri ile YSA yöntemi ile tahmin edilen kuvvet değerleri arasındaki MSE (karsel hata) değerleri RTF model için İBGY modelinden daha iyi sonuçlar vermiştir ve ayrıca hesaplanan bu değerlerin malzeme bazında elde edilen sonuçları tüm data bazında elde edilen sonuçlarından daha iyidir.

Yapay sinir ağları yöntemleri modeli tasarlarırken öncelikle kritik giriş parametrelerinin seçilmesi gerekmektedir. Gereğinden fazla parametre kullanmak işlem yükünü artırır fakat az parametre ile de sağlıklı ölçümler yapılamaz.

Aynı zamanda katlama analizi için etkili parametreler seçmek işlemde analiz sonucunda elde edilen kuvvet doğruluğunu artıracaktır. Kullanılan parametreler arasında en yaygın olanları malzeme türü, sac kalınlığı, bini yüksekliği, makara çapı ve dış sac büküm çapıdır. Dış sac büküm yarı çapı ile sac kalınlığı doğrun orantılıdır.

Bu tez kapsamında yapılan analizler sonucunda yapay sinir ağları yöntemleri ile geçerli sonuçlar alınmıştır. Yapay sinir ağları yöntemleri parametrelerdeki değişimler ile eğitilerek sonuçta başarılı tahminler gerçekleştirilmiştir. Yapay sinir ağları yöntemlerinden İBGY ve RTF yöntemlerinin birbirlerine olan üstünlükleri robotik sac katlama kuvvet tahmini üzerinde görülmüştür. Tez kapsamında yapılan tahmin çalışmasında RTF modeli ile en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

İlerideki çalışmalarda bu tez çalışmasında kullanılan yöntemler ve ilerleyen araştırmalar ile birlikte bir karar mekanizması kurularak entegre bir çalışma düşünölmektedir. Bu alanda yapılacak çalışmalar ile robotik sac katlama işlemindeki ön hazırlık ve işlem esnasında harcanan zamanın azaltılması ve robot kafasına entegre gerçek zamanlı bir sistem ile daha hızlı ve kaliteli çıktıların elde edilmesi hedeflenmektedir. Sonuç olarak elde edilen başarı tek bir yöntem yerine birçok yöntem ile desteklenerek daha üstün bir çalışma olacağı düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Aydoğdu F., Otomotiv Sanayiinde Konumlama Kavrama ve Araca Olan Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği, İstanbul, 2006, 222008.
- [2] <http://www.automotivemanufacturingsolutions.com/technology/gaining--the--edge-in-hemming> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [3] http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/motorlu_araclar/moduller/otomotiv_govde_mekanigi1.pdf (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [4] Hatay F., Trip Çeliklerinin Otomotiv Endüstrisinde Kullanımının İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakülte Dergisi*, 2010, **25**(4), 701-712.
- [5] [https://umdearborn.edu/cecs/HPCEEP/data/userfiless/2005%20Reports/CEEP AnnualProgressReport-Kang%20Revised.pdf](https://umdearborn.edu/cecs/HPCEEP/data/userfiless/2005%20Reports/CEEP%20AnnualProgressReport-Kang%20Revised.pdf) (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [6] <http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-68.pdf> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [7] https://ercnsm.osu.edu/sites/ercnsm.osu.edu/files/uploads/S_coldwarmforming/642_12.pdf (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [8] <http://people.okanagan.bc.ca/jfrancis/TTTE%20Autobody%20Day%20plans/Day%203%20%20Sheet%20Metal%20Repair/Basic%20Auto%20Sheet%20Metal%20Work.pdf> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [9] Bedir F., Delikanlı K., Durak E., Alüminyum Alaşımlarının Otomotiv Endüstrisinde Uygulanılabilirliği ve Mekanik Özellikleri, *Mühendis ve Makine*, 2006, **47**(555), 37-46.
- [10] <http://www.mathworks.com/products/matlab/?requestedDomain==www.mathworks.com> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [11] <https://www.dynamore.de/en/products/form> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [12] Jonkers B., Simulation of the Robot Roller Hemming Process, Master Thesis, Universiteit Twente, Department of Mechanical Engineering, Twente, 2006.

- [13] Leiwald M., Development Of An Empirical Model To Determine Results From FEA Roller Hemming Prosses, Master Thesis, Institute For Metal Forming Technology, University of Stuttgart, Stuttgart, 2010.
- [14] Carlson J. S., Saboori B., Söderberg R., Introducing Fast Robot Roller Hemming Process in Automotive Industry, *World Academy of Science Engineering and Technology*, 2009, **58**, 503-506.
- [15] Ahmetoğlu M. A., Akgerman N., Altan T., Kinzel G. L., Livatyali H., Müderrisoğlu A., Improvement Of Hem Quality By Optimizing Flanging and Pre-hemming Operations Using Computer Aided Die Design, *Journal of Materials Processing Technology*, 2000, **98**(1), 41-52.
- [16] Aher V. S., Shinde K. G., Optimization of Robot Roller Hemming, *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 2012, **2**(1), 14–18.
- [17] Le Maoût N., Manach P. Y., Thuillier S., Influence Of Prestrain On The Numerical Simulation Of The Roller Hemming Process, *Journal Of Materials Processing Technology*, DOI: 10.1016/j.jmatprotec2011.10.008.
- [18] https://library.e.abb.com/public/4da1a2691a7a4749a30f063c6f15a492555/lor es_ROB0269EN_A_roller_hemming_head.pdf (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [19] <http://www.plapper.com/paper/2005-dynamore.pdf> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [20] Le Maoût N., Manach P. Y., Thuillier S., Numerical Simulation of the Hemming Process in the case of Al Alloys, *Research Gate*, DOI: 10.1063/1.2011303.
- [21] More K., Nikam N., Pawade R., Experimental Investigation for Improving Robotic Roller Hemming Process, *Proceedings of International Conference on Advances in Materials Manufacturing and Applications*, Trichy, India, 9-11 April 2015.
- [22] Raskar B. M., Shilwant S. C., Simulation of Roller Hemming Process to Correlate the Design Parameters, *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2014, **3**(11), 717-721.
- [23] Ahmetoğlu M. A., Altan T., Kinzel G., Murata M., Müderrisoğlu M., Bending, flanging and hemming of aluminum sheet-an experimental study, *Journal of Metarial Processing Technology*, 1996, **59**(1-2), 10-17.
- [24] Hu X., Lin Z. Q., Li S. H., Zhao Y. X., Fracture limit prediction of roller hemming of aluminum alloy sheet, *Metarials and desing*, 2010, **31**(3), 1410-1416.
- [25] Svensson M., Mattiason K., Three-dimensional simulation of hemmingwith the explicit FE-method, *Journal of Material Proceesing Technology*, 2002, **128**(1), 142-154.

- [26] Altan T., Laxhuber T., Livatyali H., Experimental investigation of forming defects in flat surcafe-convex edge hemming, *Journal of Material Proceesing Technology*, 2004, **146**(1), 20-27.
- [27] Larris S. J., Livatyali H., Experimental investigation on forming defects in flat surcafe-convex edge hemming:roll, recoil and wrap, *Journal of Material Proceesing Technology*, 2004, **153**, 913-919.
- [28] https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/ (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [29] https://tr.wikipedia.org/wiki/Yapay_sinir_a%C4%9Flar%C4%B1 (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [30] <http://www.ibrahimcayiroglu.com/Dokumanlar/IleriAlgoritmaAnalizi//IleriAlgoritmaAnalizi-5.Hafta-YapaySinirAglari.pdf> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [31] <http://teknogezegen.com/yapay-sinir-aglari/> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [32] <http://www.osmanmutlu.net/mlp-yapay-sinir-aglari.pdf> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [33] Riyadh M. A. H., Multi-objective Neural Network Modeling for Improving Stud Arc Welding Process, *Journal of Engineering Science and Technology*, 2011, **6**(3), 382 – 391.
- [34] <http://ube.ege.edu.tr/~cinsdiki/UBI521/Chapter-1/cinsdikici-neural-net-giris.pdf> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [35] <http://www.yapay-zeka.org/modules/wiwimod/index.php?page=ANN>(Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [36] Civalek Ö., Çatal H. H., Geriye Yayılma Yapan Sinir Ağı Kullanılarak Elastik Kirişlerin Statik ve Dinamik Analizi, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2004, **6**(1), 1-16.
- [37] <http://www.mathworks.com/help/nnet/define-neural-network--architectures.html?searchHighlight=neural%20network> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).
- [38] <http://www.mathworks.com/help/nnet/getting-started-with-neural-network--to-olbox.html> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2016).



EKLER

Ek-A

Tablo A.1 Robotik Sac Katlama Analiz kuvvetleri ve YSA ile Tahmin Edilen Kuvvetlerin Karşılaştırılması

MALZEME	KODU	KALINLIK	BİNİ YÜKSEKLİĞİ	MAKARA ÇAPI	DIŞ SAC ÇAP	ZAMAN	ADIM	KUVVET	İBGY	RTF
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,13	1,00	237,72	224	238	
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,25	1,00	262,27	230,9	265	
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,38	1,00	265,58	238	267	
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,50	1,00	276,57	243	276	
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,63	1,00	292,57	244,6	290	
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,75	1,00	281,63	240,3	281	
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,88	1,00	288,50	230,2	288	
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	1,00	1,00	261,74	220,3	262	
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,13	1,00	416,74	580,4	416	
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,25	1,00	440,82	605,7	441	
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,38	1,00	456,09	627,9	456	
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,50	1,00	475,36	638,7	476	
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,63	1,00	488,52	632,6	488	
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,75	1,00	492,75	607,3	493	
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,88	1,00	496,63	568,6	496	
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	1,00	1,00	486,62	540,3	487	
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,13	1,00	1218,32	1085	1219	
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,25	1,00	1202,15	1096	1202	
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,38	1,00	1195,08	1101	1195	
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,50	1,00	1215,18	1098	1216	
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,63	1,00	1197,59	1080	1197	
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,75	1,00	1180,19	1052	1180	
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,88	1,00	1181,51	1019	1181	
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	1,00	1,00	1112,06	998,8	1112	
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,13	1,00	241,53	209,2	241	
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,25	1,00	252,89	215	253	
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,38	1,00	263,62	221,1	263	
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,50	1,00	262,85	225,8	264	
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,63	1,00	263,14	228,3	262	
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,75	1,00	263,08	226,2	264	
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,88	1,00	239,11	218,6	239	
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	1,00	1,00	187,63	209,8	188	
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,13	1,00	537,95	526,4	538	
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,25	1,00	569,40	551	568	
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,38	1,00	589,84	574	592	
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,50	1,00	616,19	587,6	613	
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,63	1,00	630,63	587,2	634	
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,75	1,00	631,15	567,9	629	
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,88	1,00	622,93	532,2	624	
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	1,00	1,00	612,93	501,8	613	
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,13	1,00	1161,50	1050	1161	
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,25	1,00	1194,74	1063	1195	
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,38	1,00	1198,94	1071	1198	
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,50	1,00	1193,89	1070	1195	
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,63	1,00	1188,23	1055	1187	
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,75	1,00	1144,97	1027	1146	
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,88	1,00	1117,97	990,1	1118	
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	1,00	1,00	1085,77	964,3	1086	
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,13	1,00	180,91	195,3	181	
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,25	1,00	184,03	199,9	184	
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,38	1,00	193,23	205	194	
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,50	1,00	201,99	209,2	201	
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,63	1,00	195,66	212	197	
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,75	1,00	198,28	211,4	197	
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,88	1,00	183,54	206,2	184	
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	1,00	1,00	152,22	199,1	152	
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,13	1,00	409,07	468	409	
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,25	1,00	436,13	491,1	436	
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,38	1,00	454,10	513,8	454	
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,50	1,00	475,94	529	476	
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,63	1,00	488,74	533,4	488	
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,75	1,00	492,46	520,4	493	
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,88	1,00	498,85	489,7	499	
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	1,00	1,00	489,67	459,3	490	
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,13	1,00	894,64	1004	894	
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,25	1,00	927,15	1019	928	
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,38	1,00	954,65	1030	953	
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,50	1,00	951,70	1032	954	
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,63	1,00	955,92	1021	954	
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,75	1,00	943,52	994	945	
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,88	1,00	901,51	953,9	901	
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	1,00	1,00	871,50	921,9	871	
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,13	1,00	186,71	184,3	187	
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,25	1,00	199,65	188,2	200	
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,38	1,00	206,11	192,8	205	
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,50	1,00	210,08	196,9	211	
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,63	1,00	216,29	200,4	215	
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,75	1,00	206,61	201,6	207	
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,88	1,00	180,97	199,1	181	
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	1,00	1,00	143,51	194,1	143	
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,13	1,00	575,23	408,7	575	
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,25	1,00	608,32	429,4	608	
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,38	1,00	630,91	450,6	632	

4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,50	1,00	658,21	466,3	656
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,63	1,00	655,84	474,1	658
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,75	1,00	646,22	467,1	645
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,88	1,00	625,22	442,8	626
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	1,00	1,00	636,06	414,5	636
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,13	1,00	907,52	944,6	907
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,25	1,00	936,80	962,4	937
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,38	1,00	965,09	976,8	965
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,50	1,00	964,45	982,5	965
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,63	1,00	963,02	974,8	962
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,75	1,00	953,90	950,3	954
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,88	1,00	931,91	908,4	932
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	1,00	1,00	881,38	870,7	881
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,13	1,00	223,89	251,4	224
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,25	1,00	231,43	262,9	232
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,38	1,00	234,08	274,6	231
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,50	1,00	235,45	282,5	240
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,63	1,00	234,01	284,4	229
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,75	1,00	206,48	277,6	209
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,88	1,00	211,57	264,4	210
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	1,00	1,00	213,40	253,9	213
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,13	1,00	523,02	565,2	523
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,25	1,00	544,32	590,4	541
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,38	1,00	550,55	610,7	558
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,50	1,00	544,93	617	532
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,63	1,00	560,41	603,7	574
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,75	1,00	549,57	573,9	541
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,88	1,00	527,24	538,4	530
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	1,00	1,00	530,16	518,6	530
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,13	1,00	1072,14	984,3	1072
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,25	1,00	1000,00	999,3	1002
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,38	1,00	983,73	1006	976
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,50	1,00	834,22	998,6	847
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,63	1,00	789,16	972,7	776
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,75	1,00	652,61	938,6	661
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,88	1,00	712,11	908,2	709
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	1,00	1,00	699,25	896,9	699
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,13	1,00	234,90	232,2	235
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,25	1,00	249,53	241,8	250
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,38	1,00	254,90	251,9	253
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,50	1,00	259,84	259,3	262
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,63	1,00	259,77	262,5	258
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,75	1,00	235,01	258,5	236
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,88	1,00	220,58	247,6	220
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	1,00	1,00	180,43	237,4	180
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,13	1,00	493,71	506,3	494
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,25	1,00	521,11	530	520
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,38	1,00	547,36	550,4	551
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,50	1,00	570,24	559,4	564
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,63	1,00	556,78	551,5	562
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,75	1,00	543,29	526,3	540
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,88	1,00	538,10	491	539
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	1,00	1,00	547,75	467,5	547
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,13	1,00	1034,69	916,8	1035
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,25	1,00	1100,75	934,3	1101
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,38	1,00	1151,55	944,3	1150
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,50	1,00	1183,91	940	1186
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,63	1,00	1138,60	915,7	1137
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,75	1,00	1020,04	878,9	1021
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,88	1,00	984,31	840,8	984
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	1,00	1,00	1025,35	822	1025
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,13	1,00	189,30	214,7	189
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,25	1,00	193,84	222,4	192
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,38	1,00	195,75	230,8	199
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,50	1,00	196,57	237,3	190
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,63	1,00	195,59	241,1	201
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,75	1,00	183,15	239,2	179
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,88	1,00	180,84	231	182
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	1,00	1,00	188,98	221,7	189
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,13	1,00	382,52	447,3	382
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,25	1,00	408,68	468,5	411
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,38	1,00	431,78	488	424
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,50	1,00	451,84	498,5	464
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,63	1,00	450,19	495,4	438
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,75	1,00	435,79	475,5	443
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,88	1,00	421,82	443	419
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	1,00	1,00	416,75	417,6	417
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,13	1,00	777,32	838,5	777
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,25	1,00	730,12	857,8	729
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,38	1,00	792,12	870,6	796
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,50	1,00	744,80	869,6	738
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,63	1,00	550,58	848,3	557
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,75	1,00	619,31	810,8	615
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,88	1,00	664,94	766,7	666
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	1,00	1,00	618,88	740,4	619
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,13	1,00	188,83	204,6	189
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,25	1,00	193,08	212,3	194
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,38	1,00	194,84	221,2	192
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,50	1,00	195,58	229,3	200
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,63	1,00	195,22	236,2	191
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,75	1,00	184,93	238,5	188
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,88	1,00	181,79	235	181
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	1,00	1,00	183,75	228,5	184

4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,13	1,00	387,36	391,6	388
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,25	1,00	410,72	410	409
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,38	1,00	431,75	427,5	438
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,50	1,00	453,23	438,4	444
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,63	1,00	444,41	439	454
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,75	1,00	428,76	424,7	423
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,88	1,00	429,83	396,7	432
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	1,00	1,00	422,85	371,5	423
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,13	1,00	801,50	751,5	801
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,25	1,00	868,97	771,7	870
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,38	1,00	949,91	786,6	946
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,50	1,00	782,60	788,9	788
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,63	1,00	793,77	771,8	788
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,75	1,00	734,60	736,1	738
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,88	1,00	614,45	688,9	613
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	1,00	1,00	572,26	656,2	573
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,13	1,00	231,26	238,1	231
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,25	1,00	236,75	249,3	236
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,38	1,00	259,66	260,6	262
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,50	1,00	268,26	268,2	265
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,63	1,00	260,03	269,7	264
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,75	1,00	242,90	263,3	241
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,88	1,00	214,35	252,2	215
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	1,00	1,00	181,05	244,7	181
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,13	1,00	499,18	511,6	499
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,25	1,00	502,85	540	504
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,38	1,00	527,93	563,6	525
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,50	1,00	568,45	572,3	574
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,63	1,00	585,20	561,6	580
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,75	1,00	512,60	536,5	516
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,88	1,00	496,49	510,2	495
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	1,00	1,00	502,53	500,2	503
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,13	1,00	1002,09	1001	1002
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,25	1,00	1023,90	1021	1024
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,38	1,00	1101,05	1032	1101
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,50	1,00	1092,72	1029	1092
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,63	1,00	1015,13	1009	1016
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,75	1,00	885,84	984,8	885
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,88	1,00	836,63	968,1	837
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	1,00	1,00	880,39	968,7	880
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,13	1,00	216,63	223	217
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,25	1,00	226,12	232,3	225
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,38	1,00	231,89	242	234
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,50	1,00	249,61	249	247
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,63	1,00	253,30	251,6	255
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,75	1,00	226,61	247,3	225
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,88	1,00	209,73	237,5	210
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	1,00	1,00	189,43	229,4	189
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,13	1,00	473,50	451,7	473
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,25	1,00	499,32	476,9	500
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,38	1,00	522,40	499,1	521
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,50	1,00	543,37	509,5	545
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,63	1,00	526,20	503,2	525
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,75	1,00	513,26	481,4	513
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,88	1,00	529,73	453,7	530
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	1,00	1,00	517,81	438,9	518
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,13	1,00	963,53	915,8	963
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,25	1,00	1008,16	939,2	1008
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,38	1,00	1050,42	954,3	1051
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,50	1,00	1081,87	953,6	1081
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,63	1,00	1027,11	933,7	1028
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,75	1,00	963,60	904,1	963
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,88	1,00	905,81	878,3	906
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	1,00	1,00	903,40	871,7	903
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,13	1,00	176,26	209,7	176
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,25	1,00	186,21	217,3	187
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,38	1,00	198,75	225,4	195
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,50	1,00	205,24	231,6	211
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,63	1,00	208,93	234,7	203
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,75	1,00	199,23	232,2	202
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,88	1,00	182,96	224,2	182
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	1,00	1,00	153,59	216,2	154
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,13	1,00	372,52	397,3	373
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,25	1,00	400,99	418,8	399
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,38	1,00	423,61	438,7	427
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,50	1,00	439,93	449,7	434
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,63	1,00	431,43	447,2	437
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,75	1,00	429,30	429,5	426
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,88	1,00	417,63	403	418
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	1,00	1,00	407,52	385,1	407
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,13	1,00	765,15	819,7	765
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,25	1,00	786,14	845,1	787
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,38	1,00	842,92	863,2	842
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,50	1,00	867,84	865,6	869
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,63	1,00	863,77	847,3	862
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,75	1,00	752,27	814,8	753
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,88	1,00	672,89	780,7	673
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	1,00	1,00	713,39	766	713
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,13	1,00	175,58	206,8	175
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,25	1,00	182,92	215,5	183
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,38	1,00	193,56	225,8	193
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,50	1,00	202,08	235,2	203
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,63	1,00	210,87	243,2	210

4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,75	1,00	204,83	246	206
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,88	1,00	180,66	242,6	180
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	1,00	1,00	144,85	237	145
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,13	1,00	375,46	350,3	375
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,25	1,00	398,24	368	398
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,38	1,00	421,89	385,2	424
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,50	1,00	444,64	395,8	442
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,63	1,00	451,84	396,2	455
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,75	1,00	424,03	383	422
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,88	1,00	415,57	359,2	416
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	1,00	1,00	426,28	340,2	426
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,13	1,00	770,97	718,9	771
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,25	1,00	780,92	744,5	781
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,38	1,00	840,94	764,4	840
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,50	1,00	867,77	769,7	869
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,63	1,00	865,51	754,7	864
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,75	1,00	747,48	722,2	748
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,88	1,00	682,35	682,7	682
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	1,00	1,00	726,67	660,2	727
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,13	1,00	357,84	295,9	358
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,25	1,00	356,19	305,6	356
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,38	1,00	359,31	315,1	361
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,50	1,00	365,08	321,1	362
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,63	1,00	335,21	321	338
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,75	1,00	334,24	311,6	333
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,88	1,00	335,85	293	337
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	1,00	1,00	342,36	275,4	342
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,13	1,00	679,70	640,8	680
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,25	1,00	697,10	666,8	698
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,38	1,00	706,58	689,5	704
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,50	1,00	701,44	700,3	706
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,63	1,00	687,05	693,7	683
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,75	1,00	664,98	667,6	668
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,88	1,00	601,12	628	600
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	1,00	1,00	500,95	599,5	501
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,13	1,00	1174,90	1102	1175
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,25	1,00	1175,70	1113	1175
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,38	1,00	1194,41	1119	1196
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,50	1,00	1219,42	1117	1217
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,63	1,00	1213,97	1101	1216
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,75	1,00	1181,16	1075	1180
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,88	1,00	1057,58	1046	1058
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	1,00	1,00	953,08	1030	953
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,13	1,00	336,34	269,6	336
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,25	1,00	343,58	277,9	344
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,38	1,00	342,93	286,5	342
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,50	1,00	337,91	292,5	340
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,63	1,00	334,61	294,4	333
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,75	1,00	337,47	288,8	339
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,88	1,00	340,23	274,2	340
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	1,00	1,00	325,89	258,3	326
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,13	1,00	641,68	583,1	642
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,25	1,00	667,07	608,8	668
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,38	1,00	683,14	632,7	682
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,50	1,00	688,60	646,6	692
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,63	1,00	693,73	645,7	691
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,75	1,00	682,71	625,4	685
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,88	1,00	627,22	588	627
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	1,00	1,00	521,54	556,6	522
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,13	1,00	1151,43	1071	1152
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,25	1,00	1189,35	1084	1188
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,38	1,00	1211,34	1093	1215
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,50	1,00	1169,74	1093	1165
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,63	1,00	1106,50	1080	1112
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,75	1,00	1094,55	1055	1091
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,88	1,00	1017,24	1022	1019
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	1,00	1,00	960,71	999,4	961
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,13	1,00	264,76	244,1	265
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,25	1,00	270,69	251,1	270
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,38	1,00	273,06	258,4	275
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,50	1,00	257,16	264,1	254
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,63	1,00	260,85	267,1	264
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,75	1,00	257,49	264,3	255
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,88	1,00	258,10	253,9	259
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	1,00	1,00	265,39	240,6	265
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,13	1,00	499,75	521	500
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,25	1,00	522,26	545,7	523
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,38	1,00	538,71	569,6	537
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,50	1,00	546,63	585,6	549
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,63	1,00	536,25	589,9	534
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,75	1,00	511,23	575,7	513
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,88	1,00	455,99	542,8	456
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	1,00	1,00	392,41	510,5	393
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,13	1,00	909,99	1032	910
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,25	1,00	962,25	1047	962
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,38	1,00	987,23	1059	987
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,50	1,00	984,64	1062	985
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,63	1,00	951,63	1052	951
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,75	1,00	974,49	1028	975
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,88	1,00	932,26	991,8	932
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	1,00	1,00	848,97	963,7	849
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,13	1,00	328,90	222,9	329
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,25	1,00	323,12	228,9	323

4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,38	1,00	310,18	235,7	310
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,50	1,00	325,46	241,5	325
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,63	1,00	330,71	245,9	331
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,75	1,00	322,26	246,2	322
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,88	1,00	334,84	240,3	335
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	1,00	1,00	333,57	230,4	333
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,13	1,00	499,73	457,2	499
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,25	1,00	520,99	480	522
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,38	1,00	537,09	503	534
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,50	1,00	544,33	519,9	549
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,63	1,00	537,20	528	533
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,75	1,00	501,71	520	505
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,88	1,00	455,63	493,2	455
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	1,00	1,00	382,95	462,3	383
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,13	1,00	925,45	982,3	926
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,25	1,00	972,88	1000	972
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,38	1,00	990,64	1015	994
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,50	1,00	997,99	1021	993
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,63	1,00	997,68	1015	1003
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,75	1,00	1002,36	993	999
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,88	1,00	956,80	955,2	958
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	1,00	1,00	879,30	921,6	879
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,13	1,00	330,27	274,7	330
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,25	1,00	334,02	287,2	335
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,38	1,00	325,05	299,7	323
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,50	1,00	324,98	307,6	328
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,63	1,00	323,26	308,3	320
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,75	1,00	319,23	299,4	321
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,88	1,00	310,38	283,3	310
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	1,00	1,00	315,76	270,9	316
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,13	1,00	662,72	626	663
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,25	1,00	672,06	650,8	671
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,38	1,00	671,45	669,9	675
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,50	1,00	673,50	674,5	669
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,63	1,00	657,32	658,4	662
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,75	1,00	636,87	625,6	634
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,88	1,00	584,75	587	586
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	1,00	1,00	549,07	565,3	549
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,13	1,00	1008,59	1022	1009
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,25	1,00	986,98	1034	987
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,38	1,00	1018,30	1038	1019
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,50	1,00	1014,91	1029	1014
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,63	1,00	968,16	1002	969
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,75	1,00	917,43	967,3	917
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,88	1,00	933,29	936,1	934
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	1,00	1,00	931,43	923,4	931
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,13	1,00	311,98	255,9	312
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,25	1,00	323,64	266,9	325
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,38	1,00	319,69	278,3	316
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,50	1,00	320,60	286,4	327
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,63	1,00	324,12	289,1	318
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,75	1,00	317,44	283,3	321
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,88	1,00	311,91	269,5	311
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	1,00	1,00	313,09	257	313
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,13	1,00	614,61	581,1	615
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,25	1,00	638,76	605,6	639
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,38	1,00	656,36	626,1	657
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,50	1,00	663,63	634,2	663
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,63	1,00	651,38	623,9	652
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,75	1,00	621,67	595,2	621
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,88	1,00	598,35	555,8	599
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	1,00	1,00	562,49	529,4	563
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,13	1,00	1047,13	982,2	1047
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,25	1,00	1081,53	996,1	1081
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,38	1,00	1046,20	1003	1048
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,50	1,00	952,76	996,6	950
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,63	1,00	938,23	971,8	941
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,75	1,00	961,63	935,3	960
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,88	1,00	959,76	897,4	960
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	1,00	1,00	956,25	877,8	956
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,13	1,00	249,29	236,4	250
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,25	1,00	259,07	245,7	258
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,38	1,00	261,10	255,6	265
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,50	1,00	246,97	263,2	242
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,63	1,00	248,45	267,1	254
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,75	1,00	252,25	264,1	249
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,88	1,00	250,69	253,4	252
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	1,00	1,00	251,48	241,7	251
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,13	1,00	501,07	528,8	501
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,25	1,00	520,18	552,3	520
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,38	1,00	532,89	573,4	533
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,50	1,00	529,64	584,1	530
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,63	1,00	503,05	579,3	502
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,75	1,00	484,11	555,9	485
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,88	1,00	453,24	518,1	453
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	1,00	1,00	391,25	488,7	391
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,13	1,00	829,15	931,2	829
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,25	1,00	885,34	947	886
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,38	1,00	916,49	956,5	915
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,50	1,00	890,34	953,5	894
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,63	1,00	804,37	931,6	801
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,75	1,00	768,35	894,7	770
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,88	1,00	770,70	851,1	770

3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	1,00	1,00	760,06	824,3	760
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,13	1,00	249,96	222,9	250
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,25	1,00	258,89	232,1	260
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,38	1,00	259,67	242,5	258
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,50	1,00	243,45	251,8	247
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,63	1,00	241,46	259,3	238
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,75	1,00	245,48	261,1	248
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,88	1,00	246,87	255,7	246
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	1,00	1,00	251,03	247,1	251
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,13	1,00	499,37	472,2	500
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,25	1,00	518,56	494	519
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,38	1,00	531,68	514,5	531
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,50	1,00	538,32	526,9	540
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,63	1,00	524,89	526,8	524
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,75	1,00	501,09	509,4	502
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,88	1,00	448,82	475,6	449
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	1,00	1,00	406,43	445,2	407
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,13	1,00	839,38	868,3	840
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,25	1,00	890,35	885,8	889
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,38	1,00	914,79	898,1	918
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,50	1,00	877,81	898,4	873
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,63	1,00	815,29	880,4	820
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,75	1,00	782,83	844,6	780
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,88	1,00	759,03	796,9	760
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	1,00	1,00	738,08	763,2	738
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,13	1,00	363,63	284	364
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,25	1,00	346,74	298,4	347
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,38	1,00	345,26	312,5	343
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,50	1,00	339,71	321	343
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,63	1,00	336,83	321,1	333
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,75	1,00	352,41	310,9	355
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,88	1,00	355,76	294,6	355
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	1,00	1,00	339,98	283,6	340
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,13	1,00	638,26	592,3	638
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,25	1,00	645,69	619,7	646
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,38	1,00	640,90	641	641
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,50	1,00	635,90	646,3	635
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,63	1,00	601,33	630,6	602
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,75	1,00	565,36	600,4	564
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,88	1,00	535,02	568,9	535
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	1,00	1,00	489,71	555,5	490
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,13	1,00	1004,86	1015	1005
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,25	1,00	975,47	1031	975
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,38	1,00	943,92	1039	946
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,50	1,00	943,17	1032	939
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,63	1,00	930,30	1008	934
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,75	1,00	889,24	980,3	887
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,88	1,00	888,82	959,8	889
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	1,00	1,00	891,71	957,2	892
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,13	1,00	345,89	265,6	346
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,25	1,00	333,85	278,3	334
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,38	1,00	335,71	291,1	336
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,50	1,00	329,77	299,8	329
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,63	1,00	327,69	302	328
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,75	1,00	327,11	294,7	326
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,88	1,00	329,17	280	329
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	1,00	1,00	325,71	267,9	326
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,13	1,00	592,49	543,2	592
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,25	1,00	611,47	569,4	611
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,38	1,00	634,75	591,2	634
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,50	1,00	646,67	599,6	648
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,63	1,00	640,70	589	638
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,75	1,00	601,03	561,5	603
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,88	1,00	582,35	527,7	581
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	1,00	1,00	578,59	508,8	579
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,13	1,00	964,82	958,4	965
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,25	1,00	963,10	977	963
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,38	1,00	898,95	987,3	899
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,50	1,00	883,86	982,9	883
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,63	1,00	899,49	959,8	901
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,75	1,00	909,94	927,6	909
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,88	1,00	935,41	899	936
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	1,00	1,00	945,77	889,5	946
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,13	1,00	289,09	246,8	289
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,25	1,00	286,20	257,5	285
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,38	1,00	271,05	268,7	275
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,50	1,00	270,23	277	263
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,63	1,00	283,65	280,6	290
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,75	1,00	283,06	276,1	279
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,88	1,00	293,33	263,7	294
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	1,00	1,00	270,47	251,7	270
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,13	1,00	493,22	490,4	493
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,25	1,00	510,21	514,6	512
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,38	1,00	518,18	536	514
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,50	1,00	518,06	546,5	524
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,63	1,00	496,29	540,7	491
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,75	1,00	435,44	517,5	438
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,88	1,00	431,12	483,8	430
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	1,00	1,00	435,01	460,9	435
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,13	1,00	783,81	889,7	784
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,25	1,00	835,84	910,4	836
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,38	1,00	864,73	923,7	864
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,50	1,00	830,68	922,4	832

3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,63	1,00	750,45	901	749
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,75	1,00	750,43	866,3	752
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,88	1,00	751,83	830	751
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	1,00	1,00	728,21	812,7	728
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,13	1,00	287,44	238,7	287
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,25	1,00	283,67	250,6	284
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,38	1,00	270,56	264,3	270
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,50	1,00	273,40	276,3	274
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,63	1,00	287,14	286	287
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,75	1,00	282,60	288,3	283
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,88	1,00	280,20	282,1	280
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	1,00	1,00	265,11	273,4	265
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,13	1,00	490,59	437,3	491
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,25	1,00	509,32	458,8	509
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,38	1,00	520,96	478,9	520
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,50	1,00	520,79	490,4	522
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,63	1,00	495,30	488,8	494
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,75	1,00	450,43	470,6	452
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,88	1,00	412,56	439,3	412
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	1,00	1,00	408,64	414,4	409
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,13	1,00	790,72	810,5	791
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,25	1,00	835,99	832,6	836
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,38	1,00	857,01	848,5	858
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,50	1,00	823,87	850,4	822
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,63	1,00	751,35	832,2	754
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,75	1,00	736,36	797,1	735
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,88	1,00	732,46	754,9	733
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	1,00	1,00	737,94	729,9	738
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,13	1,00	353,13	360,8	353
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,25	1,00	374,11	368,6	373
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,38	1,00	368,61	375,3	372
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,50	1,00	357,70	377,6	353
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,63	1,00	347,33	371,8	353
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,75	1,00	341,63	355,5	338
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,88	1,00	361,18	328,4	362
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	1,00	1,00	354,83	304	355
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,13	1,00	645,38	738,5	645
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,25	1,00	711,84	761,4	713
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,38	1,00	759,90	780,1	757
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,50	1,00	788,71	787,1	794
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,63	1,00	771,64	776,4	767
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,75	1,00	768,14	746,6	771
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,88	1,00	785,77	703,1	785
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	1,00	1,00	759,00	671,5	759
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,13	1,00	1304,96	1187	1305
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,25	1,00	1246,90	1194	1247
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,38	1,00	1187,94	1198	1189
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,50	1,00	1241,17	1196	1240
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,63	1,00	1226,92	1186	1228
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,75	1,00	1228,12	1169	1228
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,88	1,00	1180,80	1150	1181
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	1,00	1,00	1032,26	1139	1032
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,13	1,00	347,52	295,2	348
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,25	1,00	360,23	317,5	360
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,38	1,00	366,18	343,4	367
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,50	1,00	345,59	356,4	344
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,63	1,00	336,22	357,1	338
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,75	1,00	320,70	345,7	320
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,88	1,00	329,82	322,1	330
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	1,00	1,00	338,05	298	338
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,13	1,00	590,04	600,4	590
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,25	1,00	647,79	640,8	648
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,38	1,00	691,57	698,9	690
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,50	1,00	724,96	741,3	728
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,63	1,00	744,27	752,1	742
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,75	1,00	713,18	732,1	715
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,88	1,00	684,42	691	684
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	1,00	1,00	655,89	655,5	656
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,13	1,00	1251,92	1120	1252
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,25	1,00	1260,90	1135	1261
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,38	1,00	1250,37	1153	1251
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,50	1,00	1230,55	1169	1230
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,63	1,00	1196,13	1174	1197
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,75	1,00	1170,02	1163	1169
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,88	1,00	1126,46	1144	1127
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	1,00	1,00	1027,22	1130	1027
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,13	1,00	280,18	268,9	280
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,25	1,00	290,15	274	290
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,38	1,00	291,78	279,1	293
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,50	1,00	282,30	282,5	280
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,63	1,00	272,40	283	275
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,75	1,00	273,32	279,1	272
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,88	1,00	272,02	272,2	273
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	1,00	1,00	276,59	267,1	276
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,13	1,00	463,26	557,4	463
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,25	1,00	511,58	579,4	513
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,38	1,00	552,28	600,2	549
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,50	1,00	582,29	613,1	587
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,63	1,00	604,16	613,9	599
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,75	1,00	600,79	597,9	604
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,88	1,00	602,64	568,4	601
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	1,00	1,00	584,34	552	584
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,13	1,00	968,96	1099	969

3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,25	1,00	1035,22	1112	1034
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,38	1,00	1082,36	1121	1084
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,50	1,00	1090,03	1123	1087
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,63	1,00	1049,53	1115	1053
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,75	1,00	1052,82	1096	1051
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,88	1,00	1019,18	1068	1020
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	1,00	1,00	935,34	1052	935
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,13	1,00	282,56	254,5	283
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,25	1,00	291,08	259,6	290
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,38	1,00	292,42	265	295
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,50	1,00	281,22	269,1	277
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,63	1,00	272,49	270,9	276
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,75	1,00	274,11	267,9	272
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,88	1,00	276,48	257,4	277
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	1,00	1,00	277,06	243,3	277
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,13	1,00	473,24	517,6	473
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,25	1,00	514,57	539	516
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,38	1,00	551,56	560,2	548
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,50	1,00	579,63	574,7	585
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,63	1,00	599,88	579,5	594
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,75	1,00	590,34	567,4	594
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,88	1,00	594,43	535,4	593
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	1,00	1,00	592,57	500,1	593
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,13	1,00	997,31	1074	997
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,25	1,00	1053,34	1088	1053
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,38	1,00	1081,09	1100	1082
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,50	1,00	1094,06	1104	1092
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,63	1,00	1037,19	1099	1039
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,75	1,00	1016,16	1082	1015
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,88	1,00	1024,57	1052	1025
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	1,00	1,00	982,64	1025	983
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,13	1,00	333,59	338,8	334
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,25	1,00	342,43	354,8	343
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,38	1,00	343,47	370	341
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,50	1,00	323,91	379,1	328
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,63	1,00	315,76	378,3	311
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,75	1,00	326,32	365	329
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,88	1,00	330,50	342,4	330
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	1,00	1,00	325,60	325,1	326
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,13	1,00	601,31	699,7	602
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,25	1,00	658,35	724,6	658
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,38	1,00	689,42	743,3	691
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,50	1,00	684,58	747,1	682
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,63	1,00	673,12	730	676
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,75	1,00	668,03	695,8	666
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,88	1,00	651,41	655,9	652
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	1,00	1,00	605,92	633,7	606
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,13	1,00	1133,32	1058	1133
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,25	1,00	1121,82	1068	1122
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,38	1,00	1091,59	1070	1091
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,50	1,00	1065,00	1061	1066
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,63	1,00	1056,20	1034	1055
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,75	1,00	1008,50	1001	1009
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,88	1,00	975,83	970,9	976
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	1,00	1,00	957,37	958,2	958
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,13	1,00	309,58	288,3	310
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,25	1,00	323,12	315,9	321
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,38	1,00	326,25	337,5	332
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,50	1,00	308,23	349,5	299
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,63	1,00	311,61	352,4	321
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,75	1,00	325,54	343,4	320
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,88	1,00	320,49	323,8	322
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	1,00	1,00	303,72	306,2	303
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,13	1,00	554,44	579,2	555
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,25	1,00	607,14	639	607
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,38	1,00	639,84	690,2	640
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,50	1,00	661,70	709,6	661
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,63	1,00	688,97	702,1	690
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,75	1,00	680,92	672,7	680
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,88	1,00	632,05	631,4	632
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	1,00	1,00	628,26	603,7	628
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,13	1,00	1063,82	950	1064
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,25	1,00	1105,80	983,8	1107
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,38	1,00	1144,83	1021	1140
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,50	1,00	1159,09	1033	1167
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,63	1,00	1130,74	1017	1123
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,75	1,00	1087,07	984,8	1092
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,88	1,00	1072,04	949,7	1070
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	1,00	1,00	1088,91	931	1089
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,13	1,00	256,04	240,7	256
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,25	1,00	268,33	249,6	269
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,38	1,00	269,23	259,2	266
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,50	1,00	249,20	267,1	254
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,63	1,00	254,12	273,7	249
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,75	1,00	249,21	278,6	252
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,88	1,00	257,73	281,8	257
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	1,00	1,00	271,36	278,1	271
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,13	1,00	441,17	504	441
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,25	1,00	490,10	526,6	490
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,38	1,00	521,94	547	520
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,50	1,00	546,20	557,7	549
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,63	1,00	552,86	555,2	549
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,75	1,00	547,16	540,3	549

3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,88	1,00	528,99	526,8	528
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	1,00	1,00	507,86	529,9	508
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,13	1,00	849,77	900,4	850
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,25	1,00	887,37	915,9	886
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,38	1,00	896,25	924,6	900
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,50	1,00	912,62	920,4	905
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,63	1,00	857,78	896,8	865
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,75	1,00	858,16	860,2	853
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,88	1,00	827,94	826,2	829
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	1,00	1,00	812,72	825,4	812
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,13	1,00	258,45	225,3	259
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,25	1,00	269,10	233,9	268
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,38	1,00	270,87	243,5	274
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,50	1,00	255,25	251,8	251
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,63	1,00	255,76	258,1	260
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,75	1,00	251,41	258,6	249
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,88	1,00	256,21	252,1	257
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	1,00	1,00	263,12	243	263
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,13	1,00	444,90	456,3	445
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,25	1,00	491,03	477,5	491
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,38	1,00	520,93	497,4	521
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,50	1,00	544,45	509,4	545
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,63	1,00	558,56	509	558
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,75	1,00	537,08	491,6	537
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,88	1,00	514,88	458,8	515
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	1,00	1,00	481,79	429,9	482
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,13	1,00	834,14	852,6	834
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,25	1,00	873,90	869,6	875
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,38	1,00	888,24	881	886
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,50	1,00	899,56	880,2	903
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,63	1,00	880,69	860,4	877
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,75	1,00	832,33	822,8	835
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,88	1,00	807,35	773,8	807
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	1,00	1,00	804,54	739,7	805
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,13	1,00	403,79	333	404
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,25	1,00	391,66	349,5	390
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,38	1,00	375,52	365	379
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,50	1,00	384,32	373,5	378
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,63	1,00	389,07	371,1	396
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,75	1,00	383,05	356,6	379
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,88	1,00	368,05	334,9	369
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	1,00	1,00	363,78	320,4	364
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,13	1,00	576,45	664,3	576
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,25	1,00	605,84	689,8	606
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,38	1,00	644,65	708,1	643
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,50	1,00	627,72	710,1	631
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,63	1,00	655,92	690,3	653
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,75	1,00	653,24	656	655
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,88	1,00	650,96	620,7	650
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	1,00	1,00	597,93	604,6	598
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,13	1,00	1052,26	1035	1052
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,25	1,00	1033,35	1048	1034
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,38	1,00	1057,40	1051	1056
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,50	1,00	1045,14	1041	1047
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,63	1,00	1065,95	1015	1064
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,75	1,00	1028,36	984,1	1029
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,88	1,00	945,95	960,9	945
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	1,00	1,00	949,76	955,5	950
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,13	1,00	376,89	301,3	377
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,25	1,00	387,99	325,9	387
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,38	1,00	364,21	344,8	366
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,50	1,00	368,51	355,5	365
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,63	1,00	362,67	356,6	366
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,75	1,00	372,12	345,6	370
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,88	1,00	364,06	325,2	365
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	1,00	1,00	347,06	308,9	347
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,13	1,00	529,97	574,3	529
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,25	1,00	577,70	632,3	580
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,38	1,00	608,92	671,3	602
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,50	1,00	634,34	682,9	644
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,63	1,00	650,99	670,2	642
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,75	1,00	633,83	638,7	639
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,88	1,00	618,52	600,2	617
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	1,00	1,00	602,96	577,9	603
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,13	1,00	1007,20	926,8	1007
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,25	1,00	1038,22	972,3	1037
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,38	1,00	1051,11	1008	1056
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,50	1,00	1043,78	1012	1037
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,63	1,00	969,69	991,2	976
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,75	1,00	1004,56	958,9	1001
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,88	1,00	1000,02	928,8	1001
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	1,00	1,00	1019,77	917,1	1020
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,13	1,00	312,63	248,4	312
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,25	1,00	317,65	258,6	318
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,38	1,00	297,81	269,5	298
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,50	1,00	297,43	278,8	297
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,63	1,00	295,57	288,5	296
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,75	1,00	313,64	297,1	313
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,88	1,00	310,52	298,3	311
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	1,00	1,00	313,44	290,1	313
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,13	1,00	432,00	486,2	432
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,25	1,00	469,92	508,5	470
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,38	1,00	496,91	528	497

3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,50	1,00	527,11	537,6	527
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,63	1,00	526,02	535	525
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,75	1,00	533,83	525,2	534
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,88	1,00	525,58	521,3	525
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	1,00	1,00	490,66	523,9	491
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,13	1,00	809,85	856,3	810
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,25	1,00	852,76	874,6	852
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,38	1,00	877,10	885,1	877
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,50	1,00	877,03	880,7	876
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,63	1,00	816,84	856,5	818
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,75	1,00	796,40	823,8	795
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,88	1,00	786,59	805	787
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	1,00	1,00	761,09	820,5	761
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,13	1,00	309,42	239,9	309
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,25	1,00	311,43	250,9	311
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,38	1,00	295,46	263,3	295
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,50	1,00	300,86	273,9	301
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,63	1,00	299,57	281,7	299
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,75	1,00	298,20	282,3	299
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,88	1,00	309,79	274,7	309
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	1,00	1,00	308,13	265,4	308
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,13	1,00	434,41	444,8	434
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,25	1,00	468,04	465,4	468
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,38	1,00	494,13	484,1	494
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,50	1,00	524,63	494,1	525
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,63	1,00	519,76	490,6	519
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,75	1,00	524,24	470,6	524
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,88	1,00	524,88	437,9	525
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	1,00	1,00	482,25	412,3	482
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,13	1,00	817,66	799,6	818
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,25	1,00	852,65	819,1	852
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,38	1,00	879,04	832	880
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,50	1,00	878,79	830,8	878
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,63	1,00	846,12	808,7	847
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,75	1,00	852,33	770,1	852
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,88	1,00	803,50	724,9	803
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	1,00	1,00	780,00	697,8	780
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,13	1,00	200,60	204,5	200
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,25	1,00	209,96	208,5	210
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,38	1,00	228,55	213	228
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,50	1,00	232,13	217	232
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,63	1,00	234,19	220,4	234
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,75	1,00	235,08	221,6	235
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,88	1,00	232,19	218,9	232
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	1,00	1,00	213,47	212	213
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,13	1,00	315,21	266,4	315
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,25	1,00	333,26	276,6	333
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,38	1,00	351,24	288,1	351
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,50	1,00	367,49	298,3	367
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,63	1,00	371,23	307	372
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,75	1,00	371,19	310,1	371
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,88	1,00	367,49	304,3	367
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	1,00	1,00	328,35	290,4	328
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,13	1,00	667,59	628,2	667
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,25	1,00	687,16	670,3	687
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,38	1,00	714,11	712,3	714
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,50	1,00	733,39	745	734
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,63	1,00	741,50	768,8	741
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,75	1,00	737,18	773,8	737
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,88	1,00	717,56	756	717
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	1,00	1,00	690,31	724,4	690
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,13	1,00	202,12	225,9	202
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,25	1,00	220,06	234,1	220
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,38	1,00	230,06	243,4	231
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,50	1,00	250,10	251,7	248
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,63	1,00	273,06	259	275
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,75	1,00	296,02	261,7	295
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,88	1,00	266,02	257,7	266
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	1,00	1,00	246,00	247,6	246
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,13	1,00	275,15	320	275
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,25	1,00	301,23	336,5	302
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,38	1,00	318,75	354,3	317
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,50	1,00	334,36	369,3	337
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,63	1,00	343,76	380,9	341
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,75	1,00	345,48	382,6	347
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,88	1,00	340,09	370,7	340
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	1,00	1,00	331,47	349,9	332
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,13	1,00	628,41	669	628
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,25	1,00	672,34	701,3	672
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,38	1,00	705,71	731,8	706
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,50	1,00	721,38	752,6	721
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,63	1,00	723,23	761,3	724
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,75	1,00	702,09	750,2	702
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,88	1,00	693,99	716,4	694
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	1,00	1,00	702,45	677,5	703
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,13	1,00	217,49	245,1	217
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,25	1,00	259,53	255,2	259
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,38	1,00	280,34	266,5	282
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,50	1,00	298,32	276,3	296
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,63	1,00	306,67	284,3	309
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,75	1,00	316,22	286,3	315
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,88	1,00	303,72	279,6	304
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	1,00	1,00	271,33	266,7	271

5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,13	1,00	273,88	327,7	274
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,25	1,00	298,54	344,8	298
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,38	1,00	320,12	363,1	320
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,50	1,00	335,76	378	336
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,63	1,00	340,16	388,3	339
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,75	1,00	337,06	387,7	337
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,88	1,00	323,42	372,8	323
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	1,00	1,00	266,15	351	266
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,13	1,00	697,31	627,1	697
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,25	1,00	731,07	658,7	731
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,38	1,00	745,23	688,5	744
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,50	1,00	736,09	708,2	738
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,63	1,00	726,22	714,5	724
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,75	1,00	727,09	700,5	728
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,88	1,00	723,05	665,5	722
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	1,00	1,00	664,66	630	665
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,13	1,00	210,00	299,2	210
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,25	1,00	238,00	311,6	238
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,38	1,00	251,00	320,8	251
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,50	1,00	262,00	327,4	261
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,63	1,00	271,00	331,8	271
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,75	1,00	275,00	331,3	274
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,88	1,00	254,00	321,9	254
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	1,00	1,00	208,00	304,2	208
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,13	1,00	371,91	350,1	372
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,25	1,00	393,02	375,2	393
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,38	1,00	393,51	394,7	393
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,50	1,00	401,96	408,7	401
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,63	1,00	398,34	419	399
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,75	1,00	396,73	420,6	396
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,88	1,00	390,72	408,8	391
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	1,00	1,00	391,35	385,3	391
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,13	1,00	749,31	615,9	749
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,25	1,00	786,19	693,3	786
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,38	1,00	813,19	755,8	812
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,50	1,00	827,84	795,4	829
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,63	1,00	832,76	821,9	831
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,75	1,00	828,88	828,3	829
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,88	1,00	788,40	812,1	788
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	1,00	1,00	688,62	782,5	689
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,13	1,00	194,00	252,9	194
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,25	1,00	235,00	263,5	235
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,38	1,00	254,00	274,6	253
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,50	1,00	271,00	284,1	272
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,63	1,00	284,00	292,1	283
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,75	1,00	286,00	294,4	287
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,88	1,00	265,00	288,2	265
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	1,00	1,00	222,00	274,9	222
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,13	1,00	471,94	363,3	472
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,25	1,00	492,48	385,7	492
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,38	1,00	477,79	407,4	481
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,50	1,00	489,29	424,9	485
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,63	1,00	473,32	437,9	478
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,75	1,00	473,15	439,3	470
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,88	1,00	464,86	424,8	466
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	1,00	1,00	466,94	400,2	467
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,13	1,00	748,60	752,8	749
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,25	1,00	783,83	800,8	785
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,38	1,00	803,71	836,8	802
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,50	1,00	794,88	859	798
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,63	1,00	810,99	868,3	808
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,75	1,00	815,02	858,3	817
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,88	1,00	801,70	826,3	801
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	1,00	1,00	738,97	788,9	739
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,13	1,00	212,00	292,3	212
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,25	1,00	258,00	306,5	258
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,38	1,00	286,00	321,5	286
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,50	1,00	304,00	334,3	304
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,63	1,00	315,00	344,2	315
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,75	1,00	315,00	346,1	315
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,88	1,00	292,00	336,2	292
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	1,00	1,00	261,00	318,2	261
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,13	1,00	421,26	403,3	421
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,25	1,00	440,90	426,8	441
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,38	1,00	435,49	450,1	435
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,50	1,00	434,52	468,5	435
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,63	1,00	434,03	480,7	433
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,75	1,00	433,47	479,2	434
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,88	1,00	441,87	459,7	442
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	1,00	1,00	429,33	431,8	429
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,13	1,00	772,87	741,5	773
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,25	1,00	799,63	780,7	799
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,38	1,00	813,59	812,3	814
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,50	1,00	822,98	831,4	822
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,63	1,00	827,28	836,7	828
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,75	1,00	827,34	821,9	827
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,88	1,00	818,82	786,2	819
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	1,00	1,00	773,16	749,7	773
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,13	1,00	205,60	367,3	205
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,25	1,00	239,96	358,1	240
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,38	1,00	258,55	347,5	257
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,50	1,00	272,13	337,4	275
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,63	1,00	284,19	325,3	281

5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,75	1,00	290,08	311,5	292
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,88	1,00	272,19	291,4	272
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	1,00	1,00	223,47	268,3	223
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,13	1,00	395,15	435	395
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,25	1,00	401,69	434,5	401
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,38	1,00	406,53	431,1	408
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,50	1,00	411,77	424,6	409
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,63	1,00	398,79	412,5	401
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,75	1,00	410,97	394,3	409
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,88	1,00	405,80	364,6	406
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	1,00	1,00	407,02	330,5	407
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,13	1,00	710,14	746,2	710
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,25	1,00	757,09	783,3	757
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,38	1,00	806,31	817,4	806
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,50	1,00	846,35	840,3	846
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,63	1,00	871,56	850,8	872
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,75	1,00	881,60	841,2	881
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,88	1,00	869,49	805,2	869
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	1,00	1,00	807,41	754,9	807
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,13	1,00	222,12	281,6	222
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,25	1,00	278,06	291,4	278
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,38	1,00	314,96	302	315
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,50	1,00	337,35	311,1	337
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,63	1,00	352,41	318	353
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,75	1,00	354,94	318,7	355
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,88	1,00	330,19	309,5	330
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	1,00	1,00	266,00	292,9	266
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,13	1,00	390,30	375	390
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,25	1,00	404,50	393,4	405
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,38	1,00	415,34	413	413
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,50	1,00	399,73	429,2	403
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,63	1,00	407,00	440,8	403
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,75	1,00	399,87	440,8	402
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,88	1,00	396,50	424,9	396
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	1,00	1,00	404,48	399,6	405
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,13	1,00	733,74	749	734
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,25	1,00	796,28	784,9	796
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,38	1,00	844,03	818,3	846
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,50	1,00	873,49	840,9	871
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,63	1,00	890,65	851,2	893
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,75	1,00	891,76	841,7	890
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,88	1,00	878,55	810,3	879
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	1,00	1,00	835,00	774	835
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,13	1,00	247,49	303	247
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,25	1,00	299,53	315,8	299
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,38	1,00	330,34	329,8	330
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,50	1,00	348,32	341,4	348
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,63	1,00	361,67	350	361
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,75	1,00	366,22	350,2	366
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,88	1,00	353,72	338,6	354
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	1,00	1,00	301,33	319,2	301
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,13	1,00	469,05	413,7	469
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,25	1,00	489,95	434,9	490
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,38	1,00	494,28	457	495
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,50	1,00	485,27	474,4	484
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,63	1,00	482,76	485,3	483
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,75	1,00	487,60	482,4	487
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,88	1,00	473,76	461,5	474
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	1,00	1,00	485,26	432,6	485
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,13	1,00	738,37	764	738
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,25	1,00	796,86	796	797
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,38	1,00	840,44	825	840
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,50	1,00	866,61	843	867
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,63	1,00	878,60	847,2	878
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,75	1,00	880,00	831,5	880
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,88	1,00	877,84	794,9	878
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	1,00	1,00	850,18	758,2	850
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,13	2,00	695,15	739,4	695
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,25	2,00	706,16	769,9	707
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,38	2,00	748,44	793,5	746
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,50	2,00	758,16	800,7	762
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,63	2,00	711,55	786,8	708
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,75	2,00	709,81	757,2	712
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,88	2,00	693,65	724,9	693
1,00	0,80	7,00	90,00	1,60	1,00	2,00	640,66	711,2	641
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,13	2,00	726,37	729,4	727
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,25	2,00	834,68	744,7	833
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,38	2,00	807,30	748,3	812
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,50	2,00	822,40	733,3	815
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,63	2,00	820,92	696,9	828
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,75	2,00	826,28	657,7	822
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,88	2,00	784,46	629,5	786
1,00	1,00	7,00	90,00	2,00	1,00	2,00	831,56	623,5	831
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,13	2,00	607,57	704,7	607
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,25	2,00	677,61	727,3	678
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,38	2,00	746,95	734,1	745
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,50	2,00	698,66	721	702
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,63	2,00	702,74	695	699
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,75	2,00	673,00	678,7	675
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,88	2,00	618,43	682,8	618
1,00	1,20	7,00	90,00	2,40	1,00	2,00	632,26	705,5	632
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,13	2,00	678,21	631,4	678
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,25	2,00	715,58	697,3	715

2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,38	2,00	768,35	761	771
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,50	2,00	776,10	789,7	773
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,63	2,00	747,37	788,3	751
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,75	2,00	780,87	764	779
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,88	2,00	774,33	730,2	775
2,00	0,80	7,00	90,00	1,60	1,00	2,00	703,71	711,2	704
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,13	2,00	638,53	620,7	638
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,25	2,00	686,00	657,2	689
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,38	2,00	794,07	704,4	787
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,50	2,00	764,04	728	776
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,63	2,00	787,21	713,2	776
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,75	2,00	783,19	678,9	790
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,88	2,00	762,02	647,4	760
2,00	1,00	7,00	90,00	2,00	1,00	2,00	803,34	636,9	804
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,13	2,00	631,07	627	631
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,25	2,00	560,45	659,9	559
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,38	2,00	627,57	696,3	632
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,50	2,00	662,63	726,5	656
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,63	2,00	703,40	735,3	711
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,75	2,00	736,08	728,4	732
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,88	2,00	722,95	731,2	725
2,00	1,20	7,00	90,00	2,40	1,00	2,00	702,30	751,1	702
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,13	2,00	515,44	586,9	515
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,25	2,00	547,32	619,5	548
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,38	2,00	583,26	649,2	582
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,50	2,00	588,62	666,6	591
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,63	2,00	572,09	668	570
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,75	2,00	551,38	653,6	553
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,88	2,00	568,27	640,1	568
3,00	0,80	7,00	90,00	1,60	1,00	2,00	529,51	651,4	530
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,13	2,00	634,69	602,8	635
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,25	2,00	654,50	623	654
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,38	2,00	654,65	636,4	657
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,50	2,00	649,03	634,7	645
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,63	2,00	654,11	612,7	658
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,75	2,00	638,29	579,9	636
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,88	2,00	560,22	553,5	561
3,00	1,00	7,00	90,00	2,00	1,00	2,00	604,91	558,5	605
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,13	2,00	583,50	648,9	584
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,25	2,00	602,43	678,6	602
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,38	2,00	674,98	698,3	676
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,50	2,00	673,42	698,6	672
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,63	2,00	694,03	680,1	695
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,75	2,00	707,01	659,9	706
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,88	2,00	696,78	655,8	697
3,00	1,20	7,00	90,00	2,40	1,00	2,00	677,02	678,7	677
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,13	2,00	530,02	563,1	530
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,25	2,00	576,76	596	578
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,38	2,00	615,97	627,4	612
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,50	2,00	641,84	647,7	647
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,63	2,00	623,69	653,1	618
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,75	2,00	593,45	637,8	597
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,88	2,00	608,53	605,5	607
4,00	0,80	7,00	90,00	1,60	1,00	2,00	575,69	578,6	576
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,13	2,00	589,42	584,1	589
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,25	2,00	692,24	606,1	691
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,38	2,00	674,48	623	677
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,50	2,00	700,03	626,5	695
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,63	2,00	669,11	610,5	673
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,75	2,00	644,59	579	642
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,88	2,00	656,80	542,8	658
4,00	1,00	7,00	90,00	2,00	1,00	2,00	695,84	523,4	696
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,13	2,00	592,90	661,5	593
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,25	2,00	612,55	694,5	613
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,38	2,00	687,42	719,7	686
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,50	2,00	671,13	726,6	673
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,63	2,00	705,11	713,2	703
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,75	2,00	721,48	691,8	723
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	0,88	2,00	702,47	679,6	702
4,00	1,20	7,00	90,00	2,40	1,00	2,00	679,93	688,5	680
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,13	2,00	772,20	857,8	772
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,25	2,00	954,33	871,6	955
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,38	2,00	1035,36	875,8	1033
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,50	2,00	954,11	863,8	958
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,63	2,00	848,63	829,7	845
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,75	2,00	874,72	787,2	877
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,88	2,00	902,45	749,7	902
1,00	0,80	7,00	60,00	1,60	1,00	2,00	878,51	734,5	879
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,13	2,00	628,79	736	629
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,25	2,00	596,36	738,5	595
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,38	2,00	499,73	726	505
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,50	2,00	475,56	695,2	468
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,63	2,00	445,37	646,6	453
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,75	2,00	454,11	605,6	449
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,88	2,00	398,90	581	400
1,00	1,00	7,00	60,00	2,00	1,00	2,00	427,09	577,5	427
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,13	2,00	728,11	677,9	728
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,25	2,00	988,47	688,4	989
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,38	2,00	1072,14	680,9	1071
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,50	2,00	1000,00	657,1	1002
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,63	2,00	900,00	628,4	898
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,75	2,00	834,22	616,8	835
1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,88	2,00	789,16	626,6	789

1,00	1,20	7,00	60,00	2,40	1,00	2,00	622,61	652,2	623
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,13	2,00	860,99	810	861
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,25	2,00	1044,36	857,6	1044
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,38	2,00	1098,74	881,3	1099
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,50	2,00	1052,91	880,3	1053
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,63	2,00	969,19	855,7	970
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,75	2,00	987,43	817,3	987
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,88	2,00	977,56	777,9	978
2,00	0,80	7,00	60,00	1,60	1,00	2,00	924,02	758,9	924
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,13	2,00	531,44	671,7	531
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,25	2,00	696,80	716,4	699
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,38	2,00	752,53	742,3	745
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,50	2,00	734,44	731,2	746
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,63	2,00	705,41	691,9	694
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,75	2,00	666,33	650,5	674
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,88	2,00	668,52	621,8	666
2,00	1,00	7,00	60,00	2,00	1,00	2,00	611,01	615,6	612
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,13	2,00	560,33	624,2	561
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,25	2,00	637,47	665,9	636
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,38	2,00	601,02	707,8	607
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,50	2,00	605,46	716,9	596
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,63	2,00	597,97	700,6	608
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,75	2,00	614,11	688,9	608
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,88	2,00	589,53	696,8	592
2,00	1,20	7,00	60,00	2,40	1,00	2,00	559,26	722	559
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,13	2,00	668,62	735,1	669
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,25	2,00	829,68	757,8	830
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,38	2,00	889,98	774,9	889
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,50	2,00	859,43	779,3	861
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,63	2,00	813,74	769,8	812
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,75	2,00	770,35	757,8	772
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,88	2,00	813,49	756,9	813
3,00	0,80	7,00	60,00	1,60	1,00	2,00	826,80	761,9	827
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,13	2,00	533,30	650,7	534
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,25	2,00	534,61	663,2	532
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,38	2,00	555,38	666	562
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,50	2,00	552,89	652,7	542
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,63	2,00	467,05	620,6	478
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,75	2,00	467,83	590,3	461
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,88	2,00	516,66	585,2	519
3,00	1,00	7,00	60,00	2,00	1,00	2,00	457,74	611,6	457
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,13	2,00	688,62	657,4	688
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,25	2,00	849,68	681,1	852
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,38	2,00	909,98	691,9	904
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,50	2,00	879,43	683,4	888
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,63	2,00	833,74	661,3	825
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,75	2,00	790,35	648,4	796
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,88	2,00	833,49	663,8	832
3,00	1,20	7,00	60,00	2,40	1,00	2,00	846,80	714,5	847
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,13	2,00	678,44	723	678
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,25	2,00	861,51	749,2	862
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,38	2,00	899,53	770,9	897
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,50	2,00	891,57	779,6	896
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,63	2,00	819,74	769,6	815
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,75	2,00	744,33	740,4	747
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,88	2,00	773,72	699,7	773
4,00	0,80	7,00	60,00	1,60	1,00	2,00	759,93	672,5	760
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,13	2,00	545,90	659,2	546
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,25	2,00	563,96	676	563
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,38	2,00	571,01	685,1	573
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,50	2,00	551,56	678,7	548
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,63	2,00	479,79	651	484
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,75	2,00	473,09	613,3	471
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,88	2,00	496,31	579,3	497
4,00	1,00	7,00	60,00	2,00	1,00	2,00	479,85	566,4	480
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,13	2,00	698,44	700,4	698
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,25	2,00	881,51	730,1	882
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,38	2,00	919,53	749,3	920
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,50	2,00	911,57	748,9	912
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,63	2,00	839,74	731	840
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,75	2,00	764,33	713,9	764
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	0,88	2,00	793,72	713,3	794
4,00	1,20	7,00	60,00	2,40	1,00	2,00	779,93	733,8	780
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,13	2,00	476,52	603,6	476
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,25	2,00	508,39	612,2	510
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,38	2,00	517,47	609,4	514
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,50	2,00	527,45	589,5	533
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,63	2,00	484,08	549,4	478
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,75	2,00	441,57	508,1	446
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,88	2,00	447,38	476,8	446
1,00	0,80	7,00	45,00	1,60	1,00	2,00	457,96	465,1	458
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,13	2,00	467,26	541	468
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,25	2,00	423,92	537,8	421
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,38	2,00	463,49	519,3	471
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,50	2,00	475,08	486,3	462
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,63	2,00	380,11	442,9	394
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,75	2,00	460,43	411	452
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,88	2,00	462,23	393,3	465
1,00	1,00	7,00	45,00	2,00	1,00	2,00	435,81	390,1	435
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,13	2,00	442,55	485,9	442
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,25	2,00	516,20	483,7	518
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,38	2,00	491,80	465,3	487
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,50	2,00	507,86	437,1	516

1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,63	2,00	546,94	409,4	539
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,75	2,00	543,19	397,2	548
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,88	2,00	471,94	399,6	470
1,00	1,20	7,00	45,00	2,40	1,00	2,00	382,39	412,6	383
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,13	2,00	456,52	562,1	457
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,25	2,00	488,39	592,7	487
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,38	2,00	497,47	602,9	502
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,50	2,00	507,45	592,2	499
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,63	2,00	464,08	559,2	472
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,75	2,00	421,57	519,1	416
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,88	2,00	427,38	484,5	429
2,00	0,80	7,00	45,00	1,60	1,00	2,00	437,96	469,6	437
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,13	2,00	621,41	483,5	621
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,25	2,00	687,27	514,5	691
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,38	2,00	640,77	520,1	628
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,50	2,00	591,47	498,8	612
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,63	2,00	561,18	459,5	540
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,75	2,00	534,38	425,8	548
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,88	2,00	476,51	404,9	472
2,00	1,00	7,00	45,00	2,00	1,00	2,00	363,84	400,3	364
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,13	2,00	383,20	431,5	383
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,25	2,00	528,59	462,8	525
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,38	2,00	462,58	481,5	471
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,50	2,00	434,14	470,3	419
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,63	2,00	279,89	445,8	295
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,75	2,00	364,29	431,8	355
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,88	2,00	271,94	433,2	275
2,00	1,20	7,00	45,00	2,40	1,00	2,00	338,03	447,4	337
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,13	2,00	415,73	466,6	416
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,25	2,00	438,70	480,6	437
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,38	2,00	450,93	489,7	455
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,50	2,00	462,91	489,2	457
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,63	2,00	457,93	480,7	463
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,75	2,00	438,24	474,3	435
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,88	2,00	391,12	469,6	392
3,00	0,80	7,00	45,00	1,60	1,00	2,00	378,86	465,4	379
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,13	2,00	472,77	430,8	473
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,25	2,00	481,06	436,4	482
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,38	2,00	492,74	433,4	491
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,50	2,00	458,14	418,4	460
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,63	2,00	429,52	392,9	428
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,75	2,00	404,46	375,7	405
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,88	2,00	420,54	379	420
3,00	1,00	7,00	45,00	2,00	1,00	2,00	384,08	394,3	384
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,13	2,00	401,69	428,4	401
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,25	2,00	391,31	438,4	392
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,38	2,00	396,02	436,7	393
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,50	2,00	436,56	421,6	442
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,63	2,00	450,82	399,8	445
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,75	2,00	364,78	389,9	368
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,88	2,00	365,41	404,2	364
3,00	1,20	7,00	45,00	2,40	1,00	2,00	375,73	443,7	376
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,13	2,00	419,11	449,3	419
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,25	2,00	432,41	466	434
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,38	2,00	442,25	478,8	436
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,50	2,00	445,36	480,7	455
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,63	2,00	461,00	466,5	452
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,75	2,00	447,97	439,8	454
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,88	2,00	403,12	409,8	401
4,00	0,80	7,00	45,00	1,60	1,00	2,00	392,94	393,9	393
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,13	2,00	485,05	421,8	485
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,25	2,00	497,10	430,8	494
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,38	2,00	486,50	432,8	495
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,50	2,00	508,43	422,7	495
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,63	2,00	446,93	397,7	460
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,75	2,00	421,98	370,1	414
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,88	2,00	398,42	348,7	401
4,00	1,00	7,00	45,00	2,00	1,00	2,00	402,30	341,8	402
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,13	2,00	465,15	444	465
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,25	2,00	416,39	459,7	417
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,38	2,00	410,44	465,4	407
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,50	2,00	460,97	455,8	465
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,63	2,00	474,87	434,2	470
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,75	2,00	366,89	417,6	369
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	0,88	2,00	363,24	414,8	362
4,00	1,20	7,00	45,00	2,40	1,00	2,00	399,23	426,8	399
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,13	2,00	772,75	749,9	773
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,25	2,00	731,04	785,2	732
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,38	2,00	747,77	813,8	747
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,50	2,00	756,91	825,3	759
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,63	2,00	719,04	816,2	718
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,75	2,00	663,24	791,4	664
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,88	2,00	636,96	765	637
1,00	0,80	8,00	90,00	1,60	1,00	2,00	621,37	756,7	622
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,13	2,00	772,40	769,8	773
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,25	2,00	796,84	787,1	797
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,38	2,00	809,05	792,5	809
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,50	2,00	752,84	779,1	753
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,63	2,00	627,25	744,1	627
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,75	2,00	526,86	706,1	527
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,88	2,00	568,61	679,2	569
1,00	1,00	8,00	90,00	2,00	1,00	2,00	605,60	674,4	606
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,13	2,00	598,25	657,8	598

1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,25	2,00	784,94	675,9	785
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,38	2,00	705,93	678,5	708
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,50	2,00	672,40	661,9	670
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,63	2,00	685,06	632,9	688
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,75	2,00	658,63	614,4	657
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,88	2,00	662,23	615,5	663
1,00	1,20	8,00	90,00	2,40	1,00	2,00	663,33	634,6	663
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,13	2,00	811,46	728,5	812
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,25	2,00	806,84	765,4	804
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,38	2,00	969,93	797,3	980
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,50	2,00	1039,75	813,5	1025
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,63	2,00	886,49	810,5	902
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,75	2,00	766,91	788,6	758
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,88	2,00	906,24	759,2	910
2,00	0,80	8,00	90,00	1,60	1,00	2,00	967,04	744,8	967
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,13	2,00	803,52	742,2	804
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,25	2,00	775,08	762,2	777
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,38	2,00	856,27	772,5	852
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,50	2,00	772,01	765,2	781
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,63	2,00	795,66	735,5	788
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,75	2,00	753,21	697,2	759
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,88	2,00	594,05	665,1	593
2,00	1,00	8,00	90,00	2,00	1,00	2,00	815,32	654,9	816
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,13	2,00	591,79	657	592
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,25	2,00	693,50	679,4	695
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,38	2,00	689,27	688,7	687
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,50	2,00	685,57	678,2	691
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,63	2,00	727,71	651,2	723
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,75	2,00	720,93	629,2	724
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,88	2,00	734,87	624,6	734
2,00	1,20	8,00	90,00	2,40	1,00	2,00	747,87	639,8	748
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,13	2,00	624,75	704,8	625
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,25	2,00	625,46	742,6	626
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,38	2,00	583,24	776,7	581
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,50	2,00	585,09	796,8	589
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,63	2,00	617,10	799,4	614
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,75	2,00	661,33	781,3	664
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,88	2,00	586,52	750,3	586
3,00	0,80	8,00	90,00	1,60	1,00	2,00	555,90	729,8	556
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,13	2,00	634,69	707,3	634
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,25	2,00	654,50	729,3	657
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,38	2,00	654,65	743,6	649
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,50	2,00	649,03	741,7	659
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,63	2,00	654,11	717,8	644
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,75	2,00	638,29	680,8	645
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,88	2,00	560,22	644,3	558
3,00	1,00	8,00	90,00	2,00	1,00	2,00	604,91	628,4	605
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,13	2,00	555,82	646,7	556
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,25	2,00	713,28	672,4	711
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,38	2,00	657,74	687,5	665
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,50	2,00	601,60	683,3	591
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,63	2,00	547,69	660	559
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,75	2,00	573,52	635,6	567
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,88	2,00	554,55	625,1	557
3,00	1,20	8,00	90,00	2,40	1,00	2,00	538,48	635,4	538
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,13	2,00	665,29	679,4	666
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,25	2,00	978,01	717,5	973
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,38	2,00	1010,59	753,1	1024
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,50	2,00	1122,92	776,4	1100
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,63	2,00	968,91	784,2	991
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,75	2,00	1120,16	770,7	1106
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,88	2,00	1029,49	739,8	1034
4,00	0,80	8,00	90,00	1,60	1,00	2,00	603,28	714,2	602
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,13	2,00	659,25	665,8	658
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,25	2,00	684,25	688,9	688
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,38	2,00	668,01	706,1	656
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,50	2,00	670,52	708,8	689
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,63	2,00	637,10	690,9	618
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,75	2,00	669,71	656,5	681
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,88	2,00	632,99	617	629
4,00	1,00	8,00	90,00	2,00	1,00	2,00	563,67	595,3	564
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,13	2,00	580,69	626,7	581
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,25	2,00	774,79	654,9	774
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,38	2,00	652,35	674,8	654
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,50	2,00	617,06	676,6	614
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,63	2,00	641,47	658	644
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,75	2,00	583,48	632,6	582
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	0,88	2,00	528,81	616,5	529
4,00	1,20	8,00	90,00	2,40	1,00	2,00	559,99	621,3	560
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,13	2,00	680,97	752	681
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,25	2,00	706,43	771,4	708
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,38	2,00	703,75	780,8	701
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,50	2,00	651,14	772,4	656
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,63	2,00	617,56	741,7	613
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,75	2,00	612,84	703,2	616
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,88	2,00	558,18	671,5	557
1,00	0,80	8,00	60,00	1,60	1,00	2,00	516,97	661,8	517
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,13	2,00	678,32	704	679
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,25	2,00	698,72	707,2	698
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,38	2,00	674,85	694,9	677
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,50	2,00	638,42	664,2	636
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,63	2,00	517,73	616,3	521
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,75	2,00	478,01	576,5	476

1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,88	2,00	540,73	552,9	542
1,00	1,00	8,00	60,00	2,00	1,00	2,00	537,30	549,4	537
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,13	2,00	605,85	592,2	606
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,25	2,00	548,70	598,3	549
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,38	2,00	553,89	586,9	553
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,50	2,00	517,24	560,8	520
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,63	2,00	470,41	531,2	468
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,75	2,00	428,11	518,2	430
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,88	2,00	341,89	524,4	342
1,00	1,20	8,00	60,00	2,40	1,00	2,00	368,31	545	369
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,13	2,00	754,02	755,2	755
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,25	2,00	720,51	778,6	719
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,38	2,00	799,00	794,2	805
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,50	2,00	824,64	793,2	816
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,63	2,00	771,91	770,4	782
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,75	2,00	851,56	734,5	846
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,88	2,00	780,01	699,5	782
2,00	0,80	8,00	60,00	1,60	1,00	2,00	770,17	684,8	770
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,13	2,00	691,15	728,4	692
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,25	2,00	759,54	736,8	759
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,38	2,00	723,72	732,2	728
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,50	2,00	672,03	709,2	667
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,63	2,00	619,72	665,7	627
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,75	2,00	653,62	623,7	650
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,88	2,00	607,00	595,1	609
2,00	1,00	8,00	60,00	2,00	1,00	2,00	637,89	588,5	638
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,13	2,00	674,93	645	675
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,25	2,00	610,25	658,1	613
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,38	2,00	613,17	655,2	606
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,50	2,00	512,70	634,5	526
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,63	2,00	535,97	604,3	524
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,75	2,00	533,54	587,4	542
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,88	2,00	491,03	590,9	489
2,00	1,20	8,00	60,00	2,40	1,00	2,00	514,95	611,6	516
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,13	2,00	566,17	534,4	566
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,25	2,00	576,70	555,6	578
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,38	2,00	606,83	572,6	605
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,50	2,00	624,35	576,7	629
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,63	2,00	541,50	562,1	538
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,75	2,00	516,45	533,3	519
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,88	2,00	530,63	501,7	530
3,00	0,80	8,00	60,00	1,60	1,00	2,00	513,10	486,3	513
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,13	2,00	567,60	564,3	568
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,25	2,00	589,27	564,7	591
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,38	2,00	589,73	557,1	585
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,50	2,00	566,69	536,8	576
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,63	2,00	530,31	499,4	522
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,75	2,00	518,82	461,5	525
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,88	2,00	466,88	433,4	465
3,00	1,00	8,00	60,00	2,00	1,00	2,00	462,10	424,2	463
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,13	2,00	574,95	589,8	576
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,25	2,00	534,02	588,9	532
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,38	2,00	548,10	574	556
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,50	2,00	514,72	545	503
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,63	2,00	427,04	505,5	439
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,75	2,00	487,74	477,9	481
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,88	2,00	499,30	468,7	502
3,00	1,20	8,00	60,00	2,40	1,00	2,00	517,21	478,3	517
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,13	2,00	551,86	514,6	552
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,25	2,00	560,38	542,3	559
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,38	2,00	610,21	567	615
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,50	2,00	615,28	579,7	607
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,63	2,00	551,31	575,1	559
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,75	2,00	524,88	553	520
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,88	2,00	525,18	522,5	527
4,00	0,80	8,00	60,00	1,60	1,00	2,00	493,17	504,8	493
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,13	2,00	574,84	529,3	575
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,25	2,00	574,46	544,7	575
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,38	2,00	590,21	552,8	588
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,50	2,00	580,46	546,3	585
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,63	2,00	593,27	520,4	589
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,75	2,00	562,58	486,7	565
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,88	2,00	496,15	457,4	495
4,00	1,00	8,00	60,00	2,00	1,00	2,00	516,41	446,3	517
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,13	2,00	569,63	512,8	570
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,25	2,00	566,10	535	567
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,38	2,00	556,85	547,5	555
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,50	2,00	488,28	542,7	491
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,63	2,00	471,49	522,4	469
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,75	2,00	496,18	504,1	498
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	0,88	2,00	511,35	500,4	511
4,00	1,20	8,00	60,00	2,40	1,00	2,00	530,33	514,9	531
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,13	2,00	586,23	544,9	586
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,25	2,00	595,09	555,5	595
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,38	2,00	608,95	555,2	609
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,50	2,00	507,43	538,5	506
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,63	2,00	399,18	503	400
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,75	2,00	375,96	466,9	375
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,88	2,00	385,29	440,7	386
1,00	0,80	8,00	45,00	1,60	1,00	2,00	437,85	432,5	438
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,13	2,00	589,72	514,7	590
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,25	2,00	567,12	512	567
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,38	2,00	491,42	494,4	490

1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,50	2,00	397,92	462,8	400
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,63	2,00	338,83	421,6	336
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,75	2,00	302,55	391,8	305
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,88	2,00	281,89	375,6	281
1,00	1,00	8,00	45,00	2,00	1,00	2,00	310,06	372,9	310
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,13	2,00	543,41	435,7	543
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,25	2,00	533,56	432,8	533
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,38	2,00	501,08	415,2	502
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,50	2,00	381,41	389,4	379
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,63	2,00	302,49	364,8	305
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,75	2,00	296,99	354,1	295
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,88	2,00	310,98	356	311
1,00	1,20	8,00	45,00	2,40	1,00	2,00	304,28	367	304
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,13	2,00	707,50	545,1	708
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,25	2,00	722,50	559,6	721
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,38	2,00	706,90	565,5	711
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,50	2,00	719,55	555,6	713
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,63	2,00	653,12	525,8	659
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,75	2,00	663,30	489,8	660
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,88	2,00	639,43	459,7	640
2,00	0,80	8,00	45,00	1,60	1,00	2,00	629,51	448,2	629
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,13	2,00	643,26	524,9	643
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,25	2,00	699,71	527,1	701
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,38	2,00	657,64	516,1	655
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,50	2,00	607,62	489,8	610
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,63	2,00	559,20	449,6	557
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,75	2,00	520,21	416,6	521
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,88	2,00	438,60	396,5	439
2,00	1,00	8,00	45,00	2,00	1,00	2,00	504,96	392	505
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,13	2,00	516,52	464,5	516
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,25	2,00	553,33	467,7	554
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,38	2,00	516,57	456,2	514
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,50	2,00	455,35	432,6	460
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,63	2,00	450,56	405,5	445
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,75	2,00	420,24	391,5	424
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,88	2,00	411,19	392,1	410
2,00	1,20	8,00	45,00	2,40	1,00	2,00	466,88	404,3	467
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,13	2,00	529,29	540,7	529
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,25	2,00	521,87	558,8	522
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,38	2,00	558,94	570,3	560
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,50	2,00	587,55	567,3	585
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,63	2,00	512,69	544,5	515
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,75	2,00	466,10	510,6	464
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,88	2,00	462,74	477,7	463
3,00	0,80	8,00	45,00	1,60	1,00	2,00	437,53	462,7	437
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,13	2,00	532,54	532,6	532
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,25	2,00	549,09	539,4	553
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,38	2,00	545,72	535	534
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,50	2,00	508,94	515	529
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,63	2,00	535,03	478	514
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,75	2,00	447,19	442,8	461
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,88	2,00	422,88	418,6	418
3,00	1,00	8,00	45,00	2,00	1,00	2,00	480,33	411,9	481
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,13	2,00	471,20	494,1	472
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,25	2,00	431,59	503,5	427
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,38	2,00	429,43	499,4	444
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,50	2,00	460,06	480,1	435
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,63	2,00	397,40	452,1	422
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,75	2,00	380,91	434,8	365
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,88	2,00	350,16	433,4	356
3,00	1,20	8,00	45,00	2,40	1,00	2,00	403,95	446,2	403
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,13	2,00	535,24	533,6	535
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,25	2,00	533,89	555,5	532
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,38	2,00	550,87	573	555
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,50	2,00	600,63	577,5	594
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,63	2,00	535,42	563,5	541
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,75	2,00	497,79	534,6	494
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,88	2,00	434,01	501,5	435
4,00	0,80	8,00	45,00	1,60	1,00	2,00	443,49	484,3	443
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,13	2,00	559,27	536,9	559
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,25	2,00	554,24	547,9	555
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,38	2,00	537,45	549,9	534
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,50	2,00	549,75	536,8	554
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,63	2,00	566,64	504,8	562
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,75	2,00	529,41	469,1	532
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,88	2,00	397,23	441,2	396
4,00	1,00	8,00	45,00	2,00	1,00	2,00	467,17	431,7	467
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,13	2,00	494,90	523,2	495
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,25	2,00	433,48	539	434
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,38	2,00	425,11	542,9	423
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,50	2,00	437,87	529,8	441
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,63	2,00	401,57	503,4	398
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,75	2,00	353,21	483,3	355
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	0,88	2,00	388,64	479	388
4,00	1,20	8,00	45,00	2,40	1,00	2,00	434,64	491,9	435
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,13	2,00	785,44	645,9	785
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,25	2,00	773,60	682,7	777
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,38	2,00	823,06	713,2	815
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,50	2,00	740,66	726,4	754
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,63	2,00	738,38	718,4	725
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,75	2,00	659,92	694,8	669
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,88	2,00	635,34	670,7	633
1,00	0,80	9,00	90,00	1,60	1,00	2,00	622,80	665	623

1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,13	2,00	926,22	801	927
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,25	2,00	956,67	818,2	953
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,38	2,00	860,74	823,3	872
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,50	2,00	886,22	809,3	869
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,63	2,00	824,41	773,8	842
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,75	2,00	775,80	735,4	765
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,88	2,00	788,19	708,1	792
1,00	1,00	9,00	90,00	2,00	1,00	2,00	757,35	702,6	757
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,13	2,00	624,55	765,4	624
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,25	2,00	924,66	778,5	926
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,38	2,00	824,10	775,2	819
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,50	2,00	687,83	752,8	696
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,63	2,00	650,24	717,5	643
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,75	2,00	626,16	693,5	631
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,88	2,00	576,12	689,3	575
1,00	1,20	9,00	90,00	2,40	1,00	2,00	584,77	703,7	585
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,13	2,00	748,45	655,5	748
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,25	2,00	777,95	693,1	781
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,38	2,00	833,84	726	825
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,50	2,00	744,23	743,2	758
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,63	2,00	760,97	740,4	747
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,75	2,00	760,34	718,9	769
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,88	2,00	724,02	690,7	721
2,00	0,80	9,00	90,00	1,60	1,00	2,00	691,12	677,9	692
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,13	2,00	846,88	789,8	848
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,25	2,00	867,71	808,9	863
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,38	2,00	901,91	817,9	916
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,50	2,00	940,90	809,1	919
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,63	2,00	727,60	777,7	750
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,75	2,00	694,03	738	680
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,88	2,00	702,76	704,3	708
2,00	1,00	9,00	90,00	2,00	1,00	2,00	655,31	692,5	655
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,13	2,00	634,58	762,4	634
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,25	2,00	885,67	779,4	888
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,38	2,00	817,92	782,3	812
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,50	2,00	835,21	765,6	846
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,63	2,00	752,25	731,9	742
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,75	2,00	764,02	703,9	771
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,88	2,00	834,81	693,4	833
2,00	1,20	9,00	90,00	2,40	1,00	2,00	797,37	703,4	798
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,13	2,00	670,06	668	670
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,25	2,00	684,63	705,8	687
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,38	2,00	736,00	740,1	730
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,50	2,00	662,13	760,2	672
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,63	2,00	693,06	762,4	683
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,75	2,00	633,87	743,8	640
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,88	2,00	612,89	712,9	611
3,00	0,80	9,00	90,00	1,60	1,00	2,00	596,89	693,1	597
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,13	2,00	714,73	775,7	715
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,25	2,00	763,56	795,9	759
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,38	2,00	726,49	807,9	740
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,50	2,00	749,60	803,5	728
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,63	2,00	699,71	776,8	722
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,75	2,00	668,57	737,1	655
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,88	2,00	633,49	697,6	638
3,00	1,00	9,00	90,00	2,00	1,00	2,00	642,10	679	641
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,13	2,00	637,92	751,2	637
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,25	2,00	919,05	771,2	922
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,38	2,00	842,84	779,4	835
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,50	2,00	739,66	768,5	753
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,63	2,00	764,44	737,8	751
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,75	2,00	738,17	706,8	746
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,88	2,00	696,64	689,7	694
3,00	1,20	9,00	90,00	2,40	1,00	2,00	664,94	694,4	665
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,13	2,00	728,99	683,5	729
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,25	2,00	785,78	721,1	784
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,38	2,00	771,52	756	776
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,50	2,00	721,95	778,3	715
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,63	2,00	690,93	784,9	698
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,75	2,00	658,11	770,1	654
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,88	2,00	623,91	738,4	625
4,00	0,80	9,00	90,00	1,60	1,00	2,00	646,86	712,4	647
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,13	2,00	657,68	758,7	657
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,25	2,00	689,07	779,4	693
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,38	2,00	754,36	793,4	742
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,50	2,00	677,04	792,8	696
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,63	2,00	680,90	770,9	662
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,75	2,00	614,45	732,5	626
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,88	2,00	639,36	688,3	635
4,00	1,00	9,00	90,00	2,00	1,00	2,00	621,77	662,5	622
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,13	2,00	631,62	731,8	632
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,25	2,00	862,71	754	860
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,38	2,00	813,82	766,6	821
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,50	2,00	730,92	761,2	719
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,63	2,00	743,31	734,6	755
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,75	2,00	753,95	701,9	746
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	0,88	2,00	707,41	678,4	710
4,00	1,20	9,00	90,00	2,40	1,00	2,00	658,64	677,1	658
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,13	2,00	680,71	661,3	681
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,25	2,00	739,33	677,7	737
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,38	2,00	788,39	686,3	797
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,50	2,00	790,33	678,8	776
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,63	2,00	659,98	651	674

1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,75	2,00	643,62	617,5	635
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,88	2,00	593,80	592,7	597
1,00	0,80	9,00	60,00	1,60	1,00	2,00	626,19	589,2	626
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,13	2,00	680,53	723,7	680
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,25	2,00	693,83	710,8	696
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,38	2,00	713,35	682,5	707
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,50	2,00	629,78	639,4	641
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,63	2,00	566,17	582,3	555
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,75	2,00	490,07	537,7	497
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,88	2,00	423,48	511,1	421
1,00	1,00	9,00	60,00	2,00	1,00	2,00	371,64	505,3	372
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,13	2,00	655,95	619,8	656
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,25	2,00	656,32	608,7	656
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,38	2,00	645,39	575,8	646
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,50	2,00	564,57	529,6	564
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,63	2,00	451,93	480,3	453
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,75	2,00	345,64	450,7	345
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,88	2,00	353,43	439	354
1,00	1,20	9,00	60,00	2,40	1,00	2,00	327,23	442,4	327
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,13	2,00	440,79	604,6	440
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,25	2,00	556,19	634,1	563
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,38	2,00	718,76	656,7	700
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,50	2,00	642,86	662,3	673
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,63	2,00	667,81	646,8	638
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,75	2,00	598,67	618,8	618
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,88	2,00	592,43	593,6	587
2,00	0,80	9,00	60,00	1,60	1,00	2,00	595,49	587,6	597
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,13	2,00	670,38	621,7	671
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,25	2,00	699,48	633,4	696
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,38	2,00	699,79	632,2	711
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,50	2,00	693,00	612,5	676
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,63	2,00	632,84	573,9	650
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,75	2,00	659,19	537,5	649
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,88	2,00	657,63	514,4	661
2,00	1,00	9,00	60,00	2,00	1,00	2,00	626,71	510,7	626
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,13	2,00	584,66	486,5	585
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,25	2,00	727,60	495,1	726
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,38	2,00	676,26	489,6	681
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,50	2,00	636,80	469,4	629
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,63	2,00	587,45	442,4	596
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,75	2,00	608,78	427,2	604
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,88	2,00	625,32	427,8	627
2,00	1,20	9,00	60,00	2,40	1,00	2,00	513,50	442	513
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,13	2,00	523,67	581,5	524
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,25	2,00	561,39	614	558
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,38	2,00	613,72	641,8	623
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,50	2,00	603,12	654,3	588
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,63	2,00	552,73	646,9	568
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,75	2,00	510,38	623,1	501
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,88	2,00	522,67	596,2	526
3,00	0,80	9,00	60,00	1,60	1,00	2,00	568,32	586,3	568
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,13	2,00	466,13	623,6	466
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,25	2,00	598,13	639,5	599
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,38	2,00	623,38	644,9	621
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,50	2,00	639,52	632,6	643
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,63	2,00	655,25	599,3	652
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,75	2,00	618,61	562,2	621
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,88	2,00	615,63	534,5	615
3,00	1,00	9,00	60,00	2,00	1,00	2,00	533,63	527,3	534
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,13	2,00	593,58	518,9	593
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,25	2,00	558,73	533,2	561
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,38	2,00	543,39	534,8	538
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,50	2,00	496,73	519,6	506
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,63	2,00	460,82	492,5	452
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,75	2,00	449,93	473,5	456
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,88	2,00	417,79	470,7	416
3,00	1,20	9,00	60,00	2,40	1,00	2,00	452,33	484,3	453
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,13	2,00	430,79	555,8	430
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,25	2,00	546,19	590,8	548
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,38	2,00	708,76	623,3	702
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,50	2,00	632,86	642,3	643
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,63	2,00	657,81	643,5	648
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,75	2,00	588,67	625,7	595
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,88	2,00	582,43	599,4	580
4,00	0,80	9,00	60,00	1,60	1,00	2,00	585,49	586,4	586
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,13	2,00	610,53	620,6	611
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,25	2,00	640,02	640,2	639
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,38	2,00	655,00	651,5	659
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,50	2,00	672,55	646,3	667
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,63	2,00	618,04	619,6	624
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,75	2,00	507,43	583,5	504
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,88	2,00	477,72	552	479
4,00	1,00	9,00	60,00	2,00	1,00	2,00	435,09	540,8	435
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,13	2,00	698,31	548,8	698
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,25	2,00	597,39	568,6	597
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,38	2,00	572,90	577,5	575
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,50	2,00	589,96	568,6	587
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,63	2,00	519,59	543,7	522
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,75	2,00	498,68	521,7	497
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	0,88	2,00	532,66	514,8	533
4,00	1,20	9,00	60,00	2,40	1,00	2,00	552,28	526,6	552
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,13	2,00	596,23	546,3	596
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,25	2,00	605,09	560,4	604

1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,38	2,00	618,95	563,8	622
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,50	2,00	527,43	550	523
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,63	2,00	410,18	517,5	415
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,75	2,00	395,96	484,1	393
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,88	2,00	405,29	461	406
1,00	0,80	9,00	45,00	1,60	1,00	2,00	447,85	456,1	448
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,13	2,00	579,86	566,7	579
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,25	2,00	468,53	565,4	471
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,38	2,00	452,46	547,8	445
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,50	2,00	341,67	514,6	353
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,63	2,00	340,51	470,6	330
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,75	2,00	341,24	438,8	348
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,88	2,00	247,38	421,9	245
1,00	1,00	9,00	45,00	2,00	1,00	2,00	242,43	419,9	243
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,13	2,00	556,23	462,1	556
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,25	2,00	565,09	457,6	564
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,38	2,00	578,95	437,2	583
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,50	2,00	487,43	408,7	480
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,63	2,00	370,18	381,8	377
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,75	2,00	355,96	369,9	352
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,88	2,00	365,29	371,3	367
1,00	1,20	9,00	45,00	2,40	1,00	2,00	407,85	382,2	408
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,13	2,00	734,96	549,5	735
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,25	2,00	768,23	567,7	768
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,38	2,00	758,47	577,5	759
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,50	2,00	692,81	570,9	692
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,63	2,00	689,68	544,1	691
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,75	2,00	667,51	510,8	667
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,88	2,00	634,59	483,9	635
2,00	0,80	9,00	45,00	1,60	1,00	2,00	661,21	475,8	661
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,13	2,00	685,18	585,3	685
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,25	2,00	692,09	589,2	692
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,38	2,00	638,11	578,7	637
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,50	2,00	624,98	551	627
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,63	2,00	614,43	508	612
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,75	2,00	569,18	472,2	571
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,88	2,00	612,82	450,8	612
2,00	1,00	9,00	45,00	2,00	1,00	2,00	536,18	446,8	536
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,13	2,00	526,23	497,4	526
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,25	2,00	535,09	498,9	535
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,38	2,00	548,95	484,6	551
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,50	2,00	457,43	457,9	454
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,63	2,00	340,18	427,8	344
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,75	2,00	325,96	412,1	324
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,88	2,00	335,29	411,9	336
2,00	1,20	9,00	45,00	2,40	1,00	2,00	377,85	423,7	378
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,13	2,00	546,23	548,6	546
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,25	2,00	555,09	570,8	556
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,38	2,00	568,95	586,5	567
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,50	2,00	477,43	587	481
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,63	2,00	360,18	567,4	357
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,75	2,00	345,96	536,1	348
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,88	2,00	355,29	506,3	354
3,00	0,80	9,00	45,00	1,60	1,00	2,00	397,85	494,7	398
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,13	2,00	554,99	601,8	555
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,25	2,00	582,31	610,4	580
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,38	2,00	554,73	606,9	561
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,50	2,00	560,04	586	550
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,63	2,00	501,05	546,2	512
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,75	2,00	481,16	507,9	474
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,88	2,00	411,93	481,7	414
3,00	1,00	9,00	45,00	2,00	1,00	2,00	384,02	475	384
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,13	2,00	664,96	534	665
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,25	2,00	698,23	541,9	700
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,38	2,00	688,47	534,9	682
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,50	2,00	622,81	512,2	633
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,63	2,00	619,68	480,8	609
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,75	2,00	597,51	461,2	604
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,88	2,00	564,59	458,4	562
3,00	1,20	9,00	45,00	2,40	1,00	2,00	591,21	470,6	592
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,13	2,00	546,02	545,2	546
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,25	2,00	552,63	571,2	553
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,38	2,00	573,07	593	571
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,50	2,00	622,35	601,2	625
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,63	2,00	557,24	590,4	554
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,75	2,00	495,64	564	497
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,88	2,00	486,45	533,6	486
4,00	0,80	9,00	45,00	1,60	1,00	2,00	483,00	519,6	483
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,13	2,00	579,06	614,7	579
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,25	2,00	601,45	627,9	600
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,38	2,00	571,97	631,1	576
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,50	2,00	562,06	617,5	555
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,63	2,00	502,87	583	509
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,75	2,00	506,65	544,1	503
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,88	2,00	411,81	513,4	413
4,00	1,00	9,00	45,00	2,00	1,00	2,00	407,49	503,3	407
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,13	2,00	591,23	570,7	591
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,25	2,00	600,09	584,8	601
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,38	2,00	613,95	585,9	612
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,50	2,00	522,43	569,4	526
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,63	2,00	405,18	539	402
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,75	2,00	390,96	516,1	393
4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	0,88	2,00	400,29	509,9	400

4,00	1,20	9,00	45,00	2,40	1,00	2,00	442,85	521,7	443
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,13	2,00	821,14	835,2	821
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,25	2,00	891,94	877,5	891
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,38	2,00	938,95	918,3	943
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,50	2,00	1003,23	948,6	997
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,63	2,00	1002,80	969,6	1009
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,75	2,00	992,34	973,5	988
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	0,88	2,00	1008,96	959,2	1010
5,00	0,70	7,00	90,00	1,40	1,00	2,00	966,88	937,2	967
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,13	2,00	925,00	956,8	925
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,25	2,00	991,43	986,1	993
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,38	2,00	1069,51	1013	1065
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,50	2,00	1073,24	1030	1080
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,63	2,00	1079,22	1037	1073
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,75	2,00	1064,57	1029	1068
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	0,88	2,00	1057,74	1006	1056
5,00	0,80	7,00	90,00	1,60	1,00	2,00	1025,87	979,6	1026
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,13	2,00	667,59	649,5	668
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,25	2,00	687,16	688,9	687
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,38	2,00	714,11	727,4	715
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,50	2,00	733,39	753,6	731
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,63	2,00	741,50	764,4	744
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,75	2,00	737,18	755,7	736
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	0,88	2,00	717,56	737,6	718
5,00	1,00	7,00	90,00	2,00	1,00	2,00	690,31	731,3	690
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,13	2,00	805,79	804,8	806
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,25	2,00	874,46	840,4	875
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,38	2,00	909,86	874,2	909
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,50	2,00	866,87	897,6	869
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,63	2,00	869,00	908,8	867
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,75	2,00	903,85	901,3	905
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	0,88	2,00	919,88	876	920
5,00	0,70	7,00	60,00	1,40	1,00	2,00	795,32	850,9	795
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,13	2,00	847,31	902,9	847
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,25	2,00	865,12	927,9	864
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,38	2,00	859,75	949,9	863
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,50	2,00	840,86	961,8	836
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,63	2,00	840,72	960	845
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,75	2,00	872,55	941	870
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	0,88	2,00	851,01	907,4	852
5,00	0,80	7,00	60,00	1,60	1,00	2,00	870,90	880,3	871
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,13	2,00	672,34	641,6	672
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,25	2,00	705,71	677,4	706
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,38	2,00	721,38	710,7	720
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,50	2,00	723,23	729,3	726
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,63	2,00	702,09	729,3	699
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,75	2,00	693,99	712,5	696
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	0,88	2,00	702,45	693,5	702
5,00	1,00	7,00	60,00	2,00	1,00	2,00	648,30	691,5	648
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,13	2,00	750,75	751	751
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,25	2,00	803,63	780,9	803
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,38	2,00	824,18	808,3	825
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,50	2,00	829,23	824,9	828
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,63	2,00	805,55	826,9	807
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,75	2,00	801,79	809,2	801
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	0,88	2,00	852,79	774,3	853
5,00	0,70	7,00	45,00	1,40	1,00	2,00	765,11	744,9	765
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,13	2,00	786,03	832,6	786
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,25	2,00	830,55	855,4	831
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,38	2,00	851,31	874,1	851
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,50	2,00	854,85	881,2	855
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,63	2,00	832,64	871,4	832
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,75	2,00	825,30	843,3	825
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	0,88	2,00	844,29	802,4	844
5,00	0,80	7,00	45,00	1,60	1,00	2,00	632,56	773,3	632
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,13	2,00	648,38	631,2	648
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,25	2,00	697,31	667,1	697
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,38	2,00	731,07	696,8	731
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,50	2,00	745,23	708,9	746
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,63	2,00	736,09	699,7	735
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,75	2,00	726,22	675,9	727
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	0,88	2,00	727,09	653,2	727
5,00	1,00	7,00	45,00	2,00	1,00	2,00	723,05	649,4	723
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,13	2,00	831,14	971,2	831
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,25	2,00	901,94	1008	903
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,38	2,00	948,95	1042	944
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,50	2,00	1013,23	1067	1021
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,63	2,00	1012,80	1084	1005
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,75	2,00	1002,34	1087	1007
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	0,88	2,00	1018,96	1077	1017
5,00	0,70	8,00	90,00	1,40	1,00	2,00	976,88	1061	977
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,13	2,00	1257,07	1053	1257
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,25	2,00	1243,58	1078	1243
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,38	2,00	1214,88	1101	1215
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,50	2,00	1223,65	1115	1222
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,63	2,00	1203,56	1122	1205
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,75	2,00	1240,15	1116	1239
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	0,88	2,00	1240,22	1099	1240
5,00	0,80	8,00	90,00	1,60	1,00	2,00	1228,86	1080	1229
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,13	2,00	749,31	699,1	749
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,25	2,00	786,19	736,2	785
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,38	2,00	813,19	771,3	815
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,50	2,00	827,84	793,9	824

5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,63	2,00	832,76	800,6	836
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,75	2,00	828,88	788,6	827
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	0,88	2,00	788,40	767,5	789
5,00	1,00	8,00	90,00	2,00	1,00	2,00	688,62	759,1	688
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,13	2,00	815,79	763,8	816
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,25	2,00	884,46	805,5	885
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,38	2,00	919,86	845,6	918
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,50	2,00	876,87	874,3	880
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,63	2,00	879,00	890,4	876
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,75	2,00	913,85	886,9	916
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	0,88	2,00	929,88	866	929
5,00	0,70	8,00	60,00	1,40	1,00	2,00	805,32	845,8	805
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,13	2,00	612,47	921,2	612
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,25	2,00	698,76	950,9	699
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,38	2,00	791,62	977,1	792
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,50	2,00	868,16	992,4	868
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,63	2,00	963,27	994,5	963
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,75	2,00	1010,95	980	1011
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	0,88	2,00	1018,55	952,4	1019
5,00	0,80	8,00	60,00	1,60	1,00	2,00	1000,01	931	1000
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,13	2,00	748,60	701,5	749
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,25	2,00	783,83	742,7	783
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,38	2,00	803,71	779,6	805
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,50	2,00	794,88	800,1	793
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,63	2,00	810,99	801,4	813
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,75	2,00	815,02	785,9	814
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	0,88	2,00	801,70	768,3	802
5,00	1,00	8,00	60,00	2,00	1,00	2,00	738,97	767,5	739
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,13	2,00	760,75	822,7	761
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,25	2,00	813,63	855,3	814
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,38	2,00	834,18	885,2	833
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,50	2,00	839,23	904	841
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,63	2,00	815,55	909,1	814
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,75	2,00	811,79	895,5	813
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	0,88	2,00	862,79	866,2	862
5,00	0,70	8,00	45,00	1,40	1,00	2,00	775,11	842,3	775
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,13	2,00	1011,07	939,5	1011
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,25	2,00	1021,53	962,7	1021
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,38	2,00	1008,88	981,9	1009
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,50	2,00	1016,84	990,5	1017
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,63	2,00	1021,80	984,4	1022
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,75	2,00	1021,23	962,3	1021
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	0,88	2,00	1025,06	929,1	1025
5,00	0,80	8,00	45,00	1,60	1,00	2,00	1021,41	906	1021
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,13	2,00	772,87	762,3	773
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,25	2,00	799,63	799,2	799
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,38	2,00	813,59	829	815
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,50	2,00	822,98	841,1	821
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,63	2,00	827,28	832,5	829
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,75	2,00	827,34	809,9	826
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	0,88	2,00	818,82	788,6	819
5,00	1,00	8,00	45,00	2,00	1,00	2,00	773,16	786	773
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,13	2,00	841,14	988,4	842
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,25	2,00	911,94	1023	908
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,38	2,00	958,95	1054	971
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,50	2,00	1023,23	1077	1004
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,63	2,00	1022,80	1092	1042
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,75	2,00	1012,34	1094	1000
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	0,88	2,00	1028,96	1083	1033
5,00	0,70	9,00	90,00	1,40	1,00	2,00	986,88	1066	986
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,13	2,00	1267,04	1086	1266
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,25	2,00	1234,27	1108	1240
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,38	2,00	1290,08	1127	1274
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,50	2,00	1195,97	1140	1222
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,63	2,00	1271,03	1144	1245
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,75	2,00	1225,04	1139	1242
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	0,88	2,00	1218,28	1122	1213
5,00	0,80	9,00	90,00	1,60	1,00	2,00	1312,99	1104	1314
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,13	2,00	710,14	805,9	710
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,25	2,00	757,09	837,1	755
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,38	2,00	806,31	865	813
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,50	2,00	846,35	880,7	836
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,63	2,00	871,56	880,6	882
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,75	2,00	881,60	863,1	875
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	0,88	2,00	869,49	836,9	872
5,00	1,00	9,00	90,00	2,00	1,00	2,00	807,41	823,8	807
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,13	2,00	825,79	770,9	826
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,25	2,00	894,46	818	894
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,38	2,00	929,86	863,4	932
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,50	2,00	886,87	896,6	883
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,63	2,00	889,00	917,4	892
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,75	2,00	923,85	918,6	922
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	0,88	2,00	939,88	903,8	940
5,00	0,70	9,00	60,00	1,40	1,00	2,00	815,32	890,1	815
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,13	2,00	948,83	948,2	949
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,25	2,00	952,66	981,7	953
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,38	2,00	998,56	1011	998
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,50	2,00	990,68	1030	991
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,63	2,00	1033,25	1036	1033
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,75	2,00	1060,15	1027	1060
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	0,88	2,00	1074,90	1007	1075
5,00	0,80	9,00	60,00	1,60	1,00	2,00	1256,59	992,2	1256
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,13	2,00	733,74	760,8	733

5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,25	2,00	796,28	803,1	797
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,38	2,00	844,03	840,6	843
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,50	2,00	873,49	861,7	875
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,63	2,00	890,65	864,3	888
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,75	2,00	891,76	851	893
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	0,88	2,00	878,55	836,6	878
5,00	1,00	9,00	60,00	2,00	1,00	2,00	835,00	838,5	835
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,13	2,00	770,75	790,9	771
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,25	2,00	823,63	828,4	823
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,38	2,00	844,18	863,3	845
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,50	2,00	849,23	886,4	848
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,63	2,00	825,55	895,5	827
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,75	2,00	821,79	885,3	821
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	0,88	2,00	872,79	860,3	873
5,00	0,70	9,00	45,00	1,40	1,00	2,00	785,11	841,1	785
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,13	2,00	1066,96	955,7	1067
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,25	2,00	1086,60	981,9	1087
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,38	2,00	1085,05	1004	1084
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,50	2,00	1087,90	1015	1090
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,63	2,00	1087,78	1013	1086
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,75	2,00	1074,22	994,6	1075
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	0,88	2,00	1105,66	967	1105
5,00	0,80	9,00	45,00	1,60	1,00	2,00	1088,26	949,3	1088
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,13	2,00	738,37	827,9	738
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,25	2,00	796,86	864,8	797
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,38	2,00	840,44	894,7	841
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,50	2,00	866,61	907,3	866
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,63	2,00	878,60	900,7	879
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,75	2,00	880,00	881	880
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	0,88	2,00	877,84	863	878
5,00	1,00	9,00	45,00	2,00	1,00	2,00	850,18	862,8	850

Ek-B

Explicit Yöntem

Dünyadaki herhangi bir nesnede sonsuz nokta bulunur. Sonlu elemanlar yöntemi bir nesne tasarımındaki sonsuz noktayı sonlu hale indirgeyerek işe başlanmamaktadır. Buna ‘meshleme’ deniliyor. Bu indirgenen noktalara düğüm noktası adı veriliyor. Bu noktalar birleştirilerek farklı boyutlarda şekiller oluşturulur, bunlara da eleman adı verilmektedir. Böylece tasarımın sonlu elemanlar modeli hazırlanmış olur. Dyna form analiz programı LS dyna analiz programı çözümlerini kullanmaktadır [21]. Ls dyna programı katlama işlemini açık (explicit) analiz yöntemi ile gerçekleştirmektedir. Explicit metod küçük zaman aralıkları kullanılarak yüksek derecede lineer olmayan problemlerin/sistemlerin çözümlenmesinde kullanılır. Açık dinamik analizi genel temas koşullarının uygulanmasına imkan verir ve karışık temas şartları ile yarı statik analizlerin gerçekleştirilmesinde kullanılır. Bu yüzden kapalı (implicit) analiz çözümlerinin çözümlenme yapamadığı durumlarda kullanılabilir. Açık dinamikleri prosedürü çok sayıda zaman artırımlarını dikkate alarak uygulanmaktadır. Kapalı analizlerdeki direkt entegrasyon dinamik analiz prosedürünün aksine her bir artırımın daha kolay olduğu merkezi farklar entegrasyon kuralı kullanılır. Kullanılan bu yöntemler kısmi türev içeren böyle karmaşık lineer olmayan gibi sistemlerin çözümlenmesine olanak vermektedir. Bu analizler, yapıdaki karmaşıklık ve doğrusal olmayan türevsel ifadeler nedeni ile uzun süreler almaktadır

Explicit dinamik analizi genel temas koşullarının uygulanmasına imkan verir ve karışık temas şartları ile yarı statik analizlerin gerçekleştirilmesinde kullanılır. Bu yüzden implicit analiz çözümlerinin çözümlenme yapamadığı durumlarda kullanılabilir. Explicit dinamikleri prosedürü çok sayıda zaman artırımlarını dikkate alarak uygulanmaktadır. Implicit analizlerdeki direkt entegrasyon dinamik analiz prosedürünün aksine her bir artırımın daha kolay olduğu merkezi farklar entegrasyon kuralı kullanılır. Explicit merkezi farklar operatörü artırımın başlangıcı olan t anındaki dinamik denge denklemlerine ($F = m.a$) cevap vermektedir. t anındaki ivmelenmeler t + $\Delta t/2$ anındaki hız ve t + Δt anındaki yer değiştirme çözümünde avantaj sağlamak için hesaplanmaktadır. Explicit dinamik analiz prosedürü diyagonal (‘lumped’) eleman kütle matrisi ile explicit entegrasyon kuralının birlikte uygulanmasına dayalıdır. Gövde hareket denklemleri explicit merkezi farklar entegrasyonu kullanılarak birleştirilir.

$$\ddot{u}_{(i+\frac{1}{2})}^N = \ddot{u}_{(i-\frac{1}{2})}^N + \frac{\Delta t_{(i+1)} + \Delta t_{(i)}}{2} \ddot{u}_{(i)}^N \quad (B.1)$$

$$u_{(i+1)}^N = u_{(i)}^N + \Delta t_{(i+1)} \dot{u}_{(i+\frac{1}{2})}^N \quad (B.2)$$

u_i lineer ya da rotasyonel hareket eden ekipmanın serbestlik derecesini ve i ise explicit dinamik adımların artırımlarını belirtmektedir. Merkezi farklar entegrasyon operatörü, önceki artırımdan bilinen değerlerin $\ddot{u}_{(i-\frac{1}{2})}^N$ ve $\ddot{u}_{(i)}^N$ kullanım avantajı ile explicit bir yöntemdir. Explicit yöntemdeki sayısal verimlik diyagonal eleman kütle matrisine dayalıdır. Çünkü artırımın başlangıcındaki ivmelenmeler Denklem B.3 ile hesaplanmaktadır.

$$\ddot{u}_{(i)}^N = (M^{NJ})^{-1}(P_{(i)}^J - I_{(i)}^J) \quad (B.3)$$

M^{NJ} kütle matrisidir, $P_{(i)}^J$ uygulanan yük vektörü, $I_{(i)}^J$ ise dahili kuvvet vektörüdür. Bu yöntemde dahili kuvvetlerin n operasyonu içeren tersinir kütle çarpımı ile tersinin hesaplanması kolay olduğu için lumped kütle matrisi kullanılır. n modeldeki serbestlik derecesi sayısını ifade eder. Bu prosedürde iterasyon ve teğetsel rijitlik matrisi kullanımı ihtiyacı yoktur. Dahili kuvvet vektörü, I^J , değiştirilmeye ihtiyaç duymayan evrensel rijitlik matrisi gibi tekil elemanlardan meydana gelmektedir. Explicit tümleştirme tasarımı tüm aktif serbestlik derecelerinde sınır koşulları kullanarak sınırlamalar uygulanmadıkça düğüm kütle ya da atalet oluşumuna gerek duymaktadır. . Bütün aktif öteleme dereceleri sınırlandıramadığı durumlarda sifıra eşit olmayan düğüm kütlesi ve bütün aktif rotasyonel serbestlik dereceleri sınırlandıramadığı durumlarda ise sifıra eşit olmayan döner atalet oluşmaktadır. Modeldeki sabit parçanın düğüm noktaları kütleyle ihtiyaç duymaz fakat sınırlamalar kullanılmadıkça tüm sabit gövde kütle ve ataletle sahip olmalıdır.

Tümleştirme prosedürü çok küçük zaman artırımları ile birlikte zamanla tamamlanmaktadır. Merkezi farklar operatörü koşullu kararlıdır ve operatör için kararlılık limiti (sönümlenme olmadan) sistemin en yüksek frekansı ile ilgili olarak verilmektedir.

$$\Delta t \leq \frac{2}{\omega_{\max}} \quad (B.4)$$

Bir kararlılık sınır yaklaşımı, model üzerinde ağdaki herhangi bir eleman üzerinden genişlemeli dalganın en küçük geçiş zamanı olarak yazılır .

$$\Delta t \approx \frac{L_{\min}}{c_d} \quad (B.5)$$

L_{\min} ağdaki en küçük eleman ölçüsünü ifade ederken c_d , λ_0 ve μ_0 bağlı olarak aşağıda açıklanan genişlemeli dalga hızını belirtmektedir.

Bu tahmin sadece, Δt için yapılan bir yaklaşımdır ve çoğu durumlarda güvenli bir tahmin değildir. Genellikle, explicit yöntemi ile seçilen gerçek sabit zaman artırımını 2 boyutlu modelde $1/\sqrt{2}$ ve 1 arasında ve 3 boyutlu modelde $1/\sqrt{3}$ ile 1 arasındaki bir katsayı aracılığı ile tahmin edilen bu tahminden daha az olur. Güncel genişlemeli dalga hızı, c_d , explicit yöntemde malzemenin yapısal cevabından aktif alt-elastik malzeme modülü hesaplanarak belirlenir. Efektif Lamé sabitleri, $\hat{\lambda}$ ve $G=2\hat{\mu}$, takip eden durumlarda belirlenmektedir. Δp ortalama gerilimlerdeki, ΔS deviatorik gerilimlerdeki, $\Delta \varepsilon_{vol}$ hacimsel gerinimlerdeki ve $\Delta \varepsilon$ deviatorik gerinim artırımlarını ifade eder. hypo-elastik gerilim gerinim şekil kuralı ;

$$\Delta p = (3\hat{\lambda} + 2\hat{\mu})\hat{\Delta}_{\varepsilon_{vol}} \quad (B.6)$$

$$\Delta S = 2\hat{\mu}\Delta \varepsilon \quad (B.7)$$

Etkin modül aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$3\widehat{K} = 3\widehat{\lambda} + 2\widehat{\mu} = \frac{\Delta p}{\Delta \varepsilon_{vol}} \quad (B.8)$$

$$2\widehat{\mu} = \frac{\Delta S : \Delta \varepsilon}{\Delta \varepsilon : \Delta \varepsilon} \quad (B.10)$$

$$\widehat{\lambda} + 2\widehat{\mu} = \frac{1}{3}(3\widehat{K} + 4\widehat{\mu}) \quad (B.11)$$

Bu efektif modül eleman rijitliğini temsil etmektedir ve ayrıca güncel genleşmeli dalga hızı aşağıda verildiği gibi hesaplanır. ρ malzeme yoğunluğunu ifade etmektedir.

$$c_d = \sqrt{\frac{\widehat{\lambda} + 2\widehat{\mu}}{\rho}} \quad (B.12)$$

Burada görülen sabitlere Lamé sabitleri adı verilir. Bu sabitlerin mühendislik sabitleri veya teknik sabitler adı verilen E, G ve ν değerlerine bağlantısı

$$\widehat{\lambda} = \lambda_0 = \frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)} \quad (B.13)$$

$$\mu = G \quad (B.14)$$

şeklinde E elastisite modülü, ν Poisson's ratio'dur.

Ayrıca E ve G arasında aşağıda verilen bağıntı vardır.

$$\widehat{\mu} = \mu_0 = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (B.15)$$

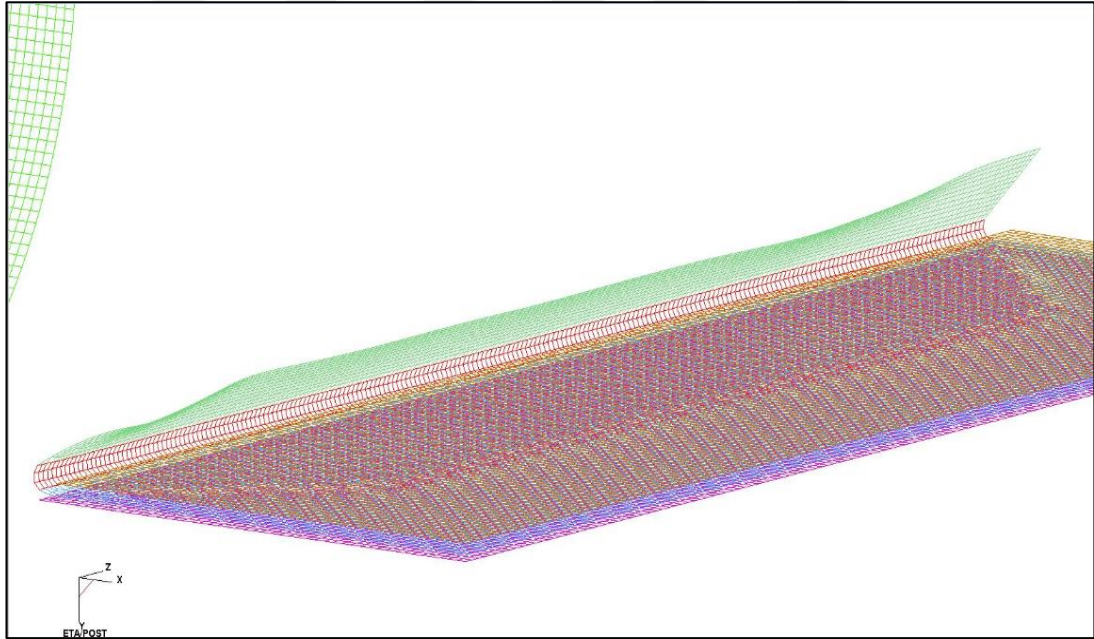
Bir analizde kullanılan zaman artırımı merkezi farklar operatörü kararlılık limitinden daha küçük olmalıdır. Hatalı küçük zaman artırımı kullanımı kararsız bir çözüm ile sonuçlanacaktır. Eğer çözüm kararsız olursa, yer değiştirme gibi çözüm değişkenlerinin zaman geçmiş cevabı genellikle artan genlikler ile dalgalanacaktır. Ayrıca toplam enerji dengesi önemli ölçüde değişecektir. Eğer model sadece bir tip malzeme içeriyor ise başlangıç zaman artırımı direkt olarak model ağındaki en küçük eleman ile oranlıdır. Eğer model ağı tek tip boyutlu fakat birden çok malzemeden oluşuyor ise, elemanlar en yüksek dalga hızı ile başlangıç zaman artırımını belirleyecektir. Küçük artımların kullanımı avantajlıdır çünkü bu teğet rijitlik matrisinin değiştirilmesine ve iterasyona ihtiyaç yoktur. Ayrıca bu durum temas iyileştirmesini kolaylaştırmaktadır.

Explicit dinamikleri prosedürü yüksek hızlı durumların analizleri ile ilgilidir fakat bir çok avantajları ile explicit yöntemi daha yavaş yarı-statik proseslerin analizlerine de uygulanır. Buna temasın çözümlere yön verdiği ve sac kırışması nedeni ile yerel dengesizliklerin olduğu sac metal şekillendirmesi örnektir.

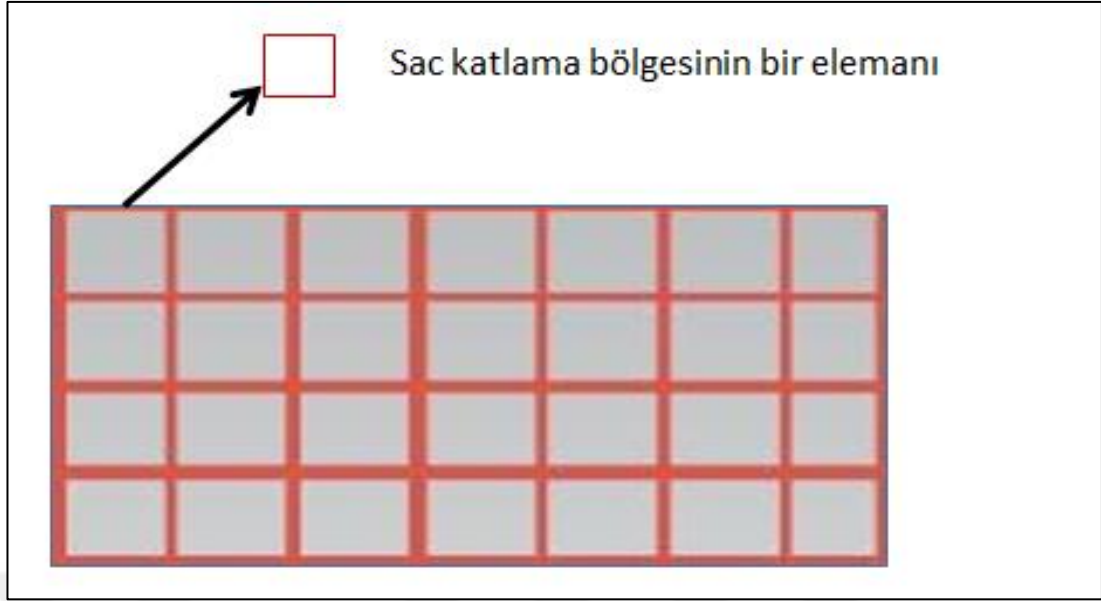
Lineer olmayan denklemlerde sadece sayısal çözümler mümkün olmaktadır. LS Dyna programında explicit çözümlerinde merkezi farklar zaman tümleştirilmesi

üzerinde durulmaktadır. LS Dyna, merkezi farklar zaman tümleştirilmesi modifikasyonunu kullanmaktadır. Merkezi farklar şeması explicit bir metottur. Explicit çözümleri için hareket denklemi bir önceki zaman adımı için hesaplanır fakat implicit yöntemleri için yeni bir zaman adımı $tn+1$ kullanılır.

Ls Dyna çözümlerini kullanan DynaForm programında Şekil B.1’de görüldüğü gibi modellenen parça üzerinde bir ağ modeli oluşturulmaktadır. Bu modeli üzerinde görüldüğü gibi farklı geometride elemanlardan oluşmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi ilk olarak modeli oluşturmak için parça üzerindeki sonsuz noktaları sonlu hale getirmektedir ve bu ağ oluşturma olarak adlandırılmaktadır. Sonlu hale getirilen bu noktalar düğüm olarak adlandırılır. Bu düğüm noktalar birleştirilir ve farklı boyutlarda şekiller oluşturulur. Bunlara eleman adı verilmektedir ve bu şekilde sonlu elemanlar modeli oluşturulmuş olur. Buradaki çalışmada malzeme modeli için kabuk elemanlar ve yüzey ağ yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca ağ tipi olarak iki boyutta hücre şekilleri kullanılmıştır. Bu ağ tipleri üçgen ve dikdörtgen ağ geometrileridir. Geometri ilgili olarak ve deformasyon yoğunluğun fazla olması nedeni ile büküm bölgelerinde 0,6 mm ölçülerinde dörtgen şekilli ağlar ve deformasyon işleminin az olduğu sac modelinin diğer bölgelerinde ise 1 mm ölçülerinde üçgen ve dikdörtgen geometri elemanlar kullanılmıştır. Ayrıca program özellikleri kapsamında sürtünme katsayısı çelik malzeme ile hazırlanan modeller için 0,125, alüminyum malzemeler için ise 0,17 olarak hesaba katılmıştır.



Şekil B.1. Ağ oluşturulmuş model

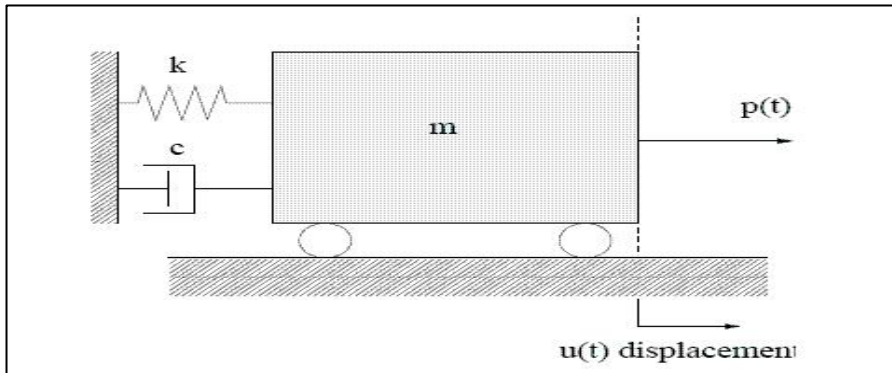


Şekil B.2. Ağ oluşturulmuş model eleman gösterimi

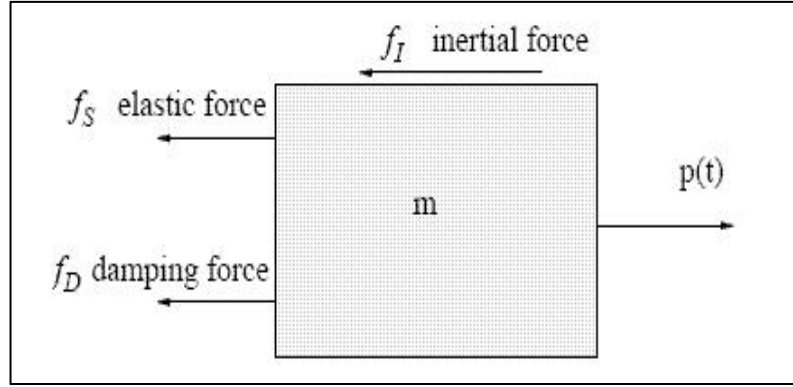
Sonlu elemanlar analizinde işlem için uygulan kuvvet ilk Şekil B.2.'de görülen ağ modelinin bir elemanı üzerinde etmektedir ve sonrasında bir akış halinde diğer elemanları takip ederek model üzerinde deformasyon olayının meydana gelmesine neden olmaktadır. Yani işlem elemanlar üzerinde adım adım ilerleyerek etki etmektedir.

Hareket denklemi

Tek serbestlik dereceli sistem

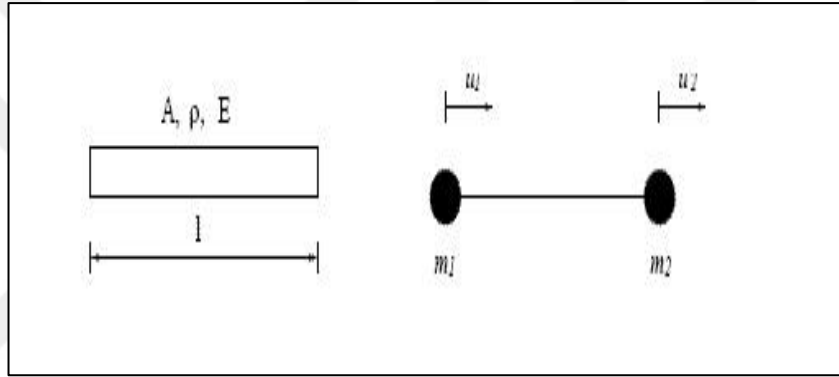


Şekil B.3. Kütle hareket sistemi



Şekil B.4. Kuvvet sistemi

Kütle Yığılması



Şekil B.5. Kuvvet yığılma sistemi

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} \rho A l \quad (B.16)$$

Rijitlik Matrisi

Kütle Matrisi

$$K = \frac{EA}{l} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad M = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} \rho A l & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} \rho A l \end{bmatrix} \quad (B.17)$$

Doğal frekans;

$$\omega = \text{Det} \left(\begin{array}{cc|cc} \frac{EA}{l} & 1 & 1 & -\omega^2 \frac{1}{2} \rho A l \\ -1 & -1 & 0 & 0 \\ \hline & & 0 & \frac{1}{2} \rho A l \end{array} \right) = 0 \quad (B.18)$$

$$\omega_{\max}^2 = 4 \frac{E}{l^2 \rho} \quad \omega_{\max} = \frac{2}{l} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (B.19)$$

Dalga yayılım hızı;

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (\text{B.20})$$

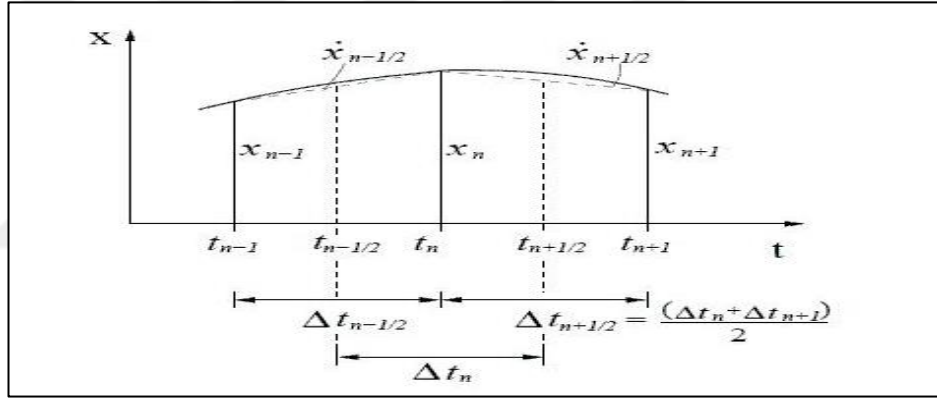
$$\omega_{\max} = \frac{2c}{1} \quad (\text{B.21})$$

Kritik zaman adımı;

$$\Delta t = \frac{1}{c} \quad \text{Courant – Friedrichs – Levy – criterion} \quad (\text{B.22})$$

Ls Dyna'daki zaman tümleştirmesi

Şekil B.6'daki ayrıklaştırma grafiğinde görüldüğü üzere u yer değiştirme değişkeni x olarak, i adım değişkeni ise n halini almıştır.



Şekil B.6. Ls Dyna'daki zaman tümleştirmesi

Hız denklemi;

$$\dot{x}_{n+\frac{1}{2}} = \frac{1}{\Delta t_{n+\frac{1}{2}}} (x_{n+1} - x_n) \quad (\text{B.23})$$

İvme denklemi;

$$\ddot{x}_{n+\frac{1}{2}} = \frac{1}{\Delta t_n} (\dot{x}_{n+\frac{1}{2}} - \dot{x}_{n-\frac{1}{2}}) \quad (\text{B.24})$$

t_n anındaki lineer olmayan durumlar için hareket denklemi;

$$M\ddot{x} = P_n - F_n^{ic} - C\dot{x}_n \quad (\text{B.25})$$

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Kavalcı R.**, Bingül Z. , Robotik sac katlama kuvvet değerlerinin yapay sinir ağları yöntemi ile tahmini, 8. *Otomotiv Teknoklojileri Kongresi*, Bursa, Türkiye, 23-24 Haziran 2016.



ÖZGEÇMİŞ

Nisan 1988’de Kumluca/Antalya’da doğmuştur. 2002 yılında ilk ve ortaokulu Antalya Mavikent 75. Yıl İlköğretim Okulu’nda ve lise öğrenimini ise, Antalya Kumluca Anadolu Lisesi’nde 2006 yılında tamamlamıştır. 2007 yılında girdiği ÖSS sınavında Kocaeli Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği bölümünü kazanmıştır ve 2012 yılında Mekatronik Mühendisi olarak mezun olmuştur. 2013 yılı Şubat ayında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır.

