

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

## **3 EKSENLİ CNC TEZGAH TASARIMI ve UYGULAMASI**

**Makine Mühendisi Utku BÜYÜKŞAHİN**

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Konstrüksiyon Programında**  
**Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ferhat DİKMEN**

**İSTANBUL, 2005**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

|                                                                    |      |
|--------------------------------------------------------------------|------|
| SİMGE LİSTESİ .....                                                | vii  |
| KISALTMA LİSTESİ .....                                             | ix   |
| ŞEKİL LİSTESİ .....                                                | xi   |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                              | xiii |
| ÖNSÖZ .....                                                        | xiv  |
| ÖZET .....                                                         | xv   |
| ABSTRACT .....                                                     | xvi  |
| 1. GİRİŞ .....                                                     | 1    |
| 2. OTOMASYON ve CNC HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....                  | 2    |
| 2.1 CNC Tezgahlarının Tarihçesi .....                              | 6    |
| 2.2 CNC Nedir .....                                                | 6    |
| 2.3 CNC Takım Tezgahları .....                                     | 7    |
| 2.4 CNC Takım Tezgahlarının Avantajları .....                      | 9    |
| 2.5 CNC Takım Tezgahlarının Dezavantajları .....                   | 10   |
| 2.6 CNC Seçim Kriterleri .....                                     | 10   |
| 2.6.1 İhtiyaca uygunluk .....                                      | 10   |
| 2.6.2 Hassasiyet değerlerinin uzun yıllar boyunca sağlanması ..... | 10   |
| 2.6.3 Kullanma kolaylığı .....                                     | 11   |
| 2.6.4 Proses kontrolü ve izlenebilirlik .....                      | 12   |
| 2.6.5 Yapılan işlerin kontrolü (süperkontrol) .....                | 13   |
| 2.6.6 Tezgahın güvenilirliği .....                                 | 13   |
| 2.6.7 Geri ödeme süresi .....                                      | 14   |
| 2.6.8 Eğitim, servis ve yedek parça temininde süreklilik .....     | 14   |
| 2.7 Konstrüksiyon Özellikleri .....                                | 15   |
| 2.7.1 Alüminyum .....                                              | 16   |
| 2.7.2 Alüminyumun genel özellikleri .....                          | 16   |
| 2.7.3 Kullanım alanları .....                                      | 18   |
| 2.7.4 Profillerin montajına ilişkin birtakım bilgiler .....        | 22   |
| 2.7.5 Rijitlik .....                                               | 26   |
| 2.7.6 CNC otomasyonu .....                                         | 27   |
| 3. GÖVDE KONSTRÜKSİYONU ve ANALİZİ .....                           | 30   |
| 3.1 CNC'nin Konstrüksiyonuna Genel Bakış .....                     | 30   |
| 3.2 Tezgahın Konstrüksiyon Hesapları .....                         | 31   |
| 3.2.1 Tezgahın sehim hesapları ve analizleri .....                 | 33   |
| 3.3 Bağlantı Parçalarının Analizi .....                            | 40   |
| 3.4 Yan bağlantı Parçasının Analizleri .....                       | 44   |
| 3.5 Ön Taşıyıcı - Bağlantı Parçasının Analizleri .....             | 48   |

|          |                                                                               |    |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.       | X EKSENİ HESAPLARI .....                                                      | 52 |
| 4.1      | Tezgah Üzerine Binen Kesme Kuvvetlerinin Bulunması ve Gerekli Kesme Gücü..... | 53 |
| 4.1.1    | Hafif işlemede tezgah üzerine binen kesme kuvveti .....                       | 53 |
| 4.1.1.1  | Kesme hızı ve ilerleme .....                                                  | 54 |
| 4.1.1.2  | Talaş boyutları .....                                                         | 55 |
| 4.1.1.3  | Kesme kuvvetleri .....                                                        | 55 |
| 4.1.2    | Orta ağırlıkta işlemede tezgah üzerine binen kesme kuvveti .....              | 56 |
| 4.1.2.1  | Kesme hızı ve ilerleme .....                                                  | 57 |
| 4.1.2.2  | Talaş boyutları .....                                                         | 57 |
| 4.1.2.3  | Kesme kuvvetleri .....                                                        | 58 |
| 4.1.3    | Ağır işlemede tezgah üzerine binen kesme kuvveti .....                        | 59 |
| 4.1.3.1  | Kesme hızı ve ilerleme .....                                                  | 59 |
| 4.1.3.2  | Talaş boyutları .....                                                         | 60 |
| 4.1.3.3  | Kesme kuvvetleri .....                                                        | 60 |
| 4.1.4    | Kesme gücü .....                                                              | 61 |
| 4.2      | Vidalı Milin Hesapları .....                                                  | 62 |
| 4.2.1    | Hedeflenen vidalı mil ömrü .....                                              | 62 |
| 4.2.2    | Vidalı milin adım uzunluğu .....                                              | 62 |
| 4.2.3    | Ortalama yük .....                                                            | 63 |
| 4.2.4    | Ortalama devir sayısı .....                                                   | 63 |
| 4.2.5    | Gerekli olan minimum dinamik yük kapasitesi .....                             | 64 |
| 4.2.6    | Gerekli olan minimum statik yük kapasitesi .....                              | 64 |
| 4.2.7    | Vidalı mil ve somunun seçimi .....                                            | 64 |
| 4.2.8    | Tahmini vidalı mil ömrü .....                                                 | 66 |
| 4.2.9    | Gerekli vida uzunluğu .....                                                   | 66 |
| 4.2.10   | Vidalı milin yataklar arası mesafesi .....                                    | 67 |
| 4.2.11   | İzin verilen maksimum devir sayısı .....                                      | 67 |
| 4.2.12   | Vidalı miller üzerine gelen yükler .....                                      | 68 |
| 4.2.12.1 | Hızlanma sırasında .....                                                      | 68 |
| 4.2.12.2 | Yavaşlama sırasında .....                                                     | 69 |
| 4.2.13   | Vidalı millerin rijitlik kontrolü .....                                       | 69 |
| 4.3      | Ray ve Araba Hesapları .....                                                  | 70 |
| 4.3.1    | G ( yer çekimi ) kuvvetinin bulunması .....                                   | 72 |
| 4.3.2    | $F_z$ kuvvetinin bulunması .....                                              | 72 |
| 4.3.3    | $F_y$ kuvvetinin bulunması .....                                              | 73 |
| 4.3.4    | İvmelenme kuvvetinin bulunması .....                                          | 73 |
| 4.3.5    | Kesme kuvvetinin bulunması .....                                              | 74 |
| 4.3.6    | Sürtünme kuvvetinin bulunması .....                                           | 74 |
| 4.3.7    | $F_{\text{toplam}}$ kuvvetinin bulunması .....                                | 75 |
| 4.3.8    | $F_{\text{toplam araba}}$ kuvvetinin bulunması .....                          | 75 |
| 4.3.9    | $M_{\text{kesme}}$ momentinin .....                                           | 75 |
| 4.3.10   | $M_{\text{ivmelenme}}$ momentinin bulunması .....                             | 75 |
| 4.3.11   | $M_y$ momentinin bulunması .....                                              | 76 |
| 4.3.12   | $M_{\text{OLT}}$ moment toplamalarının bulunması .....                        | 76 |
| 4.3.13   | $M_{\text{OLTA}}$ moment toplamalarının bulunması .....                       | 77 |
| 4.3.14   | $M_{\text{OQT}}$ moment toplamalarının bulunması .....                        | 77 |
| 4.3.15   | $M_{\text{OQTa}}$ moment toplamalarının bulunması .....                       | 77 |
| 4.3.16   | Arabaların güvenlik kontrolü .....                                            | 77 |
| 4.3.17   | Arabaların tahmini ömrü .....                                                 | 79 |

|          |                                                         |     |
|----------|---------------------------------------------------------|-----|
| 4.3.18   | Arabaların rijitlik kontrolleri .....                   | 80  |
| 4.4      | Motor Hesapları .....                                   | 81  |
| 5.       | Y EKSENİ HESAPLARI .....                                | 83  |
| 5.1      | Vidalı Milin Hesapları .....                            | 84  |
| 5.1.1    | Hedeflenen vidalı mil ömrü .....                        | 84  |
| 5.1.2    | Vidalı milin adım uzunluğu .....                        | 84  |
| 5.1.3    | Ortalama yük .....                                      | 85  |
| 5.1.4    | Ortalama devir sayısı .....                             | 85  |
| 5.1.5    | Gerekli olan minimum dinamik yük kapasitesi .....       | 86  |
| 5.1.6    | Gerekli olan minimum statik yük kapasitesi .....        | 86  |
| 5.1.7    | Vidalı mil ve somunun seçimi .....                      | 86  |
| 5.1.8    | Tahmini vidalı mil ömrü .....                           | 87  |
| 5.1.9    | Gerekli vida uzunluğu .....                             | 88  |
| 5.1.10   | Vidalı milin yataklar arası mesafesi .....              | 88  |
| 5.1.11   | İzin verilen maksimum devir sayısı .....                | 89  |
| 5.1.12   | Vidalı mil üzerine gelen yükler .....                   | 90  |
| 5.1.12.1 | Hızlanma sırasında .....                                | 90  |
| 5.1.12.2 | Yavaşlama sırasında .....                               | 90  |
| 5.1.13   | Vidalı milin rijitlik kontrolü .....                    | 90  |
| 5.2      | Ray ve Araba Hesapları .....                            | 92  |
| 5.2.1    | G ( yer çekimi ) kuvvetinin bulunması .....             | 94  |
| 5.2.2    | $F_z$ kuvvetinin bulunması .....                        | 94  |
| 5.2.3    | İvmelenme kuvvetinin bulunması .....                    | 95  |
| 5.2.4    | $F_x$ kuvvetinin bulunması .....                        | 96  |
| 5.2.5    | Kesme kuvvetinin bulunması .....                        | 96  |
| 5.2.6    | Sürtünme kuvvetinin bulunması .....                     | 96  |
| 5.2.7    | $F_{\text{toplam}}$ kuvvetinin bulunması .....          | 97  |
| 5.2.8    | $F_{\text{toplam araba}}$ kuvvetinin bulunması .....    | 97  |
| 5.2.9    | $M_{\text{kesme}}$ momentinin bulunması .....           | 97  |
| 5.2.10   | $M_x$ momentinin bulunması .....                        | 98  |
| 5.2.11   | $M_{\text{OQT}}$ moment toplamalarının bulunması .....  | 98  |
| 5.2.12   | $M_{\text{OQTA}}$ moment toplamalarının bulunması ..... | 98  |
| 5.2.13   | Arabaların güvenlik kontrolü .....                      | 99  |
| 5.2.14   | Arabaların tahmini ömrü .....                           | 101 |
| 5.2.15   | Arabaların rijitlik kontrolleri .....                   | 102 |
| 5.3      | Motor Hesapları .....                                   | 103 |
| 6.       | Z EKSENİ HESAPLARI .....                                | 105 |
| 6.1      | Vidalı Milin Hesapları .....                            | 106 |
| 6.1.1    | Hedeflenen vidalı mil ömrü .....                        | 106 |
| 6.1.2    | Vidalı milin adım uzunluğu .....                        | 106 |
| 6.1.3    | Ortalama yük .....                                      | 107 |
| 6.1.4    | Ortalama devir sayısı .....                             | 107 |
| 6.1.5    | Gerekli olan minimum dinamik yük kapasitesi .....       | 108 |
| 6.1.6    | Gerekli olan minimum statik yük kapasitesi .....        | 108 |
| 6.1.7    | Vidalı mil ve somunun seçimi .....                      | 108 |
| 6.1.8    | Tahmini vidalı mil ömrü .....                           | 110 |
| 6.1.9    | Gerekli vida uzunluğu .....                             | 110 |
| 6.1.10   | Vidalı milin yataklar arası mesafesi .....              | 111 |

|                |                                                                   |     |
|----------------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1.11         | İzin verilen maksimum devir sayısı.....                           | 111 |
| 6.1.12         | Vidalı miller üzerine gelen yükler .....                          | 112 |
| 6.1.12.1       | Yukarı çıkarken hızlanma, aşağı inerken yavaşlama sırasında ..... | 112 |
| 6.1.12.2       | Yukarı çıkarken yavaşlama, aşağı inerken hızlanma sırasında ..... | 113 |
| 6.1.13         | Vidalı millerin rijitlik kontrolü .....                           | 113 |
| 6.2            | Ray ve Araba Hesapları .....                                      | 114 |
| 6.2.1          | G ( yer çekimi ) kuvvetinin bulunması .....                       | 116 |
| 6.2.2          | $F_{ivmelenme}$ kuvvetinin bulunması .....                        | 117 |
| 6.2.3          | $F_y$ kuvvetinin bulunması .....                                  | 117 |
| 6.2.4          | $F_x$ kuvvetinin bulunması .....                                  | 118 |
| 6.2.5          | Kesme kuvvetinin bulunması .....                                  | 118 |
| 6.2.6          | Sürtünme kuvvetinin bulunması .....                               | 118 |
| 6.2.7          | $F_{toplam}$ kuvvetinin bulunması .....                           | 119 |
| 6.2.8          | $F_{toplam\ araba}$ kuvvetinin bulunması .....                    | 119 |
| 6.2.9          | $M_{kesme}$ momentinin bulunması .....                            | 119 |
| 6.2.10         | $M_{ivmelenme}$ momentinin bulunması .....                        | 120 |
| 6.2.11         | $M_y$ momentinin bulunması .....                                  | 120 |
| 6.2.12         | $M_x$ momentinin bulunması .....                                  | 120 |
| 6.2.13         | $M_G$ momentinin bulunması .....                                  | 121 |
| 6.2.14         | $M_{OLT}$ moment toplamlarının bulunması .....                    | 121 |
| 6.2.15         | $M_{OLTA}$ moment toplamlarının bulunması .....                   | 122 |
| 6.2.16         | $M_{OQT}$ moment toplamlarının bulunması .....                    | 122 |
| 6.2.17         | $M_{OQTA}$ moment toplamlarının bulunması .....                   | 122 |
| 6.2.18         | Arabaların güvenlik kontrolü.....                                 | 122 |
| 6.2.19         | Arabaların tahmini ömrü.....                                      | 124 |
| 6.2.20         | Arabaların rijitlik kontrolleri .....                             | 125 |
| 6.3            | Motor Hesapları .....                                             | 126 |
| 7.             | MALİYET DÖKÜMÜ .....                                              | 128 |
| 7.1            | Alüminyum Gövde .....                                             | 128 |
| 7.2            | Hassas yataklar ve vidalı miller.....                             | 128 |
| 7.3            | Otomasyon.....                                                    | 129 |
| 7.4            | İşletilen parçalar.....                                           | 130 |
| 7.5            | TOPLAM TUTAR.....                                                 | 130 |
| 8.             | SONUÇLAR.....                                                     | 131 |
| KAYNAKLAR..... |                                                                   | 132 |
| EKLER .....    |                                                                   | 133 |
| Ek 1           | Delta marka servo motor ve sürücüsü teknik bilgileri.....         | 134 |
| Ek 2           | Adlink marka PCI-8164 model hareket kartı teknik bilgileri.....   | 135 |
| Ek 3           | Igus marka hareketli kablo kanalı teknik bilgileri .....          | 136 |
| Ek 4           | Yan taşıyıcı plaka sol dış ölçüler .....                          | 137 |
| Ek 5           | Yan taşıyıcı plaka sol delikler.....                              | 138 |
| Ek 6           | Yan taşıyıcı plaka sağ dış ölçüler .....                          | 139 |
| Ek 7           | Yan taşıyıcı plaka sağ delikler.....                              | 140 |
| Ek 8           | Yan taşıyıcı plaka sağ alt bağlantı parçası .....                 | 141 |
| Ek 9           | Yan taşıyıcı plaka sol alt bağlantı parçası.....                  | 142 |
| Ek 10          | Tezgah montaj resmi.....                                          | 143 |
| Ek 11          | 'Z' ( Takım diş sayısı ) - Sehim değeri değişimi .....            | 144 |

|               |                                                                              |     |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ek 12         | ‘D’ ( Takım apı ) - Sehim değeri değişimi.....                              | 145 |
| Ek 13         | ‘Sz’ ( Diř bařına dūřen ilerleme ) - Sehim deęeri deęiřimi .....             | 146 |
| Ek 14         | ‘B’ ( Yana kayma ) veya ‘a’ ( Paso derinliği ) - Sehim değeri değişimi ..... | 147 |
| Ek 15         | ‘V’ ( Kesme hızı ) - Sehim değeri değişimi.....                              | 148 |
| Ek 16         | CNC Fotoğrafları .....                                                       | 149 |
| Ek 17         | CNC Fotoğrafları .....                                                       | 150 |
| Ek 18         | CNC Fotoğrafları .....                                                       | 151 |
| ÖZGEÇMİş..... |                                                                              | 152 |

## SİMGE LİSTESİ

|                     |                                                                           |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| $a$                 | İvme                                                                      |
| $a_p$               | Kesme derinliği                                                           |
| $A_s$               | Ortalama talaş kesiti                                                     |
| $a_1$               | Olasılık değeri                                                           |
| $b$                 | Talaş genişliği                                                           |
| $B$                 | Yana kayma değeri                                                         |
| $C$                 | Statik yük kapasitesi değeri                                              |
| $C_a$               | Gerekli olan minimum dinamik yük kapasitesi                               |
| $C_{oa}$            | Gerekli olan minimum statik yük kapasitesi                                |
| $D$                 | Takım çapı                                                                |
| $d_r$               | Vidanın dış dibi çapı                                                     |
| $E$                 | Alüminyumun elastiklik modülü                                             |
| $f$                 | Maksimum sehim değeri                                                     |
| $F$                 | Eksenel yük, Uygulanılan kuvvet                                           |
| $F_{bileşke}$       | Bileşke kuvvet                                                            |
| $F_e$               | Ortalama Yük                                                              |
| $F_H$               | Hızlanma sırasında vidalı mil üzerine gelen yükler                        |
| $F_{ivmelenme}$     | Hızlanma sırasında uygulanması gereken kuvvet                             |
| $F_{kesme}$         | Kesme işlemi için gerekli olan kuvvet                                     |
| $F_{max}$           | Maksimum Yük                                                              |
| $F_{min}$           | Minimum Yük                                                               |
| $F_{PL}$            | Öngerilme                                                                 |
| $F_s$               | CNC'ye karşılık gelen ortalama kesme kuvveti                              |
| $F_{sz}$            | Bir dişe karşılık gelen ortalama kesme kuvveti                            |
| $f_s$               | Emniyet katsayısı                                                         |
| $F_{sürtünme}$      | Sürtünme kuvveti                                                          |
| $F_{toplam}$        | Toplam kuvvet                                                             |
| $F_{toplam\ araba}$ | Araba başına düşen kuvvet miktarı                                         |
| $F_x$               | X Yönündeki kuvvet                                                        |
| $F_y$               | Y Yönündeki kuvvet                                                        |
| $F_z$               | Z Yönündeki kuvvet                                                        |
| $f_w$               | Emniyet katsayısı                                                         |
| $f$                 | İki ucu da sabit mafsallarla tutturulmuş yataklama için öngörülen katsayı |

|                   |                                                           |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|
| $g$               | Yerçekimi ivmesi                                          |
| $G$               | Vidalı milin hareket ettirdiği toplam obje ağırlığı       |
| $h_m$             | Talaşın ortalama kalınlığı                                |
| $k$               | Alttan mafsallanmış sabitlemeler için verilen katsayı     |
| $K_i$             | İç direnç                                                 |
| $L_h$             | Hedeflenen ömür                                           |
| $L_s$             | Serbest uzunluk                                           |
| $L_t$             | Tahmini vidalı mil ömrü                                   |
| $L_v$             | Vidalı milin uzunluğu                                     |
| $l$               | Vidalı milin adım uzunluğu                                |
| $M_G$             | Ağırlığın oluşturduğu moment                              |
| $M_{ivmelenme}$   | İvmelenme kuvvetinin oluşturduğu moment                   |
| $M_{kesme}$       | Kesme kuvvetinin oluşturduğu moment                       |
| $M_{OLT}$         | Araba eksenindeki toplam moment                           |
| $M_{OLTA}$        | Araba eksenindeki herbir araba başına düşen toplam moment |
| $M_{OQT}$         | Araba eksenindeki toplam moment                           |
| $M_{OQTA}$        | Araba eksenindeki herbir araba başına düşen toplam moment |
| $M_x$             | $F_x$ kuvvetinin oluşturduğu moment                       |
| $M_y$             | $F_y$ kuvvetinin oluşturduğu moment                       |
| $n$               | Devir sayısı                                              |
| $n_m$             | Ortalama devir sayısı                                     |
| $n_{maks}$        | İzin verilen maksimum devir sayısı                        |
| $P$               | Gerekli güç                                               |
| $P_s$             | Kesme için gerekli olan güç                               |
| $q$               | Bilyalı yataklar için verilen katalog değeri katsayı      |
| $S_z$             | Bir dişe karşılık gelen ilerleme miktarı                  |
| $V$               | Boşta hareket hızı                                        |
| $V_{max(x)}$      | X yönündeki maksimum hız                                  |
| $V_{max(y)}$      | Y yönündeki maksimum hız                                  |
| $Z$               | Takım diş sayısı                                          |
| $\alpha$          | ivme                                                      |
| $\alpha_{max(x)}$ | X yönündeki maksimum ivme                                 |
| $\alpha_{max(y)}$ | Y yönündeki maksimum ivme                                 |
| $\alpha_{max(z)}$ | Z yönündeki maksimum ivme                                 |

|             |                                       |
|-------------|---------------------------------------|
| $\Delta t$  | Hızlanma/yavaşlama zamanı             |
| $\mu$       | Kaymalı yatakların sürtünme katsayısı |
| $\eta$      | Verim                                 |
| $\eta_1$    | Pozitif yöndeki verim                 |
| $\pi$       | Pi sayısı                             |
| $\rho$      | Malzeme yoğunluğu                     |
| $\varphi_1$ | Kavramaya giriş açısı                 |
| $\varphi_2$ | Kavramadan çıkış açısı                |
| $\chi$      | Yerleştirme açısı                     |

## **KISALTMA LİSTESİ**

|     |                                                                           |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|
| CAD | Computer Aided Design (Bilgisayar destekli tasarım)                       |
| CAM | Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar destekli imalat)                 |
| CNC | Computer Numerical Control (Bilgisayar numerik kontrol)                   |
| HSS | High Speed Steel (Yüksek hız çeliği)                                      |
| LME | London Metal Exchange (Londra Metal Borsası)                              |
| MCU | Machine Control Unit (Tezgah kontrol ünitesi)                             |
| MIT | Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü) |
| NC  | Numerical Control (Nümerik kontrol)                                       |
| ROM | Read Only Memory (Salt okunur bellek)                                     |

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

|              |                                                                             |    |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1    | Bir toz deterjan tesisinin otomasyon şeması ve temsili resmi .....          | 2  |
| Şekil 2.2    | Bantlı konveyör sistemi .....                                               | 3  |
| Şekil 2.3    | Newcomen'in atmosferik buhar makinesi .....                                 | 3  |
| Şekil 2.4    | Otomasyon işlem şeması.....                                                 | 4  |
| Şekil 2.5    | Bir hiroelektrik santralinin kumanda odası.....                             | 4  |
| Şekil 2.6    | Bir CNC işleme merkezi .....                                                | 4  |
| Şekil 2.7    | CNC işleme merkezinin kesici takımların olduğu kafası .....                 | 5  |
| Şekil 2.8    | CNC işleme merkezinin gövdesi .....                                         | 5  |
| Şekil 2.9    | İşleme merkezinin kontrol ünitesi.....                                      | 5  |
| Şekil 2.10   | NC takım tezgahları .....                                                   | 7  |
| Şekil 2.11   | Kesici taret ve magazinler.....                                             | 8  |
| Şekil 2.12.a | Profillerin montajı sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar .....        | 22 |
| Şekil 2.12.b | Profillerin montajı sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar .....        | 22 |
| Şekil 2.12.c | Profillerin montajı sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar .....        | 22 |
| Şekil 2.12.d | Profillerin montajı sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar .....        | 23 |
| Şekil 2.12.e | Profillerin montajı sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar .....        | 23 |
| Şekil 2.12.f | Profillerin montajı sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar .....        | 23 |
| Şekil 2.13   | Lineer kızaklarla kullanılan bilyalı araba .....                            | 26 |
| Şekil 2.14   | Vidalı mil ile somun arasındaki bilyaların resmi .....                      | 26 |
| Şekil 2.15   | Vidalı milin kesit görüntüsü.....                                           | 26 |
| Şekil 2.16   | Vidalı milin yataklarından bir örnek.....                                   | 27 |
| Şekil 3.1    | CNC'nin konstrüksiyonu ve eksenlerin yönleri.....                           | 30 |
| Şekil 3.2    | Analizlerde kullanılan alüminyum 6063 malzemesi özellikleri. ....           | 32 |
| Şekil 3.3    | Tezgah konstrüksiyonu ve girişlerin numaraları. ....                        | 32 |
| Şekil 3.4    | Tezgah konstrüksiyonu üzerine 20000 N'luk yayılı yük.....                   | 33 |
| Şekil 3.5    | Noktasal yük uygulandığındaki sehim parametreleri .....                     | 33 |
| Şekil 3.6    | Yayılı yük.....                                                             | 34 |
| Şekil 3.7    | 3 Nolu giriş analiz resmi .....                                             | 35 |
| Şekil 3.8    | Kiriş analiz resmi .....                                                    | 35 |
| Şekil 3.9    | Kiriş deforme olmuş analiz resmi .....                                      | 35 |
| Şekil 3.10   | Kiriş analizinde yükler ve gerilme miktarı .....                            | 36 |
| Şekil 3.11   | Kiriş analizinde yükler ve sehim miktarı .....                              | 36 |
| Şekil 3.12   | 6 Nolu giriş analiz resmi .....                                             | 37 |
| Şekil 3.13   | Maksimum gerilme noktaları.....                                             | 38 |
| Şekil 3.14   | Yayılı yük ve gerilme dağılımı .....                                        | 38 |
| Şekil 3.15   | Yayılı yük ve bükülme emniyeti.....                                         | 39 |
| Şekil 3.16   | Gerilme dağılımı .....                                                      | 40 |
| Şekil 3.17   | Köşe bağlantı parçası analiz parametreleri .....                            | 40 |
| Şekil 3.18   | Köşe bağlantı parçası gerilme analizi sonucu.....                           | 41 |
| Şekil 3.19   | Köşe bağlantı parçası gerilme bölgelerinin farklı açılardan görünüşü. ....  | 42 |
| Şekil 3.20   | Köşe bağlantı parçası gerilme bölgelerinin farklı açılardan görünüşü. ....  | 42 |
| Şekil 3.21   | İkinci tip köşe bağlantı parçası .....                                      | 42 |
| Şekil 3.22   | İkinci tip köşe bağlantı parçasının montaj şekilleri .....                  | 43 |
| Şekil 3.23   | Kullanılan bağlantı elemanının taşıyabileceği yük kapasitesi .....          | 43 |
| Şekil 3.24   | Yan bağlantı parçasının konstrüksiyondaki yeri.....                         | 44 |
| Şekil 3.25   | Yan bağlantı parçasının gerilme analizi sonucu .....                        | 45 |
| Şekil 3.26   | Yan bağlantı parçasının gerilme analizinin farklı bir açıdan gösterimi..... | 45 |

|            |                                                                                                                       |     |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 3.27 | Yan bağlantı parçasının gerilme analizinin farklı bir açıdan gösterimi.....                                           | 46  |
| Şekil 3.28 | Yan bağlantı parçasının gerilmelerinin maksimum olduğu noktaların yakından gösterimi. ....                            | 46  |
| Şekil 3.29 | Kullanılan Yan bağlantı parçasının gerilme analizinin sonucundaki sehîm değeri.....                                   | 47  |
| Şekil 3.30 | Ön taşıyıcı – bağlantı parçasının konstrüksiyondaki yeri .....                                                        | 48  |
| Şekil 3.31 | Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının gerilme analiz sonucu .....                                                         | 49  |
| Şekil 3.32 | Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının gerilme analiz sonucu. ....                                                         | 49  |
| Şekil 3.33 | Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının gerilme analiz sonucu farklı bir açıdan görölmektedir. ....                         | 50  |
| Şekil 3.34 | Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının gerilme analiz sonucunda maksimum gerilmenin olduğu noktaları gösterilmektedir..... | 50  |
| Şekil 3.35 | Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının gerilme analizinin sonucundaki sehîm değeri                                         | 51  |
| Şekil 4.1  | X ekseninin konstrüksiyonu ve elemanları .....                                                                        | 52  |
| Şekil 4.2  | Frezelemede talaş boyutları .....                                                                                     | 54  |
| Şekil 4.3  | Vidalı mil .....                                                                                                      | 67  |
| Şekil 4.4  | X ekseninde bulunan 4 adet BMA-30 bilyalı arabanın konumu.....                                                        | 70  |
| Şekil 4.5  | X eksenine etki eden kuvvetler .....                                                                                  | 71  |
| Şekil 4.6  | X ekseninde bulunan 1 no’lu BMA-30 bilyalı arabaya etki eden kuvvet ve momentler .....                                | 72  |
| Şekil 5.1  | Y ekseninin konstrüksiyonu ve elemanları .....                                                                        | 83  |
| Şekil 5.2  | Vidalı mil .....                                                                                                      | 88  |
| Şekil 5.3  | Y ekseninde bulunan 4 adet BMA-20 bilyalı arabanın konumu.....                                                        | 92  |
| Şekil 5.4  | Y eksenine etki eden kuvvetler .....                                                                                  | 93  |
| Şekil 5.5  | Y ekseninde bulunan 1 no’lu BMA-20 bilyalı arabaya etki eden kuvvet ve momentler .....                                | 94  |
| Şekil 6.1  | Z ekseninin konstrüksiyonu ve elemanları .....                                                                        | 105 |
| Şekil 6.2  | Vidalı mil .....                                                                                                      | 111 |
| Şekil 6.3  | Z ekseninde bulunan 4 adet BMA-20 bilyalı arabanın konumu .....                                                       | 114 |
| Şekil 6.4  | Z eksenine etki eden kuvvetler .....                                                                                  | 115 |
| Şekil 6.5  | Z ekseninde bulunan 1 no’lu BMA-20 bilyalı arabaya etki eden kuvvetler ...                                            | 116 |

## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

|              |                                                                                         |     |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 2.1  | Alüminyum özelliklerine ve malzeme şekline bağlı olarak ana sektörlerde kullanımı ..... | 18  |
| Çizelge 2.2  | Uluslararası alüminyum standartları .....                                               | 19  |
| Çizelge 2.3  | AA 6063 Alaşımının genel özellikleri .....                                              | 24  |
| Çizelge 2.4  | Ektrüksiyon profillerin genel özellikleri .....                                         | 25  |
| Çizelge 3.1  | Kullanılan bağlantı elemanının taşıyabileceği yük kapasitesi .....                      | 43  |
| Çizelge 4.1  | Sert metal plaketsli freze başlıkları için kesme hızları ve ilerleme değersleri.....    | 53  |
| Çizelge 4.2  | Basitleştirilmiş yöntemle ‘k <sub>s</sub> ’ nin değeri .....                            | 55  |
| Çizelge 4.3  | CNC tahmini çalışma oranları çizelgesi .....                                            | 62  |
| Çizelge 4.4  | Vidalı mil özellikleri çizelgesi .....                                                  | 65  |
| Çizelge 4.5  | İzin verilen maksimum hızın yatak cinsi ve mesafesine göre değışimi.....                | 68  |
| Çizelge 4.6  | Kuvvet ve momentlerin Çizelge 4.5 ‘teki karşılıkları.....                               | 78  |
| Çizelge 4.7  | Bilyalı arabaların özellikleri çizelgesi .....                                          | 79  |
| Çizelge 4.8  | Olasılık çizelgesi .....                                                                | 79  |
| Çizelge 4.9  | Arabaların farklı yükler altındaki deformasyonları .....                                | 80  |
| Çizelge 4.10 | Servo motor özellikleri çizelgesi .....                                                 | 82  |
| Çizelge 5.1  | CNC tahmini çalışma oranları çizelgesi .....                                            | 84  |
| Çizelge 5.2  | Vidalı mil özellikleri çizelgesi .....                                                  | 87  |
| Çizelge 5.3  | İzin verilen maksimum hızın yatak cinsi ve mesafesine göre değışimi.....                | 89  |
| Çizelge 5.4  | Kuvvet ve momentlerin Çizelge 5.5 ‘teki karşılıkları.....                               | 100 |
| Çizelge 5.5  | Bilyalı arabaların özellikleri çizelgesi .....                                          | 100 |
| Çizelge 5.6  | Olasılık çizelgesi .....                                                                | 101 |
| Çizelge 5.7  | Arabaların farklı yükler altındaki deformasyonları .....                                | 102 |
| Çizelge 5.8  | Servo motor özellikleri çizelgesi .....                                                 | 104 |
| Çizelge 6.1  | CNC tahmini çalışma oranları çizelgesi .....                                            | 109 |
| Çizelge 6.3  | İzin verilen maksimum hızın yatak cinsi ve mesafesine göre değışimi.....                | 112 |
| Çizelge 6.4  | Kuvvet ve momentlerin Çizelge 6.5 ‘teki karşılıkları.....                               | 124 |
| Çizelge 6.5  | Bilyalı arabaların özellikleri .....                                                    | 124 |
| Çizelge 6.6  | Olasılık çizelgesi .....                                                                | 124 |
| Çizelge 6.7  | Arabaların farklı yükler altındaki deformasyonları .....                                | 125 |
| Çizelge 6.8  | Servo motor özellikleri çizelgesi .....                                                 | 127 |

## ÖNSÖZ

3 Eksenli CNC tezgah tasarımı ve uygulaması isimli tezimde; bir CNC işleme merkezinin tasarımı için gerekli olduğunu düşündüğüm bilgiler, bir CNC freze tezgahının tasarımı için gerekli olan hesaplar, çizimler ve tasarlanan CNC'nin maliyetini sundum.

Umarım bu proje CNC tasarımı konusunda çalışmak isteyen arkadaşlara yardımcı bir kaynak olabilir.

Bu projenin hazırlanmasında emeği geçen;

Tez hocam Doç. Dr. Ferhat Dikmen'e, Dr. Seyyid Gani'ye, eşim Gülşen'e, annem, babam ve abime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2005

Utku Büyükşahin  
Makine Mühendisi

## ÖZET

Bu çalışmada, üç eksenli CNC freze tezgahı, onu oluşturan parça ve malzemeler hakkında bilgi verilmiştir.

CNC seçim kriterlerine değinilmiştir.

Yeni bir CNC freze tezgahı tasarlanmıştır.

Gövdenin konstrüksiyonu üç boyutlu çizilmiş, Visual Nastran programı kullanılarak gerilme ve sehım analizleri yapılmış, ayrıca sayısal hesaplamalarla desteklenmiştir.

Her 3 eksen için de gerekli olan vidalı millerin modelleri saptanmış, tezgaha bir çalışma süresi hedeflenmiş ve vidalı mil ile arabaların bu süreyi sağlayıp sağlayamadıkları kontrol edilmiş, sağladıkları görülmüştür.

Tezgahın üzerine binen tüm kuvvet ve momentler tespit edilip, tüm eksen elemanları için etkileri kontrol edilmiştir. Her eleman üzerine binen yüklerden yola çıkılarak elemanların rijitlikleri hesaplanmıştır.

Her eksen için gerekli olan servo motor güçleri hesaplanmıştır. Motorların seçimi yapılmıştır.

Güvenilir bir tasarıma ulaşılnca makine imal edilmiştir. Makine başarıyla çalıştırılmıştır.

Makinenin imalatı sırasında karşılaşılan maliyetler verilmiştir.

Anahtar kelimeler: CNC, CNC Freze, CNC Hesapları, CNC Maliyet.

## **ABSTRACT**

In this study, the information about CNC milling machine, its parts and its materials are given.

The points of choosing a CNC is told.

A new, 3 axis CNC milling machine is designed.

Construction of the body is driven and the analyses are made with the program named Visual Nastran. Also the mathematical calculations are given.

The ballscrews an the linear carriage systems ( rail and the carriages ) for all 3 axes are being selected.

A working life length for the machine is objected and compared with the components' life durations. It is seen that the components' lives will cover the machine's estimated working period.

All forces and moments acting on all axes, are determined. By finding out the effects of these forces and moments on the components, the rigidity of ballscrews, joint parts, rails and carriages are calculated.

The power of the motors needed for all 3 axes are calculated. Motors are selected.

The CNC milling machine is manufactured after reaching a reliable design. And the machine is put on work successfully.

The costs of manufacturing the machine is given.

Keywords: CNC, CNC Milling Machine, CNC Calculations, CNC costs.

## 1. GİRİŞ

Tarih boyunca, teknolojiyi takip eden, teknolojiye yatırım yapıp, teknolojiyi ilerleten devletler gelişmiş, diğerleri ise sürekli tüketici olmaktan kurtulamamış ve zamanla ekonomik bağımsızlıklarını kaybetmişlerdir.

Bilgisayarların akıl almaz bir hızda gelişmelerinin sonucunda tasarımlar çok hızlı değişmekte, otomobil gibi çok komplike olan makineler bile her an yeni tasarımlarıyla piyasaya çıkmaktadırlar. Bu hızlandırılmış tasarım süreci, imalatı da bu hıza ayak uydurmaya zorlamış ve CNC makineleri de yaygınlaşmaya başlamıştır. Tamamen bilgisayar kontrollü olarak çalışan CNC'ler tasarlanan bir parçanın birkaç saat içinde prototipini elinizde tutuyor olabilmenizi sağlar ki, bu tasarımın geliştirilebilmesi ve test edilebilmesi için inanılmaz bir fayda sağlamaktadır. Tabii ki seri üretimdeki bir parçanın hassas ve hızlı üretilmesini sağlaması da diğer çok büyük bir faydasıdır.

Bu tezin hazırlanmasındaki amaç, biraz geriden takip ettiğimiz teknolojiyi yakalamakta ufacık bir adım atabilmek, bu konuda çalışmak isteyen arkadaşlara bir ön fikir, bir yol gösterici olabilmektir.

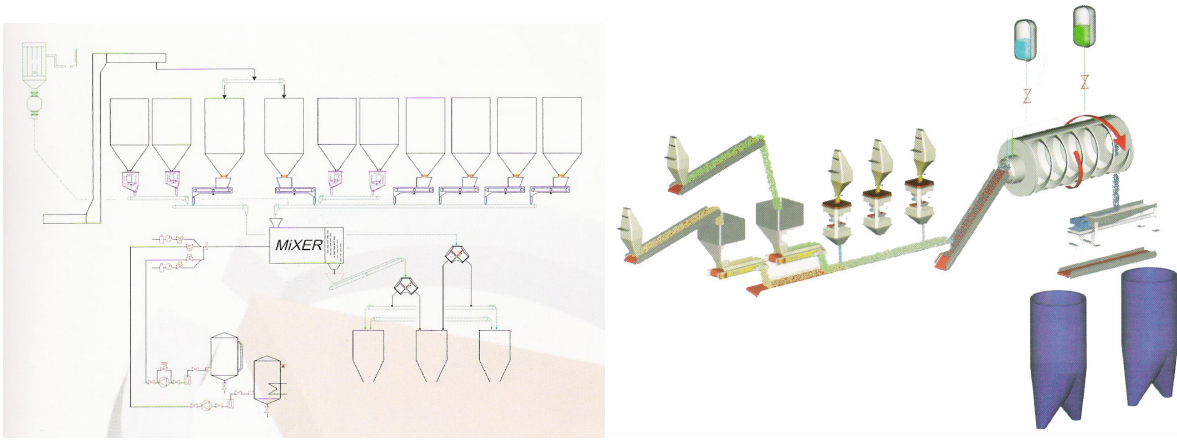
Tez kapsamında, otomasyon ve CNC'lerin tarihçesi, CNC seçim kriterleri, örnek bir CNC tasarımı, hesapları ve örnek CNC için maliyet dökümü yer almaktadır.

Bu tez kapsamında tasarlanan CNC imal edilmiştir ve başarıyla çalışmaktadır.

## 2. OTOMASYON ve CNC HAKKINDA GENEL BİLGİLER

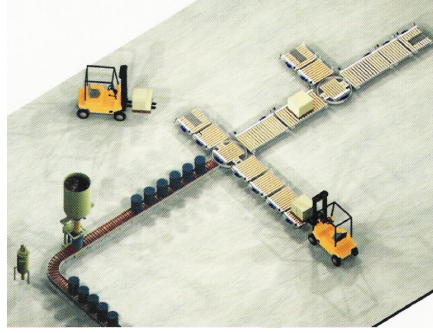
İnsan müdahalesiyle gerçekleştirilen işlerde, bu müdahalenin yerini kısmen ya da bütünüyle makinelerin almasına otomasyon denir. Otomasyon, otomatikleştirme olarak da bilinir. Başka biçimde; gerçekleştirilmesi olanaksız olan işlemlerin makineler tarafından yerine getirilmesine otomasyon denir.

Otomasyon kavramı makineleşmeden nitelikçe farklıdır; makineleşme, insan gücünün yerini makinelerin alması, otomasyon ise makinelerin özdenetimli bir sistem halinde bütünleştirilmesidir. Otomasyon, uygulandığı alanların hepsinde köklü dönüşümler yaratmış, günlük yaşamın hemen her alanını derinden etkilemiş ve sanayi toplumlarının yaşamında yeni bir çığır açmıştır. (AnaBritannica, 17: 243)



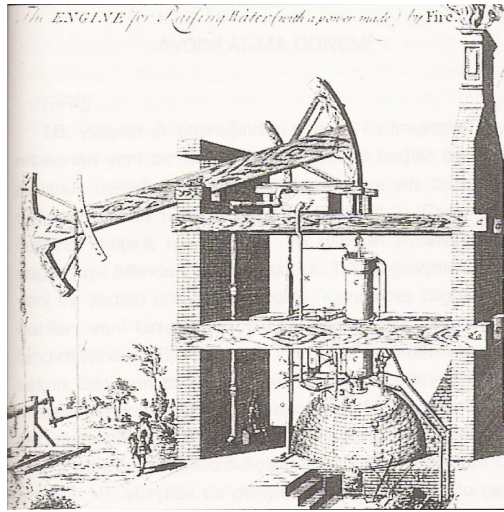
Şekil 2.1 Bir toz deterjan tesisinin otomasyon şeması ve temsili resmi ( Safmak, 2001 )

İnsanlar çok eskilerde başlayarak, bazı zor işlemleri mekanik aygıtların yardımıyla gerçekleştirilmesinin yollarını aramışlardır. İÖ 2000'lerden kalma makara, vinç ve başka kaldırma makinelerinin kalıntıları bulunmuştur. Ama gerçek makineleşmenin yaygınlaşarak, farklı makinelerden oluşan sistemlerin ortaya çıkması 18. yüzyıldaki Sanayi Devrimi sırasında gerçekleşti. Tüfek gibi, sökülüp takılabilen parçalarda oluşan ürünler üreten fabrikaların kurulması, işbölümünün ve uzmanlaşmanın derinleşmesine ve aynı işçinin hep aynı basit işi yaptığı üretim düzeninin doğmasına yol açtı. Önce buhar makinelerinin ve ardından da elektrik motorlarının geliştirilmesiyle de bu tekil işlerin makinelerce gerçekleştirilmesine geçildi. (AnaBritannica, 17: 243)



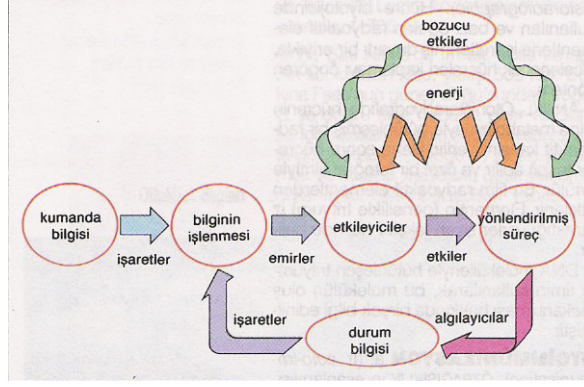
Şekil 2.2 Bantlı konveyör sistemi ( Safmak, 2001 )

Üretim zinciri sisteminin (bant sistemi) uygulamaya konması da otomasyona yönelik önemli bir adım oldu. Geniş ölçekli bir biçimde ilk olarak ABD’de Chicago’daki et paketleme şirketlerinde kullanılmaya başlayan üretim sisteminde ürün, işin değişik aşamalarını yerine getirecek olan işçilerin önüne bir bantın üzerinde taşınıyordu. Otomatik taşıma ve iletim sistemleri ise 2. Dünya Savaşı sırasında geliştirildi. Bu sistemler taşıyıcı hatlarla birbirine bağlanan makine gruplarında oluşuyordu; bunlarda iş parçası bir makine grubunda işlendikten sonra, taşıyıcı hattın yardımıyla öteki gruba iletiliyor, böylece üretim süreci insan müdahalesi olmadan sürüp gidiyordu. (AnaBritannica, 17: 243-244)

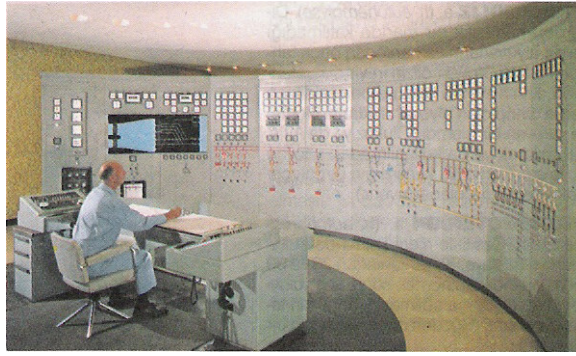


Şekil 2.3 Newcomen’in atmosferik buhar makinesi ( Tez, 2005 )

Makineleşmeden nitelikçe farklı gerçek otomasyon ise, geribesleme sistemlerinin geliştirilmesiyle ortaya çıktı; nitekim bu iki kavram bugün birbirinden bu sistemin varlığıyla ayırt edilir. Geribesleme, bir makinenin kendi kendini düzenleme yeteneğini ifade eder. Geribesleme yeteneğiyle donatılmış bir makine kendi üretim sürecini kendisi denetler, ürünü yüklenmiş talimatlar uyarınca inceliyerek verili standart kümelerine göre kıyaslar ve işlemi buna göre gerçekleştirir. (AnaBritannica, 17: 244)



Şekil 2.4 Otomasyon işlem şeması (Büyük Larousse, 17: 8962)



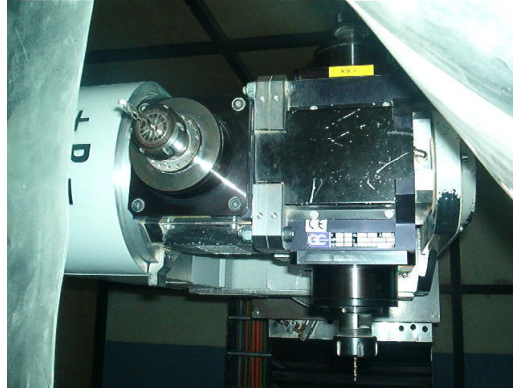
Şekil 2.5 Bir hidroelektrik santralinin kumanda odası (Büyük Larousse, 17: 8962)



Şekil 2.6 Bir CNC işleme merkezi

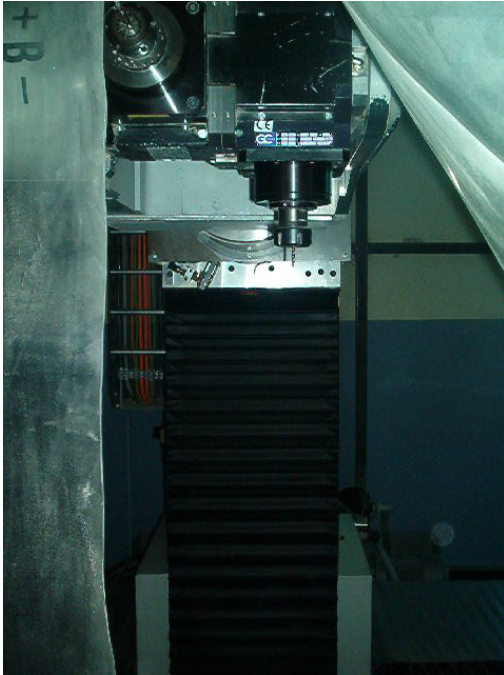
Şekil 2.6’da bir CNC işleme merkezi görülmektedir. Bu CNC ile bilgisayar ortamında tasarımı (Computer Aided Design), yapılan parçanın imalatı (Computer Aided Manufacturing) yapılmaktadır. Daha sade bir dille anlatacak olursak; bilgisayarda çizim

programları aracılığıyla çizilen bir parçanın üretimi tam otomatik olarak yapılmaktadır.



Şekil 2.7 CNC işleme merkezinin kesici takımların olduğu kafası

Bu CNC'nin kafası birden çok kesici takımı bir seferde tutabilecek şekilde yapılmıştır. Bu sayede aynı parça üzerindeki işlemler sırasında makinenin durdurulup kesici takımının değiştirilmesine gerek kalmamaktadır.



Şekil 2.8 CNC işleme merkezinin gövdesi



Şekil 2.9 İşleme merkezinin kontrol ünitesi

## 2.1 CNC Tezgahlarının Tarihçesi ( \* )

Nümerik kontrol fikri II. Dünya savaşının sonlarında ABD hava kuvvetlerinin ihtiyacı olan kompleks uçak parçalarının üretimi için ortaya atılmıştır. Çünkü bu tür parçaların o günkü mevcut imalat tezgahları ile üretilmesi mümkün değildi. Bunun gerçekleştirilmesi için PARSONS CORPORATION ve MIT (Massachusetts Institute of Technology) ortak çalışmalara başladı. 1952 yılında ilk olarak bir CINCINNATTI-HYDROTEL freze tezgahını Nümerik Kontrol ile teçhiz ederek bu alandaki ilk başarılı çalışmayı gerçekleştirdiler. Bu tarihten itibaren pek çok takım tezgahı imalatçısı Nümerik Kontrollü tezgah imalatına başladı. İlk önceleri NC takım tezgahlarında vakumlu tüpler, elektrik röleleri, komplike kontrol ara yüzleri kullanılıyordu. Ancak bunların sık sık tamirleri hatta yenilenmeleri gerekiyordu. Daha sonraları NC takım tezgahlarında daha kullanışlı olan minyatür elektronik tüp ve yekpare devreler kullanılmaya başlandı. Bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler Nümerik Kontrollü sistemleri de etkilemiştir. Artık günümüzde NC tezgahlarda daha ileri düzeyde geliştirilmiş olan entegre devre elemanları, ucuz ve güvenilir olan donanımlar kullanılmıştır. ROM (Read Only Memory) teknolojisinin kullanılmaya başlanmasıyla da programların hafızada saklanması mümkün oldu. Sonuç olarak bu sistemli gelişmeler CNC' nin (Computer Numerical Control) doğmasına öncülük etmiştir. CNC daha sonra torna, matkap vb. takım tezgahlarında yaygın olarak kullanılmaya başlandı.

## 2.2 CNC Nedir?

Bilgisayarlı Nümerik Kontrol de (Computer Numerical Control ) temel düşünce takım tezgahlarının sayı, harf vb. sembollerden meydana gelen ve belirli bir mantığa göre kodlanmış komutlar yardımıyla işletilmesi ve tezgah kontrol ünitesinin (MCU) parça programıyla kontrol edilebilmesidir.

Bilgisayarlı Nümerik Kontrol de tezgah kontrol ünitesinin kompütürize edilmesi sonucu programların muhafaza edilebilmelerinin yanında parça üretiminin her aşamasında programı durdurma, programda gerekli olabilecek değişiklikleri yapabilme, programa kalınan yerden tekrar devam edebilme ve programı son şekliyle hafızada saklamak mümkündür. Bu nedenle programın kontrol ünitesine bir kez yüklenmesi yeterlidir.

---

\* ( Bölüm 2.1 – 2.5 ) Dinçel, M, ( 1999 ) “ CNC Takım Tezgahları ” , Tekirdağ

### 2.3 CNC Takım Tezgahları

CNC takım tezgahlarından önce NC takım tezgahları özetlenilip, CNC tezgahları anlatılacaktır. Nümerik Kontrol (NC) metal ve diğer tür malzemelerin talaş kaldırmak suretiyle işlenmesinde kullanılan her türlü takım tezgahında yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu tezgahlardan bazıları şunlardır:

- Torna tezgahı (lathe Machine)
- Freze tezgahı(Miling Machine)
- Matkap tezgahı (Drilling Machine)
- Borlama Tezgahı (Boring Machine)
- Taşlama Tezgahı (Grinding Machine)

Bütün NC takım tezgahlarının kendilerine özgü kapasite, operasyon yetenekleri ve bir takım karakteristik özellikleri vardır. Bu nedenle tezgahın sahip olmadığı hiçbir işleme özelliği o tezgaha yaptırılamaz.



Şekil 2.10 NC takım tezgahları

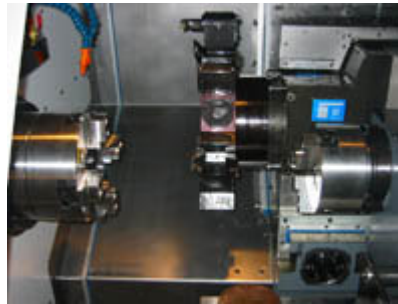
NC takım tezgahlarında hafıza bulunmadığından bu tür tezgahlarda blok verileri sıra ile okunur ve işleme konulur. Bir iş parçasının imalatı esnasında tezgahın kontrol ünitesi (Machine Control Unit) bir bloktaki bütün verileri okur ve tezgahta gereken işlem operasyonlarını yerine getirir. Operasyonlar tamamlandıktan sonra bir sonraki bloka geçirilir. Bu işlem sırasıyla program sonuna kadar devam eder.

Parça programları standard kağıt şerit üzerindeki yer ve diziliş şekillerine göre farklı nümerik (sayısal) ve alfa nümerik (alfa sayısal) değer ve anlamları vardır.

CNC takım tezgahlarının fiziksel tasarım ve konstrüksiyonları NC tezgahların aynıdır. Ancak NC takım tezgahlarında yapılmaları pratikte mümkün ve ekonomik olmayan bir dizi fonksiyonel özellikler bu tür tezgahlara ilave edilmiştir.

Bu özellikler şunlardır;

- Tezgaha yüklenmiş olan parça programları, kontrol ünitesi hafızasında saklanabilir, buradan çağrılarak defalarca işletilir.
- Tezgah kontrol ünitesini besleyen özel bir güç kaynağı mevcuttur. Tezgahın enerjisi kesilse bile program vb. veriler muhafaza edilir.
- Parça programı üzerinde yapılması düşünülen değişiklikler istenildiği anda ve kolaylıkla yapılır. Değiştirilmiş olan program son şekliyle hem işletilir hem de hafızada saklanır.
- Bazı rutin operasyonlar program içerisinde döngüler (Cycles) şeklinde tanımlanır ve gerekli yerlerde kullanılır. (Delik delme, delik büyütme, dikdörtgen cep frezeleme, kademeli ve konik tornalama, radyüs tornalama vb. )
- Bir iş parçası üzerinde döngüler dışındaki tekrarlanması gereken operasyonların programlama (ana program (Main Program)) içerisinde birkez yazılır ve Alt Program (Sub Program) adıyla isimlendirilirler. Ana programın uygulanması sırasında bu alt programlar gerekli yerlerde çağrılarak işlem tamamlanır. Buna örnek olarak ADANA yazısının programını verebiliriz. Burada A harfi için bir alt program yazılır. Ancak bu program farklı X mesafesinde sadece koordinat tanımlamaları yapılmak suretiyle uygulanır. Böylece normal program %40 daha kısaltılmış olur.
- Bir parçanın programı yazıldığında normal olarak belirli tür ve çaptaki kesicilere işlenir. Programlama esnasında kesici çapının dikkate alınarak bazı belirli ölçüsel kaydırmaların yapılması gerekir. Halbuki kesici telafisi (Cutter Compensation) kolaylığı ile bu kaydırmalar CNC kontrol ünitesi (CNC Control Unit) tarafından programın işletimi esnasında yapılır. Kullanılan kesici kırıldığında ve aynı çapta başka bir kesici bulunamadığı durumlarda farklı çaptaki kesici ile programa kalınan yerden devam edebilme kolaylığı sağlar. Kontrol ünitesi yeni kesicinin çapına göre gerekli ölçüsel kaydırmaları yapar.



Şekil 2.11 Kesici taret ve magazinler

- Bilgisayar sayesinde konum değiştirmeler, devir sayısı ve ilerlemelerde optimum değerlere ulaşır. Bunun sonucu olarak CNC takım tezgahlarında ideal çalışma koşulları sağlanmış olur. Alın tornalama işleminde iş parçasının çapı sürekli olarak değiştiğinden buna bağlı olarak devir sayısının da değişmesi gerekir (Constant Surface Speed). Sonuç olarak elde edilen yüzey kalitesi ve hassasiyet konvansiyel tezgahlara (Conventional Machines) kıyaslanmayacak derecede iyidir.
- CNC kontrol ünitesinde bilgisayar kullanımı sonucu diğer pek çok bilgisayar ve sistemleriyle iletişim kurabilme avantajına sahiptir.
- Parça imalatınageçilmeden önce görüntü ünitesi (Visual Display Unit) yardımıyla grafik olarak parça programının benzetimi mümkündür.
- Kesici aletlerin değiştirilmeleri her hangi bir manuel müdahale olmaksızın yapılır. Bunun için dönerli taretler (Rotary Turrets) yada paletli kesici magazinleri kullanılır.

#### **2.4 CNC Takım Tezgahlarının Avantajları**

- Konvansiyonel tezgahlarda kullanılan bazı bağlama kalıp, master vb. elemanlarla kıyaslandığı zaman tezgahın ayarlama zamanı çok kısadır.
- Ayarlama, ölçü, kontrolü, manuel hareket vb. nedenlerle oluşan zaman kayıpları ortadan kalkmıştır.
- İnsan faktörünün imalatta fazla etkili olmamasından dolayı seri ve hassas imalat mümkündür.
- Kalifiye operatör ihtiyacına gerek yoktur.
- Tezgah operasyonları yüksek bir hassasiyete sahiptir.
- Tezgahın çalışma temposu her zaman yüksek ve aynıdır.
- Her türlü sarfiyat (elektrik, emek, malzeme vb.) asgariye indirgenmiştir.
- İmalatta operatörden kaynaklanacak her türlü kişisel hatalar ortadan kalkmıştır.
- Kalıp, master, şablon vb. pahalı elemanlardan faydalanılmadığı için sistem daha ucuzdur.
- Depolamada daha az yere gerek vardır.
- Parça imalatına geçiş daha süratlidir.
- Parça üzerinde yapılacak değişiklikler sadece programın ilgili bölümünde ve tamamı değiştirilmeden seri olarak yapılır. Bu nedenle CNC takım tezgahlarıyla yapılan imalat büyük bir esnekliğe sahiptir.

## 2.5 CNC Takım Tezgahlarının Dezavantajları

Her sistemde olduğu gibi CNC tezgah ve sistemlerinin avantajları yanında bazı dezavantajları mevcuttur. Bunlar şunlardır;

- Detaylı bir imalat planı gereklidir.
- Pahalı bir yatırımı gerektirir.
- Tezgahın saat ücreti yüksektir.
- Konvensiyonel tezgahlara kıyaslandığında daha titiz kullanım ve bakım isterler.
- Kesme hızları yüksektir ve kaliteli kesicilerin kullanılması gerekir.
- Peryodik bakımları uzman ve yetkili kişiler tarafından düzenli olarak yapılmalıdır.

## 2.6 CNC Seçim Kriterleri ( \* )

İşleme Merkezleri özellikleri sebebiyle önem arzederler. Bu çok marifetli, yüksek kapasiteli, uzun ömürlü ve sonuçta pahalı tezgahların seçimi itina ile yapılmalı, hiçbir özelliği şansa bırakılmamalıdır. İşleme Merkezi Seçim Kriterleri satıcı açısından değil de İşletmeci açısından bakıldığında aşağıdaki sınıflara ayrılarak incelenebilir.

### 2.6.1 İhtiyaca uygunluk

Gerekli talaşlı işleme boyutları, iş mili devri, motor gücü ve torku, tablanın taşıyabileceği ağırlık (aparat + parça ağırlığı), magazine konulan takım adedi, gereken azami takım çapı ve uzunluğu, konum hassasiyeti ve tekrarlanabilirlik hassasiyeti iş parçası resminde gösterilen istekleri karşılamalıdır.

İşlenecek malzeme cinsi, yaş veya kuru kesme şartları, çevre sıcaklığı, elektrik akımının stabilitesi gibi dış faktörler tezgah performansını etkilediği için başlangıçta bunlara göre tedbir alınır.

Kullanılacak kesici takım ve uçların özellikleri tezgah özellikleri ile örtüşmelidir.

### 2.6.2 Hassasiyet değerlerinin uzun yıllar boyunca sağlanması

Tezgah satın alındığında imalatçı tarafından yapılan hassasiyet testi değerlerini gösteren onaylı test sertifikası ile birlikte gelir. Tezgah kurulduktan sonra aynı testler tekrarlandığında bu sertifikada garanti edilen hassaslık değerlerine uygun sonuçlar elde edilmelidir.

---

\* ( Bölüm 2.6 ) Erer, H, ( 2002 ) “ CNC işleme merkezleri tezgahlarının seçim kriterleri” , İstanbul

Öte yandan imalatçının önerdiği bakım programına uyulmaz ise hassasiyetin sürekli elde edilmesi beklenmemelidir.

CNC tezgahların konvansiyonel tezgahlara nisbetle fevkalade yüklü çalıştırıldığı bir hakikattir. Zira CNC tezgahı pahalı bir yatırımdır ve yatırımın makul bir sürede geri dönmesi bakımından 2 veya 3 vardiya çalıştırılması gerekir. İşleme sürelerini kısaltmak için yüksek kesme hızları ve ağır talaş pasoları kullanılır. Böylece tezgah gövdesinin, yatakların, bilyalı vidalı millerin, ana motorun, işmili yapısının ve genelde tüm diğer mekanik aksamın büyük zorlamalara dayanması, ayrıca mikronlar mertebesindeki başlangıç hassasiyetini uzun yıllar ilk günkü seviyesinde muhafaza etmesi beklenir.

Tezgah seçilirken edinim bedelinden daha önemli olan husus, onun ilk günkü hassasiyetini uzun yıllar muhafaza etmesidir. Zira ucuz bir tezgah bir yıl sonra hassas işleri yapamayacak duruma geliyorsa, sadece kaba işlemleri yapabiliyorsa aslında çok pahalı bir tezgahdır.

Buna karşı daha pahalı fakat hassasiyetini örneğin on veya onbeş yıl muhafaza eden, arıza sebebiyle durmayan, yedek parçası daima ve çabucak temin edilebilen bir tezgah çok iyi bir yatırımdır.

### **2.6.3 Kullanma kolaylığı**

Aşına olmayan kişiler için İşleme Merkezi karmaşık ve işletilmesi zor bir tezgah olarak algılanabilir. Aslında tezgahın karmaşık bir yapıya sahip olduğu doğrudur. Farklı disiplinlerin meyvaları (mekanik, elektrik, elektronik, pnömatik, hidrolik elemanlar, bilgisayar donanımı ve nihayet yazılım) bir araya getirilerek belli bir harmoni içinde çalıştırılmaktadır. Ancak görüntüdeki bu karmaşıklık tezgahın kullanılmasını zorlaştırmaz, aksine kolaylaştırır.

Modern CNC tezgahları operatöre yol gösteren, programlama faaliyetlerini basite indirgeyen yazılımlarla techiz edilmişlerdir. Burada amaçlanan az tecrübeli (dolayısıyla temini kolay ve ucuz) operatörlerin, kısa zamanda ve tezgahın durmasına gerek olmadan parça işleme programını yapması, ekranda simüle etmesi, uygun ise tezgaha ham parçayı yükleyerek işlemesidir.

Bunu yapabilen programlar aslında fevkalade sofistike yazılımlar olup, tezgah bilgisayarında kullanılan çipler de bu yazılımlara uygun ve özel olarak üretilmiştir.

Tezgahın programlamada kullanılan diyalog programlarından birisine ve ayrıca ekranda simulasyon kabiliyetine sahip olması şarttır.

Tezgah üzerinde yapılan programların diskete alınarak saklanması için Floppy disket

sürücüsü ve Ofis Bilgisayarı bağlantısı için RS 232-C portu bulunması istenir.

Tezgah bilgisayarı ofislerde kullanılan bilgisayarlara hiç benzemez. Yağlı ve kirli ortamlar, su ve nem, sarsıntı ve titreşim, manyetik alan gibi dış etkenler tezgah bilgisayarını normal fonksiyonlarını icra etmekten alıkoymamalıdır.

Birçok CNC tezgahının yakınında kaynak yapıldığında ve hatta cep telefonu ile konuşulduğunda tezgah bilgisayarı elektromanyetik alan (transient signal) sebebiyle yanlış komut vermekte ve tezgah kendiliğinden bindirmekte ve iş durmaktadır. Hatta fırtınalı havalarda çakan şimşekler ve düşen yıldırımlar dahi tezgahın program dışı saçma sapan hareketler yapmasına yol açabilir. (bu konuda aktüel bir örnek cep telefonlarının şehirlerarası otobüslerin ve üst seviye otomobillerin ABS fren devrelerinde ortaya çıkardığı bozulmalardır) İşin kötüsü ne operatör ne de tezgahın sahibi tezgahın neden bindirdiğini çözemez. Sonuç yüklü tamir bakım giderleri ve yedek parça masraflarının yanında işin uzunca bir süre durmasıdır.

Bunun tek çaresi tezgah kumanda devrelerinde elektriksel, manyetik veya elektromanyetik alanların tesirini sıfırlayacak koruyucu tertibatların kullanılmış olmasıdır. Bu tedbirlerin tezgah imalatçısı tarafından tasarlanması, alınması ve uygulanması arızaların pek çoğunun ortaya çıkmadan önlenmesini ve rantabl bir tezgah işletmesini sağlar. Her birinin patenti alınmış olan bu tedbirler pek çoktur ve bir örnek olarak tezgah kumanda devrelerinde fiber optik kablolama kullanılması gösterilebilir. Fiber optik sistem modüle edilmiş kızılötesi ışınla çalıştığından elektrik ve elektromanyetik alanlardan etkilenmez.

#### **2.6.4 Proses kontrolü ve izlenebilirlik**

Modern endüstriyel yöntemler kalitenin üretim sırasında yaratılmasını emreder. Kalite Kontrolü mefhumu terkedilmiştir. Yeni kural Kalite Güvencedir. CNC İşleme Merkezi tam bu kavramı sağlayacak özelliklere sahiptir. Tezgah bilgisayarı programcının (veya CAM yazılımının) girdiği veriyi işleyerek işparçasının teknik resimde gösterilen özelliklere uygun olmasını sağlar, kontrol eder, düzeltir. Bu işlemleri ilk parçadan itibaren devamlı tekrarlar. Kalite güvence için gereken girdileri hazırlar ve istenen bilgisayara gönderir.

Bu anlatılandan çıkan sonuç, İşleme Merkezi denilen makinanın görevinin sadece işparçasını işlemek olmayıp onun kalite güvence mefhumuna uygun olmasının garanti altına alınmasıdır. İşte bu nokta, CNC tezgahlarını diğer tezgahlardan ayıran ve üstün kılan özelliktir.

Örneğin araçlarda kullanılan ve emniyet parçası olarak sınıflandırılan bazı parçaların üretim sırasında vaki işleme şartlarının kayıtlarının on yıl veya daha uzun süreyle muhafaza edilmesi

kanun gereğidir. Bu gereksinim CNC İşleme Merkezi kullanıldığında kendiliğinden karşılanır.

### **2.6.5 Yapılan işlerin kontrolü (süperkontrol)**

Gerek tezgahın boшта geçen zamanları gerekse operatörün vardiya süresinde ne kadar zaman boyunca çalıştığı tezgah bilgisayarının hafızasına kaydedilir ve istendiğinde çağrılarak ekranda görülür veya printerde bastırılır. Örneğin dün veya evvelki gün, tezgahın işmilinin kaç saat döndüğü, kaç adet parça işlediği, kaç dakika cereyan kesildiği, operatörün tezgahın başından kaç dakika ayrıldığı, tezgahın hammadde yokluğu sebebiyle kaç dakika atıl durduğu, kaç dakika takım ölçme ve ayarlanmasına sarfedildiği, kaç dakika bakım yapıldığı ve buna benzer bir çok bilgiyi tezgah bilgisayarından öğrenmek, diske kaydetmek veya RS232 den kabloyla ofis bilgisayarına taşımak mümkün ve fevkalade faydalıdır.

Bilgiler yazılı olduğundan atölye sorumlusu, operatörün işe geç başlaması veya erken bırakması veyahut belirlenen performansı sağlamaması durumunda derhal gereken tedbirleri alacaktır.

### **2.6.6 Tezgahın güvenilirliği**

İşletmeci için bir siparişin zamanında yetişmesine bütün birimlerin çaba harcadığı bir sırada üretim tezgahının arızalanması kadar can sıkıcı bir olay yoktur. Günümüzde tam zamanında üretim (Just in time) ihtiyaçları sebebiyle tezgah güvenilirliği önem sırasında yukarılara tırmanmıştır. Eğer tezgahınız arızalı ise ve bir aydan bu yana parça bekliyorsa işinizi kaybetmeniz olasıdır. Yedek parça stoklamak bir çözüm olabilir ama büyük mali kaynak gerektirir.

Tezgah üreticileri hatasız tasarım ve kaliteli üretim ile yeterli derecede güvenli tezgah üretebilirler. Buna geçmiş yılların tecrübelerini ve dünyanın çeşitli bölgelerinde çok farklı iş sahalarında çalışan müşterilerden toplanan bilgileri ekleyerek mükemmele yakın tezgahlar çıkarırlar.

Patentlerle korunan innovasyonlar gelişmenin sürekliliğini sağlar. İyi incelenmiş müşteri talepleri teknolojik bilginin kaynağıdır. Firma içi sürekli eğitimler bilgiyi tezgah üreticisine bağlayarak innovasyonları destekler.

Bu sebeplerden dolayı İşleme Merkezi seçiminde üretici firmanın kimliği ve referansları fevkalade öne çıkar.

Mekatronik kelimesi, mekanik ve elektronik aksamın birbiri için en uygun tarzda tasarlanmış

ve yapılmış olmasını içerir. Bazı tezgah imalatçıları motorları, enkoderleri, elektrik kumanda ve enerji panolarını piyasadan satın alarak kendi yaptıkları mekanik sistemlere ilave ederler. Böyle tezgahlarda bir arıza ortaya çıktığında mekanik imalatçısı ile elektronik imalatçısı ve elektrikli aletlerin imalatçısı suçu birbirine atarlar, fakat bu arada tezgah sahibinin işi durur.

Bu sebeple tezgah seçiminde mekanik aksamın, elektrikli aksamın, elektronik aksamın, bilgisayarın ve hatta bilgisayar yazılımının bir tek imalatçı tarafından birbiri için tasarlanmış ve üretilmiş olması, servisinin ve yedek parçaların tek elden temin edilebilmesi, tezgahın sahibi ve ondan para kazanan kimse için inanılmaz derecede önemlidir, ancak maalesef bu durum insanın başına gelmeden değeri anlaşılmaz.

### **2.6.7 Geri ödeme süresi**

Bir CNC İşleme Merkezi müşterinin mali prensiplerine göre makul bir sürede kendini geri ödüyor ise satın alınır.

Tezgahın takım değiştirme, program yazma ve değiştirme, ölçme gibi prodüktif olmayan zamanlarının minimumda kalması istenir, aksi takdirde geri ödeme süresi artar ve rantabilite azalır.

Tezgah bilgisayarı ve bilgisayara yüklenmiş yazılım yukarıda anlatılan hususları hataya yol açmayacak tarzda gerçekleştirmelidir. Ayrıca program yapımında operatöre yol göstermeli, birçok programları hazırda tutmalı ve operatöre sunmalıdır. Bilgisayar tezgah operasyonlarını sürekli denetlemeli, istenmeyen durumlarda tezgahı durdurmalı ve bir uyarı alarmı ile nerede uygunsuzluk olduğunu operatöre bildirmelidir.

Tezgahın arızasız çalışması geri ödeme süresini kısaltır.

Kaliteli ve bakımlı bir tezgah iş değişikliği veya başka sebeple satıldığında yüksek bir fiyata elden çıkarılabilir. Oysa ki ucuz tezgahın ikinci el satış bedeli zarara yol açar.

### **2.6.8 Eğitim, servis ve yedek parça temininde süreklilik**

Her tezgah hatalı program, yanlış takım seçimi, operatör hatası, dalgınlık, eksik eğitim ve benzeri sebepler dolayısıyla arıza yapabilir. Önemli olan tezgahı en kısa zamanda standard çalışır konumuna geri getirmektir.

Tezgah bilgisayarı çeşitli olumsuz durumları önceden önleyecek bazı özelliklere sahiptir. Örneğin işmili azami devri 5000 devir/dakika ise programcı 6000 devirlik bir program hazırlarsa tezgah buna itaat etmez ve alarm verir, niçin işlem yapmadığını da ekranda bildirir.

Bütün bu durumlarda tezgah çalışmadığında işletmecinin yardımına koşacak tek kurtarıcı, o tezgahın mümessillik şirketinde bulunan servis mühendisidir.

Servis 24 saat / 7 gün esaslı üzerine kurulmuş olmalı ve gerekli yedek parçayı ya kendi deposundan çıkarmalı ya da en kısa zamanda dış ülkeden getirmelidir.

En ucuz, en marifetli ve en kaliteli tezgahı almış olsak bile servisi yoksa veya müşteri memnuniyetini sağlayacak seviyeden uzak ise, o tezgah işletmesi pahalı bir tezgahdır.

Satılan tezgahın müşterinin atölyesine kurulması, işletmeye alınması, operatörlere ve programcılara eğitim verilmesi, işparçası programının yapılarak parça işlenmesi ve kalite grubu tarafından kabul edilmesinin sağlanması, gerekli yedek parça stokunun yıllar boyunca temin edilmesi, olabilecek arızaların makul bir sürede onarılması, zaman içerisinde müşteri tarafından ihtiyaç duyulan teknik desteğin sağlanması, müşteri açısından olmazsa olmaz konulardır.

## **2.7 Konstrüksiyon Özellikleri**

Bir CNC konstrüksiyonundan beklenen özellikler; yüksek mukavemet, yüksek rijitlik, hafiflik ve dinamik kararlılıktır.

Yüksek mukavemeti sağlayabilmek için konstrüksiyonda seçilen malzeme ve geometri çok büyük önem taşımaktadır. Bu proje dahilinde tasarlanan CNC’de yüksek maliyetine rağmen özel sertleştirilmiş, ekstrüzyon alüminyum profil kullanılmaktadır. Alüminyum seçilmesindeki ana etmen hafif olmasıdır. Hafif olan hareketli parçalar yüksek hızlarda dahi düşük atalet momentlerine sahiptirler. Bu da ivmelenmeler sırasında titreşime yol açılmasını engelleyecektir. Hafif malzemenin neden olduğu dezavantaj ise ana gövdenin ağırlığının düşük olması sebebiyle meydana gelebilecek sarsıntılardır. Bunu da CNC’yi çalışacağı alanda yere sabitleyerek engellemiş oluruz.

Alüminyum ekstrüzyon yöntemiyle üretildiği için kullanılan her profil, işlenilmiş gibi düzgün bir geometriye sahiptir.

Alüminyum gövdenin bir diğer avantajı işe modüler bir yapıya sahip olmasıdır. Yani yeni projeler kapsamında makineye yapılacak olan modifiyelere açıktır. Çalışılacak olan sektöre göre ağır parçaların işlenmesi oranı artmaya başladığında gövdeye yeni kolon ve kirişler eklemek birkaç saat içinde mümkün olacaktır. Bu da iş yapan bir makinenin uzun süreler yatmaması anlamına gelmektedir.

### 2.7.1 Alüminyum ( \* )

Alüminyum cevherleri, yerkabuğunun yaklaşık %7,5'unu oluşturur ve alüminyum, oksijen ile silisyumdan sonra en sık rastlanan elementtir. Alüminyum içeren cevherlerden, metalik alüminyum kazanımı (izabesi = ekstraktı) karmaşık ve maliyetli bir prosestir. Bunun nedeni, alüminyum doğada yalnızca oksit ve oksit karışımları formunda bulunması ve cevherlerin alüminyumlu oksitlerden daha kolay indirgenen diğer bir takım oksitleri de içermesinden dolayı, doğrudan cevherin indirgenmesi ile elde edilen alüminyumun teknik açıdan kullanılmayacak kadar katışıklı olmasıdır.

Alüminyum en genç metaldir. Endüstriyel anlamda ilk üretimi 1886 yılında elektroliz yönteminin kullanılmaya başlaması ile gerçekleşmiştir. Alüminyum cevherindeki oksit formundaki bileşiklerinden ilk ayıran ve elde eden kişi, 1870 yılında Sir Humprey Davy olmuştur. Daha sonra Hans Chritian Oersted , Frederick Wöhler ve Henry Sainte-Claire alüminyum kazanımına yenilikler getirmişlerdir. Alüminyum endüstriyel üretimi ise, 1886 yılında Charles Martin Hall ve Paul T. Herault'un birbirlerinden habersiz olarak buldukları elektroliz yöntemi ile başlamıştır. Bu nedenle 1886 yılı alüminyum endüstrisinin başlangıç yılı olarak kabul edilir. 1886 yılında Werner Von Siemens'in dinamoyu keşfi ve K.J. Bayer'in boksitten alümina eldesini sağlayan Bayer Prosesi'ni bulması ile endüstriyel alüminyum üretimi kolaylaşmış ve bu genç metal demir-çelikten sonra en çok kullanılan metal olmuştur.

### 2.7.2 Alüminyumun genel özellikleri

- Hafiflik : Demirin özgül ağırlığı 7.87 gr/cm<sup>3</sup> bakırın özgül ağırlığı 8.93 gr/cm<sup>3</sup> ve çinkonun özgül ağırlığı 7.14 gr/cm<sup>3</sup> iken alüminyumun özgül ağırlığı 2.69gr./cm<sup>3</sup>'dür.
- Mekanik dayanım : Alaşımlandırılarak değişik mekanik dayanım değerlerine ulaşmak olanıktır.
- Dayanım / ağırlık oranı : Yüksek mekanik dayanımına karşın hafif olması, başta uzay ve uçak endüstrisi olmak üzere bir çok endüstri kolunda tercih edilmesine neden olur.
- Korozyon dayanımı : Yüzeyinde oluşan oksit filmi nedeni ile korozyon dayanımı yüksektir.
- Isıl İletkenlik : Maliyet ve ağırlık değerleri ile birlikte ele alındığında diğer metallerden daha yüksek ısı iletkenlik değerine sahiptir.

---

\* ( Bölüm 2.7.1 – 2.7.3 ) Köprü Metal (2005) , İstanbul

- Yansıtıcılık : Işık, radyo dalgaları ve kızılötesi ışıma karşın koruyucu olarak kullanılabilir.
- Elektriksel İletkenlik : Elektriksel iletkenlik değeri aynı miktardaki bakırın %63'ü kadardır.
- Kıvılcımsızlık : Kıvılcım oluşturmadağı için yakıcı atmosfer ve patlayıcı maddelerle güven içinde kullanılabilir.
- Estetik Görünüm : Doğal rengi ve parlaklığının yanısıra çeşitli yüzey yüzey işlemleri uygulanarak değişik renk ve görünümde malzemeler elde edilebilir.
- Döküm Kolaylığı : Çeşitli döküm yöntemleri ile karmaşık parçalar bile kolaylıkla dökülebilir.
- Antitoksit Oluşu : Gıda sektöründen ilaç sektörüne kadar birçok sektörde ambalaj malzemesi olarak kullanılabilir.
- Maliyet : Birincil üretimdeki yüksek enerji girdisinden ötürü pahalı bir metaldir.
- Fiyat : LME (Londra Metal Borsası) tarafından saptanır.
- Yeniden Değerlendirilebilirlik(recyclable) : Ekonomik ömrünü doldurmuş ve proses sürecinde hurdaya çıkmış malzemeler başlangıçtaki metalurjik özelliklerini büyük ölçüde yitirmeden, birincil üretimin %5'i kadar bir maliyetle yeniden kullanılabilir.

### 2.7.3 Kullanım alanları

Çizelge 2.1 Alüminyum özelliklerine ve malzeme şekline bağlı olarak ana sektörlerde kullanımı ( Köprü Metal, 2005 )

| Ana Sektörler         | İlgili Temel Özellikler |                                |                     |            |                 | Malzeme Şekli |        |                  |              |     |        |
|-----------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------|------------|-----------------|---------------|--------|------------------|--------------|-----|--------|
|                       | Özgül Ağırlık           | Elektriksel ve Isıl İletkenlik | Koroz yon Dayanı mı | Görü nüm   | Mekanik Dayanım | Döküm         | Lev ha | İnce Fol yo      | Eks trüz yon | Tel | Döv me |
| Ulaşım                | ***                     |                                | **                  | **         | **              | ••            | ••     |                  |              | ••  |        |
| İnşaat                | **                      |                                | ***                 | ***        | *               |               | •      |                  | •••          |     |        |
| Ambalaj               | **                      | *                              | ***                 | ***        |                 |               | ••     | •••              | ••           |     |        |
| Elektrik Mühendisliği | *                       | ***                            | **                  |            | *               | •             |        | •                | •            | ••• | •      |
| Makine Mühendisliği   | **                      |                                | **                  |            | **              | ••            | ••     |                  | ••           | •   | •      |
| Tüketim Malzemeleri   | **                      | **                             | **                  | **         | *               | •             | •••    | •                | •            | •   | •      |
| Kimyasallar           | *                       | *                              | ***                 |            | *               |               | •••    |                  | ••           |     |        |
| *** Zorunlu           |                         | ** Önemli                      | * Yararlı           | ••• Yaygın |                 | •• Genel      |        | • Kullanılabilir |              |     |        |

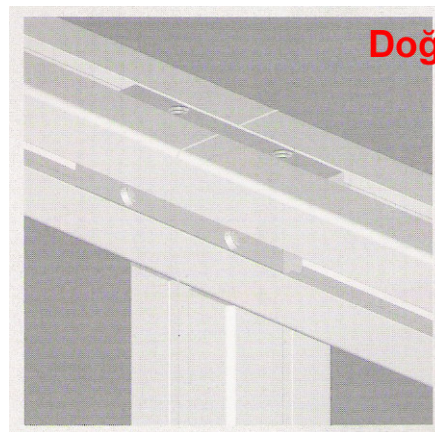
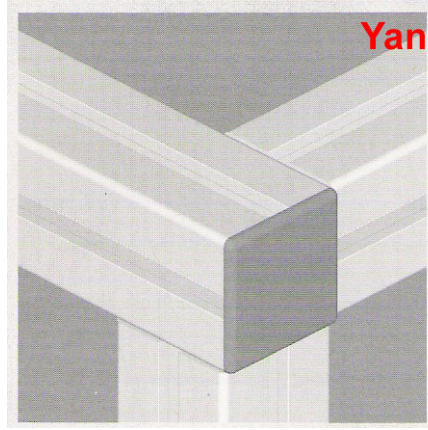
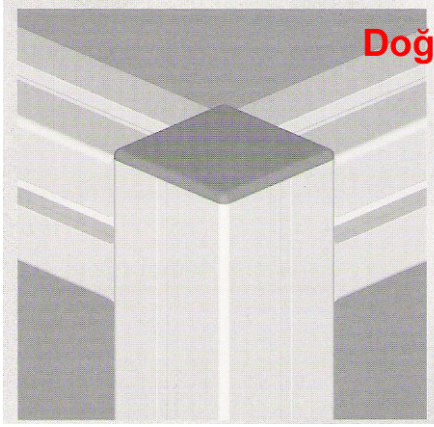
Alüminyumun maliyeti ile birlikte diğer özellikleri dikkate alındığında, kullanıldığı sektörler ve kullanım gerekçeleri Çizelge 2.1’de genel anlamı ile verilmiştir. Alüminyum kullanımının en yaygın olduğu sektörlerden biri olan ulaşım sektöründe en temel yarar düşük özgül ağırlığından dolayı hafifliği ile birlikte görünüm, korozyon dayanımı ve mekanik dayanım özellikleridir. İnşaat sektöründe ise korozyon dayanımı ve görünüm ile birlikte düşük özgül ağırlık ve kısmen mekanik dayanım özellikleri önem taşır. Ambalaj sektöründe ise antitoksik oluşu ile birlikte görünüm ve korozyon dayanımı kısmen de ısı ve elektriksel iletkenliği



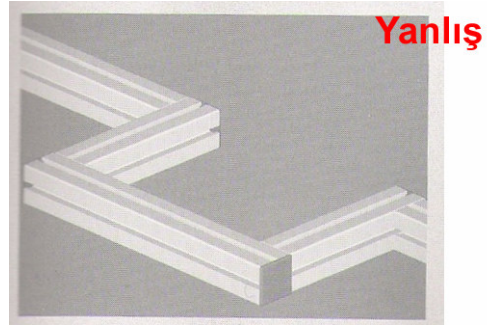
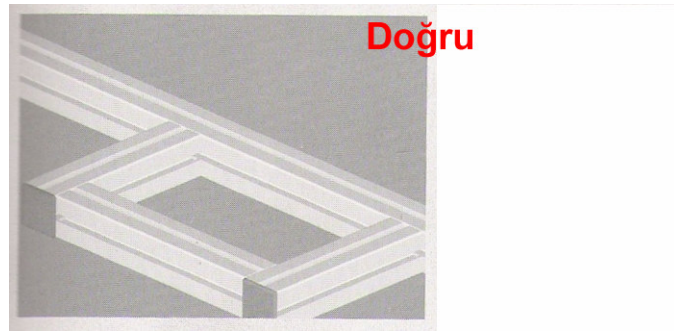
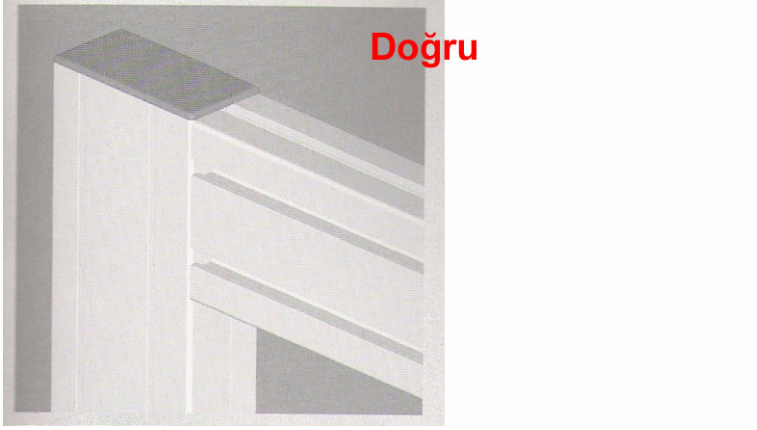
|           |            |      |           |       |             |        |          |         |         |              |
|-----------|------------|------|-----------|-------|-------------|--------|----------|---------|---------|--------------|
| ETİAL 31  | 3004       |      |           |       | AlMn1Mg1    | 3,0526 | A-M1G    |         |         |              |
|           | 3005       |      |           |       | AlMn1MG0,5  | 3,0525 | A-MG0,5  |         |         |              |
| ETİAL 50  | 5005       | N41  | AlMg1     |       | AlMg1       | 3,3315 | A-GO-6   | 5764-66 | 14-4106 | AlMg1        |
|           |            |      |           |       | AlMg2Mn0,8  | 3,3527 |          |         |         |              |
| ETİAL 52  | 5052       |      |           | AMr2  | AlMg2,5     | 3,3523 | A-G2,5C  | 3574    |         |              |
|           | 5754       |      |           |       | AlMg3       | 3,3535 | A-G3M    | 3575    |         |              |
|           | 5056A      | N6   | AlMg5     |       | AlMg5       | 3,3555 | A-G5     | 3576    |         |              |
|           | 5083       | N8   | AlMg4,5Mn |       | AlMn4,5Mn   | 3,3547 | A-G4,5MC | 7790    | 14-4140 | AlMg5        |
|           | 5086       |      |           |       | AlMg4Mn     | 3,3545 | A-G4MC   |         |         | AlMg4        |
| ETİAL 53  | 5154       | N5   | AlMg3,5   | AMr3  | AlMg3,5     | 3,3535 | A-G3     | 3575    |         | AlMg2,7Mn    |
|           | 5251       | N4   | AlMg2     |       | AlMg2Mo3    | 3,3525 | A-G2M    | 3574    |         | AlMG2        |
|           | 5454       | N51  | AlMg3Mn   |       | AlMg2,7Mn   | 3,3537 | A-2,5MC  | 7789    |         | AlMG2,7Mn    |
|           | 5657       |      |           |       | AlMg0,8Si   |        |          |         |         |              |
|           | 5754       |      |           |       | AlMg3,5     | 3,3535 | A-G3M    |         |         |              |
|           | 6061       | H20  | AlMg1SiCu | AB    |             |        | A-GSUC   | 6170    |         |              |
| ETİAL 60  | 6063/6060  | H9   | AlMg0,5Si |       | AlMgSi0,5   | 3,3206 | A-GS     | 3569    | 14-4104 | AlMgSi0,5    |
| ETİAL 61  | 6082/6351  | H30  | AlSi/MgMn | A35   | AlMgSi1     | 3,2315 | A-SGMO,7 | 3571    | 14-4212 | AlMgSi0,6    |
| ETİAL 64  | 6101A/6463 | 91E  | AlMgSi    |       | EAlMgSi0,5  | 3,3207 |          | 3570    |         | AlMGSi0,5    |
|           | 7020       | H17  |           |       | AlZn4,5Mg1  | 3,4335 | A-Z5G    | 7791    |         | AlZn4,5Mg1   |
|           | 7022       |      |           |       | AlZnMgCu0,5 | 3,4345 |          |         |         |              |
|           | 7075       |      | AlZn6MgCu | B95   | AlZnMgCu1,5 | 3,4365 | A-Z5Gu   | 3735    |         | AlZN6MgCu1,5 |
|           | 7079       |      |           |       |             |        |          |         |         |              |
|           | 7175       |      |           | B9504 |             |        |          |         |         |              |
| ETİAL 110 | 319        | LM4  |           |       |             |        | AS5U3    |         |         |              |
|           | 355,1      | LM16 | AlSi5Cu1  |       |             |        |          | 3600    |         |              |
| ETİAL     | B443/4043  | LM18 | AlSi5     |       | AlSi5       |        |          |         |         |              |

|              |        |      |            |  |            |     |        |        |  |  |
|--------------|--------|------|------------|--|------------|-----|--------|--------|--|--|
| 120          |        |      |            |  |            |     |        |        |  |  |
| ETĪAL140     | A413,2 | LM6  | AlSi12     |  | AlSi12     | 230 | AS13   | 4514   |  |  |
|              | A413,1 | LM2  | AlSi12CuFe |  | AlSi12CuFe | 231 | AS12U  | 5079   |  |  |
| ETĪAL<br>141 | 413    | LM20 | AlSi12Fe   |  | GD-AlSi12  |     | AS12   |        |  |  |
| ETĪAL<br>145 |        | LM13 |            |  |            |     | AS12UN |        |  |  |
| ETĪAL<br>150 |        |      | GAlSi12Cu  |  |            |     |        | 5076   |  |  |
| ETĪAL160     | B380,1 | LM24 | AlSi8Cu3Fe |  | AlSi8Cu3   | 226 | AS9U3  | 5075   |  |  |
| ETĪAL<br>171 | A360,2 |      | AlSi10Mg   |  | AlSi10Mg   | 239 | AS10G  | 3051   |  |  |
| ETĪAL<br>175 | F332   | LM26 |            |  |            |     |        |        |  |  |
| ETĪAL<br>180 |        | LM2  |            |  |            |     |        |        |  |  |
| ETĪAL<br>220 |        | L91  | AlCu4Si    |  | AlCu4,5    |     |        |        |  |  |
| ETĪAL<br>221 |        | LM11 | AlCu4Ti    |  | AlCu4Ti    |     | A-U5GT |        |  |  |
|              | 308,1  | LM21 | AlSi5Cu3   |  |            | 225 |        | 7369/4 |  |  |

#### 2.7.4 Profillerin montajına ilişkin birtakım bilgiler



Şekil 2.12.a, Şekil 2.12.b, Şekil 2.12.c Profillerin montajı sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar ( MiniTec , 2004 )



Şekil 2.12.d, Şekil 2.12.e, Şekil 2.12.f Profillerin montajı sırasında dikkat edilmesi gereken noktalar ( MiniTec , 2004 )

Çizelge 2.3 AA 6063 Alaşımının genel özellikleri ( Arion, 2005 )

• **DIN STANDARTLARINA GÖRE MALZEME İSMİ:**

AlMgSi 0,5 (AA 6063)

• **KİMYASAL BİLEŞİM:**

|                  |                  |              |
|------------------|------------------|--------------|
| Si : 0,20 – 0,60 | Mn : 0,10        | Zn : 0,10    |
| Fe : 0,10 – 0,30 | Mg : 0,45 – 0,90 | Ti : 0,10    |
| Cu : 0,10 – 0,10 | Cr : 0,10        | Diğer : 0,15 |

• **DIN STANDARTLARINA GÖRE MALZEME NO:**

DIN 1725 Teil 1 (TS 412)

• **ÇEKME KUVVETİ:**

215 N/mm<sup>2</sup>

• **AKMA KUVVETİ:**

160 N/mm<sup>2</sup>

• **ELASTİKİYET MODÜLÜ:**

7,000 kg/mm<sup>2</sup>

• **KOPMA UZAMASI:**

A5 % 12

A10 % 10

• **SERTLİK DERECEŚİ:**

70 (Brinel)

• **GENLEŞME KATSAYISI:**

23 X 10<sup>-6</sup> m/C

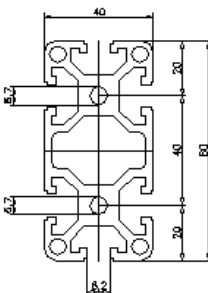
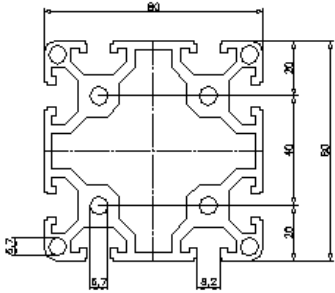
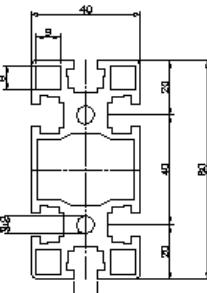
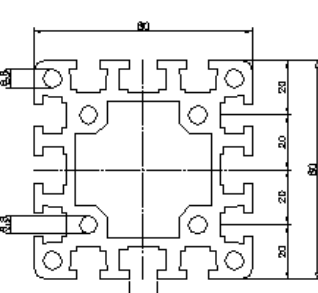
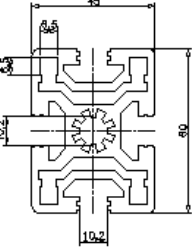
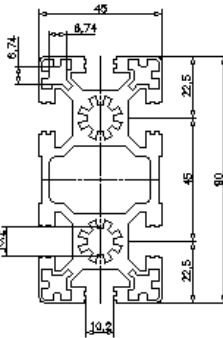
• **ELOKSAL CİNSİ:**

MAT BEYAZ ELOKSAL

• **ELOKSAL KALINLIĞI:**

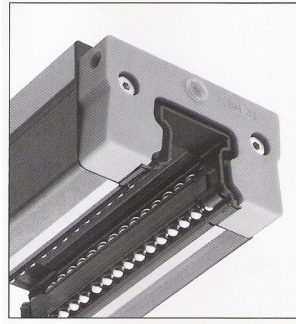
10 – 30 mikron

Çizelge 2.4 Ektrüsiyon profillerin genel özellikleri ( Arion, 2005 )

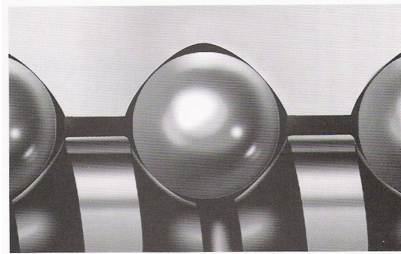
| HV TİP PROFİLLER                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                 | 40X80 HV                                                                                                                                                                         | 80X80 HV                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>20x20 HV</b>                                                                                                                                                              | <b>30x30 HV</b>                                                                                                                                                                | <b>40x40 HV</b>                                                                                                                                                                 |                                                                                                |                                                                                               |
| BİRİM AĞIRLIK<br>0,478 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 0,7 cm <sup>4</sup><br>Iy 0,7 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 0,7 cm <sup>3</sup><br>Wy 0,7 cm <sup>3</sup>   | BİRİM AĞIRLIK<br>1,000 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 3,7 cm <sup>4</sup><br>Iy 3,7 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 2,4 cm <sup>3</sup><br>Wy 2,4 cm <sup>3</sup>     | BİRİM AĞIRLIK<br>1,856 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 12,5 cm <sup>4</sup><br>Iy 12,5 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 6,25 cm <sup>3</sup><br>Wy 6,25 cm <sup>3</sup>  | BİRİM AĞIRLIK<br>3,300 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 19,1 cm <sup>4</sup><br>Iy 76,5 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 9,55 cm <sup>3</sup><br>Wy 19,1 cm <sup>3</sup>   | BİRİM AĞIRLIK<br>5,360 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 157,1 cm <sup>4</sup><br>Iy 157,1 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 39,2 cm <sup>3</sup><br>Wy 39,2 cm <sup>3</sup> |
| T TİP PROFİLLER                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                 | 40X80 T                                                                                                                                                                          | 80X80 T                                                                                                                                                                          |
| <b>40x40 T</b>                                                                                                                                                               | <b>35X70 T</b>                                                                                                                                                                 | <b>40X80 T</b>                                                                                                                                                                  |                                                                                                |                                                                                               |
| BİRİM AĞIRLIK<br>1,895 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 15,2 cm <sup>4</sup><br>Iy 15,2 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 7,6 cm <sup>3</sup><br>Wy 7,6 cm <sup>3</sup> | BİRİM AĞIRLIK<br>1,976 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 11,9 cm <sup>4</sup><br>Iy 48,9 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 6,8 cm <sup>3</sup><br>Wy 13,9 cm <sup>3</sup>  | BİRİM AĞIRLIK<br>3,115 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 23,2 cm <sup>4</sup><br>Iy 112,6 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 11,6 cm <sup>3</sup><br>Wy 13,9 cm <sup>3</sup> | BİRİM AĞIRLIK<br>6,365 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 181,9 cm <sup>4</sup><br>Iy 181,9 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 45,5 cm <sup>3</sup><br>Wy 45,5 cm <sup>3</sup> |                                                                                                                                                                                  |
| AV TİP PROFİLLER                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                 | 45X60 AV                                                                                                                                                                         | 45X90 AV                                                                                                                                                                         |
| <b>45x45 AV</b>                                                                                                                                                              | <b>45x45 AVL</b>                                                                                                                                                               | <b>45X60 AV</b>                                                                                                                                                                 |                                                                                              |                                                                                             |
| BİRİM AĞIRLIK<br>2,241 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 23 cm <sup>4</sup><br>Iy 23 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 10,2 cm <sup>3</sup><br>Wy 10,2 cm <sup>3</sup>   | BİRİM AĞIRLIK<br>2,200 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 22,9 cm <sup>4</sup><br>Iy 22,9 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 10,1 cm <sup>3</sup><br>Wy 10,1 cm <sup>3</sup> | BİRİM AĞIRLIK<br>3,146 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 25,2 cm <sup>4</sup><br>Iy 41,1 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 11,2 cm <sup>3</sup><br>Wy 13,7 cm <sup>3</sup>  | BİRİM AĞIRLIK<br>3,961 kg/m<br>ATALET MOMENTİ<br>Ix 37,8 cm <sup>4</sup><br>Iy 174 cm <sup>4</sup><br>MUKAVEMET MOMENTİ<br>Wx 16,8 cm <sup>3</sup><br>Wy 38,6 cm <sup>3</sup>    |                                                                                                                                                                                  |

### 2.7.5 Rijitlik

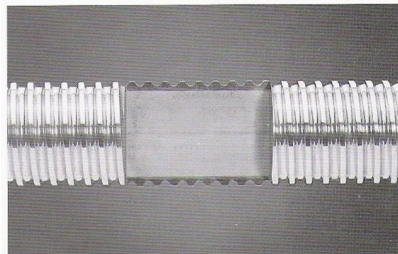
Rijitlik, parçalar arasındaki boşlukların minimum olmasına ve profillerin sehiminin çok az olmasına bağlıdır. Boşlukları minimumda tutmak için yataklar kızaklar, ve vida mekanizması bilyalı kullanılmıştır. Bu sistemlerde kuvvet iletiminin olması gereken yerlerdeki boşluklar bilya ile doldurulmuş olup kuvvet iletimi bilyalar üzerinden sağlanmaktadır. Profillerdeki sehimini minimumda tutmak için ise konstrüksiyonda kolonlar arası mesafeler mümkün olduğunca küçük tutulmuştur. Bağlantı elemanlarının geometrisi de konstrüksiyona destek verecek şekilde seçilmiştir.



Şekil 2.13 Lineer kızaklarla kullanılan bilyalı araba ( Schneeberger , 2004 )



Şekil 2.14 Vidalı mil ile somun arasındaki bilyaların resmi ( Comtop , 2004 )



Şekil 2.15 Vidalı milin kesit görüntüsü. ( Comtop , 2004 )

Yüzeye yakın kısmının indüksiyonla sertleştirildiği açıkça gözlemlenebilmektedir.



Şekil 2.16 Vidalı milin yataklarından bir örnek ( Comtop , 2004 )

### 2.7.6 CNC otomasyonu

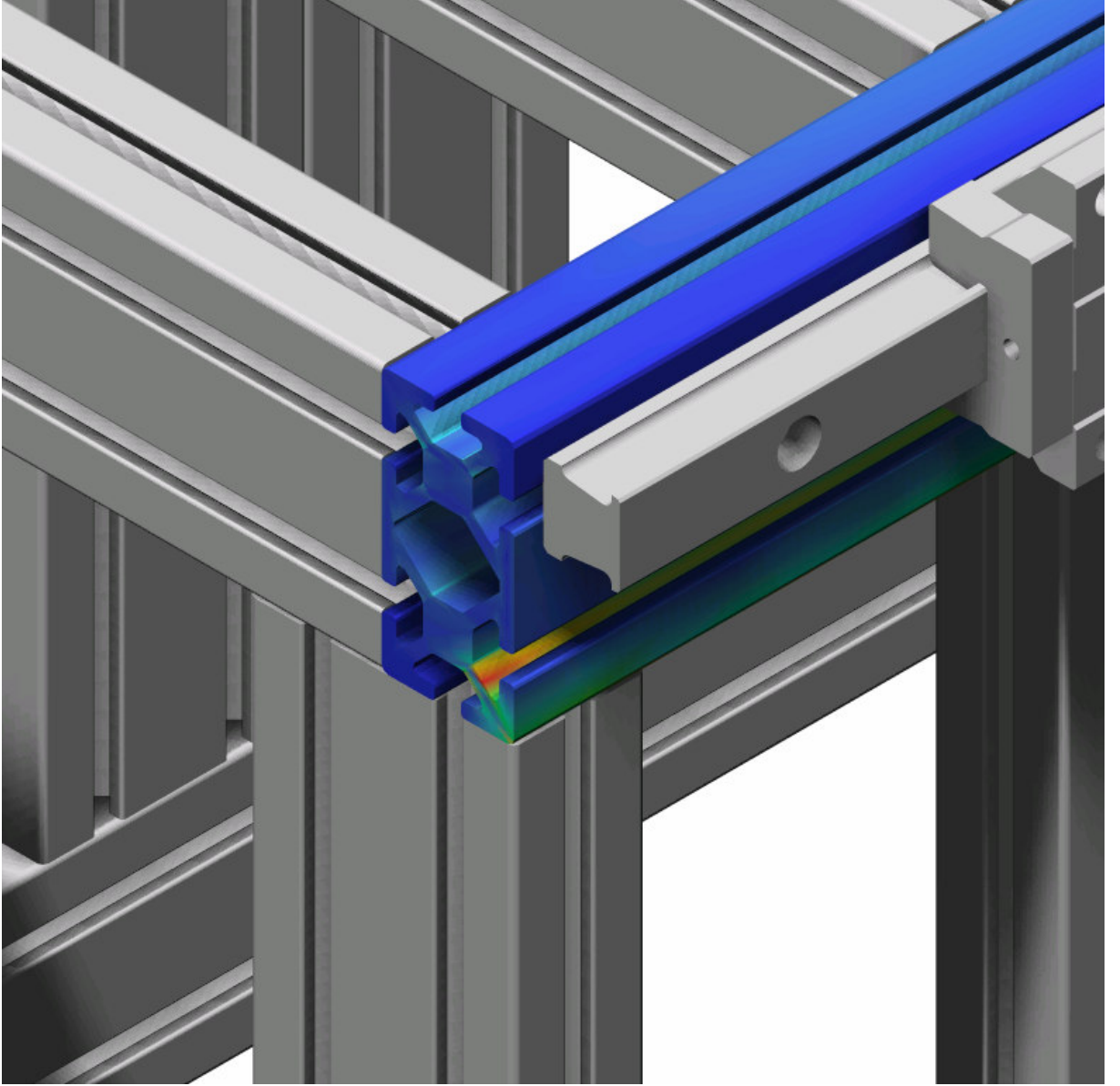
CNC'nin otomasyonunu servo motorlar ( Ek 1 ) ve hareket kontrol kartı ( Ek 2 ) ile yapılacaktır. Her ekseninde bir adet AC servo motor, servo motor sürücüsü, enkoder'ı ve kabloları ve tabii ki güç kaynağı vardır. Her üç eksen için de bu konfigrasyon tekrarlanmaktadır.

Bir CNC freze ile işleme otomasyonunda şu adımlar takip edilmektedir:

- Solid Works, Autocad, Catia, vs.. gibi üç boyutlu çizim programlarından birinde parça 3 boyutlu olarak çizilmektedir.
- Çizim dosyası Mastercam, Alphacam, Catia, vs.. gibi bir kod üretici programa aktarılıp gerekli ayarlamaların yapılması suretiyle ( Takımı atamak, hızları belirlemek, işleme yöntemini seçmek vs.. gibi ) NC kodları oluşturulmaktadır.
- Her CNC'nin kendine özgü yazılımı ile NC kodları hareket bilgisine çevrilmektedir. ( Bu proje kapsamında gerçekleştirilen CNC'nin programı özel olarak bu CNC için C++ programı ile yazılmıştır. ( 16000 satır boyutundadır.))
- Hareket bilgisi, satır satır hareket kontrol kartına gelmektedir ve burada gerekli interpolasyon hesapları yapılmak suretiyle servo motorun anlayacağı dil olan darbe bilgisine çevrilmektedir.
- Darbe bilgileri toplu olarak eksenlere dağıtıcı arabirime gelmektedir ve buradan her eksen için ayrılmış çıkıştan ilgili eksene gönderilmektedir.

- Her eksen darbe bilgisi o eksenin servo motor sürücüsüne gelmektedir ve burada darbelere çevrilmiştir.
- Her eksen servo motor sürücüsünde oluşturulan darbeler kendi ekseninin servo motoruna gönderilmektedir.
- Her servo motorun hareketini kendi üzerindeki bir enkoder izlemektedir ve ilgili servo motor sürücüsüne geri bildirimde bulunmaktadır. ( Eğer gönderilen emir ile gerçekleştirilen hareket arasında en ufak bir fark var ise servo motor sürücüsü bu farkı kapatmak için gerekli darbeleri otomatik olarak oluşturmaktadır. )
- Hareket tam olarak tamamlandığı zaman, tamamlandı bilgisi programa gönderilmektedir . Bu bilgi gelmeden program bir sonraki satıra geçmemektedir.
- NC kodu tamamlanıncaya kadar her satır için bu işlemler tekrarlanmaktadır.

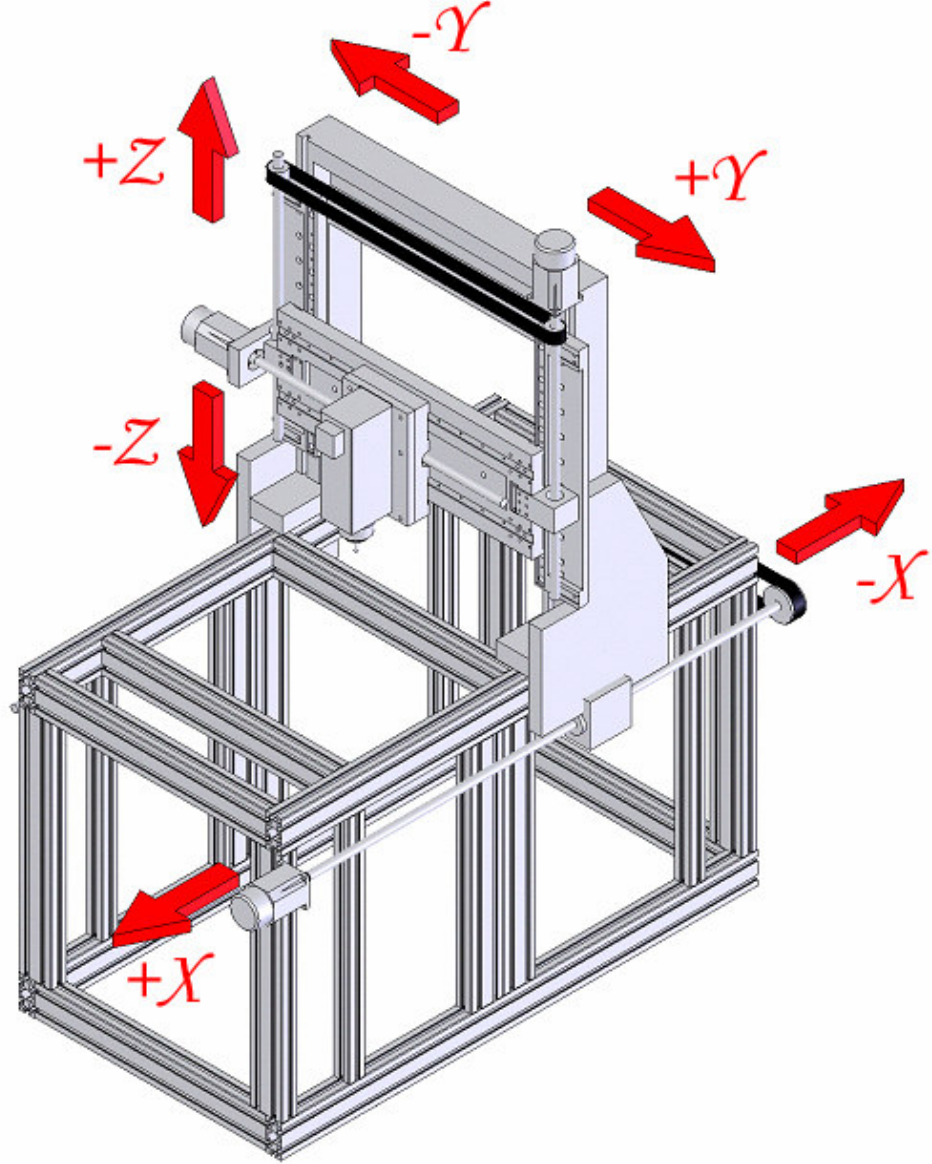
CNC’de, kendisi de eksenler ile beraber hareket eden 2 adet motor vardır. Bu motorların kabloları esnek ve aynı zamanda kabloları dış etkilere karşı koruyabilecek bir kablo kanalı ile taşınmaktadır. ( Ek 3 )



**GÖVDE ANALİZİ**

### 3. GÖVDE KONSTRÜKSİYONU ve ANALİZİ

#### 3.1 CNC'nin Konstrüksiyonuna Genel Bakış



Şekil 3.1 CNC'nin konstrüksiyonu ve eksenlerin yönleri

CNC'nin gövdesinde ana konstrüksiyon alüminyum profillerden oluşturulacaktır. Tezgah kısmı konstrüksiyonu ana taşıyıcı olarak görev yapacağı için kafes yapısında oluşturulmuştur. Konstrüksiyonda zayıf noktalar bırakmamak ve maksimum yükler altındaki sehim değerlerini minimumda tutabilmek için kolon mesafeleri mümkün olduğunca düşük tutulmuştur. Böylece kirişlerdeki yatak mesafeleri de optimum düzeyde olmuştur.

Eksenlerin hareketli bağlantı noktalarında profiller zayıf kalacağı için yine alüminyumdan

destek ve taşıyıcı parçalar tasarlanmıştır. Bu parçalar CNCde veya frezede işletilmiştir.

### 3.2 Tezgahın Konstrüksiyon Hesapları

Tezgahın maksimum işleme boyutları X, Y ve Z eksenlerinde sırasıyla: 750 mm, 350 mm, 275 mm'dir. Tabla boyutları ise X \* Y ; 1320 mm \* 560 mm 'dir. Bu boyutlar göz önüne alındığında tezgaha bağlanılabilecek maksimum parça boyutunun 1320 mm \* 560 mm \* 275 mm olduğu görülür. Bu boyutlardaki çeliğin ağırlığı ( Çeliğin yoğunluğu : 7850 kg/ m<sup>3</sup> ):

$G_{\text{ç}} = ( ( 1320 * 560 * 275 ) * 7850 ) / 10^9 = 1595,8 \text{ kg}$ 'dır. Bu da 15638.8 N 'dur. ( = 1595,8 \* 9,8 ) Bu kuvvet tüm tezgaha yayılı yük olarak etki edeceği halde analizlerde sanki tek bir kirişe yayılı olarak yük binecekmiş gibi ve 20000 N olarak hesap yapılacaktır.

Bir diğer tezgaha yüksek kuvvetlerin etki edeceği durum ise tezgahın maksimum hızda çalışırken tablaya bindirmesi durumudur. Bu durumda noktasal yükler devreye girerler ki bu tip yükler çok tehlikelidirler. Analizlerde Z ekseninin maksimum hızda ( -z ) yönünde ilerlerken tablaya bindirmesi durumu esas alınmıştır. Bu durumda Z ekseninin momentumu,  $G_z * V_z$  olacaktır. ( = 45 \* 0,25 = 11,25 kg \* m / s ) Z ekseninin momentumu bu hızda tablaya çarptığı anda çok yüksek bir itme kuvveti oluşturacaktır. (  $F_{\text{itme}} = F * t$  [ kg \* m / s ] ) Çarpışma zamanı "t" yi 0,002 s alırsak:  $F = 5625 \text{ N}$  (  $F = ( G_z * V_z ) / t$  ) olur. Bu kuvvete Z ekseninin ağırlığından dolayı olan kuvveti de eklersek: 5625 + 441 = 6066 N olur. Analizler sırasında çarpışma süresi ile ilgili tartışmalara yol açmamak için giriş üzerine 10000 N 'luk noktasal kuvvet uygulanacaktır.

Tezgahın konstrüksiyon hesapları için konstrüksiyonu Solid Works isimli programda 3 boyutlu olarak modellenmiş, daha sonra çizimler Visual Nastran isimli programa aktarılacak gerilme, sehim, - gerekli olan parçalarda da – bükülme analizleri yapılmıştır. Analizler için malzeme olarak AA 6063 malzemesi tanımlanmıştır.

**Material Properties of body[1] "90\*45 PROFİL"**

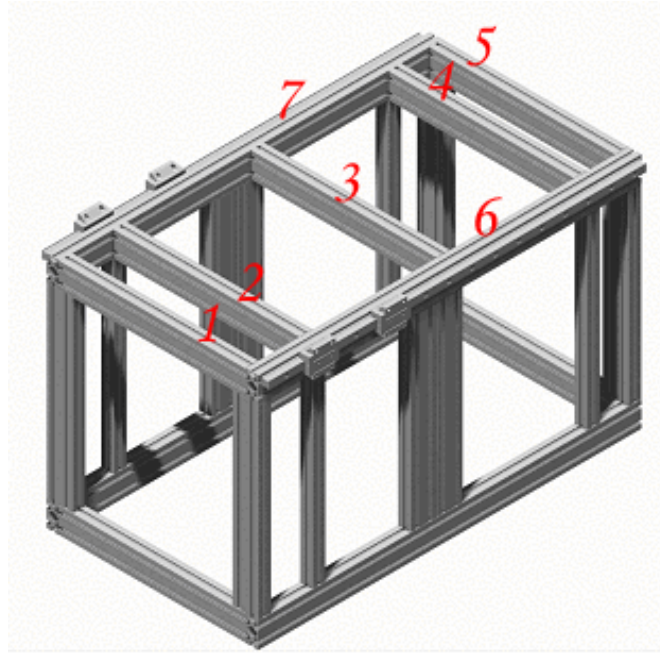
Material: **ALÜMİNYUM 6063**

Temperature: **298** K [Edit the database...](#)

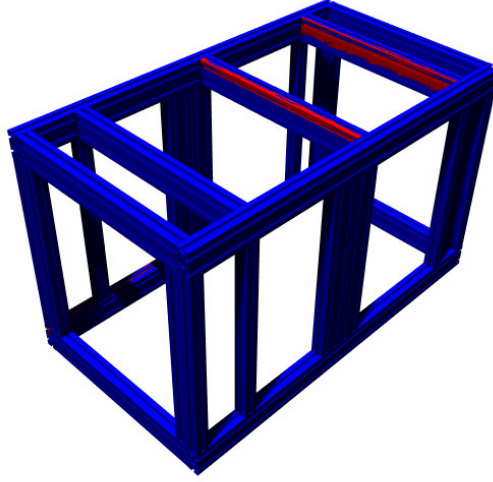
|                             |                 |                   |
|-----------------------------|-----------------|-------------------|
| Mass Density                | <b>2.71e+3</b>  | kg/m <sup>3</sup> |
| Elastic Modulus             | <b>6.89e+10</b> | Pa                |
| Poisson's Ratio             | <b>0.33</b>     |                   |
| Yield Stress                | <b>2.14e+8</b>  | Pa                |
| Ultimate Tensile Stress     | <b>2.41e+8</b>  | Pa                |
| Specific Heat               | <b>962</b>      | N m / kg K        |
| Thermal Conductivity        | <b>190</b>      | W / m K           |
| Thermal Coeff. of Expansion | <b>2.25e-5</b>  | m / m K           |

[Visit the DataMart](#) [Apply](#) [OK](#) [Cancel](#)

Şekil 3.2 Analizlerde kullanılan alüminyum 6063 malzemesi özellikleri.



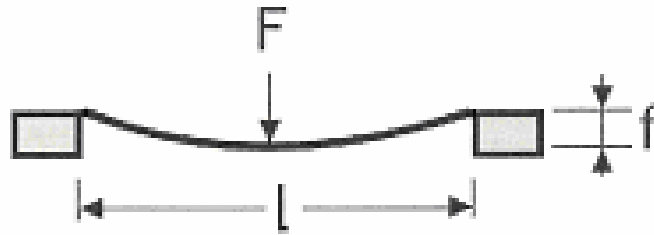
Şekil 3.3 Tezgah kontrüksiyonu ve kirişlerin numaraları.



Şekil 3.4 Tezgah konstrüksiyonu üzerine 20000 N'luk yayılı yük uygulandığı zaman güvenlik katsayısının en düşük olduğu yerler. ( Katsayının düşük olduğu yerler kırmızıyla gösterilmektedir.)

Güvenlik katsayısı analizinde konstrüksiyonun üzerine tamamen yayılı olmak şartıyla 20000 N uygulanmıştır. Konstrüksiyonun en düşük güvenlik katsayısına 3 ve 4 no'lu kirişlerin sahip olduğu görülmektedir. Analizlerde 3 no'lu kiriş kullanılacaktır.

### 3.2.1 Tezgahın sehîm hesapları ve analizleri



Şekil 3.5 Noktasal yük uygulandığındaki sehîm parametreleri

$$f = (F * L^3) / (E * I * k * 10^4) \text{ [ mm ] } \text{ ( Maksimum sehîm değeri )} \quad (3.1)$$

$F = 10000 \text{ N}$  ( Uygulanılan kuvvet )

$L_s = 640 \text{ mm}$  ( Serbest uzunluk )

$I = 174 \text{ cm}^4$  ( Profilin kesit geometrisinin atalet değeri ) ( Çizelge 2.4 )

$E = 70000 \text{ N / mm}$  ( Alüminyumun elastiklik modülü )

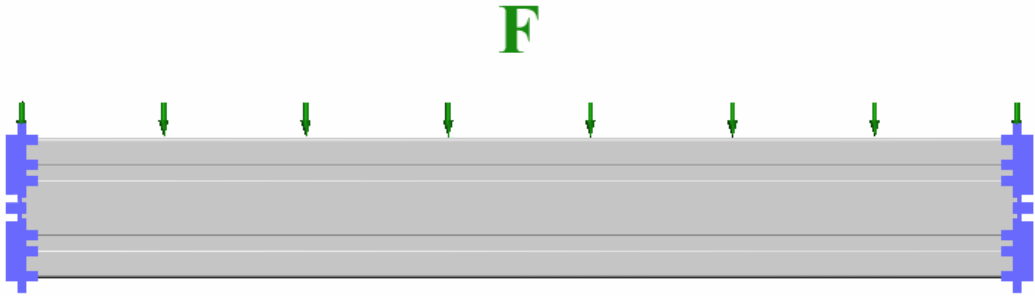
$k = 48$  ( Altan mafsallanmış sabitlemeler için verilen katsayı )

$$f = ( 10000 * 640^3 ) / ( 70000 * 174 * 48 * 10^4 ) [ \text{mm} ]$$

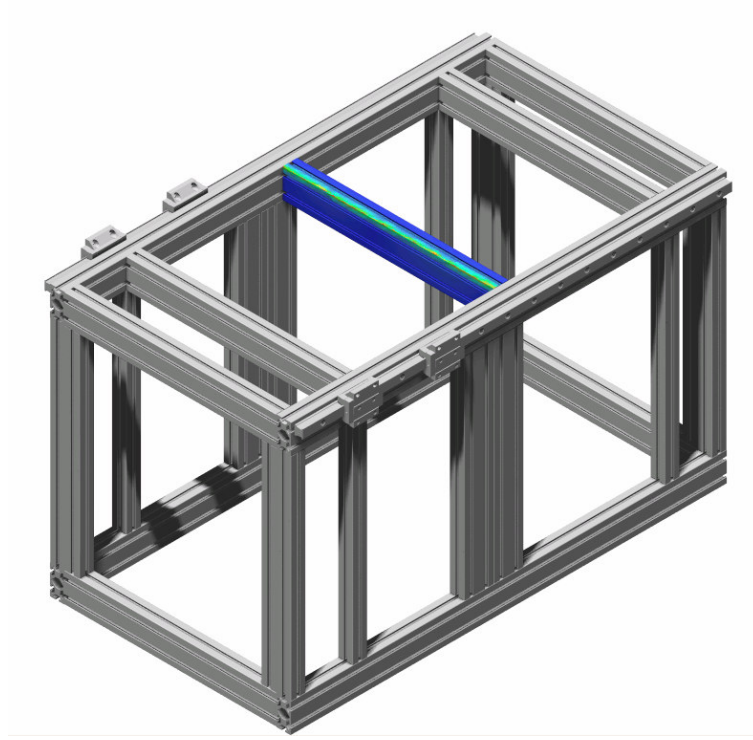
**f = 0,448 mm**

3 Nolu kirişin tam ortasına noktasal 10000 N 'luk kuvvet uyguladığımız zaman olan sehim miktarıdır.

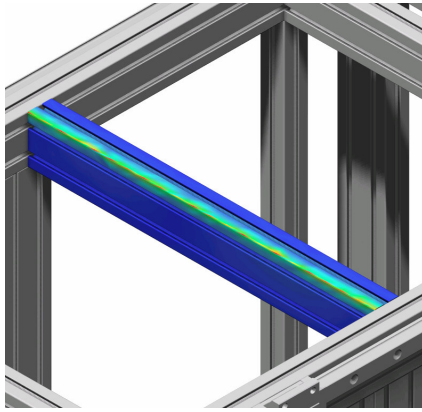
3 Nolu kirişe 20000 N'luk bir kuvveti yayılı yük olarak uygularsak:



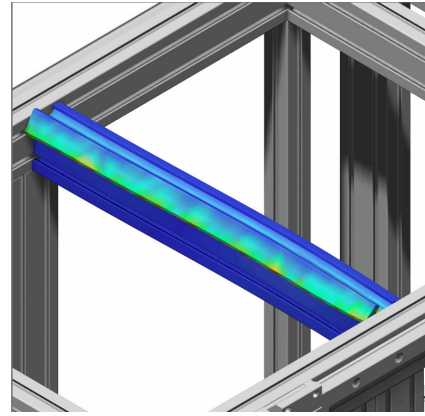
Şekil 3.6 Yayılı yük



Şekil 3.7 3 Nolu kiriş analiz resmi

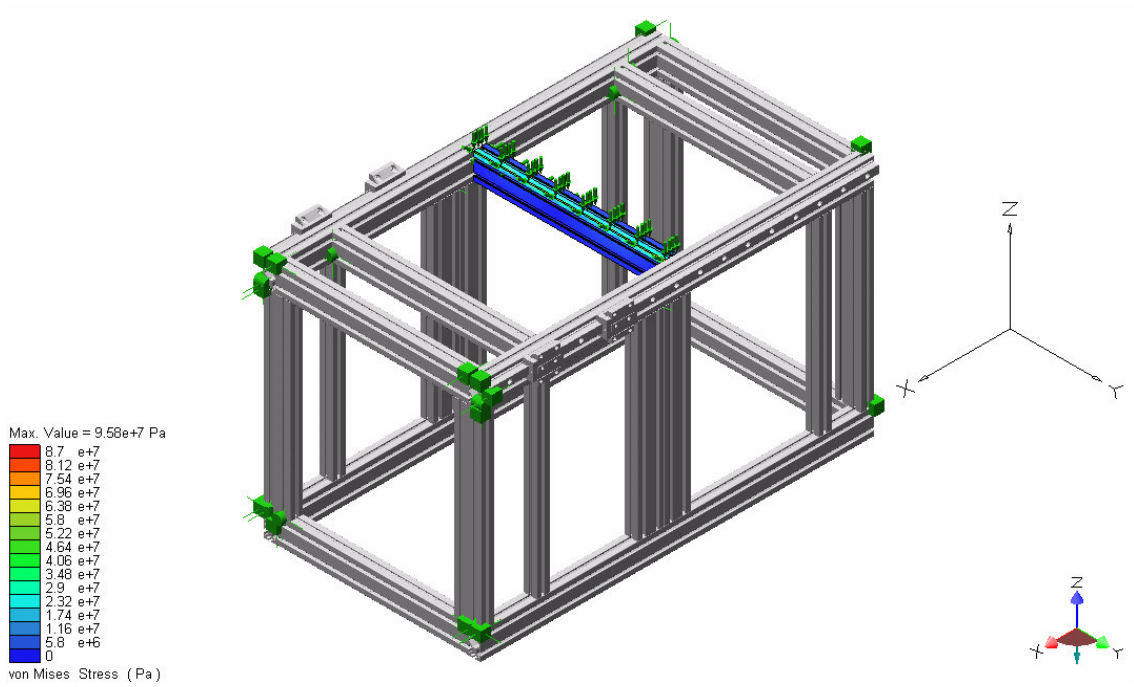


Şekil 3.8 Kiriş analiz resmi



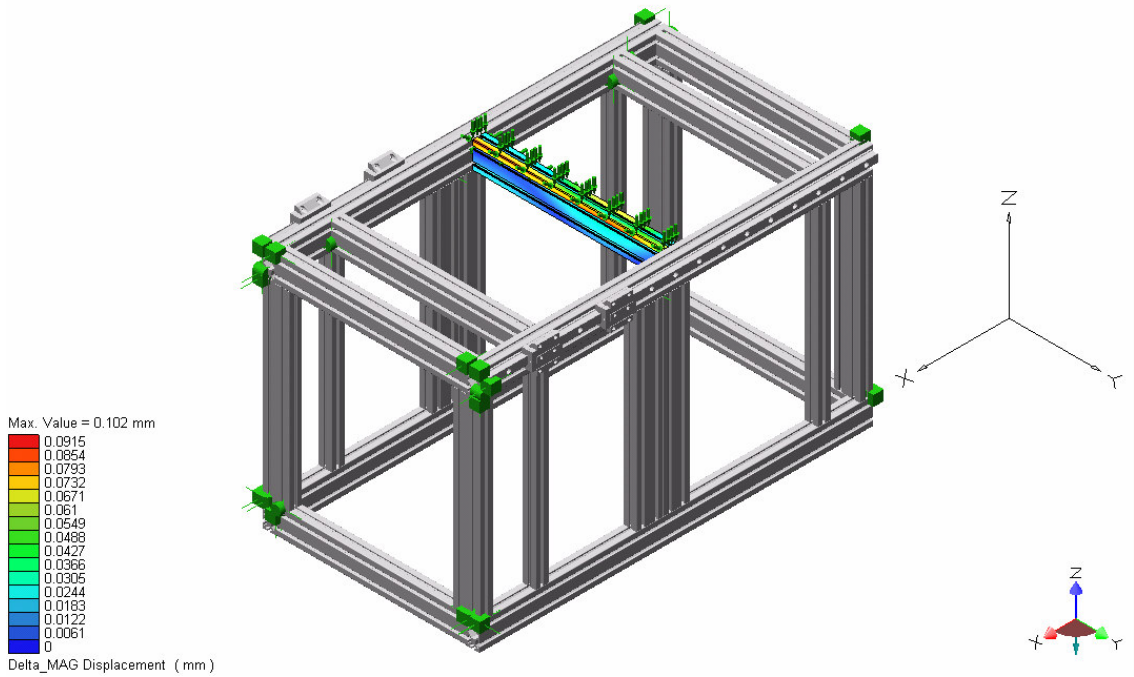
Şekil 3.9 Kiriş deforme olmuş analiz resmi

Maksimum kiriş uzunluğuna sahip olan kirişlerden biri olan 3 Nolu kiriş üzerine 20000 N'luk yayılı yük uygulandığı zamanki gerilme resimleri. ( Deformasyon görüntüsü 204 kat büyütülmüştür.)



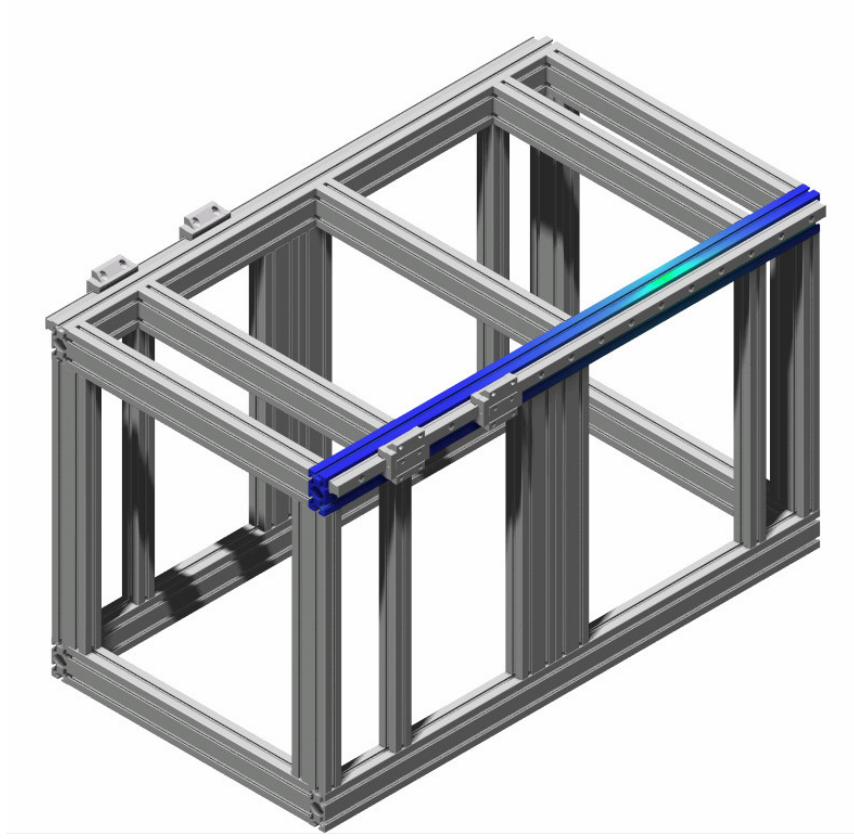
Şekil 3.10 Kiriş analizinde yükler ve gerilme miktarı

Maksimum kiriş uzunluğuna sahip olan kiriş üzerine 20000 N'luk yayılı yük uygulandığı zaman tablodan okunacağı gibi maksimum gerilme değeri  $95,8 \text{ N / mm}^2$  olmaktadır. Bu da AA 6063 malzemesi için sınır gerilme değeri olan  $214 \text{ N / mm}^2$  'den düşük olduğu için **PARÇA EMNİYETLİ**'dir.



Şekil 3.11 Kiriş analizinde yükler ve sehim miktarı

Maksimum kiriş uzunluğuna sahip olan kiriş üzerine 20000 N'luk yayılı yük uygulandığı zaman tablodan okunacağı gibi maksimum sehim 0,102 mm olmaktadır.



Şekil 3.12 6 Nolu kiriş analiz resmi

$$f = (F * L^3) / (E * I * k * 10^4) \text{ [ mm ] ( Maksimum sehim değeri )} \quad ( 3.2 )$$

$F = 10000 \text{ N}$  ( Uygulanılan kuvvet )

$L_s = 428 \text{ mm}$  ( Serbest uzunluk )

$I = 174 \text{ cm}^4$  ( Profilin kesit geometrisinin atalet değeri ) ( Çizelge 2.4 )

$E = 70000 \text{ N / mm}$  ( Alüminyumun elastiklik modülü )

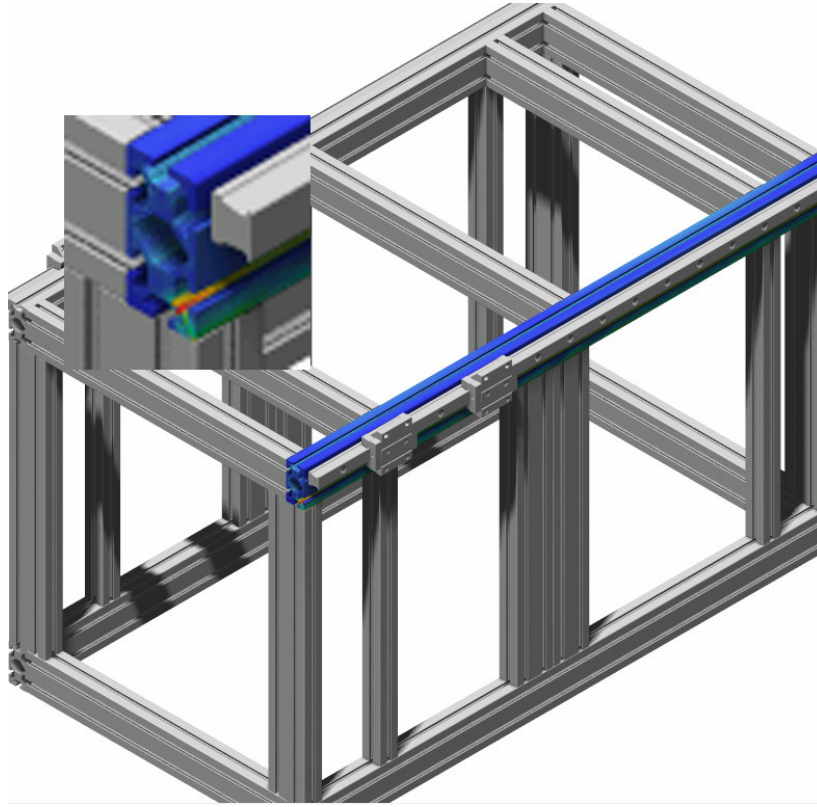
$k = 48$  ( Alttan mafsallanmış sabitlemeler için verilen katsayı )

$$f = ( 10000 * 428^3 ) / ( 70000 * 174 * 48 * 10^4 ) \text{ [ mm ]}$$

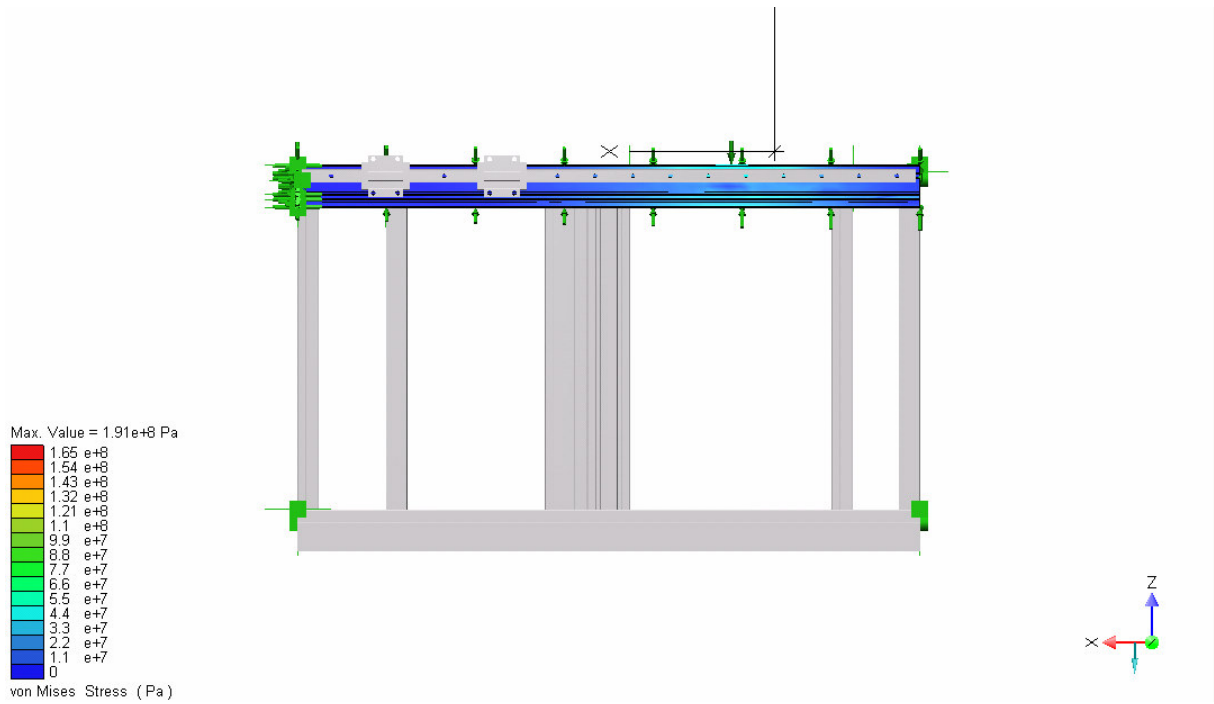
$$\mathbf{f = 0,134 \text{ mm}}$$

6 Nolu kiriş uzunluğunun tam ortasına noktasal 10000 N 'luk kuvvet uyguladığımız zaman olan sehim miktarıdır.

6 Nolu kiriş üzerine 20000 N'luk yayılı yük uygularsak;



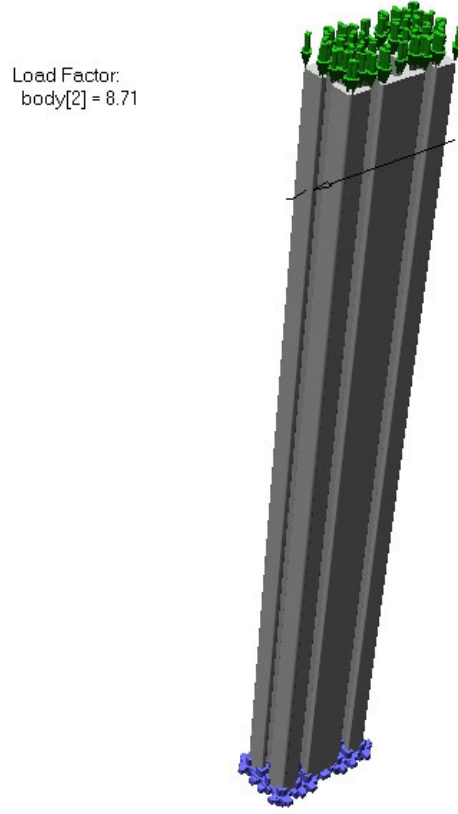
Şekil 3.13 Maksimum gerilme noktaları



Şekil 3.14 Yayılı yük ve gerilme dağılımı

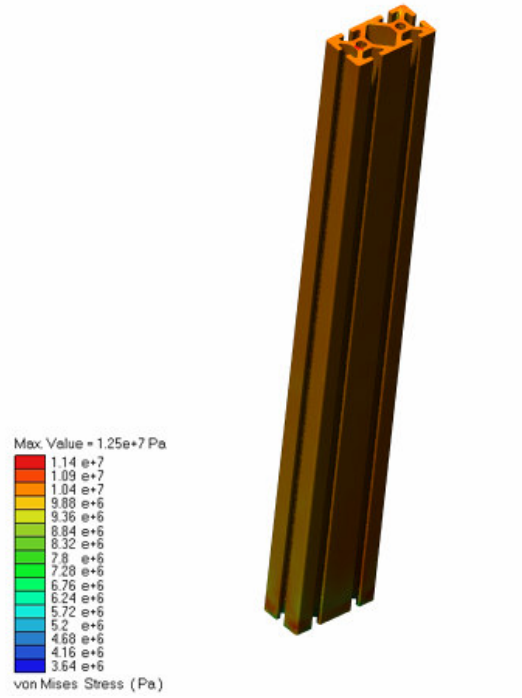
Şekildeki gibi 6 Nolu kiriş üzerine 20000 N'luk yayılı yük uygulandığı zaman tablodan

okunacağı gibi maksimum gerilme değeri  $191 \text{ N / mm}^2$  olmaktadır. Bu da AA 6063 malzemesi için sınır gerilme değeri olan  $214 \text{ N / mm}^2$  ‘den düşük olduğu için **PARÇA EMNİYETLİ**’dir.



Şekil 3.15 Yayılı yük ve bükülme emniyeti

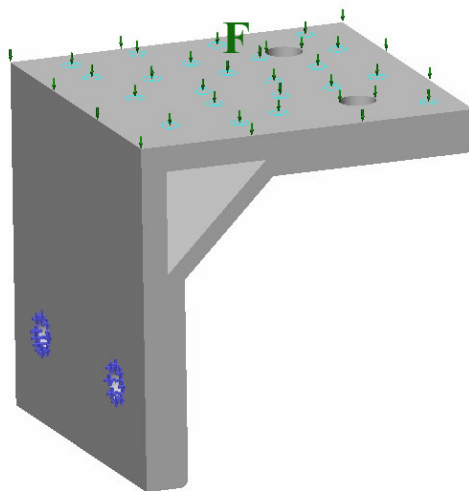
3 Nolu kirişi taşımakta olan kolonun üzerine 20000 N’luk yayılı yük uygulanılmıştır. Yapılan bükülme analizinde, parça bükülme açısından 8,71 kat emniyetli olduğu görülmüştür. **PARÇA EMNİYETLİ**’dir.



Şekil 3.16 Gerilme dağılımı

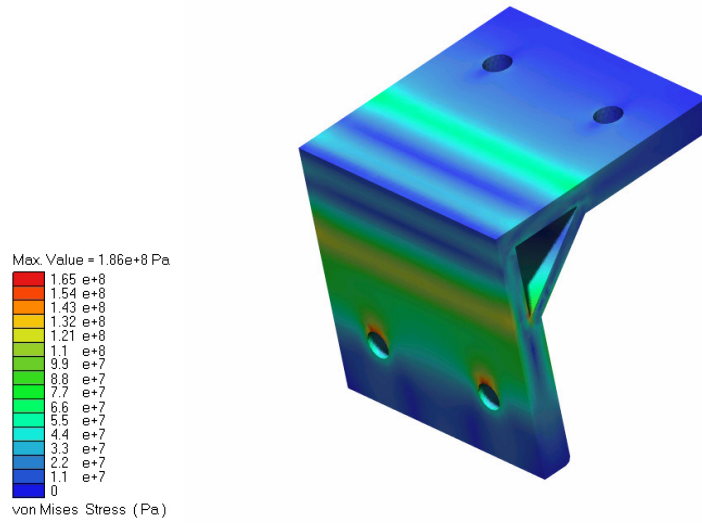
3 No'lu kiriş üzerine 20000 N'luk yayılı yük uygulandığı zaman tablodan okunacağı gibi maksimum gerilme değeri  $125 \text{ N} / \text{mm}^2$  olmaktadır. Bu da AA 6063 malzemesi için sınır gerilme değeri olan  $214 \text{ N} / \text{mm}^2$  'den düşük olduğu için **PARÇA EMNİYETLİ**'dir.

### 3.3 Bağlantı Parçalarının Analizi



Şekil 3.17 Köşe bağlantı parçası analiz parametreleri

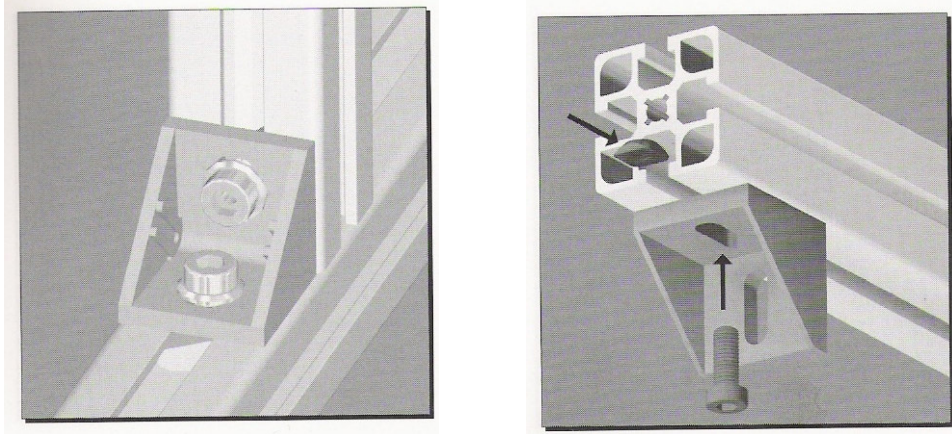
Profilleri birbirine bağlamak amacıyla şekilde görülmekte olan yine Alüminyum 6063 malzemesinden yapılmış olan 90° köşe bağlantı parçası bulunmaktadır. Analizlerde baz alınan 3 no'lu kirişi sisteme sabitlemek için 6 adet köşe bağlantı parçası kullanılmıştır. 3 no'lu kiriş üzerine 20000 N'luk kuvvet uygulandığı zaman her bir bağlantı parçası üzerine (  $20000 / 6 =$  ) 3333,3 N'luk yük binmektedir. Bağlantı parçasının analizinde bu parçanın üzerine 3500 N'luk bir kuvvet etki ettirilecektir. Köşe bağlantı parçası delik merkezlerinden civata ile sabitlenmiştir.



Şekil 3.18 Köşe bağlantı parçası gerilme analizi sonucu

Köşe bağlantı parçasının üzerine 3500 N'luk yayılı yük uygulandığı zaman tablodan okunacağı gibi maksimum gerilme değeri  $186 \text{ N} / \text{mm}^2$  olmaktadır. Bu da AA 6063 malzemesi için sınır gerilme değeri olan  $214 \text{ N} / \text{mm}^2$  'den düşük olduğu için **PARÇA EMNİYETLİ**'dir.



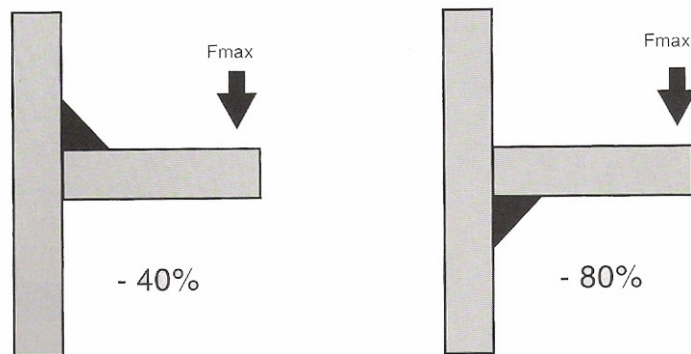


Şekil 3.22 İkinci tip köşe bağlantı parçasının montaj şekilleri ( MiniTec , 2004 )

Çizelge 3.1 Kullanılan bağlantı elemanının taşıyabileceği yük kapasitesi. ( MiniTec , 2004 )

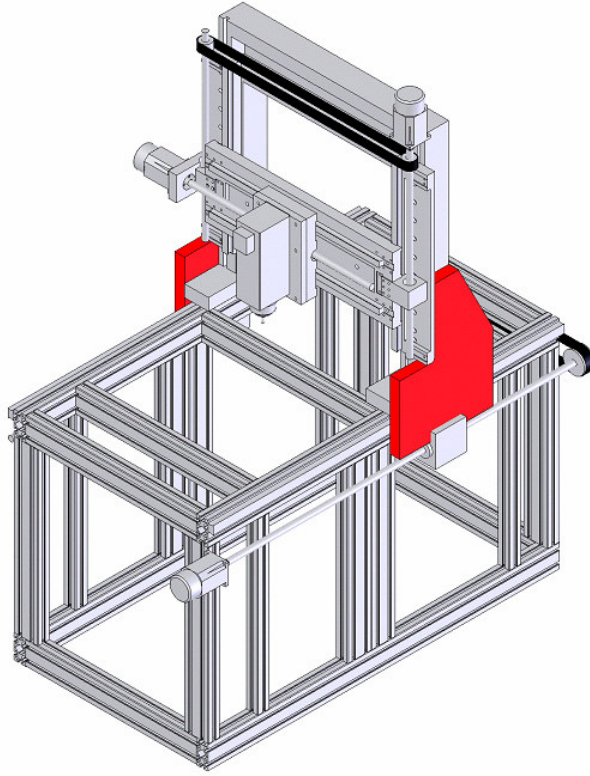
( Screw : Vida )

|                       |                |          |         |          |
|-----------------------|----------------|----------|---------|----------|
| <b>Yük kapasitesi</b> | Angle 19:      | 2 screws | 1.200 N | 400 Nm   |
|                       | Angle 25:      | 2 screws | 1.200 N | 400 Nm   |
|                       | Angle 45:      | 2 screws | 1.200 N | 400 Nm   |
|                       | Angle 45 x 90: | 4 screws | 2.400 N | 800 Nm   |
|                       | Angle 90:      | 8 screws | 4.800 N | 1.600 Nm |



Şekil 3.23 Kullanılan bağlantı elemanının taşıyabileceği yük kapasitesine farklı bağlantı koşullarının etkisi. ( MiniTec , 2004 )

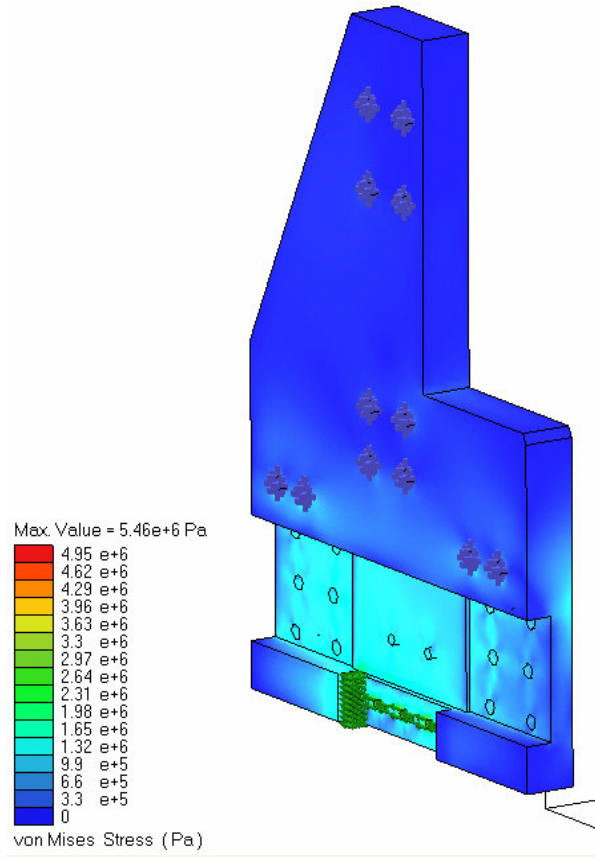
### 3.4 Yan bağlantı Parçasının Analizleri



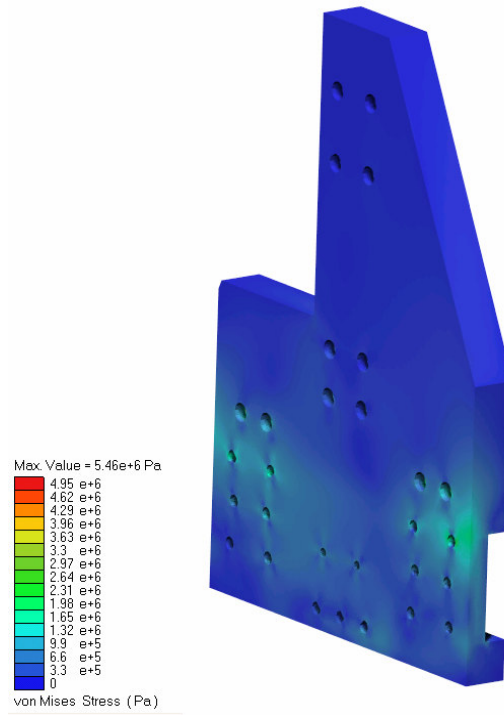
Şekil 3.24 Yan bağlantı parçasının konstrüksiyondaki yeri

Yan bağlantı parçasının analizinde, X eksenindeki hareketin engellenip, motorun harekete zorlama durumunu simule edilerek yapılmıştır. X Eksenine maksimum etki eden kuvvet;  $F = 3355,8 \text{ N}$ 'dur. ( Bölüm 4.4 ) Bu eksene 4000 N etki ediyormuş gibi analizler yapılacaktır.

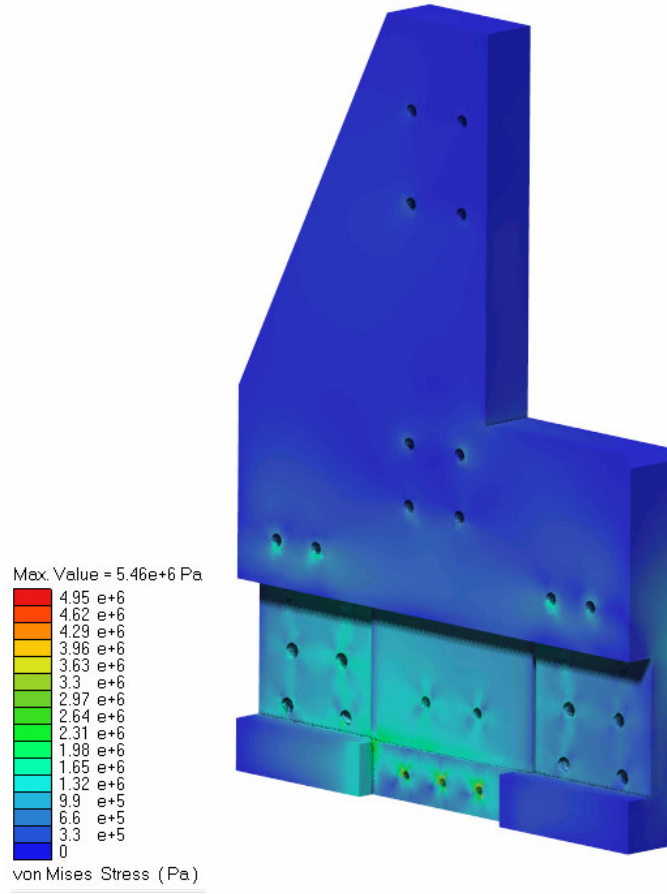
X Ekseninde 2 adet yan bağlantı parçası olduğu için her bir parça üzerine 2000 N'luk ( $= 4000 / 2$ ) kuvvet uygulanacaktır. ( Bu simülasyonda üst bağlantı noktaları sabitlenmiş ve motorun hareket ileteceği bölüme eksen doğrultusunda 2000 N'luk kuvvet uygulanmıştır. )



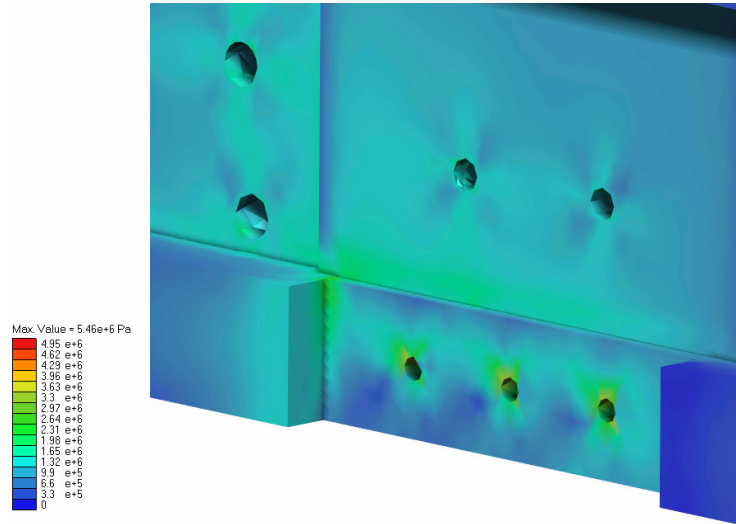
Şekil 3.25 Yan bağlantı parçasının gerilme analizi sonucu. Tablodan okunacağı gibi maksimum gerilme değeri  $5,46 \text{ N / mm}^2$  olmaktadır. Bu da AA 6063 malzemesi için sınır gerilme değeri olan  $214 \text{ N / mm}^2$  ‘den düşük olduğu için **PARÇA EMNİYETLİ**’dir.



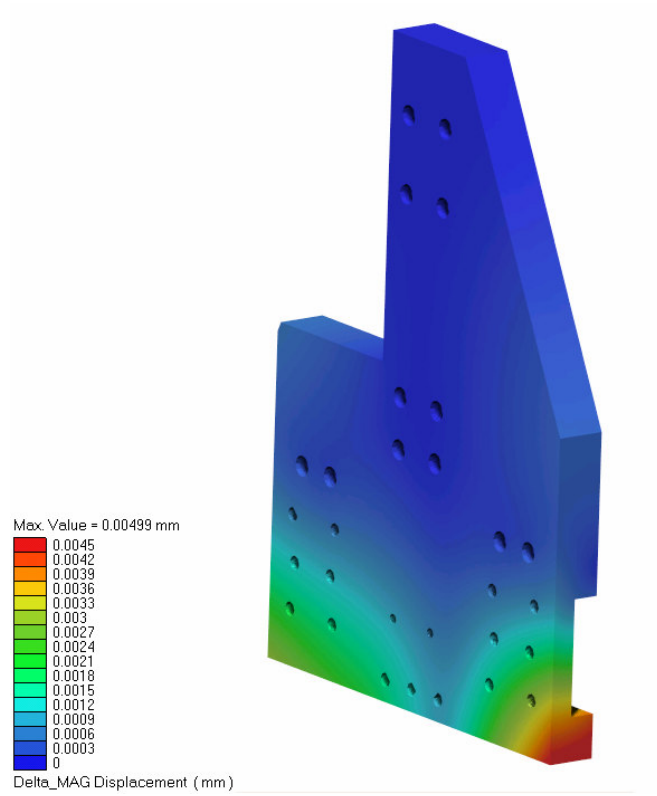
Şekil 3.26 Yan bağlantı parçasının gerilme analizinin farklı bir açıdan gösterimi.



Şekil 3.27 Yan bağlantı parçasının gerilme analizinin farklı bir açıdan gösterimi.

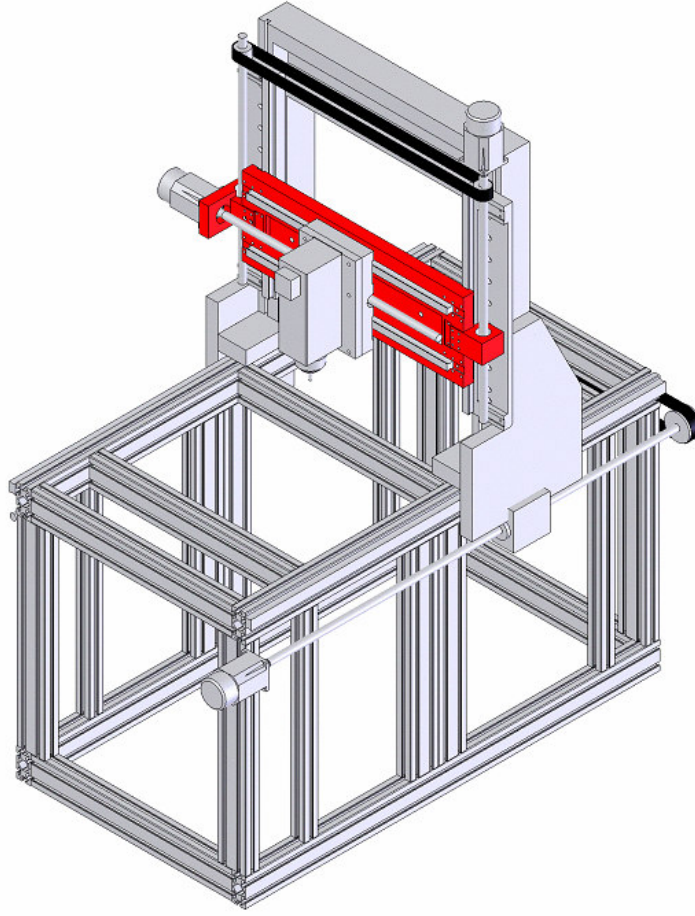


Şekil 3.28 Yan bağlantı parçasının gerilmelerinin maksimum olduğu noktaların yakından gösterimi.



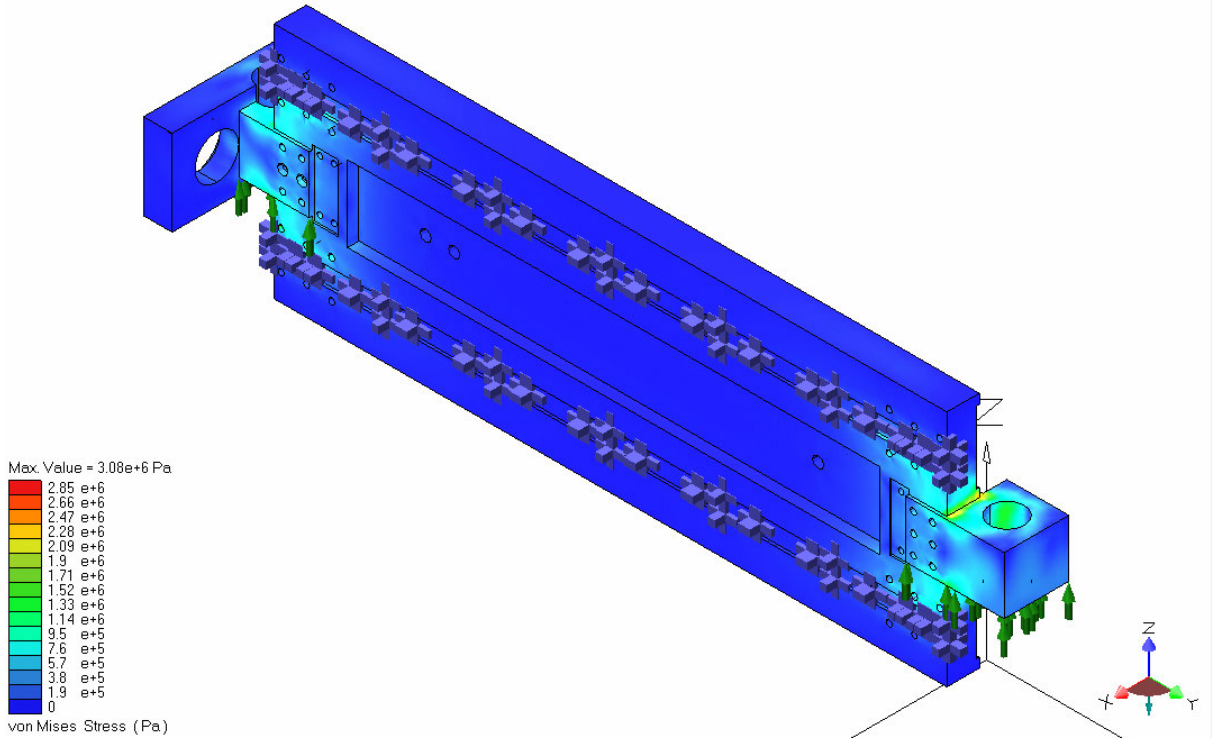
Şekil 3.29 Kullanılan Yan bağlantı parçasının gerilme analizinin sonucundaki sehım değeri. Maksimum sehım değeri 0.00499 mm olarak tespit edilmiş olup şekilde kırmızı ile gösterilen bölgededir. Bu sehım değeri, yeri bakımından parçanın fonksiyonunu etkilemeyecektir.

### 3.5 Ön Taşıyıcı - Bağlantı Parçasının Analizleri

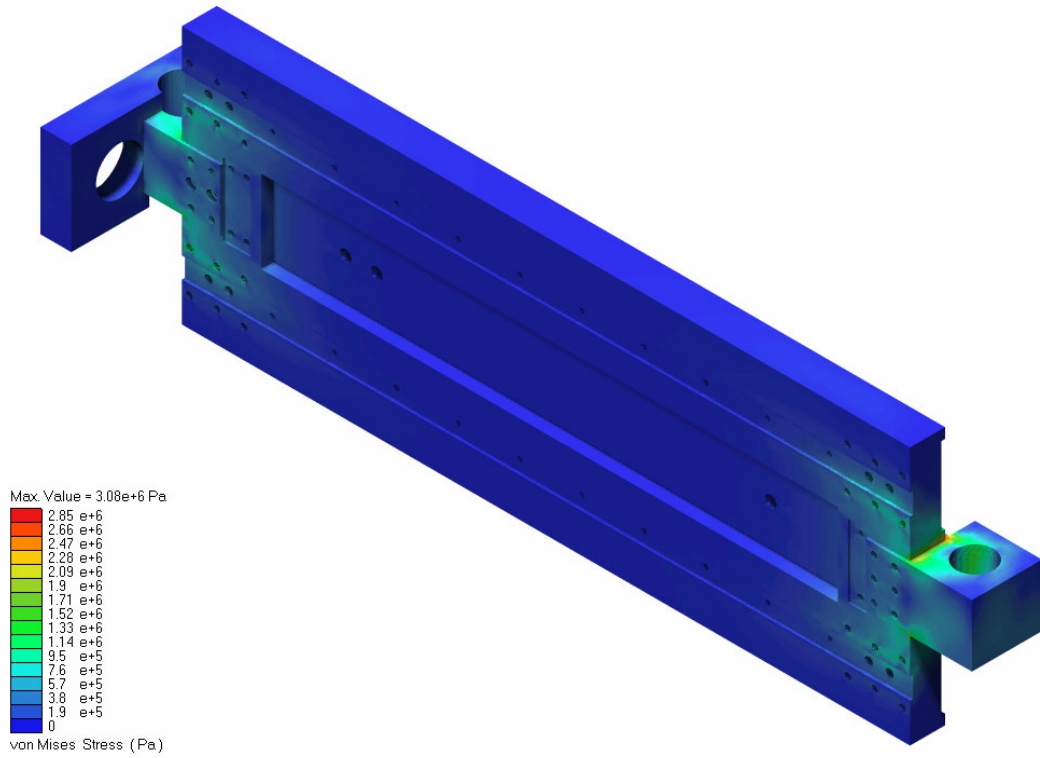


Şekil 3.30 Ön taşıyıcı – bağlantı parçasının konstrüksiyondaki yeri

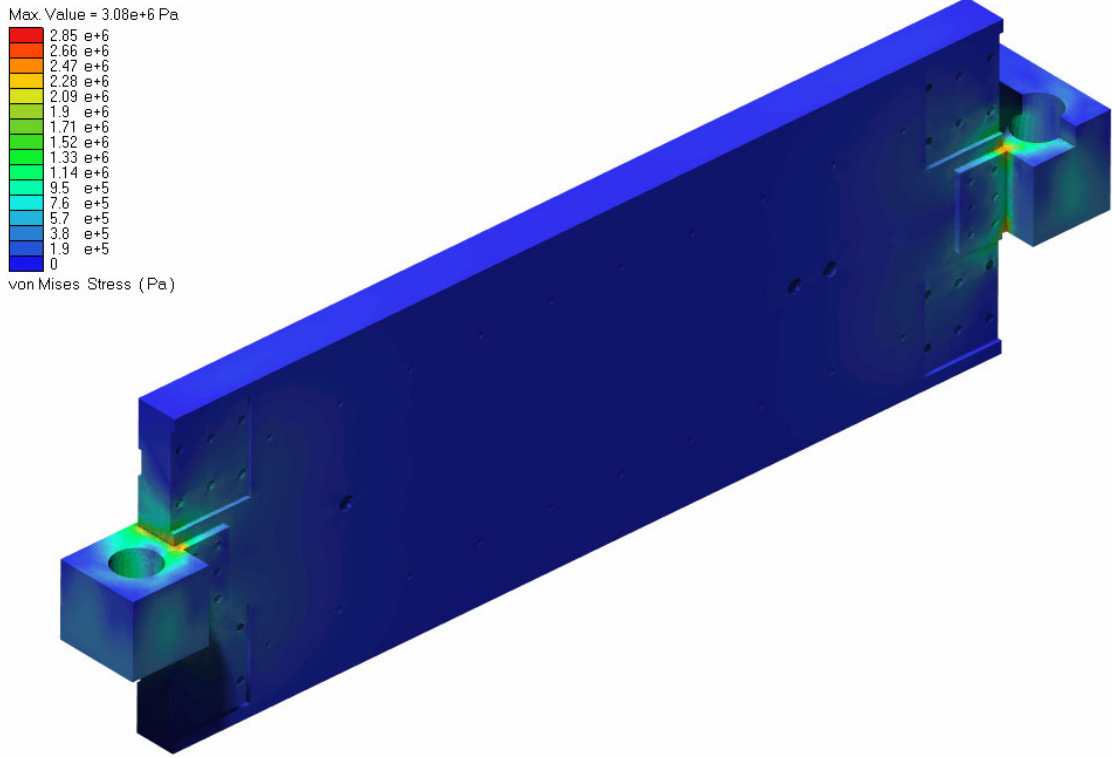
Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının analizinde, Z eksenindeki hareketin engellenip, motorun harekete zorlama durumunu simule edilerek yapılmıştır. Z Eksenine maksimum etki eden kuvvet;  $F = 3464,8 \text{ N}$ 'dur. ( Bölüm 6.4 ) Bu eksene 4000 N etki ediyormuş gibi analizler yapılacaktır. ( Bu simulasyonda Y ekseninin raylarının bağlandığı noktalar sabitlenmiş ve motorun hareket ileteceği sağ ve soldaki iki bölümün herbirine, eksen doğrultusunda 2000er N'luk kuvvetler uygulanmıştır. )



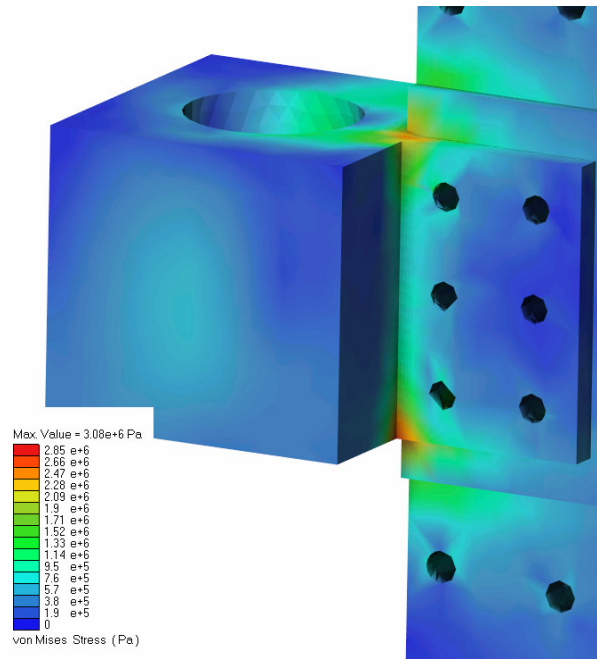
Şekil 3.31 Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının gerilme analiz sonucu. Tablodan okunacağı gibi maksimum gerilme değeri  $3,08 \text{ N / mm}^2$  olmaktadır. Bu da AA 6063 malzemesi için sınır gerilme değeri olan  $214 \text{ N / mm}^2$  'den düşük olduğu için **PARÇA EMNİYETLİ**'dir.



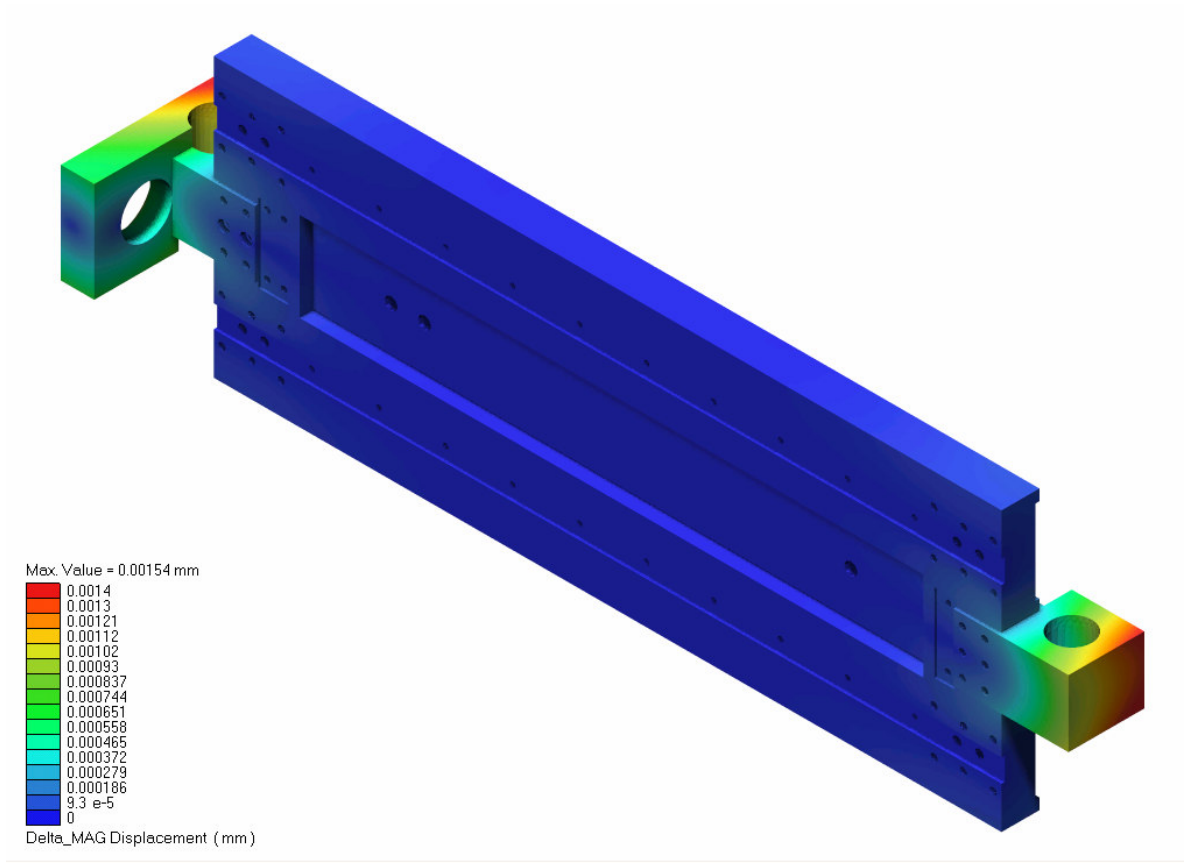
Şekil 3.32 Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının gerilme analiz sonucu.



Şekil 3.33 Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının gerilme analiz sonucu farklı bir açıdan görülmektedir.



Şekil 3.34 Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının gerilme analiz sonucunda maksimum gerilmenin olduğu noktaları gösterilmektedir.



Şekil 3.35 Ön taşıyıcı - bağlantı parçasının gerilme analizinin sonucundaki sehim değeri. Maksimum sehim değeri 0.00154 mm olarak tespit edilmiş olup şekilde kırmızı ile gösterilen bölgededir. Bu sehim değeri, yeri bakımından parçanın fonksiyonunu etkilemeyecektir.



#### 4.1 Tezgah Üzerine Binen Kesme Kuvvetlerinin Bulunması ve Gerekli Kesme Gücü

CNC'nin çalışmasında karşılaşılabilecek işleme tipleri genel olarak üç ana grupta toplanmıştır. Bunlar; Hafif kesme, Orta ağırlıkta kesme, Ağır kesme'dir. Tüm eksenlerin hesapları bu üç tip işleme şartlarında tezgah üzerinde oluşan kuvvetlere göre yapılmıştır.

##### 4.1.1 Hafif işlemede tezgah üzerine binen kesme kuvveti

Çizelge 4.1 Sert metal plakette freze başlıkları için kesme hızları ve ilerleme değerleri ( Akkurt, 1985 )

| Parça malzemesi                             | İşleme tarzı | s <sub>z</sub> (mm/diş) | v ( m/dak) | Takım açıları |       |                |          | Sert metal                  |
|---------------------------------------------|--------------|-------------------------|------------|---------------|-------|----------------|----------|-----------------------------|
|                                             |              |                         |            | α             | γ     | γ <sub>f</sub> | λ        |                             |
| St 50 - St 60<br>C 35 - C 45                | Kaba         | 0,2-0,5                 | 100-180    | 8-12          | 5-10  | -4             | -8       | P 25'ten<br>K 40'a<br>kadar |
|                                             | İnce         | 0,1-0,2                 | 120-200    |               |       |                |          |                             |
| St 70 - St 85 ve<br>az alaşımlı çelikler    | Kaba         | 0,2-0,5                 | 70-140     | 8-12          | 5-10  | -10            | -8       |                             |
|                                             | İnce         | 0,1-0,2                 | 90-180     |               |       |                |          |                             |
| Yüksek alaşımlı çelikler<br>Kalıp çelikleri | Kaba         | 0,2-0,4                 | 50-100     | 8-10          | 5     | -10            | -8       |                             |
|                                             | İnce         | 0,1-0,2                 | 70-120     |               |       |                |          |                             |
| GS 45 - GS 52                               | Kaba         | 0,2-0,4                 | 60-100     | 8-10          | 5-10  | -10            | -8       |                             |
|                                             | İnce         | 0,1-0,2                 | 70-120     |               |       |                |          |                             |
| GG 25 - GG 30                               | Kaba         | 0,2-0,5                 | 60-120     | 8-12          | 0-8   | -4             | -8       |                             |
|                                             | İnce         | 0,2-0,3                 | 80-140     |               |       |                |          |                             |
| Ms 58 - Ms 63                               | Kaba         | 0,2-0,4                 | 80-140     | 8-10          | 10-12 | 0              | -8       |                             |
|                                             | İnce         | 0,1-0,3                 | 90-150     |               |       |                |          |                             |
| Al-alayım (9-13%Si)<br>G-AlSi               | Kaba         | 0,1-0,6                 | 300-600    | 8-12          | 12-20 | 0              | -4       |                             |
|                                             |              |                         |            |               |       | +15 Kadar      | +4 Kadar |                             |

$V = 300$  m/dak ( Çizelge 4.1 ) ( Kaba talaş ve Al Alaşımları için olan değer)

$S_z = 0,5$  mm/diş ( Çizelge 4.1 ) ( Kaba talaş ve Al Alaşımları için olan değer)

$D = \varnothing 15$  mm (Takım çapı)

$Z = 3$  (Takımın diş sayısı)

$\chi = 90^\circ$  (Yerleştirme açısı)

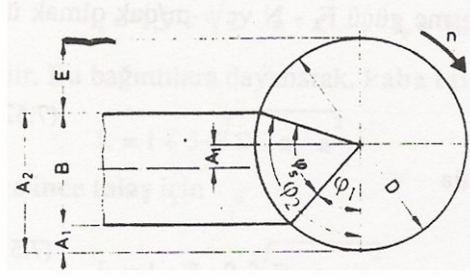
$B = 8$  mm (Yana kayma değeri)

$a_p = 4,91$  mm (Paso derinliği)

$$n = (1000 * V) / (\pi * D) \quad [ d / dak ] \quad ( 4.1 )$$

$$n = (1000 * 300) / (\pi * 15) \quad [ d / dak ]$$

$$n = 6366,2 \quad [ d / dak ]$$



Şekil 4.2 Frezelemede talaş boyutları ( Akkurt, 1985 )

$$\varphi_s = \varphi_1 - \varphi_2 \quad ( 4.2 )$$

$\varphi_1$  = Kavramaya giriş açısı

$\varphi_2$  = Kavramadan çıkış açısı

$$\cos \varphi_1 = ( ( D / 2 ) - A_1 ) / ( D / 2 ) = 1 - ( 2 * A_1 / D ) \quad ( 4.3 )$$

$$\cos \varphi_2 = ( ( D / 2 ) - A_2 ) / ( D / 2 ) = 1 - ( 2 * A_2 / D ) \quad ( 4.4 )$$

$\varphi_1 = 0$   $A_1 = 0$  olduğu durumda;

$$\cos \varphi_2 = \cos \varphi_s = ( B - ( D / 2 ) ) / ( D / 2 ) = 1 - ( 2 * B / D ) \quad ( 4.5 )$$

$B = 8$  mm (yana kayma değeri),  $D = 15$  mm değerlerini yerine koyarsak

$$\cos \varphi_2 = \cos \varphi_s = 1 - ( 2 * 8 / 15 ) = -0,0667 ;$$

$\varphi_s = 93,8^\circ$  olur.

#### 4.1.1.1 Kesme hızı ve ilerleme

$V = 300$  m/dak ( Çizelge 4.1 ) ( Kaba talaş ve Al Alaşımları için olan değer)  $S_z = 0,5$  mm/diş ( Çizelge 4.1 ) ( Kaba talaş ve Al Alaşımları için olan değer) değeri seçilmişti.  $V$  kesme hızına karşılık gelen devir sayısı da:  $n = 6366,2$  d / dak olarak hesaplanmıştı. Takım diş sayısı  $z = 3$  alınmıştı.

$$u = S_z * z * n \text{ [ mm / dak ]} \quad ( 4.6 )$$

$$u = 0,5 * 3 * 6366,2 \text{ [ mm / dak ]}$$

$$u = 9500 \text{ mm / dak}$$

$$= 9,5 \text{ m / dak}$$

#### 4.1.1.2 Talaş boyutları

Asimetrik frezelemede:

$$h_m = ( 180 / ( \pi * \varphi_s^\circ ) ) * S_z * \sin \gamma * ( \cos \varphi_1 - \cos \varphi_2 ) [ \text{mm} ] \quad ( 4.7 )$$

$$h_m = ( 180 / ( \pi * 93,8^\circ ) ) * 0,5 * 1 * ( 1 - (-0,0667) ) [ \text{mm} ]$$

$$h_m = 0,326 \text{ mm}$$

$$b = a_p / \sin \chi [ \text{mm} ] \quad ( \text{Talaş genişliği} ) \quad ( 4.8 )$$

$$a_p = 4,91 \text{ mm} \quad ( \text{kesme derinliği} )$$

$$b = 4,91 / 1 [ \text{mm} ]$$

$$b = 4,91 \text{ mm} \text{ bulunur.}$$

$$A_s = b * h_m [ \text{mm}^2 ] \quad ( \text{Ortalama talaş kesiti} ) \quad ( 4.9 )$$

$$A_s = 4,91 * 0,326 [ \text{mm}^2 ]$$

$$A_s = 1,6 \text{ mm}^2$$

#### 4.1.1.3 Kesme kuvvetleri

$$F_{s_z} = A_s * k_s [ \text{N} ] \quad ( \text{Bir dişe karşılık gelen ortalama kesme kuvveti} ) \quad ( 4.10 )$$

Çizelge 4.2 Basitleştirilmiş yöntemle 'k<sub>s</sub>' nin değeri ( Akkurt, 1985 )

| Parça Malzemesi                                         | k <sub>s</sub> [ N/mm <sup>2</sup> ] |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| St 60 . . . . .                                         | 1600                                 |
| St 70 . . . . .                                         | 1900                                 |
| Islah çelikleri (σ <sub>k</sub> ≤ 100 N/mm ) . . . . .  | 2350                                 |
| Islah çelikleri (σ <sub>k</sub> ≤ 1400 N/mm ) . . . . . | 3500                                 |
| Cr - Ni - Çelikleri . . . . .                           | 3000                                 |
| Mn - Çelikleri . . . . .                                | 4800                                 |
| Dökme Çelik . . . . .                                   | 1500                                 |
| Dökme Demir . . . . .                                   | 2000                                 |
| Al - Cu - Mg Alaşımı (Duraliminyum) . . . . .           | 800                                  |

$$k_s = 800 \text{ N / mm}^2 \text{ ( Çizelge 4.2 )}$$

$$F_{s_z} = 1.6 * 800 \quad [ \text{ N } ]$$

$$\mathbf{F_{s_z} = 1280 \text{ N}}$$

$$z_e = z * \varphi_s / 360^\circ [ \text{ diş } ] \quad ( 4.11 )$$

$$z_e = 3 * 93,8^\circ / 360^\circ [ \text{ diş } ]$$

$$\mathbf{z_e = 0,782 \text{ diş}}$$

$$F_s = z_e * F_{s_z} [ \text{ N } ] \text{ ( CNC'ye karşılık gelen ortalama kesme kuvveti)} \quad ( 4.12 )$$

$$F_s = 0,782 * 1280 [ \text{ N } ]$$

$$\mathbf{F_s = 1000 \text{ N}}$$

$$\mathbf{= 100 \text{ daN}}$$

#### 4.1.2 Orta ağırlıkta işlemede tezgah üzerine binen kesme kuvveti

$$V = 100 \text{ m/dak ( Çizelge 4.1 ) ( Kaba talaş ve ıslah çelikleri için olan değer)}$$

$$S_z = 0,5 \text{ mm/diş ( Çizelge 4.1 ) ( Kaba talaş ve ıslah çelikleri için olan değer)}$$

$$D = \varnothing 10 \text{ mm (Takım çapı)}$$

$$Z = 5 \text{ (Takımın diş sayısı)}$$

$$\chi = 90^\circ \text{ (Yerleştirme açısı)}$$

$$B = 3,1$$

$$a_p = 3,45$$

$$n = (1000 * V) / (\pi * D) \quad [ \text{ d / dak } ] \quad ( 4.13 )$$

$$n = (1000 * 100) / (\pi * 10) \quad [ \text{ d / dak } ]$$

$$\mathbf{n = 3183,1 \quad [ \text{ d / dak } ]}$$

$$\varphi_s = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (4.14)$$

$\varphi_1$  = Kavramaya giriş açısı

$\varphi_2$  = Kavramadan çıkış açısı

$$\cos \varphi_1 = ((D/2) - A_1) / (D/2) = 1 - (2 * A_1 / D) \quad (4.15)$$

$$\cos \varphi_2 = ((D/2) - A_2) / (D/2) = 1 - (2 * A_2 / D) \quad (4.16)$$

$\varphi_1 = 0$   $A_1 = 0$  olduğu durumda;

$$\cos \varphi_2 = \cos \varphi_s = (B - (D/2)) / (D/2) = 1 - (2 * B / D) \quad (4.17)$$

$B = 3,35$  mm (yana kayma değeri),  $D = 20$  mm değerlerini yerine koyarsak

$$\cos \varphi_2 = \cos \varphi_s = 1 - (2 * 3,1 / 10) = 0,38 ;$$

$\varphi_s = 67,66^\circ$  olur.

#### 4.1.2.1 Kesme hızı ve ilerleme

$V = 100$  m/dak ( Çizelge 4.1 ) ( Kaba talaş ve ıslah çelikleri için olan değer)  $S_z = 0,5$  mm/diş ( Çizelge 4.1 ) ( Kaba talaş ve ıslah çelikleri için olan değer) değeri seçilmişti.  $V$  kesme hızına karşılık gelen devir sayısı da:  $n = 3183,1$  d / dak olarak hesaplanmıştı. Takım diş sayısı  $z = 5$  alınmıştı.

$$u = S_z * z * n \text{ [ mm / dak ]} \quad (4.18)$$

$$u = 0,5 * 5 * 3183,1 \text{ [ mm / dak ]}$$

**$u = 8000$  mm / dak**

**$= 8$  m / dak**

#### 4.1.2.2 Talaş boyutları

Asimetrik frezelemede:

$$h_m = (180 / (\pi * \varphi_s^\circ)) * S_z * \sin \gamma * (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2) \text{ [ mm ]} \quad (4.19)$$

$$h_m = (180 / (\pi * 67,66^\circ)) * 0,5 * 1 * (1 - 0,38) \text{ [ mm ]}$$

**$h_m = 0,262$  mm**

$$b = a_p / \sin \chi \text{ [ mm ] } \text{ ( Talaş genişliği )} \quad ( 4.20 )$$

$$a_p = 3,45 \text{ mm ( kesme derinliği )}$$

$$b = 3,45 / 1 \text{ [ mm ]}$$

$$\mathbf{b = 3,45 \text{ mm}} \text{ bulunur.}$$

$$A_s = b * h_m \text{ [ mm}^2 \text{ ] } \text{ ( Ortalama talaş kesiti)} \quad ( 4.21 )$$

$$A_s = 3,45 * 0,262 \text{ [ mm}^2 \text{ ]}$$

$$\mathbf{A_s = 0,9056 \text{ mm}^2}$$

#### 4.1.2.3 Kesme kuvvetleri

$$F_{s_z} = A_s * k_s \text{ [ N ] } \text{ ( Bir dişe karşılık gelen ortalama kesme kuvveti)} \quad ( 4.22 )$$

$$k_s = 2350 \text{ N / mm}^2 \text{ ( Çizelge 4.2 )}$$

$$F_{s_z} = 0,9056 * 2350 \text{ [ N ]}$$

$$\mathbf{F_{s_z} = 2128,133 \text{ N}}$$

$$z_e = z * \varphi_s / 360^\circ \text{ [ diş ]} \quad ( 4.23 )$$

$$z_e = 5 * 67,66^\circ / 360^\circ \text{ [ diş ]}$$

$$\mathbf{z_e = 0,9398 \text{ diş}}$$

$$F_s = z_e * F_{s_z} \text{ [ N ] } \text{ ( CNC'ye karşılık gelen ortalama kesme kuvveti)} \quad ( 4.24 )$$

$$F_s = 0,9398 * 2128,133 \text{ [ N ]}$$

$$\mathbf{F_s = 2000 \text{ N}}$$

$$\mathbf{= 200 \text{ daN}}$$

#### 4.1.3 Ağır işlemede tezgah üzerine binen kesme kuvveti

$V = 100 \text{ m/dak}$  ( Çizelge 4.1 ) ( Kaba talaş ve kalıp çelikleri için olan değer)

$S_z = 0,4 \text{ mm/diş}$  ( Çizelge 4.1 ) ( Kaba talaş ve kalıp çelikleri için olan değer)

$D = \varnothing 9 \text{ mm}$  (Takım çapı)

$Z = 5$  (Takımın diş sayısı)

$\chi = 90^\circ$  (Yerleştirme açısı)

$B = 3,1 \text{ mm}$

$a_p = 2,85 \text{ mm}$

$$n = (1000 * V) / (\pi * D) \quad [ \text{d / dak} ] \quad ( 4.25 )$$

$$n = (1000 * 100) / (\pi * 9) \quad [ \text{d / dak} ]$$

$$n = 3536,8 \quad [ \text{d / dak} ]$$

$$\varphi_s = \varphi_1 - \varphi_2 \quad ( 4.26 )$$

$\varphi_1 = \text{Kavramaya giriş açısı}$

$\varphi_2 = \text{Kavramadan çıkış açısı}$

$$\cos \varphi_1 = ( ( D / 2 ) - A_1 ) / ( D / 2 ) = 1 - ( 2 * A_1 / D ) \quad ( 4.27 )$$

$$\cos \varphi_2 = ( ( D / 2 ) - A_2 ) / ( D / 2 ) = 1 - ( 2 * A_2 / D ) \quad ( 4.28 )$$

$\varphi_1 = 0 \quad A_1 = 0$  olduğu durumda;

$$\cos \varphi_2 = \cos \varphi_s = ( B - ( D / 2 ) ) / ( D / 2 ) = 1 - ( 2 * B / D ) \quad ( 4.29 )$$

$B = 3,1 \text{ mm}$  (yana kayma değeri),  $D = 9 \text{ mm}$  değerlerini yerine koyarsak

$$\cos \varphi_2 = \cos \varphi_s = 1 - ( 2 * 3,1 / 9 ) = 0,311 \quad ;$$

$\varphi_s = 71,87^\circ$  olur.

##### 4.1.3.1 Kesme hızı ve ilerleme

$V = 100 \text{ m/dak}$  ( Çizelge 4.1 ) (Kaba talaş ve kalıp çelikleri için olan değer)  $S_z = 0,4 \text{ mm/diş}$  ( Çizelge 4.1 ) (Kaba talaş ve kalıp çelikleri için olan değer) değeri seçilmişti.  $V$  kesme hızına

karşılık gelen devir sayısı da:  $n = 3536,8 \text{ d / dak}$  olarak hesaplanmıştır. Takım diş sayısı  $z = 5$  alınmıştır.

$$u = S_z * z * n \text{ [ mm / dak ]} \quad ( 4.30 )$$

$$u = 0,4 * 5 * 3536,8 \text{ [ mm / dak ]}$$

$$\mathbf{u = 7100 \text{ mm / dak}}$$

$$\mathbf{= 7,1 \text{ m / dak}}$$

#### 4.1.3.2 Talaş boyutları

Asimetrik frezelemede:

$$h_m = ( 180 / ( \pi * \varphi_s^\circ ) ) * S_z * \sin \gamma * ( \cos \varphi_1 - \cos \varphi_2 ) \text{ [ mm ]} \quad ( 4.31 )$$

$$h_m = ( 180 / ( \pi * 71,87^\circ ) ) * 0,4 * 1 * ( 1 - 0,311 ) \text{ [ mm ]}$$

$$\mathbf{h_m = 0,2196 \text{ mm}}$$

$$b = a_p / \sin \chi \text{ [ mm ]} \text{ ( Talaş genişliği )} \quad ( 4.32 )$$

$$a_p = 2,85 \text{ mm ( kesme derinliği )}$$

$$b = 2,85 / 1 \text{ [ mm ]}$$

$$\mathbf{b = 2,85 \text{ mm}}$$
 bulunur.

$$A_s = b * h_m \text{ [ mm}^2 \text{ ]} \text{ ( Ortalama talaş kesiti)}$$

$$A_s = 2,85 * 0,2196 \text{ [ mm}^2 \text{ ]}$$

$$\mathbf{A_s = 0,626 \text{ mm}^2}$$

#### 4.1.3.3 Kesme kuvvetleri

$$F_{S_z} = A_s * k_s \text{ [ N ]} \text{ ( Bir dişe karşılık gelen ortalama kesme kuvveti)}$$

$$k_s = 4800 \text{ N / mm}^2 \text{ ( Çizelge 4.2 )}$$

$$F_{s_z} = 0,626 * 4800 \quad [ \text{N} ]$$

$$\mathbf{F_{s_z} = 3005,02 \text{ N}}$$

$$z_e = z * \varphi_s / 360^\circ \quad [ \text{diş} ] \quad ( 4.33 )$$

$$z_e = 5 * 71,87^\circ / 360^\circ \quad [ \text{diş} ]$$

$$\mathbf{z_e = 0,998 \text{ diş}}$$

$$F_s = z_e * F_{s_z} \quad [ \text{N} ] \quad ( \text{CNC'ye karşılık gelen ortalama kesme kuvveti} ) \quad ( 4.34 )$$

$$F_s = 0,998 * 3005,02 \quad [ \text{N} ]$$

$$\mathbf{F_s = 2999,8 \text{ N}}$$

$$\mathbf{= \sim 300 \text{ daN}}$$

#### 4.1.4 Kesme gücü

$$P_s = ( F_s * V ) / ( 60 * 1000 ) \quad [ \text{kW} ] \quad ( \text{Kesme gücü} ) \quad ( 4.35 )$$

$$F_s = 3000 \text{ N}$$

$$V = 100 \text{ m / dak}$$

$$P_s = ( 3000 * 100 ) / ( 60 * 1000 ) \quad [ \text{kW} ]$$

$$\mathbf{P_s = 5 \text{ kW}}$$

CNC'nin kafası için DIN 42673'e göre asenkron motorlar güç serisindeki bir üst en yakın değer olan **5,5 kW**'lık motor seçilmiştir.

## 4.2 Vidalı Milin Hesapları

Vidalı milin hareket ettirdiği toplam obje ağırlığı:  $G = 150 \text{ kg}$

Maksimum hareket mesafesi:  $750 \text{ mm}$

Boşta hareket hızı ( maksimum iletim hızı ):  $V = 10 \text{ m / dak}$

En küçük adım aralığı ( tezgahın çözünürlüğü ) :  $2 \mu\text{m / adım}$

Sürücü motor : AC Servo motor ( Maksimum  $2000 \text{ d / dak}$  ( nominal ))

Kaymalı yatakların sürtünme katsayısı:  $\mu = 0,1$

Hareket yüzdesi:  $\% 60$

### 4.2.1 Hedeflenen vidalı mil ömrü

Hedeflenen ömür = ( Günlük çalışma saati ) \* ( Yılda çalışacağı gün sayısı ) \* (Kaç yıl çalışacağı ) \* ( Hareket yüzdesi ) [ Saat ] ( 4.36 )

$L_h = 8 \text{ Saat} * 260 \text{ Gün} * 10 \text{ Yıl} * 0,6 \text{ hareket}$

**$L_h = 12480 \text{ saat}$**

Çizelge 4.3 CNC tahmini çalışma oranları çizelgesi ( Kesme kuvvetleri: Bölüm 4.1 )

|                | Hız - Devir<br>m / dak – d / dak | Kesme kuvveti<br>daN | İlerleme direnci<br>daN | Kullanım süresi<br>% |
|----------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| Boşta İlerleme | 10 - 2000                        | 0                    | 15                      | 10                   |
| Hafif Kesme    | 6 – 1200                         | 100                  | 15                      | 50                   |
| Orta Kesme     | 2 - 400                          | 200                  | 15                      | 30                   |
| Ağır Kesim     | 1 - 200                          | 300                  | 15                      | 10                   |

### 4.2.2 Vidalı milin adım uzunluğu ( bir turundaki ilerleme miktarı ) :

$l = ( \text{Boşta hareket hızı ( m/ dak )} * 1000 ) / ( \text{Motorun maksimum devir sayısı ( d /dak )} )$   
[ mm ] ( 4.37 )

$$l = ( 10 * 1000 ) / 2000 \text{ [ mm ]}$$

$$l = 5 \text{ mm}$$

$$\text{En küçük adım aralığı} = 1 / \text{servo motorun çözünürlüğü} \text{ [ mm / adım]} \quad ( 4.38 )$$

$$\text{En küçük adım aralığı} = 5 / 2500 \text{ [ mm / adım]}$$

$$\text{En küçük adım aralığı} = 0,002 \text{ mm / adım}$$

#### 4.2.3 Ortalama yük ( $F_e$ ) :

$$F_e = ( ( F_1^3 * n_1 * t_1 + F_2^3 * n_2 * t_2 + \dots + F_n^3 * n_n * t_n ) / ( n_1 * t_1 + n_2 * t_2 + \dots + n_n * t_n ) )^{1/3} \text{ [ daN ]} \quad ( 4.39 )$$

$$F_e = ( ( 10^3 * 2000 * 10 + 115^3 * 1200 * 50 + 215^3 * 400 * 30 + 315^3 * 200 * 10 ) / ( 2000 * 10 + 1200 * 50 + 400 * 30 + 200 * 10 ) )^{1/3} \text{ [ daN ]}$$

$$F_e = 142,7 \text{ daN}$$

$$F_e = ( 2 * F_{\max} + F_{\min} ) / 3 \text{ [ daN ]} \quad ( 4.40 )$$

$$F_e = 0.65 * F_{\max} \text{ [ daN ]} \quad ( 4.41 )$$

$$F_{\max} = F_e / 0,65 \text{ [ daN ]} \quad ( 4.42 )$$

$$F_{\max} = 142,7 / 0,65 \text{ [ daN ]}$$

$$F_{\max} = 219,5 \text{ daN}$$

$$F_e = 0.75 * F_{\min} \text{ [daN]} \quad ( 4.43 )$$

$$F_{\min} = F_e / 0,75 \text{ [daN]} \quad ( 4.44 )$$

$$F_{\min} = 142,7 / 0,75 \text{ [ daN ]}$$

$$F_{\min} = 190,3 \text{ daN}$$

#### 4.2.4 Ortalama devir sayısı

$$n_m = ( n_1 * t_1 + n_2 * t_2 + \dots + n_n * t_n ) / 100 \text{ [ d / dak ]} \quad ( 4.45 )$$

$$n_m = ( 2000 * 10 + 1200 * 50 + 400 * 30 + 200 * 10 ) / 100 \text{ [ d / dak ]}$$

$$n_m = 940 \text{ d / dak}$$

#### 4.2.5 Gerekli olan minimum dinamik yük kapasitesi

$$C_a = F_e * f_s \quad [ \text{daN} ] \quad ( 4.46 )$$

$f_s = 2,5 \dots 7$  (Emniyet katsayısı. Titreşimli çalışan takım tezgahları için öngörülen değer.)

$f_s = 7$  alındı.

$$F_e = 142,7 \text{ daN}$$

$$C_a = 142,7 * 7 \quad [ \text{daN} ]$$

$$C_a = 998,9 \text{ daN}$$

#### 4.2.6 Gerekli olan minimum statik yük kapasitesi

$$C_{oa} = F_{\max} * f_s \quad [ \text{daN} ] \quad ( 4.47 )$$

$f_s = 2,5 \dots 7$  (Emniyet katsayısı. Titreşimli çalışan takım tezgahları için öngörülen değer.)

$f_s = 7$  alındı.

$$F_{\max} = 219,5 \text{ daN}$$

$$C_{oa} = 219,5 * 7 \quad [ \text{daN} ]$$

$$C_{oa} = 1536,5 \text{ daN}$$

#### 4.2.7 Vidalı mil ve somunun seçimi

$$C_a > 998,9 \text{ daN}$$

$$C_{oa} > 1536,5 \text{ daN}$$

Yük kapasiteleri yukarıdaki eşitsizlikleri sağlayan bir vidalı mil ve somun seçimi yapmak gerekmektedir.

Çizelge 4.4 Vidalı mil özellikleri çizelgesi ( Comtop , 2004 )

**I** : Vida adımı, **Da** : Bilya çapı, **n** : Somun içindeki tur sayısı, **K** : Rijitlik ( Kg /  $\mu$  m ),  
**Ca** : Dinamik yük kapasitesi ( daN ), **Coa** : Statik yük kapasitesi ( daN )

| Model No. | Dimensions |    |       |     |     |    |    |     |      |       |     |    |   |      |       |    |
|-----------|------------|----|-------|-----|-----|----|----|-----|------|-------|-----|----|---|------|-------|----|
|           | d          | I  | Da    | D   | A   | B  | L  | W   | X    | G     | H   | Q  | n | Ca   | Coa   | K  |
| SFU1604-4 | 16         | 4  | 2.381 | 28  | 48  | 10 | 40 | 38  | 5.5  | 44    | 40  | M6 | 4 | 629  | 1270  | 35 |
| SFU1605-4 |            | 5  | 3.175 | 28  | 48  | 10 | 50 | 38  | 5.5  | 44    | 40  | M6 | 4 | 780  | 1790  | 20 |
| SFU1610-3 |            | 10 | 3.175 | 28  | 48  | 10 | 57 | 38  | 5.5  | 44    | 40  | M6 | 3 | 721  | 1249  | 15 |
| SFU2004-4 | 20         | 4  | 2.381 | 36  | 58  | 10 | 42 | 47  | 6.6  | 51    | 44  | M6 | 4 | 699  | 1617  | 41 |
| SFU2005-4 |            | 5  | 3.175 | 36  | 58  | 10 | 51 | 47  | 6.6  | 51    | 44  | M6 | 4 | 1130 | 2380  | 25 |
| SFU2504-4 | 25         | 4  | 2.381 | 40  | 62  | 10 | 42 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 777  | 2052  | 48 |
| SFU2505-4 |            | 5  | 3.175 | 40  | 62  | 10 | 51 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1280 | 3110  | 35 |
| SFU2506-4 |            | 6  | 3.969 | 40  | 62  | 10 | 54 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1528 | 3284  | 40 |
| SFU2508-4 |            | 8  | 4.762 | 40  | 62  | 10 | 63 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1941 | 3863  | 38 |
| SFU2510-4 |            | 10 | 4.762 | 40  | 62  | 12 | 85 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1944 | 3877  | 33 |
| SFU3204-4 | 32         | 4  | 2.381 | 50  | 80  | 12 | 44 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 871  | 2661  | 56 |
| SFU3205-4 |            | 5  | 3.175 | 50  | 80  | 12 | 52 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 1450 | 4150  | 40 |
| SFU3206-4 |            | 6  | 3.969 | 50  | 80  | 12 | 57 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 1720 | 4298  | 47 |
| SFU3208-4 |            | 8  | 4.762 | 50  | 80  | 12 | 65 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 2189 | 5079  | 44 |
| SFU3210-4 |            | 10 | 6.350 | 50  | 80  | 12 | 90 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 3390 | 7170  | 79 |
| SFU3220-3 |            | 20 | 3.969 | 50  | 80  | 12 | 99 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 3 | 1354 | 3283  | 52 |
| SFU4005-4 | 40         | 5  | 3.175 | 63  | 93  | 14 | 55 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M8 | 4 | 1610 | 5330  | 49 |
| SFU4006-4 |            | 6  | 3.969 | 63  | 93  | 14 | 60 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M6 | 4 | 1911 | 5458  | 55 |
| SFU4008-4 |            | 8  | 4.762 | 63  | 93  | 14 | 67 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M6 | 4 | 2435 | 6469  | 52 |
| SFU4010-4 |            | 10 | 6.350 | 63  | 93  | 14 | 93 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M8 | 4 | 3910 | 9520  | 50 |
| SFU5010-4 | 50         | 10 | 6.350 | 75  | 110 | 16 | 93 | 93  | 11   | 97.5  | 85  | M8 | 4 | 4450 | 12500 | 65 |
| SFU6310-4 | 63         | 10 | 6.350 | 90  | 125 | 18 | 98 | 108 | 11   | 110   | 95  | M8 | 4 | 5070 | 16600 | 80 |
| SFU8010-4 | 80         | 10 | 6.350 | 105 | 145 | 20 | 98 | 125 | 13.5 | 127.5 | 110 | M8 | 4 | 5620 | 21300 | 90 |

Çizelge 4.4'den **SFU 2505-4** modeli seçilir. (aslında biz X ekseninde iki adet vida mekanizması kullanacağımız için yukarıdaki minimum yük değerlerinin yarısını almamız yeterli olacaktır fakat iletim elemanlarındaki bir arızadan dolayı tek mekanizmaya düşerse emniyetli bir duruş sağlıyana kadar sistemin zarar görmemesi için sanki bir mekanizma varmış gibi seçim yapılacaktır.)

$$C_a = 1280 \text{ daN } ( > 998,9 \text{ daN } )$$

$$C_{oa} = 3110 \text{ daN } ( > 1536,5 \text{ daN } )$$

Değerleri eşitsizliği sağlıyor. **Vida mekanizması emniyetle çalışacaktır.**

#### 4.2.8 Tahmini vidalı mil ömrü

$$L_t = (C_a / (F_e * f_w))^3 * (10^6 / (60 * n_m)) \quad [ \text{saat} ] \quad ( 4.48 )$$

$$F_e = 71,35 \text{ daN} \quad ( 142,7 / 2 = 71,35 \text{ daN} \text{ tek vida mekanizmasına düşen yük} )$$

$$C_a = 1280 \text{ daN}$$

$$f_w = 1,5 \dots 3 \quad ( \text{Emniyet katsayısı. Darbeli çalışma için öngörülen değer} )$$

$$f_w = 2 \text{ alındı}$$

$$n_m = 940 \text{ d / dak}$$

$$L_t = (1280 / (71,35 * 2))^3 * (10^6 / (60 * 940)) \quad [ \text{saat} ]$$

$$L_t = 12796 \text{ saat}$$

$$L_t > L_h \text{ olmalı} \quad ( 4.49 )$$

$$L_h = 12480 \text{ saat}$$

$$12796 \text{ saat} > 12480 \text{ saat}$$

**Vida mekanizması hedeflenen ömrü karşılayabilecektir.**

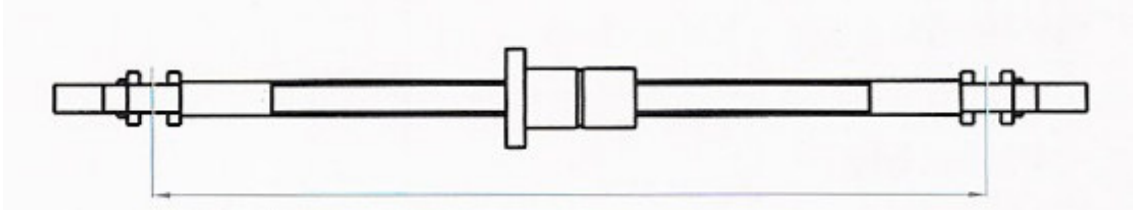
#### 4.2.9 Gerekli vida uzunluğu

$$\begin{aligned} \text{Vida uzunluğu} &= \text{Maksimum strok} + \text{Somun uzunluğu} + \text{Konstrüksiyon geometrisi gereği} \\ &\quad \text{kayıp olan uzunluk} + 2 * \text{Uç için ayrılan uzunluk} \\ &\quad [ \text{mm} ] \end{aligned} \quad ( 4.50 )$$

$$\text{Vida uzunluğu} = 750 + 51 + 500 + 2 * 50 \quad [ \text{mm} ]$$

$$\text{Vida uzunluğu} = 1401 \text{ mm}$$

#### 4.2.10 Vidalı milin yataklar arası mesafesi



**Vidalı milin yataklar arası mesafesi = 1250 mm**

Şekil 4.3 Vidalı mil

#### 4.2.11 İzin verilen maksimum devir sayısı

$$n_{\text{maks}} = f * (d_r / L^2) * 10^7 \quad [\text{d} / \text{dak}] \quad (4.51)$$

$f = 21,9$  ( İki ucu da sabit mafsall ile tutturulmuş yataklama için öngörülen katsayı)

$d_r = 21,9 \text{ mm}$  ( Vidanın diş dibi çapı )

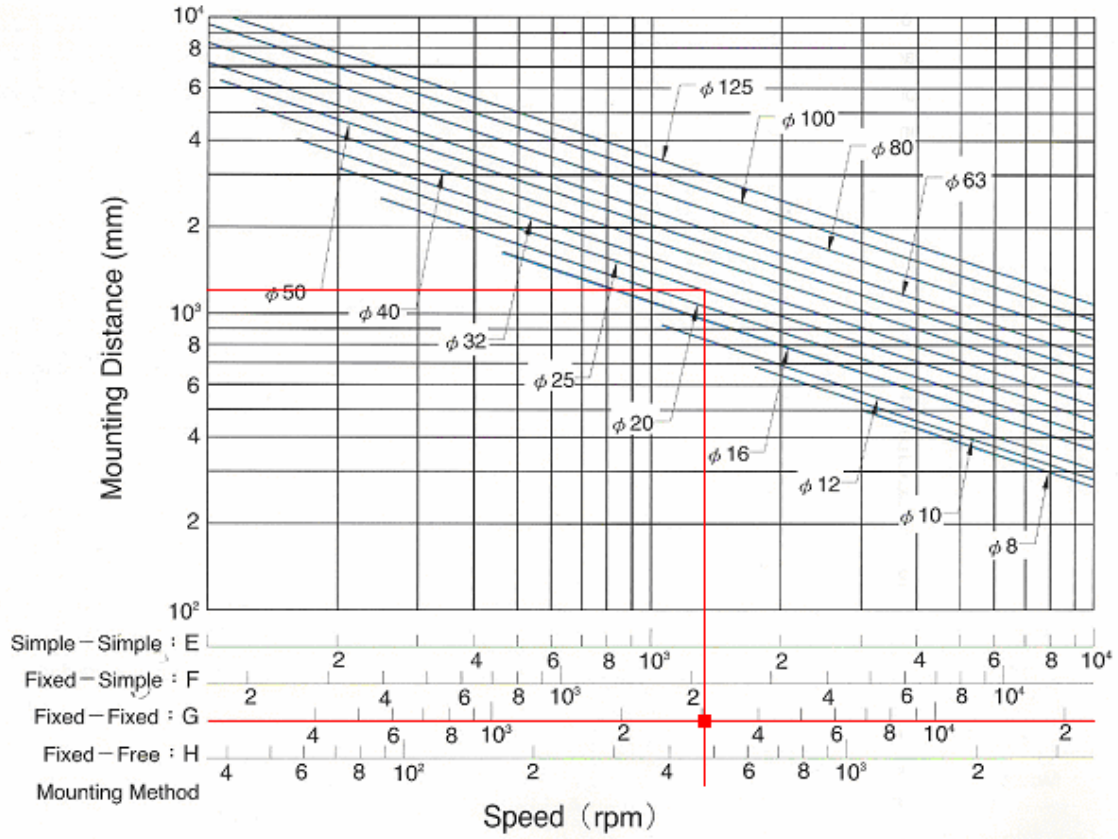
$L_v = 1250 \text{ mm}$  ( Vidalı milin yatak mesafesi )

$$n_{\text{maks}} = 21,9 * (21,9 / 1250^2) * 10^7 \quad [\text{d} / \text{dak}]$$

**$n_{\text{maks}} = 3069,5 \text{ d} / \text{dak}$**  ( Çizelge 4.5'ten okunan değer ile uyumludur. )

Çizelge 4.5 İzin verilen maksimum hızın yatak cinsi ve mesafesine göre değişimi ( Comtop , 2004 )

**Mounting distance** : Yataklar arası mesafe, **Speed** : Hız, **Simple** : Basit, **Fixed** : Sabit, **Free** : Serbest



#### 4.2.12 Vidalı miller üzerine gelen yükler

##### 4.2.12.1 Hızlanma sırasında

$$F_H = G * g * \mu + ( G * V / ( 60 * \Delta t ) ) \quad [ N ] \quad ( 4.52 )$$

$$G = 150 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$\mu = 0,1$$

$$V = 10 \text{ m / dak}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s}$$

$$F_H = 150 * 9,8 * 0,1 + ( 150 * 10 / ( 60 * 0,5 ) ) \quad [ N ]$$

$$F_H = 197 \text{ N}$$

#### 4.2.12.2 Yavaşlama sırasında

$$F_Y = G * g * \mu - ( G * V / ( 60 * \Delta t ) ) \quad [ N ] \quad ( 4.53 )$$

$$G = 150 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$\mu = 0,1$$

$$V = 10 \text{ m / dak}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s}$$

$$F_Y = 150 * 9,8 * 0,1 - ( 150 * 10 / ( 60 * 0,5 ) ) \quad [ N ]$$

$$F_Y = 97 \text{ N}$$

#### 4.2.13 Vidalı millerin rijitlik kontrolü

Bölüm 4.2.12’den görüldüğü üzere vidalı millerin üzerine gelen en yüksek kuvvet hızlanma sırasında oluşuyor. Bu kuvvet:

$$F_H = 197 \text{ N}$$

Bu kuvvete maksimum kesme kuvvetini de eklersek:

$$F_{\text{vidalı miller}} = F_H + F_{\text{kesme}} \quad [ N ] \quad ( 4.54 )$$

$$F_{\text{vidalı miller}} = 197 + 3000 \quad [ N ]$$

$$F_{\text{vidalı miller}} = 3197 \text{ N}$$

Herbir vidalı mil üzerine düşen kuvvet:

$$F_{\text{vidalı mil}} = F_{\text{vidalı miller}} / 2 \quad [ N ] \quad ( 4.55 )$$

$$F_{\text{vidalı mil}} = 3197 / 2 = 1598,6 \text{ N}$$

$$F_{\text{vidalı mil}} = 1598,6 \text{ N}$$

Bu kuvvet altında vidalı milin deviasyonu:

$$D_{\text{vidalı mil}} = ( F_{\text{vidalı mil}} / ( K * g ) ) \quad [ \mu\text{m} ] \quad ( 4.56 )$$

$$K = 35 \text{ kg / } \mu\text{m} \quad ( \text{Çizelge 4.4 ‘den SFU 2505-4 Vidalı mil için rijitlik katsayısı} )$$

$$F_{\text{vidalı mil}} = 98,6 \text{ N}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$D_{\text{vidalı mil}} = ( 1598,6 / ( 35 * 9.8 ) ) \quad [ \mu\text{m} ]$$

$$D_{\text{vidalı mil}} = 4,7 \mu\text{m}$$

Vidalı milin X Ekseninin ağır işleme şartlarındaki sehim değeri 4,7  $\mu\text{m}$ 'dir.

Sehim değerini düşürmek ve rijitliği arttırmak için aşağıdaki işlemlerden biri veya birkaçı uygulanmalıdır.

'z' ( Takım diş sayısı ) değeri azaltılmalıdır. ( Ek-11 )

'D' ( Takım çapı ) değeri arttırılmalıdır. ( Ek-12 )

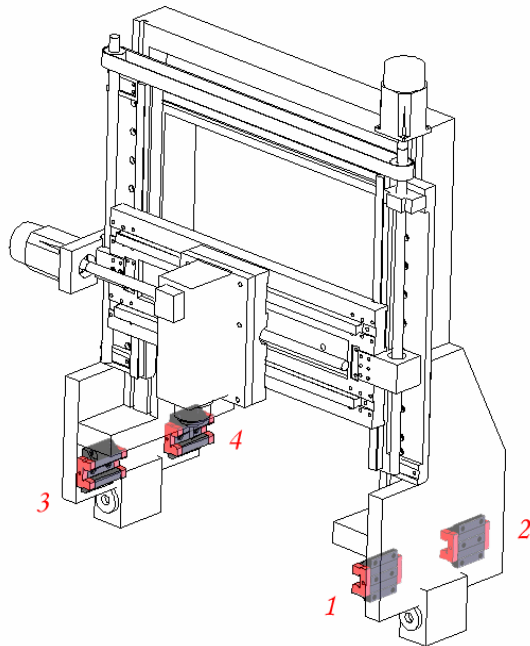
'S<sub>z</sub>' ( Diş başına düşen ilerleme miktarı ) değeri azaltılmalıdır. ( Ek-13 )

'B' ( Yana kayma ) veya 'a' ( Paso derinliği ) değeri azaltılmalıdır. ( Ek-14 )

V hızının sehim ve rijitlik değerleri üzerinde bir etkisi yoktur. ( Ek-15 )

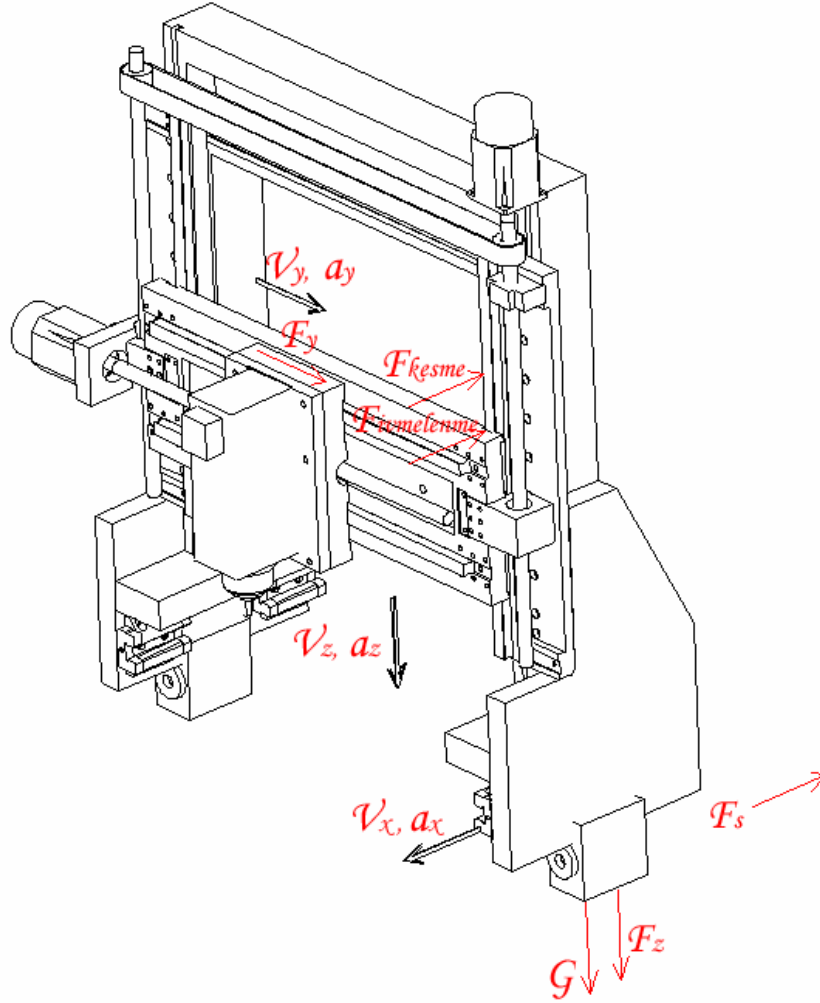
### 4.3 Ray ve Araba Hesapları

X ekseninde 4 adet BMA-30 kodlu bilyalı araba bulunmaktadır. Bu arabalar bilyalı olmaları dolayısıyla minimum değme alanı, minimum sürtünme; buna karşılık sertleştirilmiş çelikten imal edilmiş bilyaları sayesinde yüksek rijitlik ve uzun ömür sağlamaktadırlar. Gövdeleri de yine çelikten imal edilmiştir ve CNC'de işlenmişlerdir. Her arabanın kendi üzerinde yağ haznesi vardır ve bilyalar hareket süresince bu hazneden dolaşp sürekli yağlanırlar.

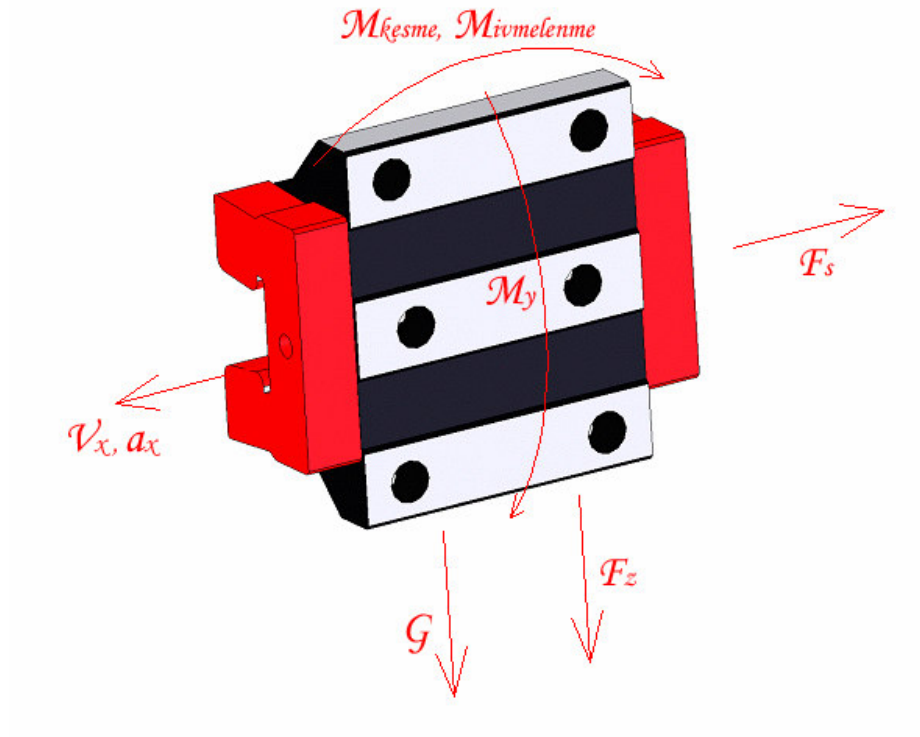


Şekil 4.4 X ekseninde bulunan 4 adet BMA-30 bilyalı arabanın konumu

Ray ve araba hesapları yapılırken olabilecek en kötü senaryoyu simule etmek ve bu koşullarda dahi makinenin uzun yıllar boyunca çalışmasını sağlamak hedeflenmiştir. Hesaplar sırasında makinede oluşabilecek maksimum ataletleri oluşturabilmek için makine her eksenin yapabileceği maksimum ivmeyle yavaşlaması durumu baz alınmıştır. ( Kuvvet yönleri makineyi en çok zorlayabileceği yönde alınmışlardır.) Ayrıca çalışma şartı olarak da en yüksek kesme kuvvetinin olduğu ağır çalışma koşulu düşünülmüştür. (  $F_{\text{kesme}} = 300 \text{ daN}$  olarak alınmıştır. )



Şekil 4.5 X eksenine etki eden kuvvetler



Şekil 4.6 X ekseninde bulunan 1 no'lu BMA-30 bilyalı arabaya etki eden kuvvet ve momentler

#### 4.3.1 G ( yer çekimi ) kuvvetinin bulunması

X ekseninin hareket ettirdiği tüm kütlenin ağırlığı ile oluşan kuvvettir.

$$G = G_x * g \text{ [ N ]} \quad ( 4.57 )$$

$$G_x = 150 \text{ kg}$$

$$g = 9.8 \text{ m / s}^2$$

$$G = 150 * 9.8$$

$$G = 1470 \text{ N}$$

#### 4.3.2 $F_z$ kuvvetinin bulunması

Z ekseninin  $-Z$  yönündeki ( aşağıya doğru ) hareketinin maksimum ivme ile yavaşlaması ile ortaya çıkan atalet kuvvetidir.

$$a_{\text{max}(z)} = V_{\text{max}(z)} / \Delta t \text{ [ m / s}^2 \text{ ]} \quad ( 4.58 )$$

$$V_{\text{max}(z)} = 15 \text{ m / dak ( Z eksenindeki maksimum hız )}$$

$$V_{\max(z)} = 0,25 \text{ m / s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s ( ivmelenme süresi )}$$

$$\alpha_{\max(z)} = 0,25 / 0,5 \text{ [ m / s}^2 \text{ ] ( Z eksenindeki maksimum ivme )}$$

$$\alpha_{\max(z)} = 0,5 \text{ m / s}^2$$

$$F_z = G_z * \alpha_z \text{ [ N ]} \quad ( 4.59 )$$

$$G_z = 45 \text{ kg ( Z ekseninde hareket eden kütle miktarı )}$$

$$F_z = 45 * 0,5 \text{ [ N ]}$$

$$F_z = 22,5 \text{ N}$$

#### 4.3.3 $F_y$ kuvvetinin bulunması

Y ekseninin +Y yönündeki hareketinin maksimum ivme ile yavaşlaması ile ortaya çıkan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(y)} = V_{\max(y)} / \Delta t \text{ [ m / s}^2 \text{ ]} \quad ( 4.60 )$$

$$V_{\max(y)} = 20 \text{ m / dak ( Y eksenindeki maksimum hız )}$$

$$V_{\max(y)} = 0,33 \text{ m / s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s ( ivmelenme süresi )}$$

$$\alpha_{\max(y)} = 0,33 / 0,5 \text{ [ m / s}^2 \text{ ] ( Y eksenindeki maksimum ivme )}$$

$$\alpha_{\max(y)} = 0,66 \text{ m / s}^2$$

$$F_y = G_y * \alpha_y \text{ [ N ]} \quad ( 4.61 )$$

$$G_y = 20 \text{ kg ( Y ekseninde hareket eden kütle miktarı )}$$

$$F_y = 20 * 0,66 \text{ [ N ]}$$

$$F_y = 13,3 \text{ N}$$

#### 4.3.4 İvmelenme kuvvetinin bulunması

X ekseninin ivmeli hareketi ile oluşan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(x)} = V_{\max(x)} / \Delta t \text{ [ m / s}^2 \text{ ]} \quad ( 4.62 )$$

$$V_{\max(x)} = 10 \text{ m / dak ( X eksenindeki maksimum hız )}$$

$$V_{\max(x)} = 0,1667 \text{ m / s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s ( ivmelenme süresi )}$$

$$\alpha_{\max(x)} = 0,1667 / 0,5 \text{ [ m / s}^2 \text{ ] ( X eksenindeki maksimum ivme )}$$

$$\alpha_{\max(x)} = 0,33 \text{ m / s}^2$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = G_x * \alpha_x \quad [ \text{ N } ] \quad ( 4.63 )$$

$$G_x = 150 \text{ kg ( X ekseninde hareket eden kütle miktarı )}$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 150 * 0,33 \quad [ \text{ N } ]$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 50 \text{ N}$$

#### 4.3.5 Kesme kuvvetinin bulunması

Tezgahı en fazla zorluyabilmek için olabilecek en kötü çalışma şartı olan ağır çalışma baz alınmıştır. Bu çalışma şartında:

$$F_{\text{kesme}} = 300 \text{ daN ( Bölüm 4.1.3.3 )}$$

$$F_{\text{kesme}} = 3000 \text{ N}$$

#### 4.3.6 Sürtünme kuvvetinin bulunması

Ray ve araba arasındaki sürtünmeden dolayı oluşan kuvvettir. Bu kuvvete büyük oranda arabanın iki tarafındaki bilyaları pislikten korumak için olan plastik kapaklar neden olmaktadır.

$$F_{\text{sürtünme}} = ( G + F_z ) * \mu \quad [ \text{ N } ] \quad ( 4.64 )$$

$$\mu = 0,1$$

$$G = 1470 \text{ N ( Bölüm 4.3.1 'den )}$$

$$F_z = 22,5 \text{ N ( Bölüm 4.3.2 'den )}$$

$$F_{\text{sürtünme}} = ( 1470 + 22,5 ) * 0,1 \quad [ \text{ N } ]$$

$$F_{\text{sürtünme}} = 149,3 \text{ N}$$

#### 4.3.7 $F_{\text{toplam}}$ kuvvetinin ( toplam kuvvetin ) bulunması

Kuvvet vektörlerinin toplanması ile bulunmuştur. ( Vektörel toplam yapılmıştır. )

$$F_{\text{toplam}} = ( (G + F_z)^2 + (F_{\text{sürtünme}} + F_{\text{kesme}} + F_{\text{ivmelenme}})^2 + (F_y)^2 )^{1/2} \quad [ \text{N} ] \quad ( 4.65 )$$

$$F_{\text{toplam}} = ( (1470 + 22,5)^2 + (149,3 + 3000 + 50)^2 + (149,3)^2 )^{1/2} \quad [ \text{N} ]$$

$$F_{\text{toplam}} = 3530,3 \text{ N ( X eksenine etki eden toplam kuvvet )}$$

#### 4.3.8 $F_{\text{toplam araba}}$ kuvvetinin ( araba başına düşen kuvvetin ) bulunması

X Ekseninde 4 adet bilyalı araba kullanıldığı için toplam kuvvet eşit şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba başına düşen kuvveti bulmak için toplam kuvveti 4'e bölmek yeterli olacaktır.

$$F_{\text{toplam araba}} = F_{\text{toplam}} / 4 \quad [ \text{N} ] \quad ( 4.66 )$$

$$F_{\text{toplam araba}} = 3530,3 / 4$$

$$F_{\text{toplam araba}} = 882,6 \text{ N ( araba başına düşen kuvvet miktarı )}$$

#### 4.3.9 $M_{\text{kesme}}$ momentinin ( kesme kuvvetinin araba üzerinde oluşturduğu momentin ) bulunması

Kesme kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenden farklı bir eksende bulunduğu için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_{\text{kesme}} = F_{\text{kesme}} * d_1 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 4.67 )$$

$$F_{\text{kesme}} = 3000 \text{ N ( Bölüm 4.3.5 'den )}$$

$$d_1 = 0,63 \text{ m ( Kesme kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı )}$$

$$M_{\text{kesme}} = 3000 * 0,63 \quad [ \text{N m} ]$$

$$M_{\text{kesme}} = 1890 \quad [ \text{N m} ]$$

#### 4.3.10 $M_{\text{ivmelenme}}$ momentinin ( ivmelenme kuvvetinin araba üzerinde oluşturduğu momentin ) bulunması

İvmelenme kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenden farklı bir eksende bulunduğu için

arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_{ivmelenme} = F_{ivmelenme} * d_2 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 4.68 )$$

$$F_{ivmelenme} = 50 \text{ N} \quad ( \text{ Bölüm 4.3.4 'den} )$$

$d_2 = 0,416 \text{ m}$  ( İvmelenme kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı )

$$M_{ivmelenme} = 50 * 0,416 \quad [ \text{N m} ]$$

$$M_{ivmelenme} = 20,8 \quad [ \text{N m} ]$$

#### **4.3.11 $M_y$ momentinin ( ivmelenme kuvvetinin araba üzerinde oluşturduğu momentin ) bulunması**

$F_y$  kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenenden farklı bir eksenende bulunduğu için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_y = F_y * d_3 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 4.69 )$$

$$F_y = 13,3 \text{ N} \quad ( \text{ Bölüm 4.3.3 'den} )$$

$d_2 = 0,63 \text{ m}$  (  $F_y$  kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı )

$$M_y = 13,3 * 0,63 \quad [ \text{N m} ]$$

$$M_y = 8,4 \quad [ \text{N m} ]$$

#### **4.3.12 $M_{OLT}$ moment toplamalarının bulunması**

$$M_{OLT} = M_{ivmelenme} + M_{kesme} \quad [ \text{N m} ] \quad ( 4.70 )$$

$$M_{ivmelenme} = 20,8 \text{ N m} \quad ( \text{ Bölüm 4.3.10 'dan} )$$

$$M_{kesme} = 1890 \text{ N m} \quad ( \text{ Bölüm 4.3.9 'dan} )$$

$$M_{OLT} = 20,8 + 1890 \quad [ \text{N m} ]$$

$$M_{OLT} = 1910,8 \text{ N m}$$

#### 4.3.13 $M_{OLTA}$ ( X eksenindeki her bir araba başına düşen toplam momentin) moment toplamalarının bulunması

X Ekseninde 4 adet bilyalı araba kullanıldığı için toplam moment eşit şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba başına düşen momenti bulmak için toplam momenti 4'e bölmek gerekmektedir.

$$M_{OLTA} = M_{OLT} / 4 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 4.71 )$$

$$M_{OLTA} = 1910,8 / 4 \quad [ \text{N m} ]$$

$$M_{OLTA} = 477,7 \quad [ \text{N m} ]$$

#### 4.3.14 $M_{OQT}$ moment toplamalarının bulunması

$$M_{OQT} = M_y \quad [ \text{N m} ] \quad ( 4.72 )$$

$$M_y = 8,4 \text{ N m} \quad ( \text{Bölüm 4.3.11 'den} )$$

$$M_{OQT} = 8,4 \text{ N m}$$

#### 4.3.15 $M_{OQTA}$ ( X eksenindeki her bir araba başına düşen toplam momentin) moment toplamalarının bulunması

X Ekseninde 4 adet bilyalı araba kullanıldığı için toplam moment eşit şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba başına düşen momenti bulmak için toplam momenti 4'e bölmek gerekmektedir.

$$M_{OQTA} = M_{OQT} / 4 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 4.73 )$$

$$M_{OQTA} = 8,4 / 4 \quad [ \text{N m} ]$$

$$M_{OQTA} = 2,1 \quad [ \text{N m} ]$$

#### 4.3.16 Arabaların güvenlik kontrolü

Arabaların güvenli bir şekilde çalışması ancak Çizelge 4.7 'den okunulan C kuvveti ve  $M_{OQ}$ ,  $M_{OL}$  moment değerlerinin bizim sistemimizde oluşan kuvvet ve moment değerlerinden büyük olmasıyla gerçekleşebilir.

Bunu şu şekilde gösterebiliriz:

$$F_{\text{toplam araba}} < C ; \quad ( 4.74 )$$

$$M_{\text{OLTA}} < M_{\text{OL}} ; \quad ( 4.75 )$$

$$M_{\text{OQTA}} < M_{\text{OQ}} ; \quad ( 4.76 )$$

eşitsizliklerinin sağlanması durumunda arabamız emniyetli bir çalışma sergileyecektir.

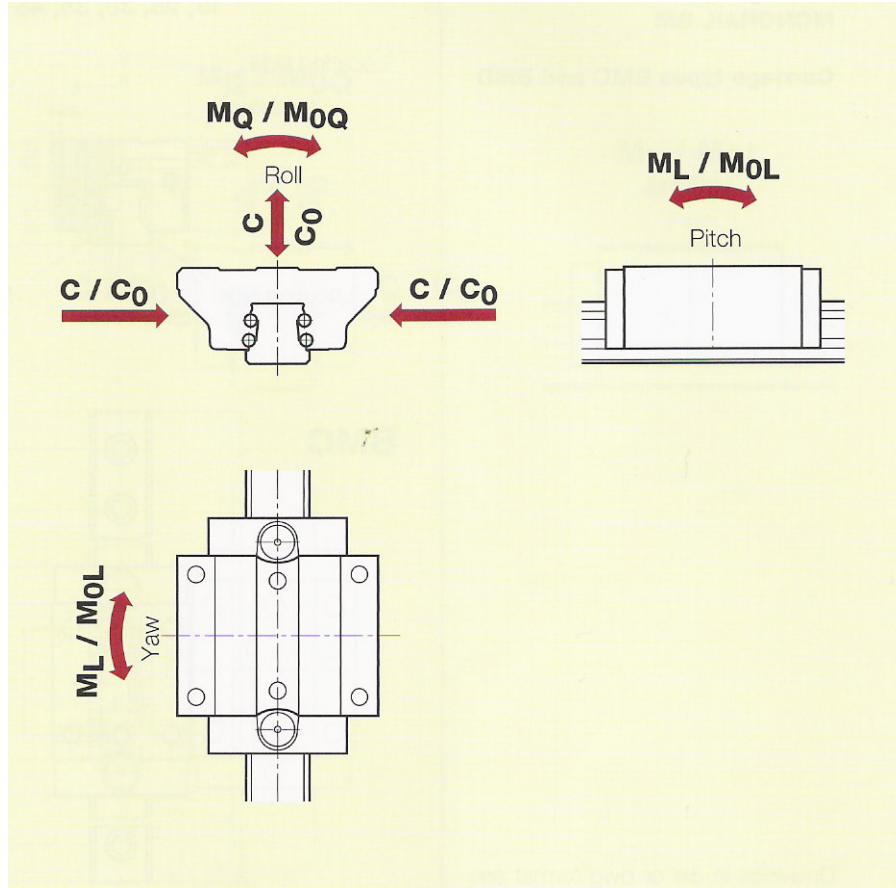
$$F_{\text{toplam araba}} < C ; ( 882.6 \text{ N} < 29200 \text{ N} )$$

$$M_{\text{OLTA}} < M_{\text{OL}} ; ( 477,7 \text{ N m} < 829 \text{ N m} )$$

$$M_{\text{OQTA}} < M_{\text{OQ}} ; ( 2,1 \text{ N m} < 497 \text{ N m} )$$

Eşitsizlikler sağlanıyor. X ekseninde kullanılan 4 adet BMA-30 bilyalı araba **EMNİYETLİ**'dir

Çizelge 4.6 Kuvvet ve momentlerin Çizelge 4.5 'teki karşılıkları ( Schneeberger , 2004 )



Çizelge 4.7 Bilyalı arabaların özellikleri çizelgesi ( Schneeberger , 2004 )  
 Type : Tip, Loading capacities : Yük kapasiteleri, Moments : Momentler, Weight : Ağırlık,  
 Carriage : Araba, Rail : Ray

| Type          | Loading capacities    |          | Moments                 |                         |                        |                        | Weight           |                |
|---------------|-----------------------|----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------|----------------|
|               | C <sub>0</sub><br>(N) | C<br>(N) | M <sub>0Q</sub><br>(Nm) | M <sub>0L</sub><br>(Nm) | M <sub>Q</sub><br>(Nm) | M <sub>L</sub><br>(Nm) | Carriage<br>(kg) | Rail<br>(kg/m) |
| <b>BMA 15</b> | 19 600                | 9 000    | 181                     | 146                     | 83                     | 67                     | 0.3              | 1.4            |
| <b>BMA 20</b> | 31 400                | 14 400   | 373                     | 292                     | 171                    | 134                    | 0.5              | 2.2            |
| <b>BMB 20</b> | 41 100                | 17 400   | 490                     | 495                     | 206                    | 208                    | 0.6              |                |
| <b>BMA 25</b> | 46 100                | 21 100   | 631                     | 513                     | 289                    | 235                    | 0.7              | 3.0            |
| <b>BMB 25</b> | 60 300                | 25 500   | 825                     | 863                     | 349                    | 365                    | 0.9              |                |
| <b>BMA 30</b> | 63 700                | 29 200   | 1 084                   | 829                     | 497                    | 380                    | 1.2              | 4.3            |
| <b>BMB 30</b> | 83 300                | 35 300   | 1 414                   | 1 390                   | 599                    | 589                    | 1.5              |                |
| <b>BMA 35</b> | 84 400                | 38 700   | 1 566                   | 1 252                   | 718                    | 574                    | 1.8              | 5.4            |
| <b>BMB 35</b> | 110 300               | 46 700   | 2 048                   | 2 104                   | 867                    | 891                    | 2.3              |                |
| <b>BMA 45</b> | 134 800               | 61 900   | 3 193                   | 2 498                   | 1 466                  | 1 147                  | 3.3              | 8.8            |
| <b>BMB 45</b> | 176 300               | 74 700   | 4 175                   | 4 199                   | 1 769                  | 1 779                  | 4.2              |                |

#### 4.3.17 Arabaların tahmini ömrü

$$L_t = a_1 * (C / F)^q * 10^5 \quad [m] \quad (\text{Tahmini ömür}) \quad (4.77)$$

Çizelge 4.8 Olasılık çizelgesi ( Schneeberger , 2004 )  
**Event probability** : Olayın olma ihtimali, **Factor** : Faktör

| Event probability %   | 90   | 95   | 96   | 97   | 98   | 99   |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Factor a <sub>1</sub> | 1.00 | 0.62 | 0.53 | 0.44 | 0.33 | 0.21 |

a<sub>1</sub> = 0,21 seçildi ( en kötü olasılık için olan değer ) ( Çizelge 4.8 )

C = 29200 N (Çizelge 4.7’de BMA 30 için olan statik yük kapasitesi değeri )

$$F = F_{\text{toplam araba}} = 882,6 \text{ N}$$

q = 3 ( Bilyalı yataklar için verilen katalog değeri katsayı)

$$L_t = 0,21 * (29200 / 882,6)^3 * 10^5 \quad [m]$$

$$L_t = 7,6045 * 10^8 \text{ m}$$

$$L_h = L_t / (2 * l * n * 60) \quad [saat] \quad (4.78)$$

l = 0,005 m ( bir turdaki ilerleme miktarı )

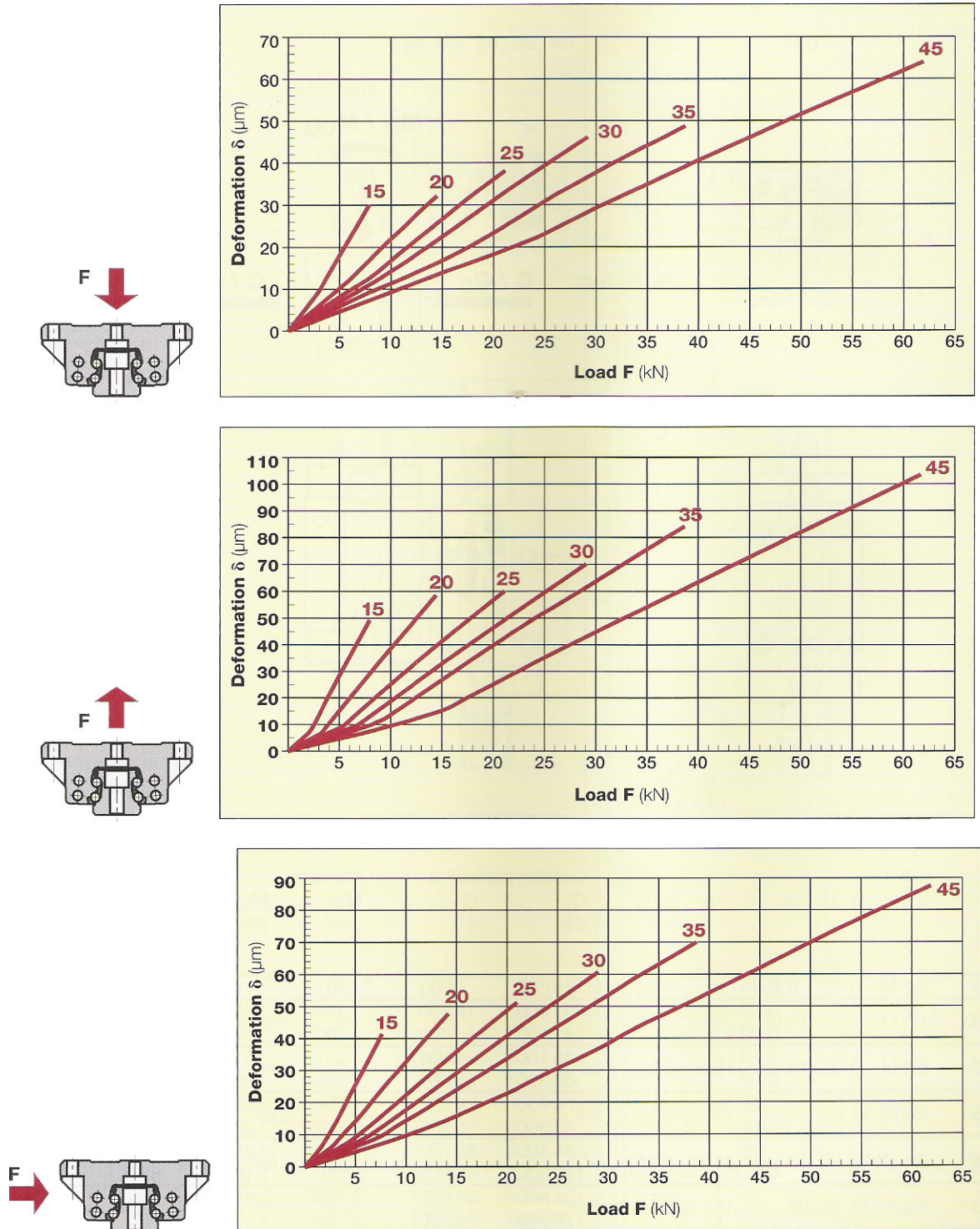
n = 2000 d / dak

$$L_h = 7,6045 * 10^8 / (2 * 0,005 * 2000 * 60) \quad [saat]$$

$$L_h = 633708 \text{ saat}$$

#### 4.3.18 Arabaların rijitlik kontrolleri

Çizelge 4.9 Arabaların farklı yükler altındaki deformasyonları ( Schneeberger , 2004 )



$$F_{\text{toplam araba}} = 882.6 \text{ N} = 0,88 \text{ kN}$$

Tüm kuvvetlerin bileşkesi olan 0,88 kN değerini tabloda BMA-30 için karşılaştırsak her tip kuvvet için deformasyon değeri 1 µm ‘civarındadır. Bu da bizim 2 µm olan kontrol hassasiyetimizin altında olduğu için işleme kalitesini **etkilemeyecektir**.

#### 4.4 Motor Hesapları

$$F = F_{\text{kesme}} + F_{\text{ivmelenme}} + F_s \text{ [ N ] } \text{ ( Toplam kuvvet )} \quad ( 4.79 )$$

$$F_{\text{kesme}} = 3000 \text{ N ( Bölüm 4.3.5 )}$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 50 \text{ N ( Bölüm 4.3.4 )}$$

$$F_s = 305,8 \text{ N ( Bölüm 4.3.6 )}$$

$$F = 3000 + 50 + 305,8 \text{ [ N ]}$$

$$F = 3355,8 \text{ N}$$

$$P = ( F * V ) / \eta \text{ [ Watt ]} \quad ( 4.80 )$$

$$P : \text{Gerekli güç [ Watt ]}$$

$$\eta = 0,9 \text{ ( Verim ( Çizelge 4.10 ) )}$$

$$P = (3355,8 * 0,1667) / 0,9 \text{ [ Watt ]}$$

$$P = 621,6 \text{ Watt}$$

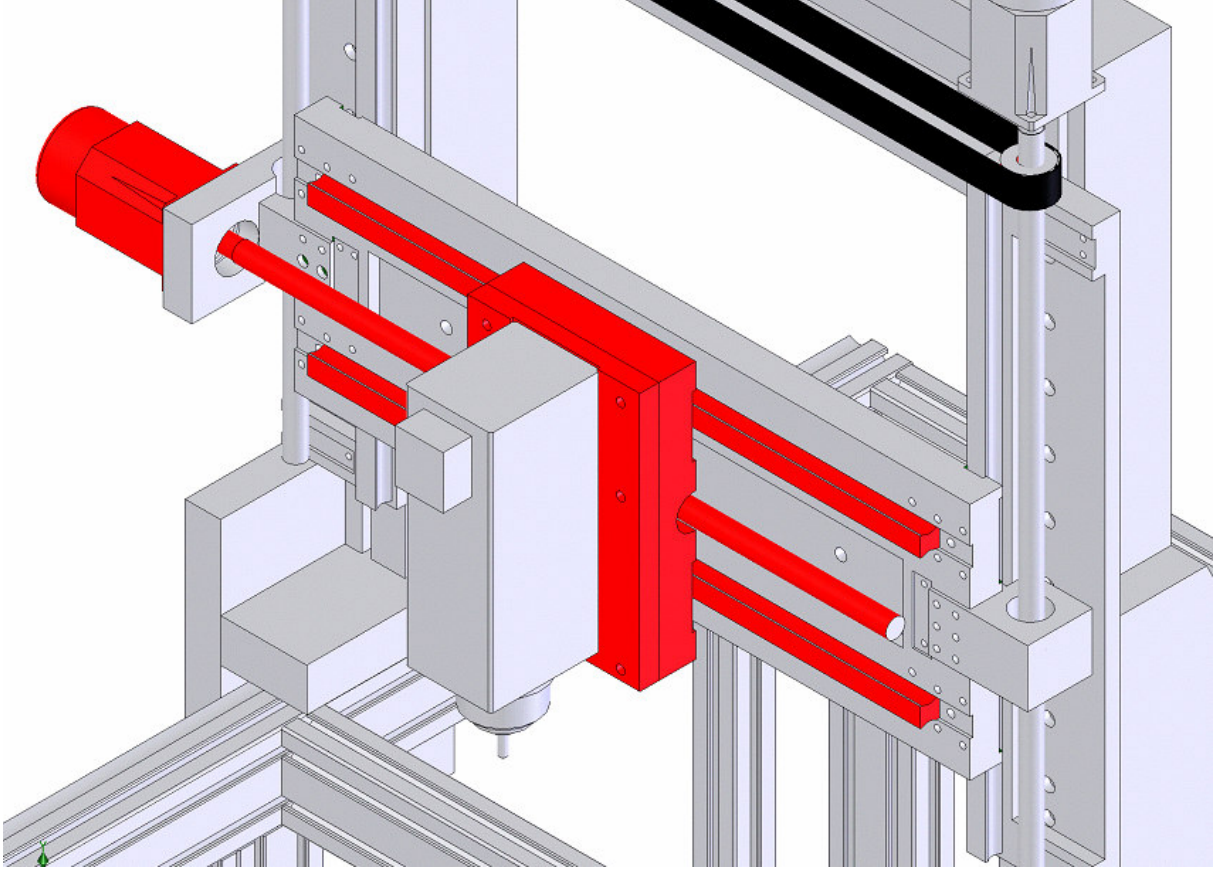
Bu eksen için 1000 Watt ( = 1 kW ) ‘lık servo motor konulmuştur.

Çizelge 4.10 Servo motor özellikleri çizelgesi ( Delta , 2005 )

**Series** : Serisi, **Rated output** : Nominal güç, **Rated torque** : Nominal tork, **Max. Torque** : Maksimum tork, **Rated speed** : Nominal hız, **Max. Speed** : Maksimum hız, **Inertia Moment** : Atalet momenti, **Encoder resolution** : Enkoder çözünürlüğü, **Motor mass** : Motorun ağırlığı, **Motor efficiency** : Motorun verimi

|                                         |          |
|-----------------------------------------|----------|
| A-series M-250                          |          |
| 1000 W                                  |          |
| Rated Output (W)                        | 1000     |
| Rated Torque (N-m)                      | 4.8      |
| Rated Torque (kgf.cm)                   | 48.9456  |
| Max. Torque (N-m)                       | 15.7     |
| Max. Torque (kgf.cm)                    | 160.0929 |
| Rated Speed (r/min)                     | 2000     |
| Max. Speed (r/min)                      | 3000     |
| Inertia Moment J (kg.cm <sup>2</sup> )  | 5.98     |
| Inertia Moment J (kgf.cm <sup>2</sup> ) | 23.92    |
| Encoder resol. (p/rev)                  | 2500     |
| Motor Mass (kg)                         | 5.5      |
| Motor Efficiency (1)                    | 0.9      |

## 5. Y EKSENİ HESAPLARI



Şekil 5.1 Y ekseninin konstrüksiyonu ve elemanları

Y eksenini ve elemanları Şekil 5.1’de görülmektedir. Y ekseninde bir adet vidalı mil mekanizması, iki adet ray, dört adet araba ve bir adet servo motor bulunmaktadır. Bu bölümde bu mekanizmaların hesapları yer almaktadır. Mekanizmaların çalışma koşullarını sağlayıp sağlamadıklarının kontrolleri ve bu özelliklerini tahmini olarak ne kadar sürdürebilecekleri hesaplanacaktır. Ve daha önceden sistem için hedeflenen çalışma süresi ile karşılaştırılıp gerekiyorsa zayıf kalan elemanların daha mukavimleri ile değiştirilmesi yapılacaktır.

### 5.1 Vidalı Milin Hesapları

Vidalı milin hareket ettirdiği toplam obje ağırlığı: 20 kg

Maksimum hareket mesafesi: 350 mm

Boşta hareket hızı ( maksimum iletim hızı ): 20 m / dak

En küçük adım aralığı ( tezgahın çözünürlüğü ) : 2  $\mu$ m / adım

Sürücü motor : AC Servo motor ( Maksimum 2000 d / dak ( nominal ) )

Kaymalı yatakların sürtünme katsayısı:  $\mu = 0,1$

Hareket yüzdesi: % 60

#### 5.1.1 Hedeflenen vidalı mil ömrü

Hedeflenen ömür = ( Günlük çalışma saati ) \* ( Yılda çalışacağı gün sayısı ) \* (Kaç yıl çalışacağı ) \* ( Hareket yüzdesi ) [ Saat ] ( 5.1 )

$L_h = 8 \text{ Saat} * 260 \text{ Gün} * 10 \text{ Yıl} * 0,6 \text{ hareket}$

**$L_h = 12480 \text{ saat}$**

Çizelge 5.1 CNC tahmini çalışma oranları çizelgesi ( Kesme kuvvetleri: Bölüm 4.1 )

|                       | <b>Hız - Devir</b><br>m / dak – d / dak | <b>Kesme kuvveti</b><br>daN | <b>İlerleme direnci</b><br>daN | <b>Kullanım süresi</b><br>% |
|-----------------------|-----------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| <b>Boşta İlerleme</b> | <b>20 - 2000</b>                        | <b>0</b>                    | <b>2</b>                       | <b>10</b>                   |
| <b>Hafif Kesme</b>    | <b>3 – 300</b>                          | <b>100</b>                  | <b>2</b>                       | <b>50</b>                   |
| <b>Orta Kesme</b>     | <b>2 - 200</b>                          | <b>200</b>                  | <b>2</b>                       | <b>30</b>                   |
| <b>Ağır Kesim</b>     | <b>1 - 100</b>                          | <b>300</b>                  | <b>2</b>                       | <b>10</b>                   |

#### 5.1.2 Vidalı milin adım uzunluğu ( bir turundaki ilerleme miktarı ) :

$l = ( \text{Boşta hareket hızı ( m/ dak )} * 1000 ) / ( \text{Motorun maksimum devir sayısı ( d /dak )} )$   
[ mm ] ( 5.2 )

$$l = ( 20 * 1000 ) / 2000 \text{ [ mm ]}$$

$$l = 10 \text{ mm}$$

$$\text{En küçük adım aralığı} = 1 / \text{servo motorun çözünürlüğü} \text{ [ mm / adım]} \quad ( 5.3 )$$

$$\text{En küçük adım aralığı} = 10 / 5000 \text{ [ mm / adım]}$$

$$\text{En küçük adım aralığı} = 0,002 \text{ mm / adım}$$

### 5.1.3 Ortalama yük ( $F_e$ ) :

$$F_e = ( ( F_1^3 * n_1 * t_1 + F_2^3 * n_2 * t_2 + ..... + F_n^3 * n_n * t_n ) / ( n_1 * t_1 + n_2 * t_2 + ..... + n_n * t_n ) )^{1/3} \text{ [ daN ]} \quad ( 5.4 )$$

$$F_e = ( ( 2^3 * 2000 * 10 + 102^3 * 600 * 50 + 202^3 * 200 * 30 + 302^3 * 100 * 10 ) / ( 2000 * 10 + 600 * 50 + 200 * 30 + 100 * 10 ) )^{1/3} \text{ [ daN ]}$$

$$F_e = 124,1 \text{ daN}$$

$$F_e = ( 2 * F_{\max} + F_{\min} ) / 3 \text{ [ daN ]} \quad ( 5.5 )$$

$$F_e = 0.65 * F_{\max} \text{ [ daN ]} \quad ( 5.6 )$$

$$F_{\max} = F_e / 0,65 \text{ [ daN ]} \quad ( 5.7 )$$

$$F_{\max} = 127,53 / 0,65 \text{ [ daN ]}$$

$$F_{\max} = 190,9 \text{ daN}$$

$$F_e = 0.75 * F_{\min} \text{ [ daN ]} \quad ( 5.8 )$$

$$F_{\min} = F_e / 0,75 \text{ [ daN ]} \quad ( 5.9 )$$

$$F_{\min} = 124,1 / 0,75 \text{ [ daN ]}$$

$$F_{\min} = 165,4 \text{ daN}$$

### 5.1.4 Ortalama devir sayısı

$$n_m = ( n_1 * t_1 + n_2 * t_2 + ..... + n_n * t_n ) / 100 \text{ [ d / dak ]} \quad ( 5.10 )$$

$$n_m = ( 3000 * 10 + 1200 * 50 + 400 * 30 + 200 * 10 ) / 100 \text{ [ d / dak ]}$$

$$n_m = 570 \text{ d / dak}$$

### 5.1.5 Gerekli olan minimum dinamik yük kapasitesi

$$C_a = F_e * f_s \quad [ \text{daN} ] \quad ( 5.11 )$$

$f_s = 2,5 \dots 7$  (Emniyet katsayısı. Titreşimli çalışan takım tezgahları için öngörülen değer.)

$f_s = 7$  alındı.

$$F_e = 124,1 \text{ daN}$$

$$C_a = 124,1 * 7 \quad [ \text{daN} ]$$

$$C_a = 868,4 \text{ daN}$$

### 5.1.6 Gerekli olan minimum statik yük kapasitesi

$$C_{oa} = F_{\max} * f_s \quad [ \text{daN} ] \quad ( 5.12 )$$

$f_s = 2,5 \dots 7$  (Emniyet katsayısı. Titreşimli çalışan takım tezgahları için öngörülen değer.)

$f_s = 7$  alındı.

$$F_{\max} = 190,9 \text{ daN}$$

$$C_{oa} = 190,9 * 7 \quad [ \text{daN} ]$$

$$C_{oa} = 1336 \text{ daN}$$

### 5.1.7 Vidalı mil ve somunun seçimi

$$C_a > 868,4 \text{ daN}$$

$$C_{oa} > 1336 \text{ daN}$$

**Yük kapasiteleri yukarıdaki eşitsizlikleri sağlayan bir vidalı mil ve somun seçimi yapmak gerekmektedir.**

Çizelge 5.2 Vidalı mil özellikleri çizelgesi ( Comtop , 2004 )

**I** : Vida adımı, **Da** : Bilya çapı, **n** : Somun içindeki tur sayısı, **K** : Rijitlik ( Kg /  $\mu$  m ),  
**Ca** : Dinamik yük kapasitesi ( daN ), **Coa** : Statik yük kapasitesi ( daN )

| Model No. | Dimensions |    |       |     |     |    |    |     |      |       |     |    |   |      |       |    |
|-----------|------------|----|-------|-----|-----|----|----|-----|------|-------|-----|----|---|------|-------|----|
|           | d          | l  | Da    | D   | A   | B  | L  | W   | X    | G     | H   | Q  | n | Ca   | Coa   | K  |
| SFU1604-4 | 16         | 4  | 2.381 | 28  | 48  | 10 | 40 | 38  | 5.5  | 44    | 40  | M6 | 4 | 629  | 1270  | 35 |
| SFU1605-4 |            | 5  | 3.175 | 28  | 48  | 10 | 50 | 38  | 5.5  | 44    | 40  | M6 | 4 | 780  | 1790  | 20 |
| SFU1610-3 |            | 10 | 3.175 | 28  | 48  | 10 | 57 | 38  | 5.5  | 44    | 40  | M6 | 3 | 721  | 1249  | 15 |
| SFU2004-4 | 20         | 4  | 2.381 | 36  | 58  | 10 | 42 | 47  | 6.6  | 51    | 44  | M6 | 4 | 699  | 1617  | 41 |
| SFU2005-4 |            | 5  | 3.175 | 36  | 58  | 10 | 51 | 47  | 6.6  | 51    | 44  | M6 | 4 | 1130 | 2380  | 25 |
| SFU2504-4 | 25         | 4  | 2.381 | 40  | 62  | 10 | 42 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 777  | 2052  | 48 |
| SFU2505-4 |            | 5  | 3.175 | 40  | 62  | 10 | 51 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1280 | 3110  | 35 |
| SFU2506-4 | 25         | 6  | 3.969 | 40  | 62  | 10 | 54 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1528 | 3284  | 40 |
| SFU2508-4 |            | 8  | 4.762 | 40  | 62  | 10 | 63 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1941 | 3863  | 38 |
| SFU2510-4 |            | 10 | 4.762 | 40  | 62  | 12 | 85 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1944 | 3877  | 33 |
| SFU3204-4 | 32         | 4  | 2.381 | 50  | 80  | 12 | 44 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 871  | 2661  | 56 |
| SFU3205-4 |            | 5  | 3.175 | 50  | 80  | 12 | 52 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 1450 | 4150  | 40 |
| SFU3206-4 |            | 6  | 3.969 | 50  | 80  | 12 | 57 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 1720 | 4298  | 47 |
| SFU3208-4 |            | 8  | 4.762 | 50  | 80  | 12 | 65 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 2189 | 5079  | 44 |
| SFU3210-4 |            | 10 | 6.350 | 50  | 80  | 12 | 90 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 3390 | 7170  | 79 |
| SFU3220-3 |            | 20 | 3.969 | 50  | 80  | 12 | 99 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 3 | 1354 | 3283  | 52 |
| SFU4005-4 | 40         | 5  | 3.175 | 63  | 93  | 14 | 55 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M8 | 4 | 1610 | 5330  | 49 |
| SFU4006-4 |            | 6  | 3.969 | 63  | 93  | 14 | 60 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M6 | 4 | 1911 | 5458  | 55 |
| SFU4008-4 |            | 8  | 4.762 | 63  | 93  | 14 | 67 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M6 | 4 | 2435 | 6469  | 52 |
| SFU4010-4 |            | 10 | 6.350 | 63  | 93  | 14 | 93 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M8 | 4 | 3910 | 9520  | 50 |
| SFU5010-4 | 50         | 10 | 6.350 | 75  | 110 | 16 | 93 | 93  | 11   | 97.5  | 85  | M8 | 4 | 4450 | 12500 | 65 |
| SFU6310-4 | 63         | 10 | 6.350 | 90  | 125 | 18 | 98 | 108 | 11   | 110   | 95  | M8 | 4 | 5070 | 16600 | 80 |
| SFU8010-4 | 80         | 10 | 6.350 | 105 | 145 | 20 | 98 | 125 | 13.5 | 127.5 | 110 | M8 | 4 | 5620 | 21300 | 90 |

Çizelge 5.2'den **SFU 2510-4** modeli seçilir.

$$C_a = 1944 \text{ daN } ( > 868,4 \text{ daN } )$$

$$C_{oa} = 3877 \text{ daN } ( > 1336 \text{ daN } )$$

Değerleri eşitsizliği sağlıyor. **Vida mekanizması emniyetle çalışacaktır.**

### 5.1.8 Tahmini vidalı mil ömrü

$$L_t = ( C_a / ( F_e * f_w ) )^3 * ( 10^6 / ( 60 * n_m ) ) \quad [ \text{saat} ] \quad ( 5.13 )$$

$$F_e = 124,1 \text{ daN } ( \text{Vida mekanizmasına düşen yük miktarı} )$$

$$C_a = 1944 \text{ daN}$$

$f_w = 1,5 \dots 3$  ( Emniyet katsayısı. Darbeli çalışma için öngörülen değer)

$f_w = 2$  alındı

$n_m = 570$  d / dak

$L_t = ( 1944 / (124,1 * 2) )^3 * ( 10^6 / ( 60 * 570 ) )$  [ saat ]

**$L_t = 14063$  saat**

$L_t > L_h$  olmalı ( 5.14 )

**$L_h = 12480$  saat**

**14063 saat > 12480 saat**

**Vida mekanizması hedeflenen ömürü karşılayabilecektir.**

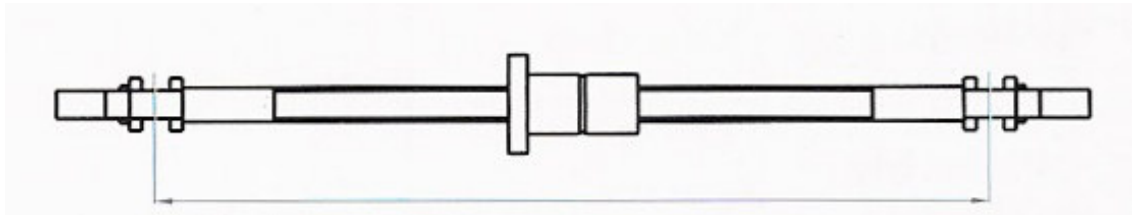
#### 5.1.9 Gerekli vida uzunluğu

Vida uzunluğu = Maksimum strok + Somun uzunluğu + Konstrüksiyon geometrisi gereği  
kayıp olan uzunluk + 2 \* Uç için ayrılan uzunluk  
[ mm ] ( 5.15 )

Vida uzunluğu =  $350 + 224 + 51 + 2 * 38$  [ mm ]

**Vida uzunluğu = 701 mm**

#### 5.1.10 Vidalı milin yataklar arası mesafesi



**Vidalı milin yataklar arası mesafesi = 625 mm**

Şekil 5.2 Vidalı mil

### 5.1.11 İzin verilen maksimum devir sayısı

$$n_{\text{maks}} = f * (d_r / L^2) * 10^7 \quad [d / \text{dak}] \quad (5.16)$$

$f = 21,9$  ( İki ucu da sabit mafsallı ile tutturulmuş yataklama için öngörülen katsayı)

$d_r = 21,9 \text{ mm}$  ( Vidanın dış dibi çapı )

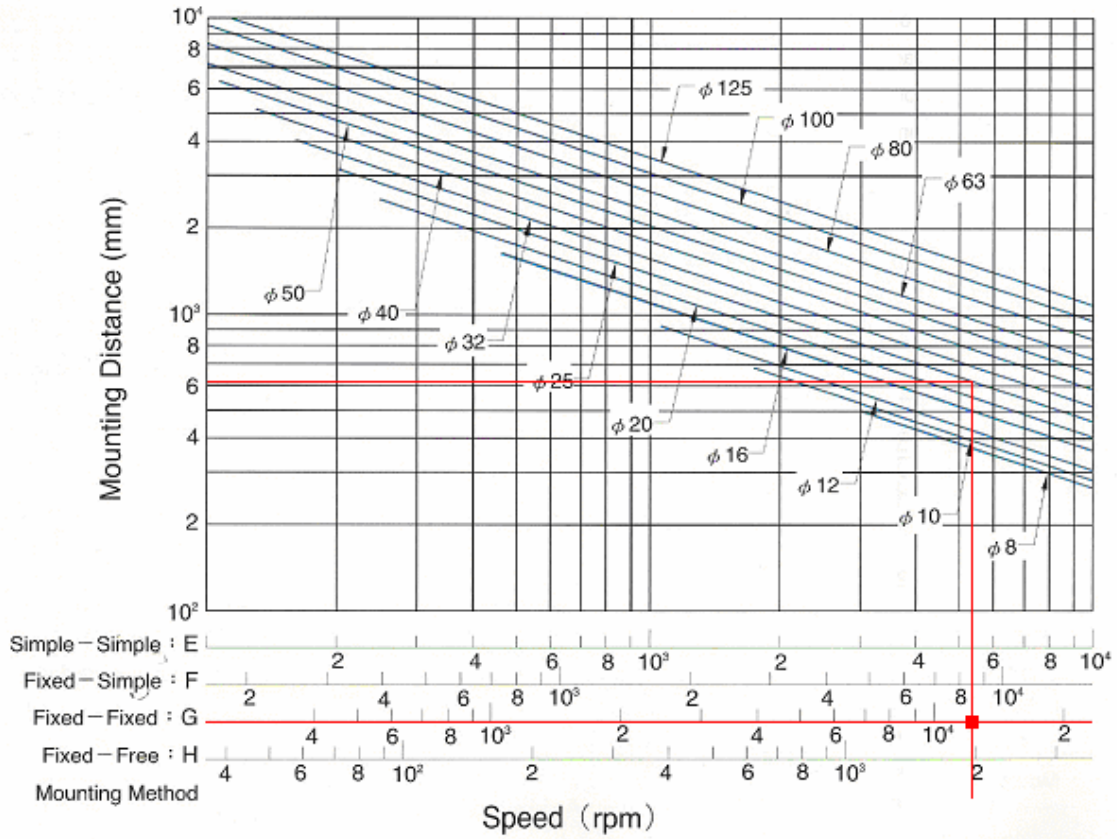
$L_v = 625 \text{ mm}$  ( Vidalı milin yatak mesafesi )

$$n_{\text{maks}} = 21,9 * (21,9 / 625^2) * 10^7 \quad [d / \text{dak}]$$

$n_{\text{maks}} = 12278 \text{ d / dak}$  ( Çizelge 5.3'ten okunan değer ile uyumludur. )

Çizelge 5.3 İzin verilen maksimum hızın yatak cinsi ve mesafesine göre değişimi ( Comtop , 2004 )

**Mounting distance** : Yataklar arası mesafe, **Speed** : Hız, **Simple** : Basit, **Fixed** : Sabit, **Free** : Serbest



### 5.1.12 Vidalı mil üzerine gelen yükler

#### 5.1.12.1 Hızlanma sırasında

$$F_H = G * g * \mu + ( G * V / ( 60 * \Delta t ) ) \quad [ N ] \quad ( 5.17 )$$

$$G = 20 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$\mu = 0,1$$

$$V = 20 \text{ m / dak}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s}$$

$$F_H = 20 * 9,8 * 0,1 + ( 20 * 20 / ( 60 * 0,5 ) ) \quad [ N ]$$

$$F_H = 32,9 \text{ N}$$

#### 5.1.12.2 Yavaşlama sırasında

$$F_Y = G * g * \mu - ( G * V / ( 60 * \Delta t ) ) \quad [ N ] \quad ( 5.18 )$$

$$G = 20 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$\mu = 0,1$$

$$V = 20 \text{ m / s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s}$$

$$F_Y = 20 * 9,8 * 0,1 - ( 20 * 20 / ( 60 * 0,5 ) ) \quad [ N ]$$

$$F_Y = - 6,3 \text{ N}$$

### 5.1.13 Vidalı milin rijitlik kontrolü

Bölüm 5.1.12'den görüldüğü üzere vidalı milin üzerine gelen en yüksek kuvvet hızlanma sırasında oluşuyor. Bu kuvvet:

$$F_H = 32,9 \text{ N}$$

Bu kuvvete maksimum kesme kuvvetini de eklersek:

$$F_{\text{vidalı mil}} = F_H + F_{\text{kesme}} \quad ( 5.19 )$$

$$F_{\text{vidalı mil}} = 32,9 + 3000 \text{ [ N ]}$$

$$\mathbf{F_{\text{vidalı mil}} = 3032,9 \text{ N}}$$

Bu kuvvet altında vidalı milin deviasyonu:

$$D_{\text{vidalı mil}} = ( F_{\text{vidalı mil}} / ( K * g ) ) \text{ [ } \mu\text{m ]} \quad ( 5.20 )$$

$$K = 33 \text{ kg / } \mu\text{m} \text{ ( Çizelge 5.2 'den SFU 2510-4 Vidalı mil için rijitlik katsayısı )}$$

$$F_{\text{vidalı mil}} = 3032,9 \text{ N}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$D_{\text{vidalı mil}} = ( 3032,9 / ( 33 * 9.8 ) ) \text{ [ } \mu\text{m ]}$$

$$\mathbf{D_{\text{vidalı mil}} = 9,4 \mu\text{m}}$$

Y Eksenindeki vidalı mil sehimi değeri  $9,4 \mu\text{m}$ 'dir. Bu ekseninde tek vidalı mil kullanımı olması diğer eksenlere nispeten daha yüksek sehimi değeri vermiştir.

Sehimi değerini düşürmek ve rijitliği arttırmak için aşağıdaki işlemlerden biri veya birkaçı uygulanmalıdır.

'z' ( Takım diş sayısı ) değeri azaltılmalıdır. ( Ek-11 )

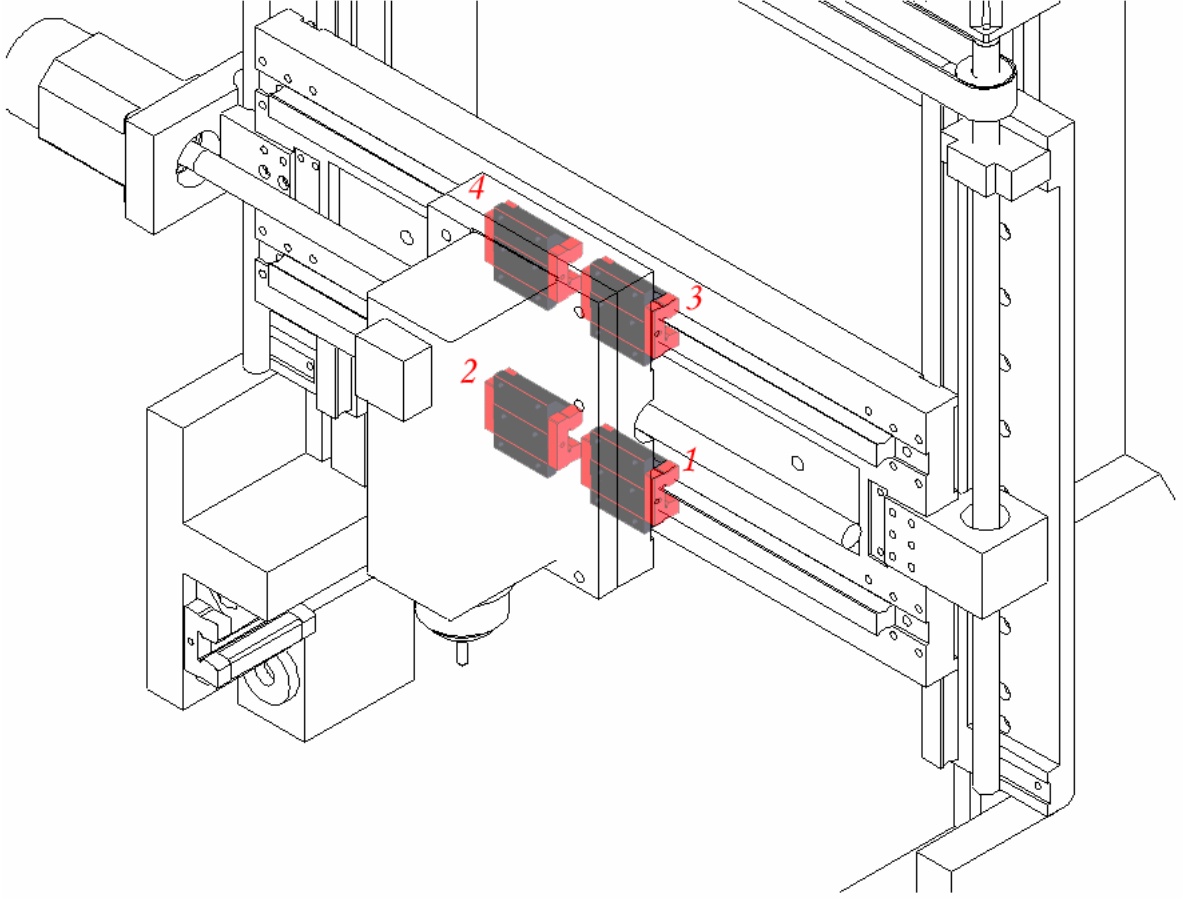
'D' ( Takım çapı ) değeri artırılmalıdır. ( Ek-12 )

'S<sub>z</sub>' ( diş başına düşen ilerleme miktarı ) değeri azaltılmalıdır. ( Ek-13 )

'B' ( Yana kayma ) veya 'a' ( Paso derinliği ) değeri azaltılmalıdır. ( Ek-14 )

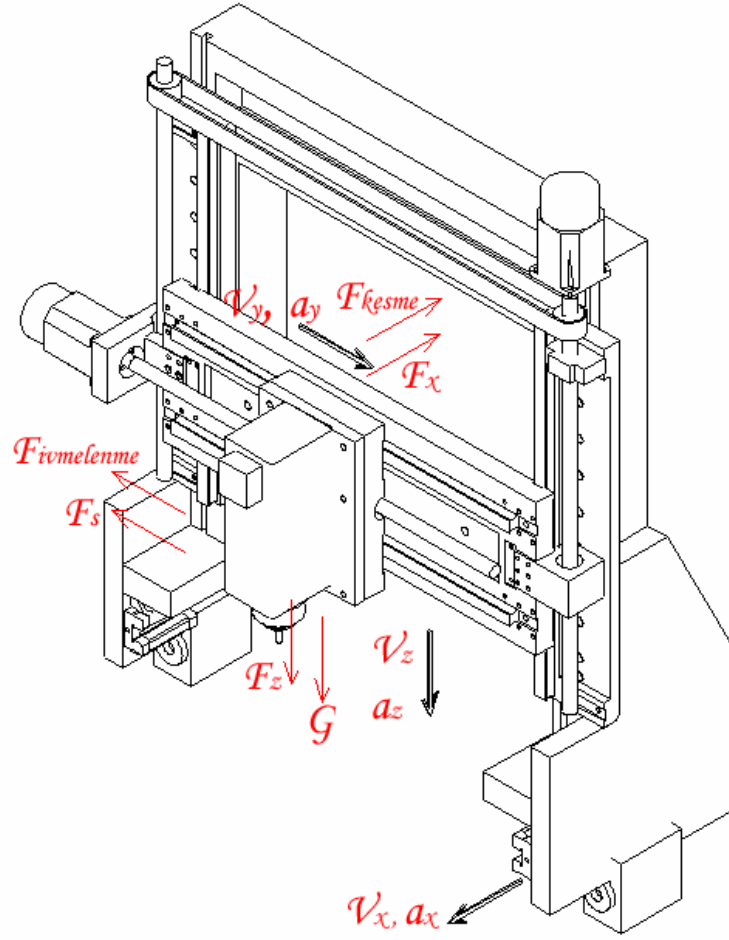
V hızının sehimi ve rijitlik değerleri üzerinde bir etkisi yoktur. ( Ek-15 )

## 5.2 Ray ve Araba Hesapları



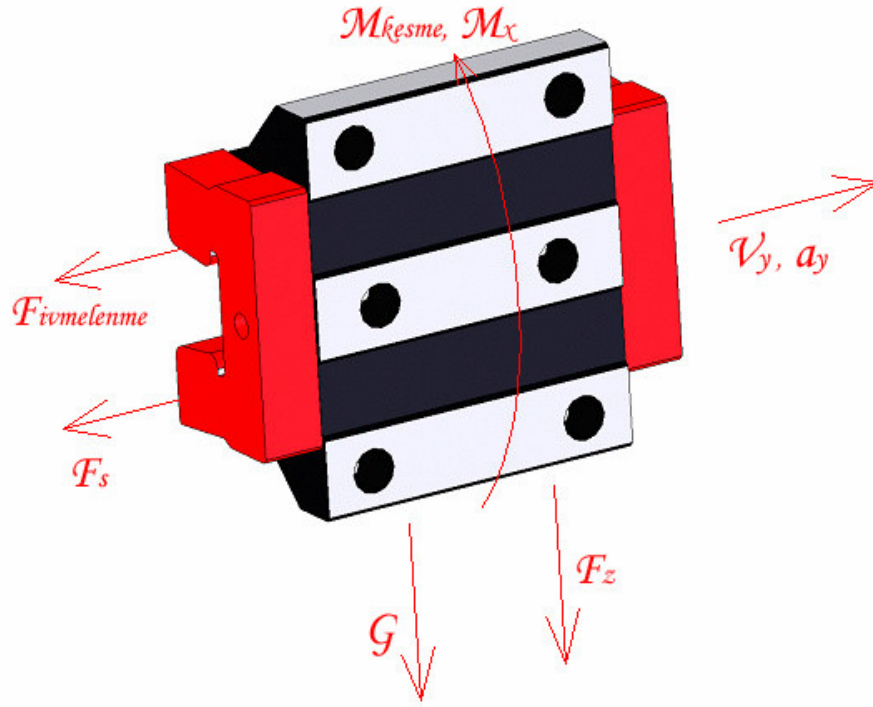
Şekil 5.3 Y ekseninde bulunan 4 adet BMA-20 bilyalı arabanın konumu

Y ekseninde 4 adet BMA-20 kodlu bilyalı araba bulunmaktadır. Bu arabalar bilyalı olmaları dolayısıyla minimum değme alanı, minimum sürtünme; buna karşılık sertleştirilmiş çelikten imal edilmiş bilyaları sayesinde yüksek rijitlik ve uzun ömür sağlamaktadırlar. Gövdeleri de yine çelikten imal edilmiştir ve CNC’de işlenmişlerdir. Her arabanın kendi üzerinde yağ haznesi vardır ve bilyalar hareket süresince bu hazneden dolaşp sürekli yağlanırlar.



Şekil 5.4 Y eksenine etki eden kuvvetler

Ray ve araba hesapları yapılırken olabilecek en kötü senaryoyu simule etmek ve bu koşullarda dahi makinenin uzun yıllar boyunca çalışmasını sağlamak hedeflenmiştir. Hesaplar sırasında makinede oluşabilecek maksimum ataletleri oluşturabilmek için makine her eksenin yapabileceği maksimum ivmeyle yavaşlaması durumu baz alınmıştır. ( Kuvvet yönleri makineyi en çok zorlayabileceği yönde alınmışlardır.) Ayrıca çalışma şartı olarak da en yüksek kesme kuvvetinin olduğu ağır çalışma koşulu düşünülmüştür. (  $F_{kesme} = 300$  daN olarak alınmıştır. )



Şekil 5.5 Y ekseninde bulunan 1 no'lu BMA-20 bilyalı arabaya etki eden kuvvet ve momentler

### 5.2.1 G ( yer çekimi ) kuvvetinin bulunması

Y ekseninin hareket ettirdiği tüm kütlenin ağırlığı ile oluşan kuvvettir.

$$G = G_y * g \text{ [ N ]} \quad ( 5.21 )$$

$$G_y = 20 \text{ kg}$$

$$g = 9.8 \text{ m / s}^2$$

$$G = 20 * 9.8$$

$$G = 196 \text{ N}$$

### 5.2.2 F\_z kuvvetinin bulunması

Z ekseninin -Z yönündeki ( aşağıya doğru ) hareketinin maksimum ivme ile yavaşlaması ile

ortaya çıkan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(z)} = V_{\max(z)} / \Delta t \quad [m / s^2] \quad (5.22)$$

$$V_{\max(z)} = 15 \text{ m / dak ( Z eksenindeki maksimum hız )}$$

$$V_{\max(z)} = 0,25 \text{ m / s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s ( ivmelenme süresi )}$$

$$\alpha_{\max(z)} = 0,25 / 0,5 \quad [m / s^2] \quad ( Z eksenindeki maksimum ivme )$$

$$\alpha_{\max(z)} = 0,5 \text{ m / s}^2$$

$$F_z = G_z * \alpha_z \quad [N] \quad (5.23)$$

$$G_z = 45 \text{ kg ( Z ekseninde hareket eden kütle miktarı )}$$

$$F_z = 45 * 0,5 \quad [N]$$

$$F_z = 22,5 \text{ N}$$

### 5.2.3 İvmelenme kuvvetinin bulunması

Y ekseninin +Y yönündeki hareketinin maksimum ivme ile yavaşlaması ile ortaya çıkan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(y)} = V_{\max(y)} / \Delta t \quad [m / s^2] \quad (5.24)$$

$$V_{\max(y)} = 20 \text{ m / dak ( Y eksenindeki maksimum hız )}$$

$$V_{\max(y)} = 0,33 \text{ m / s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s ( ivmelenme süresi )}$$

$$\alpha_{\max(y)} = 0,33 / 0,5 \quad [m / s^2] \quad ( Y eksenindeki maksimum ivme )$$

$$\alpha_{\max(y)} = 0,66 \text{ m / s}^2$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = G_y * \alpha_y \quad [N] \quad (5.25)$$

$$G_y = 20 \text{ kg ( Y ekseninde hareket eden kütle miktarı )}$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 20 * 0,66 \quad [N]$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 13,3 \text{ N}$$

#### 5.2.4 $F_x$ kuvvetinin bulunması

X ekseninin ivmeli hareketi ile oluşan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(x)} = V_{\max(x)} / \Delta t \quad [m / s^2] \quad (5.26)$$

$$V_{\max(x)} = 10 \text{ m / dak ( X eksenindeki maksimum hız )}$$

$$V_{\max(x)} = 0,1667 \text{ m / s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s ( ivmelenme süresi )}$$

$$\alpha_{\max(x)} = 0,1667 / 0,5 \quad [m / s^2] \quad ( X eksenindeki maksimum ivme )$$

$$\alpha_{\max(x)} = 0,33 \text{ m / s}^2$$

$$F_x = G_x * \alpha_x \quad [N] \quad (5.27)$$

$$G_x = 150 \text{ kg ( X ekseninde hareket eden kütle miktarı )}$$

$$F_x = 150 * 0,33 \quad [N]$$

$$F_x = 50 \text{ N}$$

#### 5.2.5 Kesme kuvvetinin bulunması

Tezgahı en fazla zorluyabilmek için olabilecek en kötü çalışma şartı olan ağır çalışma baz alınmıştır. Bu çalışma şartında:

$$F_{\text{kesme}} = 300 \text{ daN}$$

$$F_{\text{kesme}} = 3000 \text{ N}$$

#### 5.2.6 Sürtünme kuvvetinin bulunması

Ray ve araba arasındaki sürtünmeden dolayı oluşan kuvvettir. Bu kuvvete büyük oranda arabanın iki tarafındaki bilyaları pislikten korumak için olan plastik kapaklar neden olmaktadır.

$$F_{\text{sürtünme}} = ((G + F_z)^2 + (F_x + F_{\text{kesme}})^2)^{1/2} * \mu \quad [N] \quad (5.28)$$

$$\mu = 0,1$$

$$G = 196 \text{ N ( Bölüm 5.2.1 'den )}$$

$$F_z = 22,5 \text{ N ( Bölüm 5.2.2 'den )}$$

$$F_x = 50 \text{ N ( Bölüm 5.2.4 'den )}$$

$$F_{\text{kesme}} = 3000 \text{ N ( Bölüm 5.2.5 'den )}$$

$$F_{\text{sürtünme}} = ( ( 196 + 22,5 )^2 + ( 50 + 3000 )^2 )^{1/2} * 0,1 \quad [ \text{N} ]$$

$$F_{\text{sürtünme}} = 305,8 \text{ N}$$

### 5.2.7 $F_{\text{toplam}}$ kuvvetinin ( toplam kuvvetin ) bulunması

Kuvvet vektörlerinin toplanması ile bulunmuştur. ( Vektörel toplam yapılmıştır. )

$$F_{\text{toplam}} = ( ( G + F_z )^2 + ( F_{\text{sürtünme}} + F_{\text{ivmelenme}} )^2 + ( F_x + F_{\text{kesme}} )^2 )^{1/2} \quad [ \text{N} ] \quad ( 5.29 )$$

$$F_{\text{toplam}} = ( ( 196 + 22,5 )^2 + ( 305,8 + 13,3 )^2 + ( 50 + 3000 )^2 )^{1/2} \quad [ \text{N} ]$$

$$F_{\text{toplam}} = 3086,4 \text{ N ( Y eksenine etki eden toplam kuvvet )}$$

### 5.2.8 $F_{\text{toplam araba}}$ kuvvetinin ( araba başına düşen kuvvetin ) bulunması

Y Ekseninde 4 adet bilyalı araba kullanıldığı için toplam kuvvet eşit şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba başına düşen kuvveti bulmak için toplam kuvveti 4'e bölmek yeterli olacaktır.

$$F_{\text{toplam araba}} = F_{\text{toplam}} / 4 \quad [ \text{N} ] \quad ( 5.30 )$$

$$F_{\text{toplam araba}} = 3086,4 / 4$$

$$F_{\text{toplam araba}} = 771,6 \text{ N ( araba başına düşen kuvvet miktarı )}$$

### 5.2.9 $M_{\text{kesme}}$ momentinin ( Kesme kuvvetinin araba üzerinde oluşturduğu momentin ) bulunması

Kesme kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenenden farklı bir eksenende bulunduğu için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_{\text{kesme}} = F_{\text{kesme}} * d_1 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 5.31 )$$

$$F_{\text{kesme}} = 3000 \text{ N ( Bölüm 5.2.5 'den )}$$

$d_1 = 0,085 \text{ m}$  ( Kesme kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı )

$$M_{\text{kesme}} = 3000 * 0,085 \text{ [ N m ]}$$

$$M_{\text{kesme}} = 255 \text{ [ N m ]}$$

#### **5.2.10 $M_x$ momentinin ( $F_x$ kuvvetinin araba üzerinde oluşturduğu momentin ) bulunması**

$F_x$  kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenden farklı bir eksende bulunduğu için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_x = F_x * d_2 \text{ [ N m ]} \quad ( 5.32 )$$

$$F_x = 50 \text{ N ( Bölüm 5.2.4 'den )}$$

$$d_2 = 0,05 \text{ m ( } F_x \text{ kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı )}$$

$$M_x = 50 * 0,05 \text{ [ N m ]}$$

$$M_x = 2,5 \text{ [ N m ]}$$

#### **5.2.11 $M_{\text{OQT}}$ moment toplamlarının bulunması**

$$M_{\text{OQT}} = M_x + M_{\text{kesme}} \text{ [ N m ]} \quad ( 5.33 )$$

$$M_x = 2,5 \text{ N m ( Bölüm 5.2.10 'den )}$$

$$M_{\text{kesme}} = 255 \text{ N m ( Bölüm 5.2.9 'dan )}$$

$$M_{\text{OQT}} = 2,5 + 255 \text{ N m}$$

$$M_{\text{OQT}} = 257,5 \text{ N m}$$

#### **5.2.12 $M_{\text{OQTA}}$ ( Y eksenindeki her bir araba başına düşen toplam momentin) moment toplamlarının bulunması**

Y Ekseninde 4 adet bilyalı araba kullanıldığı için toplam moment eşit şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba başına düşen momenti bulmak için toplam momenti 4'e bölmek gerekmektedir.

$$M_{OQTA} = M_{OQT} / 4 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 5.34 )$$

$$M_{OQTA} = 257,5 / 4 \quad [ \text{N m} ]$$

$$M_{OQTA} = 64,4 \quad [ \text{N m} ]$$

### 5.2.13 Arabaların güvenlik kontrolü

Arabaların güvenli bir şekilde çalışması ancak Çizelge 5.5 ‘den okunulan C kuvveti ve  $M_{OQ}$ ,  $M_{OL}$  moment değerlerinin bizim sistemimizde oluşan kuvvet ve moment değerlerinden büyük olmasıyla gerçekleşebilir.

Bunu şu şekilde gösterebiliriz:

$$F_{\text{toplam araba}} < C ; \quad ( 5.35 )$$

$$M_{OLTA} < M_{OL} ; \quad ( 5.36 )$$

$$M_{OQTA} < M_{OQ} ; \quad ( 5.37 )$$

eşitsizliklerinin sağlanması durumunda arabamız emniyeli bir çalışma sergileyecektir.

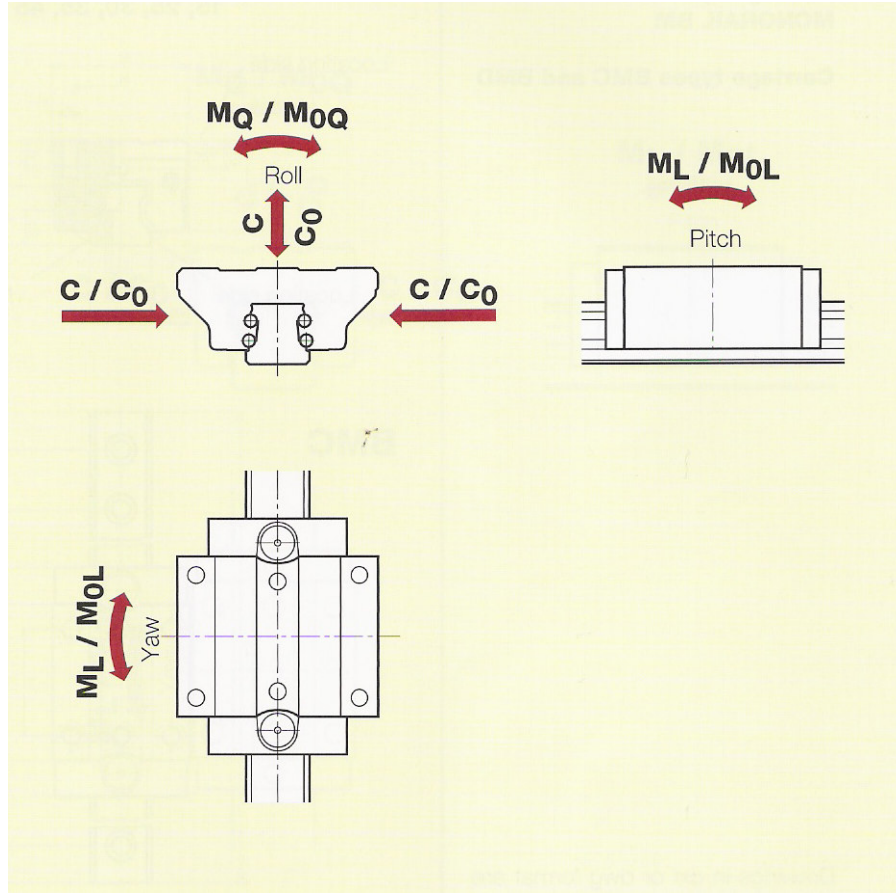
$$F_{\text{toplam araba}} < C ; ( 771,6 \text{ N} < 14400 \text{ N} )$$

$$M_{OLTA} < M_{OL} ; ( 0 \text{ N m} < 292 \text{ N m} )$$

$$M_{OQTA} < M_{OQ} ; ( 64,4 \text{ N m} < 373 \text{ N m} )$$

Eşitsizlikler sağlanıyor. Y ekseninde kullanılan 4 adet BMA-20 bilyalı araba **EMNİYETLİ**’dir

Çizelge 5.4 Kuvvet ve momentlerin Çizelge 5.5 'teki karşılıkları



Çizelge 5.5 Bilyalı arabaların özellikleri çizelgesi ( Schneeberger , 2004 )

**Type :** Tip, **Loading capacities :** Yük kapasiteleri, **Moments :** Momentler, **Weight :** Ağırlık, **Carriage :** Araba, **Rail :** Ray

| Type          | Loading capacities |          | Moments          |                  |               |               | Weight           |                |
|---------------|--------------------|----------|------------------|------------------|---------------|---------------|------------------|----------------|
|               | $C_0$<br>(N)       | C<br>(N) | $M_{0Q}$<br>(Nm) | $M_{0L}$<br>(Nm) | $M_Q$<br>(Nm) | $M_L$<br>(Nm) | Carriage<br>(kg) | Rail<br>(kg/m) |
| <b>BMA 15</b> | 19 600             | 9 000    | 181              | 146              | 83            | 67            | 0.3              | 1.4            |
| <b>BMA 20</b> | 31 400             | 14 400   | 373              | 292              | 171           | 134           | 0.5              | 2.2            |
| <b>BMB 20</b> | 41 100             | 17 400   | 490              | 495              | 206           | 208           | 0.6              | 3.0            |
| <b>BMA 25</b> | 46 100             | 21 100   | 631              | 513              | 289           | 235           | 0.7              | 4.3            |
| <b>BMB 25</b> | 60 300             | 25 500   | 825              | 863              | 349           | 365           | 0.9              | 5.4            |
| <b>BMA 30</b> | 63 700             | 29 200   | 1 084            | 829              | 497           | 380           | 1.2              | 8.8            |
| <b>BMB 30</b> | 83 300             | 35 300   | 1 414            | 1 390            | 599           | 589           | 1.5              |                |
| <b>BMA 35</b> | 84 400             | 38 700   | 1 566            | 1 252            | 718           | 574           | 1.8              |                |
| <b>BMB 35</b> | 110 300            | 46 700   | 2 048            | 2 104            | 867           | 891           | 2.3              |                |
| <b>BMA 45</b> | 134 800            | 61 900   | 3 193            | 2 498            | 1 466         | 1 147         | 3.3              |                |
| <b>BMB 45</b> | 176 300            | 74 700   | 4 175            | 4 199            | 1 769         | 1 779         | 4.2              |                |

### 5.2.14 Arabaların tahmini ömrü

$$L_t = a_1 * (C / F)^q * 10^5 \quad [m] \quad (\text{Tahmini ömür}) \quad (5.38)$$

Çizelge 5.6 Olasılık çizelgesi (Schneeberger, 2004)  
**Event probability** : Olayın olma ihtimali, **Factor** : Faktör

| Event probability % | 90   | 95   | 96   | 97   | 98   | 99   |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| Factor $a_1$        | 1.00 | 0.62 | 0.53 | 0.44 | 0.33 | 0.21 |

$a_1 = 0,21$  seçildi ( en kötü olasılık için olan değer ) ( Çizelge 5.6 )

$C = 14400 \text{ N}$  (Çizelge 5.5’de BMA 20 için olan statik yük kapasitesi değeri )

$F = F_{\text{toplam araba}} = 771,6 \text{ N}$

$q = 3$  ( Bilyalı yataklar için verilen katalog değeri katsayı)

$$L_t = 0,21 * ( 14400 / 771,6 )^3 * 10^5 \quad [m]$$

$$L_t = 1,3649 * 10^8 \text{ m}$$

$$L_h = L_t / ( 2 * l * n * 60 ) \quad [ \text{saat} ] \quad (5.39)$$

$l = 0,01 \text{ m}$  ( bir turdaki ilerleme miktarı )

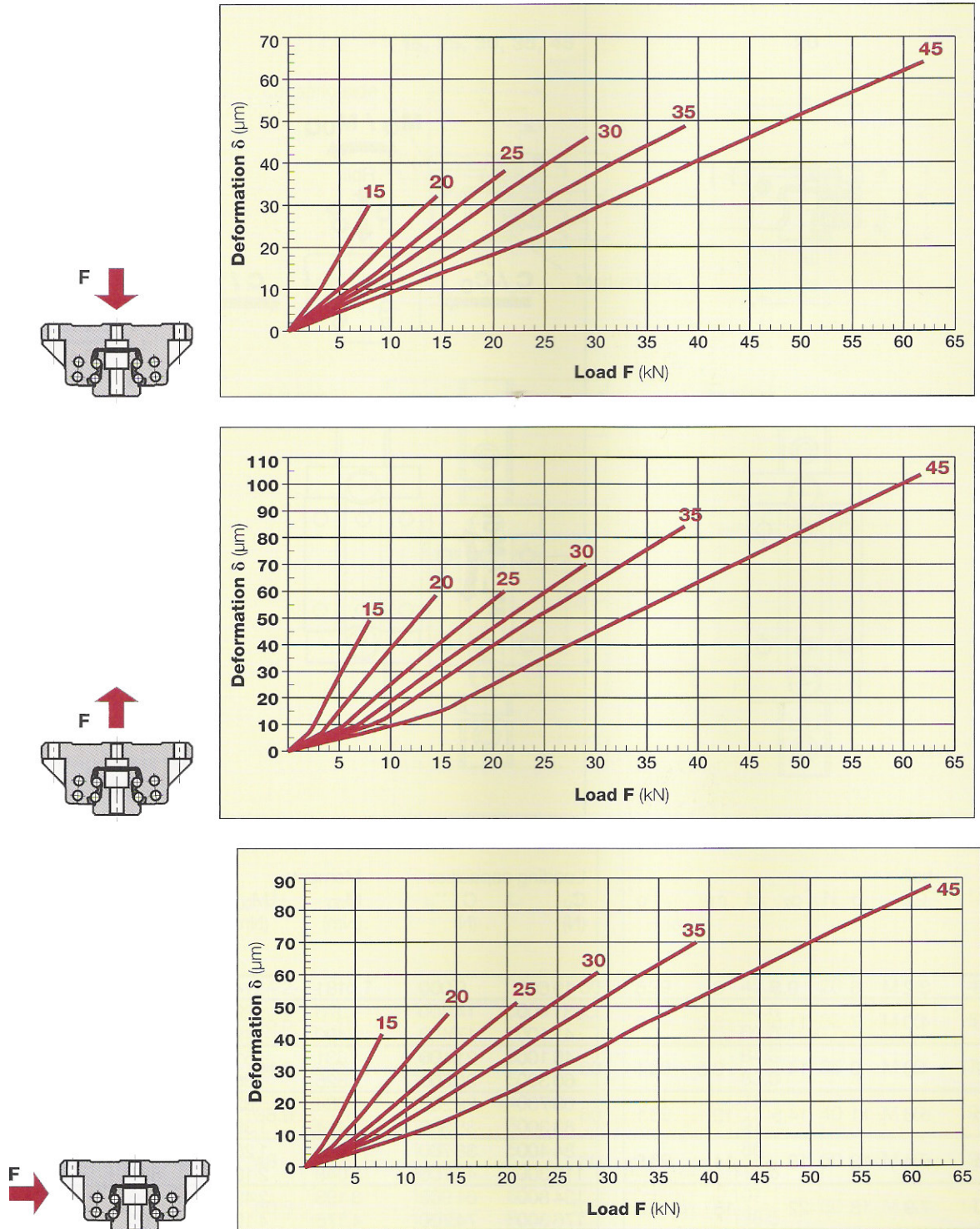
$n = 2000 \text{ d / dak}$

$$L_h = 6,934 * 10^{10} / ( 2 * 0,01 * 2000 * 60 ) \quad [ \text{saat} ]$$

$$L_h = 56870.8 \text{ saat}$$

### 5.2.15 Arabaların rijitlik kontrolleri

Çizelge 5.7 Arabaların farklı yükler altındaki deformasyonları



$$F_{\text{toplam araba}} = 771,6 \text{ N} = 0,77 \text{ kN}$$

Tüm kuvvetlerin bileşkesi olan 0,77 kN değerini tabloda BMA-20 için karşılaştırsak her tip kuvvet için deformasyon değeri 1 µm ‘civarındadır. Bu da bizim 2 µm olan kontrol hassasiyetimizin altında olduğu için işleme kalitesini **etkilemeyecektir**.

### 5.3 Motor Hesapları

$$F = F_{\text{kesme}} + F_{\text{ivmelenme}} + F_s \text{ [ N ] ( Toplam kuvvet )} \quad ( 5.40 )$$

$$F_{\text{kesme}} = 3000 \text{ N ( Bölüm 5.2.5 )}$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 13,3 \text{ N ( Bölüm 5.2.3 )}$$

$$F_s = 305,8 \text{ N ( Bölüm 5.2.6 )}$$

$$F = 3000 + 13,3 + 305,8 \text{ [ N ]}$$

$$F = 3319.1 \text{ N}$$

$$P = ( F * V ) / \eta \text{ [ Watt ]} \quad ( 5.41 )$$

$$P : \text{Gerekli güç [ Watt ]}$$

$$\eta = 0,9 \text{ ( Verim ( Çizelge 5.8 ) )}$$

$$P = (3319.1 * 0,333) / 0,9 \text{ [ Watt ]}$$

$$\mathbf{P = 1228.1 Watt}$$

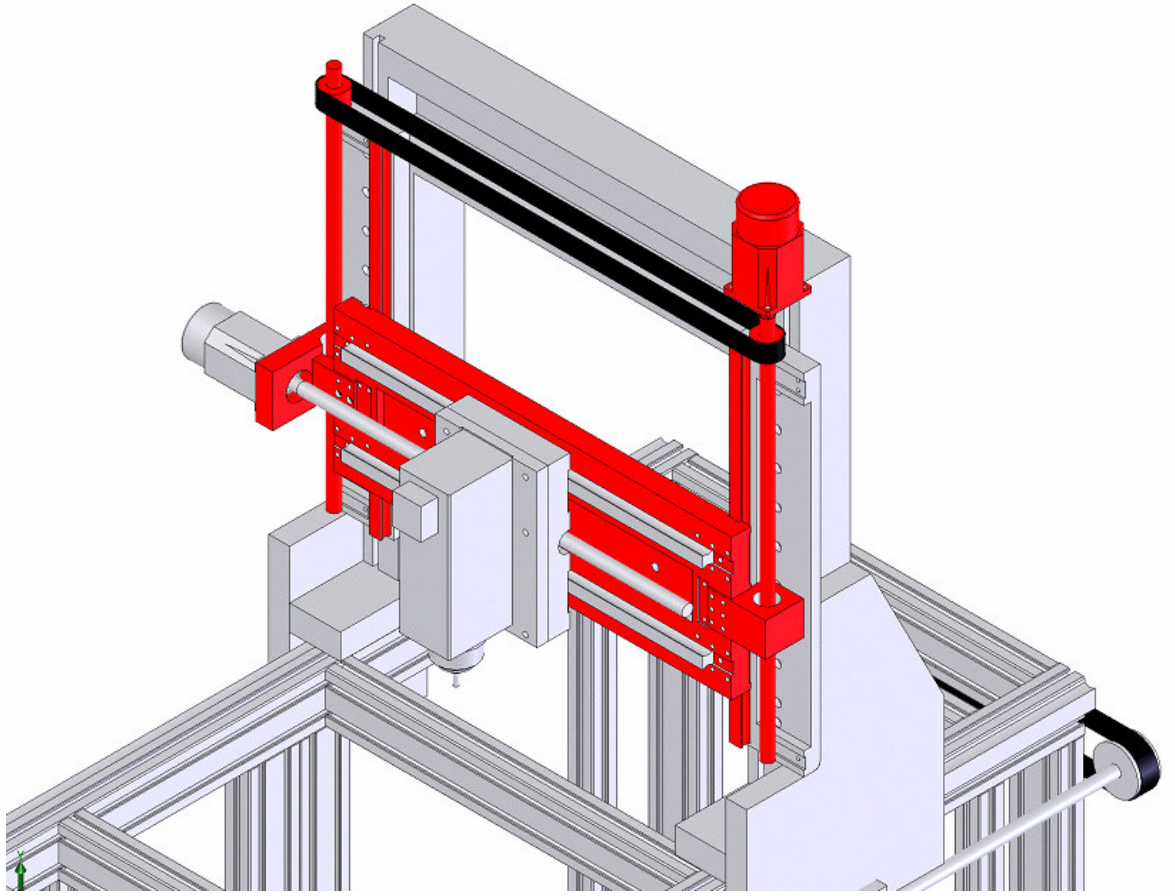
Bu eksen için 2000 Watt ( = 2 kW ) ‘lık servo motor konulmuştur.

Çizelge 5.8 Servo motor özellikleri çizelgesi ( Delta , 2005 )

**Series** : Serisi, **Rated output** : Nominal güç, **Rated torque** : Nominal tork, **Max. Torque** : Maksimum tork, **Rated speed** : Nominal hız, **Max. Speed** : Maksimum hız, **Inertia Moment** : Atalet momenti, **Encoder resolution** : Enkoder çözünürlüğü, **Motor mass** : Motorun ağırlığı, **Motor efficiency** : Motorun verimi

|                                         |          |
|-----------------------------------------|----------|
| A-series M-250                          |          |
| 2000 W                                  |          |
| Rated Output (W)                        | 2000     |
| Rated Torque (N-m)                      | 9.4      |
| Rated Torque (kgf.cm)                   | 95.8518  |
| Max. Torque (N-m)                       | 23.5     |
| Max. Torque (kgf.cm)                    | 239.6295 |
| Rated Speed (r/min)                     | 2000     |
| Max. Speed (r/min)                      | 3000     |
| Inertia Moment J (kg.cm <sup>2</sup> )  | 15.8     |
| Inertia Moment J (kgf.cm <sup>2</sup> ) | 63.2     |
| Encoder resol. (p/rev)                  | 2500     |
| Motor Mass (kg)                         | 6.1      |
| Motor Efficiency (1)                    | 0.9      |

## 6. Z EKSENİ HESAPLARI



Şekil 6.1 Z ekseninin konstrüksiyonu ve elemanları

Z eksenini ve elemanları Şekil 6.1’de görülmektedir. Z ekseninde iki adet vidalı mil mekanizması, iki adet ray, dört adet araba ve bir adet servo motor bulunmaktadır. Bu bölümde bu mekanizmaların hesapları yer almaktadır. Mekanizmaların çalışma koşullarını sağlayıp sağlamadıklarının kontrolleri ve bu özelliklerini tahmini olarak ne kadar sürdürebilecekleri hesaplanacaktır. Ve daha önceden sistem için hedeflenen çalışma süresi ile karşılaştırılıp gerekiyorsa zayıf kalan elemanların daha mukavimleri ile değiştirilmesi yapılacaktır.

## 6.1 Vidalı Milin Hesapları

Vidalı milin hareket ettirdiği toplam obje ağırlığı: 45 kg

Maksimum hareket mesafesi: 275 mm

Boşta hareket hızı ( maksimum iletim hızı ): 15 m / dak

En küçük adım aralığı ( tezgahın çözünürlüğü ) : 2  $\mu$ m / adım

Sürücü motor : AC Servo motor ( Maksimum 3000 d / dak ( nominal ) )

Kaymalı yatakların sürtünme katsayısı:  $\mu = 0,1$

Hareket yüzdesi: % 60

### 6.1.1 Hedeflenen vidalı mil ömrü

Hedeflenen ömür = ( Günlük çalışma saati ) \* ( Yılda çalışacağı gün sayısı ) \* (Kaç yıl çalışacağı ) \* ( Hareket yüzdesi ) [ Saat ] ( 6.1 )

$L_h = 8 \text{ Saat} * 260 \text{ Gün} * 10 \text{ Yıl} * 0,6 \text{ hareket}$

$L_h = 12480 \text{ saat}$

Çizelge 6.1 CNC tahmini çalışma oranları çizelgesi ( Kesme kuvvetleri: Bölüm 4.1 )

|                | Hız - Devir<br>m / dak – d / dak | Kesme kuvveti<br>daN | İlerleme direnci<br>daN | Kullanım süresi<br>% |
|----------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| Boşta İlerleme | 15 - 3000                        | 0                    | 4,5                     | 10                   |
| Hafif Kesme    | 6 – 1200                         | 100                  | 4,5                     | 50                   |
| Orta Kesme     | 2 - 400                          | 200                  | 4,5                     | 30                   |
| Ağır Kesim     | 1 - 200                          | 300                  | 4,5                     | 10                   |

### 6.1.2 Vidalı milin adım uzunluğu ( bir turundaki ilerleme miktarı ) :

$l = ( \text{Boşta hareket hızı ( m/ dak )} * 1000 ) / ( \text{Motorun maksimum devir sayısı ( d /dak )} )$   
[ mm ] ( 6.2 )

$$l = ( 15 * 1000 ) / 3000 \text{ [ mm ]}$$

$$l = 5 \text{ mm}$$

$$\text{En küçük adım aralığı} = 1 / \text{servo motorun çözünürlüğü} \text{ [ mm / adım]} \quad ( 6.3 )$$

$$\text{En küçük adım aralığı} = 5 / 2500 \text{ [ mm / adım]}$$

$$\text{En küçük adım aralığı} = 0,002 \text{ mm / adım}$$

### 6.1.3 Ortalama yük ( $F_e$ ) :

$$F_e = ( ( F_1^3 * n_1 * t_1 + F_2^3 * n_2 * t_2 + ..... + F_n^3 * n_n * t_n ) / ( n_1 * t_1 + n_2 * t_2 + ..... + n_n * t_n ) )^{1/3} \text{ [ daN ]} \quad ( 6.4 )$$

$$F_e = ( ( 4,5^3 * 3000 * 10 + 104,5^3 * 1200 * 50 + 204,5^3 * 400 * 30 + 304,5^3 * 200 * 10 ) / ( 3000 * 10 + 1200 * 50 + 400 * 30 + 200 * 10 ) )^{1/3} \text{ [ daN ]}$$

$$F_e = 129,8 \text{ daN}$$

$$F_e = ( 2 * F_{\max} + F_{\min} ) / 3 \text{ [ daN ]} \quad ( 6.5 )$$

$$F_e = 0.65 * F_{\max} \text{ [ daN ]} \quad ( 6.6 )$$

$$F_{\max} = F_e / 0,65 \text{ [ daN ]} \quad ( 6.7 )$$

$$F_{\max} = 129,8 / 0,65 \text{ [ daN ]}$$

$$F_{\max} = 199,7 \text{ daN}$$

$$F_e = 0.75 * F_{\min} \text{ [ daN ]} \quad ( 6.8 )$$

$$F_{\min} = F_e / 0,75 \text{ [ daN ]} \quad ( 6.9 )$$

$$F_{\min} = 129,8 / 0,75 \text{ [ daN ]}$$

$$F_{\min} = 173,1 \text{ daN}$$

### 6.1.4 Ortalama devir sayısı

$$n_m = ( n_1 * t_1 + n_2 * t_2 + ..... + n_n * t_n ) / 100 \text{ [ d / dak ]} \quad ( 6.10 )$$

$$n_m = ( 3000 * 10 + 1200 * 50 + 400 * 30 + 200 * 10 ) / 100 \text{ [ d / dak ]}$$

$$n_m = 1040 \text{ d / dak}$$

### 6.1.5 Gerekli olan minimum dinamik yük kapasitesi

$$C_a = F_e * f_s \quad [ \text{daN} ] \quad ( 6.11 )$$

$f_s = 2,5 \dots 7$  (Emniyet katsayısı. Titreşimli çalışan takım tezgahları için öngörülen değer.)

$f_s = 7$  alındı.

$$F_e = 129,8 \text{ daN}$$

$$C_a = 129,8 * 7 \quad [ \text{daN} ]$$

$$C_a = 908,8 \text{ daN}$$

### 6.1.6 Gerekli olan minimum statik yük kapasitesi

$$C_{oa} = F_{\max} * f_s \quad [ \text{daN} ] \quad ( 6.12 )$$

$f_s = 2,5 \dots 7$  (Emniyet katsayısı. Titreşimli çalışan takım tezgahları için öngörülen değer.)

$f_s = 7$  alındı.

$$F_{\max} = 199,7 \text{ daN}$$

$$C_{oa} = 199,7 * 7 \quad [ \text{daN} ]$$

$$C_{oa} = 1398 \text{ daN}$$

### 6.1.7 Vidalı mil ve somunun seçimi

$$C_a > 908,8 \text{ daN}$$

$$C_{oa} > 1398 \text{ daN}$$

**Yük kapasiteleri yukarıdaki eşitsizlikleri sağlayan bir vidalı mil ve somun seçimi yapmak gerekmektedir.**

Çizelge 6.2 Vidalı mil özellikleri çizelgesi ( Comtop , 2004 )

**I** : Vida adımı, **Da** : Bilya çapı, **n** : Somun içindeki tur sayısı, **K** : Rijitlik ( Kg /  $\mu$  m ),  
**Ca** : Dinamik yük kapasitesi ( daN ), **Coa** : Statik yük kapasitesi ( daN )

| Model No. | Dimensions |    |       |     |     |    |    |     |      |       |     |    |   |      |       |    |
|-----------|------------|----|-------|-----|-----|----|----|-----|------|-------|-----|----|---|------|-------|----|
|           | d          | I  | Da    | D   | A   | B  | L  | W   | X    | G     | H   | Q  | n | Ca   | Coa   | K  |
| SFU1604-4 | 16         | 4  | 2.381 | 28  | 48  | 10 | 40 | 38  | 5.5  | 44    | 40  | M6 | 4 | 629  | 1270  | 35 |
| SFU1605-4 |            | 5  | 3.175 | 28  | 48  | 10 | 50 | 38  | 5.5  | 44    | 40  | M6 | 4 | 780  | 1790  | 20 |
| SFU1610-3 |            | 10 | 3.175 | 28  | 48  | 10 | 57 | 38  | 5.5  | 44    | 40  | M6 | 3 | 721  | 1249  | 15 |
| SFU2004-4 | 20         | 4  | 2.381 | 36  | 58  | 10 | 42 | 47  | 6.6  | 51    | 44  | M6 | 4 | 699  | 1617  | 41 |
| SFU2005-4 |            | 5  | 3.175 | 36  | 58  | 10 | 51 | 47  | 6.6  | 51    | 44  | M6 | 4 | 1130 | 2380  | 25 |
| SFU2504-4 | 25         | 4  | 2.381 | 40  | 62  | 10 | 42 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 777  | 2052  | 48 |
| SFU2505-4 |            | 5  | 3.175 | 40  | 62  | 10 | 51 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1280 | 3110  | 35 |
| SFU2506-4 |            | 6  | 3.969 | 40  | 62  | 10 | 54 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1528 | 3284  | 40 |
| SFU2508-4 |            | 8  | 4.762 | 40  | 62  | 10 | 63 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1941 | 3863  | 38 |
| SFU2510-4 |            | 10 | 4.762 | 40  | 62  | 12 | 85 | 51  | 6.6  | 55    | 48  | M6 | 4 | 1944 | 3877  | 33 |
| SFU3204-4 | 32         | 4  | 2.381 | 50  | 80  | 12 | 44 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 871  | 2661  | 56 |
| SFU3205-4 |            | 5  | 3.175 | 50  | 80  | 12 | 52 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 1450 | 4150  | 40 |
| SFU3206-4 |            | 6  | 3.969 | 50  | 80  | 12 | 57 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 1720 | 4298  | 47 |
| SFU3208-4 |            | 8  | 4.762 | 50  | 80  | 12 | 65 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 2189 | 5079  | 44 |
| SFU3210-4 |            | 10 | 6.350 | 50  | 80  | 12 | 90 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 4 | 3390 | 7170  | 79 |
| SFU3220-3 |            | 20 | 3.969 | 50  | 80  | 12 | 99 | 65  | 9    | 71    | 62  | M6 | 3 | 1354 | 3283  | 52 |
| SFU4005-4 | 40         | 5  | 3.175 | 63  | 93  | 14 | 55 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M8 | 4 | 1610 | 5330  | 49 |
| SFU4006-4 |            | 6  | 3.969 | 63  | 93  | 14 | 60 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M6 | 4 | 1911 | 5458  | 55 |
| SFU4008-4 |            | 8  | 4.762 | 63  | 93  | 14 | 67 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M6 | 4 | 2435 | 6469  | 52 |
| SFU4010-4 |            | 10 | 6.350 | 63  | 93  | 14 | 93 | 78  | 9    | 81.5  | 70  | M8 | 4 | 3910 | 9520  | 50 |
| SFU5010-4 | 50         | 10 | 6.350 | 75  | 110 | 16 | 93 | 93  | 11   | 97.5  | 85  | M8 | 4 | 4450 | 12500 | 65 |
| SFU6310-4 | 63         | 10 | 6.350 | 90  | 125 | 18 | 98 | 108 | 11   | 110   | 95  | M8 | 4 | 5070 | 16600 | 80 |
| SFU8010-4 | 80         | 10 | 6.350 | 105 | 145 | 20 | 98 | 125 | 13.5 | 127.5 | 110 | M8 | 4 | 5620 | 21300 | 90 |

Çizelge 6.2' den **SFU 2505-4** modeli seçilir. (aslında biz Z ekseninde iki adet vida mekanizması kullanacağımız için yukarıdaki minimum yük değerlerinin yarısını almamız yeterli olacaktır fakat iletim elemanlarındaki bir arızadan dolayı tek mekanizmaya düşerse emniyetli bir duruş sağlıyana kadar sistemin zarar görmemesi için sanki bir mekanizma varmış gibi seçim yapılacaktır.)

$$C_a = 1280 \text{ daN } ( > 908,8 \text{ daN } )$$

$$C_{oa} = 3110 \text{ daN } ( > 1398 \text{ daN } )$$

Değerleri eşitsizliği sağlıyor. **Vida mekanizması emniyetle çalışacaktır.**

### 6.1.8 Tahmini vidalı mil ömrü

$$L_t = (C_a / (F_e * f_w))^3 * (10^6 / (60 * n_m)) \quad [ \text{saat} ] \quad ( 6.13 )$$

$$F_e = 64,9 \text{ daN} \quad ( 129,8 / 2 = 64,9 \text{ daN} \text{ tek vida mekanizmasına düşen yük} )$$

$$C_a = 1280 \text{ daN}$$

$$f_w = 1,5 \dots 3 \quad ( \text{Emniyet katsayısı. Darbeli çalışma için öngörülen değer} )$$

$$f_w = 2 \text{ alındı}$$

$$n_m = 1040 \text{ d / dak}$$

$$L_t = (1280 / (64,9 * 2))^3 * (10^6 / (60 * 1040)) \quad [ \text{saat} ]$$

$$L_t = 15359 \text{ saat}$$

$$L_t > L_h \text{ olmalı} \quad ( 6.14 )$$

$$L_h = 12480 \text{ saat}$$

$$15359 \text{ saat} > 12480 \text{ saat}$$

**Vida mekanizması hedeflenen ömrü karşılayabilecektir.**

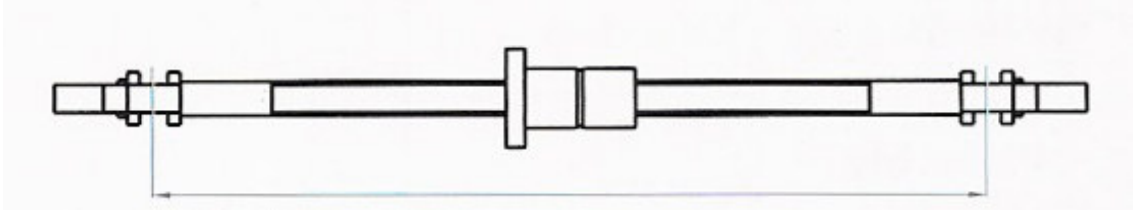
### 6.1.9 Gerekli vida uzunluğu

$$\text{Vida uzunluğu} = \text{Maksimum strok} + \text{Somun uzunluğu} + \text{Konstrüksiyon geometrisi gereği} \\ \text{kayıp olan uzunluk} + 2 * \text{Uç için ayrılan uzunluk} \quad [ \text{mm} ] \quad ( 6.15 )$$

$$\text{Vida uzunluğu} = 275 + 51 + 174 + 2 * 50 \quad [ \text{mm} ]$$

$$\text{Vida uzunluğu} = 600 \text{ mm}$$

### 6.1.10 Vidalı milin yataklar arası mesafesi



**Vidalı milin yataklar arası mesafesi = 500 mm**

Şekil 6.2 Vidalı mil

### 6.1.11 İzin verilen maksimum devir sayısı

$$n_{\text{maks}} = f * (d_r / L^2) * 10^7 \quad [\text{d} / \text{dak}] \quad (6.16)$$

$f = 21,9$  ( İki ucu da sabit mafsall ile tutturulmuş yataklama için öngörülen katsayı)

$d_r = 21,9 \text{ mm}$  ( Vidanın diş dibi çapı )

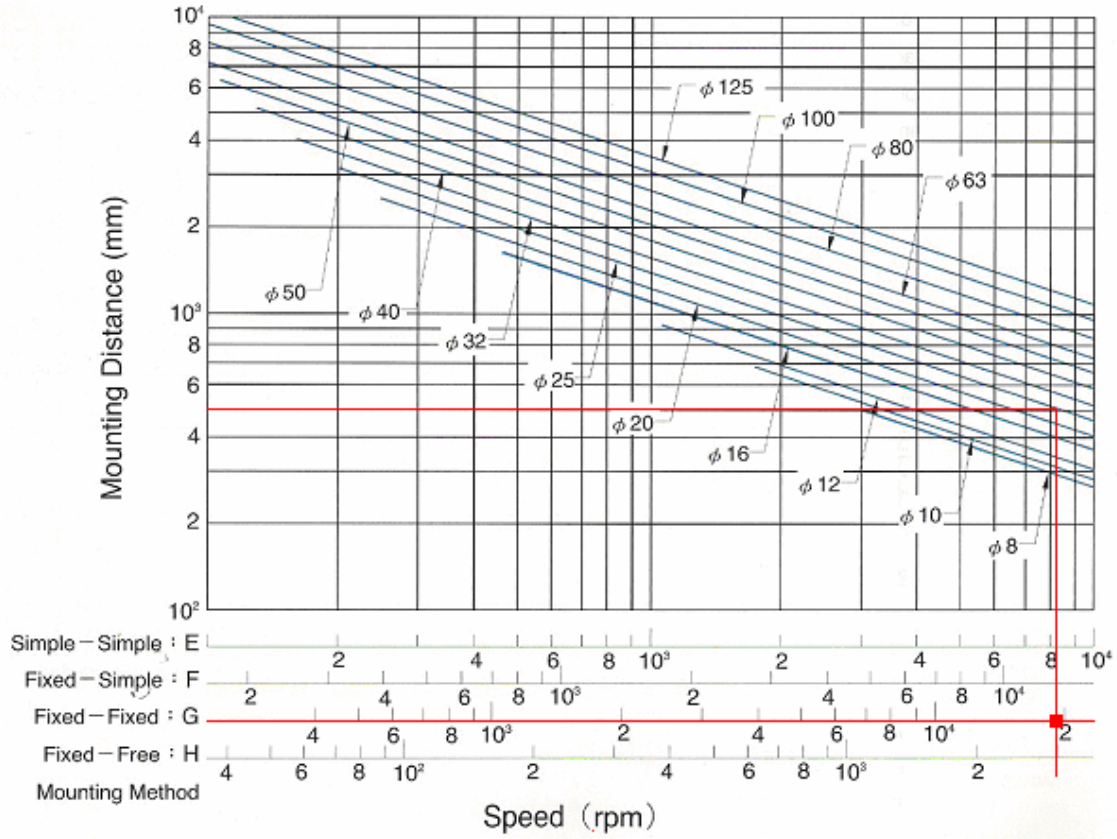
$L_v = 500 \text{ mm}$  ( Vidalı milin yatak mesafesi )

$$n_{\text{maks}} = 21,9 * (21,9 / 500^2) * 10^7 \quad [\text{d} / \text{dak}]$$

**$n_{\text{maks}} = 19184,4 \text{ d} / \text{dak}$**  ( Çizelge 6.3'ten okunan değer ile uyumludur. )

Çizelge 6.3 İzin verilen maksimum hızın yatak cinsi ve mesafesine göre değişimi ( Comtop , 2004 )

**Mounting distance** : Yataklar arası mesafe, **Speed** : Hız, **Simple** : Basit, **Fixed** : Sabit, **Free** : Serbest



### 6.1.12 Vidalı miller üzerine gelen yükler

#### 6.1.12.1 Yukarı çıkarken hızlanma, aşağı inerken yavaşlama sırasında

$$F_H = G * g + ( G * V / ( 60 * \Delta t ) ) \quad [ N ] \quad ( 6.17 )$$

$$G = 45 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$V = 15 \text{ m / dak}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s}$$

$$F_H = 45 * 9,8 + ( 45 * 15 / ( 60 * 0,5 ) ) \quad [ N ]$$

$$F_H = 463,5 \text{ N}$$

### 6.1.12.2 Yukarı çıkarken yavaşlama, aşağı inerken hızlanma sırasında

$$P_Y = G * g - ( G * V / ( 60 * \Delta t ) ) \quad [ N ] \quad ( 6.18 )$$

$$G = 45 \text{ kg}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$V = 15 \text{ m / dak}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s}$$

$$P_Y = 45 * 9,8 - ( 45 * 15 / ( 60 * 0,5 ) ) \quad [ N ]$$

$$P_Y = 413,5 \text{ N}$$

### 6.1.13 Vidalı millerin rijitlik kontrolü

Bölüm 6.1.12'den görüldüğü üzere vidalı millerin üzerine gelen en yüksek kuvvet hızlanma sırasında oluşuyor. Bu kuvvet:

$$F_H = 463,5 \text{ N}$$

Bu kuvvete maksimum kesme kuvvetini de eklersek:

$$F_{\text{vidalı miller}} = F_H + F_{\text{kesme}} \quad [ N ] \quad ( 6.19 )$$

$$F_{\text{vidalı miller}} = 463,5 + 3000 \quad [ N ]$$

$$F_{\text{vidalı miller}} = 3463,5 \text{ N}$$

Herbir vidalı mil üzerine düşen kuvvet:

$$F_{\text{vidalı mil}} = F_{\text{vidalı miller}} / 2 \quad [ N ] \quad ( 6.20 )$$

$$F_{\text{vidalı mil}} = 3463,5 / 2 \quad [ N ]$$

$$F_{\text{vidalı mil}} = 1731,8 \text{ N}$$

Bu kuvvet altında vidalı milin deviasyonu:

$$D_{\text{vidalı mil}} = ( F_{\text{vidalı mil}} / ( K * g ) ) \quad [ \mu\text{m} ] \quad ( 6.21 )$$

$$K = 35 \text{ kg / } \mu\text{m} \quad ( \text{Çizelge 6.2 'den SFU 2505-4 Vidalı mil için rijitlik katsayısı} )$$

$$F_{\text{vidalı mil}} = 1731,8 \text{ N}$$

$$g = 9,8 \text{ m / s}^2$$

$$D_{\text{vidalı mil}} = ( 1731,8 / ( 35 * 9,8 ) ) \quad [ \mu\text{m} ]$$

$$D_{\text{vidalı mil}} = 5 \mu\text{m}$$

Z Ekseninde vidalı mil sehimi değeri  $5 \mu\text{m}$ 'dir.

Sehim değerini düşürmek ve rijitliği arttırmak için aşağıdaki işlemlerden biri veya birkaçı beraber uygulanmalıdır.

'z' ( Takım diş sayısı ) değeri azaltılmalıdır. ( Ek-11 )

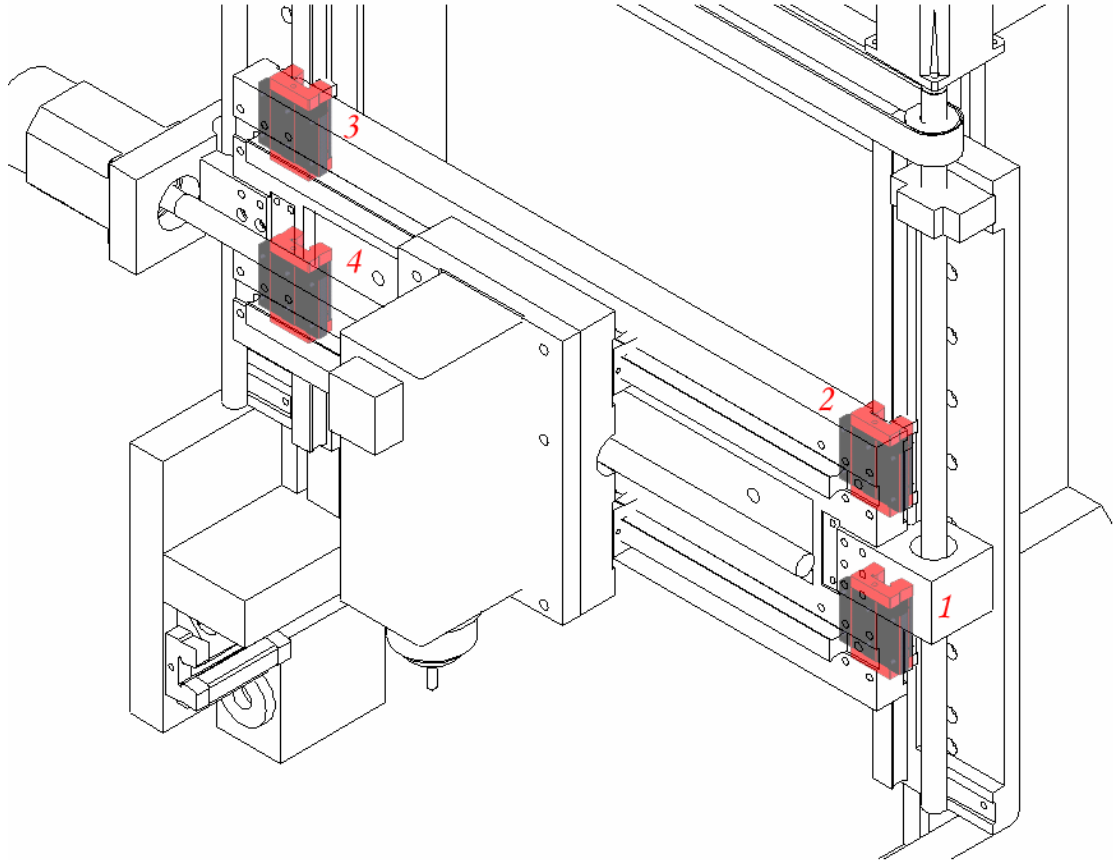
'D' ( Takım çapı ) değeri artırılmalıdır. ( Ek-12 )

'S<sub>z</sub>' ( diş başına düşen ilerleme miktarı ) değeri azaltılmalıdır. ( Ek-13 )

'B' ( Yana kayma ) veya 'a' ( Paso derinliği ) değeri azaltılmalıdır. ( Ek-14 )

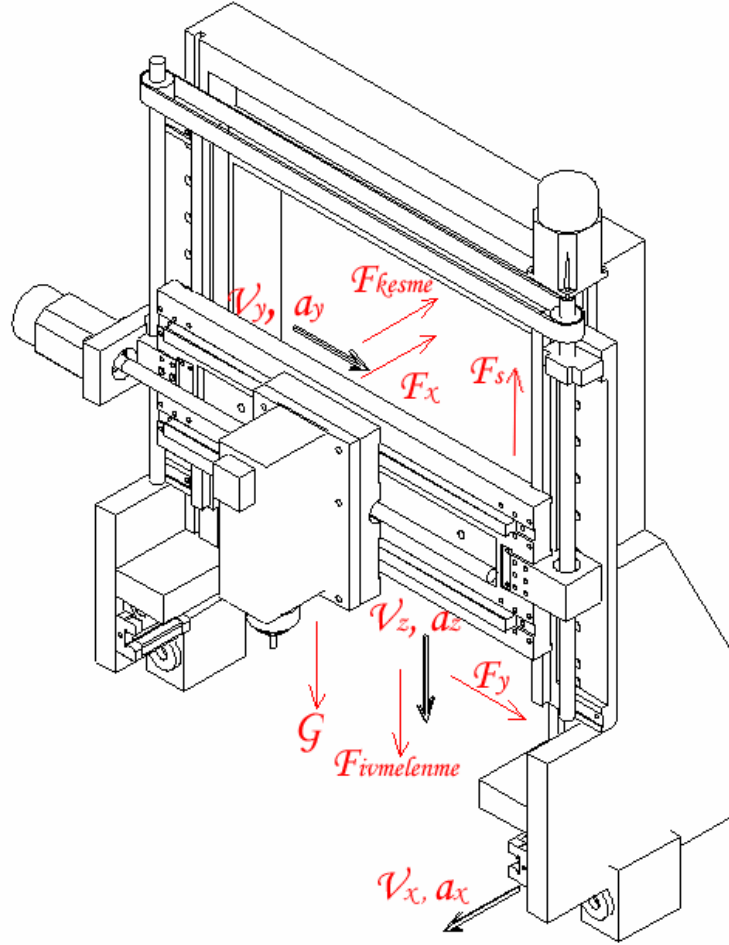
V hızının sehimi ve rijitlik değerleri üzerinde bir etkisi yoktur. ( Ek-15 )

## 6.2 Ray ve Araba Hesapları



Şekil 6.3 Z ekseninde bulunan 4 adet BMA-20 bilyalı arabanın konumu

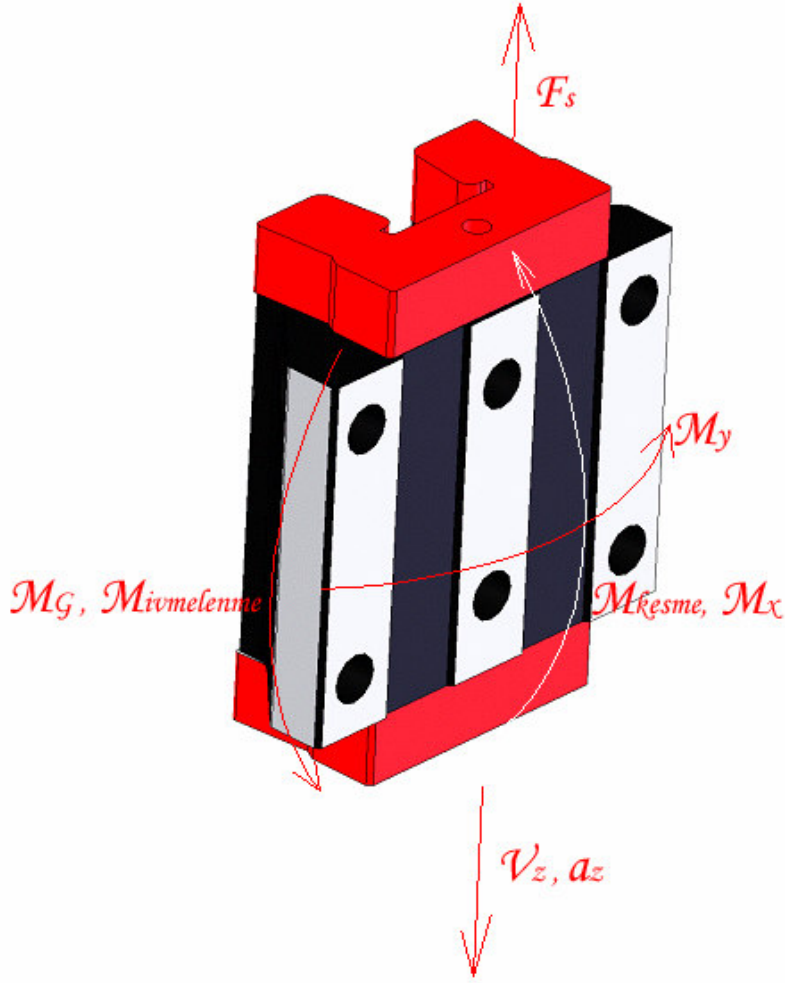
Z ekseninde 4 adet BMA-20 kodlu bilyalı araba bulunmaktadır. Bu arabalar bilyalı olmaları dolayısıyla minimum değme alanı, minimum sürtünme; buna karşılık sertleştirilmiş çelikten imal edilmiş bilyaları sayesinde yüksek rijitlik ve uzun ömür sağlamaktadırlar. Gövdeleri de yine çelikten imal edilmiştir ve CNC’de işlenmişlerdir. Her arabanın kendi üzerinde yağ haznesi vardır ve bilyalar hareket süresince bu hazneden dolaşım sürekli yağlanırlar.



Şekil 6.4 Z eksenine etki eden kuvvetler

Ray ve araba hesapları yapılırken olabilecek en kötü senaryoyu simüle etmek ve bu koşullarda dahi makinenin uzun yıllar boyunca çalışmasını sağlamak hedeflenmiştir. Hesaplar sırasında makinede oluşabilecek maksimum ataletleri oluşturabilmek için makine her eksenin yapabileceği maksimum ivmeyle yavaşlaması durumu baz alınmıştır. ( Kuvvet yönleri makineyi en çok zorlayabileceği yönde alınmışlardır.) Ayrıca çalışma şartı olarak da en

yüksek kesme kuvvetinin olduğu ağır çalışma koşulu düşünülmüştür. (  $F_{\text{kesme}} = 300 \text{ daN}$  olarak alınmıştır. )



Şekil 6.5 Z ekseninde bulunan 1 no'lu BMA-20 bilyalı arabaya etki eden kuvvetler

### 6.2.1 G ( yer çekimi ) kuvvetinin bulunması

Z ekseninin hareket ettirdiği tüm kütlenin ağırlığı ile oluşan kuvvettir.

$$G = G_z * g \text{ [ N ]} \quad ( 6.22 )$$

$$G_z = 45 \text{ kg}$$

$$g = 9.8 \text{ m / s}^2$$

$$G = 45 * 9.8$$

$$G = 441 \text{ N}$$

### 6.2.2 $F_{\text{ivmelenme}}$ kuvvetinin bulunması

Z ekseninin  $-Z$  yönündeki ( aşağıya doğru ) hareketinin maksimum ivme ile yavaşlaması ile ortaya çıkan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(z)} = V_{\max(z)} / \Delta t \quad [ \text{m} / \text{s}^2 ] \quad ( 6.23 )$$

$$V_{\max(z)} = 15 \text{ m} / \text{dak} \text{ ( Z eksenindeki maksimum hız )}$$

$$V_{\max(z)} = 0,25 \text{ m} / \text{s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s} \text{ ( ivmelenme süresi )}$$

$$\alpha_{\max(z)} = 0,25 / 0,5 \quad [ \text{m} / \text{s}^2 ] \text{ ( Z eksenindeki maksimum ivme )}$$

$$\alpha_{\max(z)} = 0,5 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = G_z * \alpha_z \quad [ \text{N} ] \quad ( 6.24 )$$

$$G_z = 45 \text{ kg} \text{ ( Z ekseninde hareket eden kütle miktarı )}$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 45 * 0,5 \quad [ \text{N} ]$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 22,5 \text{ N}$$

### 6.2.3 $F_y$ kuvvetinin bulunması

Y ekseninin  $+Y$  yönündeki hareketinin maksimum ivme ile yavaşlaması ile ortaya çıkan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(y)} = V_{\max(y)} / \Delta t \quad [ \text{m} / \text{s}^2 ] \quad ( 6.25 )$$

$$V_{\max(y)} = 20 \text{ m} / \text{dak} \text{ ( Y eksenindeki maksimum hız )}$$

$$V_{\max(y)} = 0,33 \text{ m} / \text{s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s} \text{ ( ivmelenme süresi )}$$

$$\alpha_{\max(y)} = 0,33 / 0,5 \quad [ \text{m} / \text{s}^2 ] \text{ ( Y eksenindeki maksimum ivme )}$$

$$\alpha_{\max(y)} = 0,66 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$F_y = G_y * \alpha_y \quad [ \text{N} ] \quad ( 6.26 )$$

$$G_y = 20 \text{ kg} \text{ ( Y ekseninde hareket eden kütle miktarı )}$$

$$F_y = 20 * 0,66 \quad [ \text{N} ]$$

$$F_y = 13,3 \text{ N}$$

#### 6.2.4 $F_x$ kuvvetinin bulunması

X ekseninin ivmeli hareketi ile oluşan atalet kuvvetidir.

$$\alpha_{\max(x)} = V_{\max(x)} / \Delta t \quad [ \text{m} / \text{s}^2 ] \quad ( 6.27 )$$

$$V_{\max(x)} = 10 \text{ m} / \text{dak} \text{ ( X eksenindeki maksimum hız )}$$

$$V_{\max(x)} = 0,1667 \text{ m} / \text{s}$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ s} \text{ ( ivmelenme süresi )}$$

$$\alpha_{\max(x)} = 0,1667 / 0,5 \quad [ \text{m} / \text{s}^2 ] \text{ ( X eksenindeki maksimum ivme )}$$

$$\alpha_{\max(x)} = 0,33 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$F_x = G_x * \alpha_x \quad [ \text{N} ] \quad ( 6.28 )$$

$$G_x = 150 \text{ kg} \text{ ( X ekseninde hareket eden kütle miktarı )}$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 150 * 0,33 \quad [ \text{N} ]$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 50 \text{ N}$$

#### 6.2.5 Kesme kuvvetinin bulunması

Tezgahtı en fazla zorluyabilmek için olabilecek en kötü çalışma şartı olan ağır çalışma baz alınmıştır. Bu çalışma şartında:

$$F_{\text{kesme}} = 300 \text{ daN}$$

$$F_{\text{kesme}} = 3000 \text{ N}$$

#### 6.2.6 Sürtünme kuvvetinin bulunması

Ray ve araba arasındaki sürtünmeden dolayı oluşan kuvvettir. Bu kuvvete büyük oranda arabanın iki tarafındaki bilyaları pislikten korumak için olan plastik kapaklar neden olmaktadır.

$$F_{\text{sürtünme}} = F_y * \mu \quad [ \text{N} ] \quad ( 6.29 )$$

$$\mu = 0,1$$

$$F_y = 13,3 \text{ N ( Bölüm 6.2.3 'den )}$$

$$F_{\text{sürtünme}} = ( 13,3 ) * 0,1 \quad [ \text{N} ]$$

$$F_{\text{sürtünme}} = 1,3 \text{ N}$$

### 6.2.7 $F_{\text{toplam}}$ kuvvetinin ( toplam kuvvetin ) bulunması

Kuvvet vektörlerinin toplanması ile bulunmuştur. ( Vektörel toplam yapılmıştır. )

$$F_{\text{toplam}} = ( ( G + F_{\text{ivmelenme}} + F_{\text{sürtünme}} )^2 + ( F_y )^2 + ( F_x + F_{\text{kesme}} )^2 )^{1/2} \quad [ \text{N} ] \quad ( 6.30 )$$

$$F_{\text{toplam}} = ( ( 441 + 22,5 + 1,3 )^2 + ( 13,3 )^2 + ( 50 + 3000 )^2 )^{1/2} \quad [ \text{N} ]$$

$$F_{\text{toplam}} = 3085,2 \text{ N ( Z eksenine etki eden toplam kuvvet )}$$

### 6.2.8 $F_{\text{toplam araba}}$ kuvvetinin ( araba başına düşen kuvvetin ) bulunması

Z Ekseninde 4 adet bilyalı araba kullanıldığı için toplam kuvvet eşit şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba başına düşen kuvveti bulmak için toplam kuvveti 4'e bölmek yeterli olacaktır.

$$F_{\text{toplam araba}} = F_{\text{toplam}} / 4 \quad [ \text{N} ] \quad ( 6.31 )$$

$$F_{\text{toplam araba}} = 3085,2 / 4$$

$$F_{\text{toplam araba}} = 771.3 \text{ N ( araba başına düşen kuvvet miktarı )}$$

### 6.2.9 $M_{\text{kesme}}$ momentinin ( Kesme kuvvetinin araba üzerinde oluşturduğu momentin ) bulunması

Kesme kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenden farklı bir ekseninde bulunduğu için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_{\text{kesme}} = F_{\text{kesme}} * d_1 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 6.32 )$$

$$F_{\text{kesme}} = 3000 \text{ N ( Bölüm 6.2.5 'den )}$$

$$d_1 = 0,085 \text{ m ( Kesme kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı )}$$

$$M_{\text{kesme}} = 3000 * 0,085 \text{ [ N m ]}$$

$$M_{\text{kesme}} = 255 \text{ [ N m ]}$$

#### 6.2.10 $M_{\text{ivmelenme}}$ momentinin ( İvmelenme kuvvetinin araba üzerinde oluşturduğu momentin ) bulunması

İvmelenme kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenenden farklı bir eksenende bulunduğu için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_{\text{ivmelenme}} = F_{\text{ivmelenme}} * d_2 \text{ [ N m ]} \quad ( 6.33 )$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 22,5 \text{ N ( Bölüm 6.2.2 'den )}$$

$d_2 = 0,055 \text{ m}$  ( İvmelenme kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı )

$$M_{\text{ivmelenme}} = 22,5 * 0,055 \text{ [ N m ]}$$

$$M_{\text{ivmelenme}} = 1,2 \text{ [ N m ]}$$

#### 6.2.11 $M_y$ momentinin ( $F_y$ kuvvetinin araba üzerinde oluşturduğu momentin ) bulunması

$F_y$  kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenenden farklı bir eksenende bulunduğu için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_y = F_y * d_3 \text{ [ N m ]} \quad ( 6.34 )$$

$$F_y = 13,3 \text{ N ( Bölüm 6.2.3 'den )}$$

$d_2 = 0,055 \text{ m}$  (  $F_y$  kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı )

$$M_y = 13,3 * 0,055 \text{ [ N m ]}$$

$$M_y = 0,7 \text{ [ N m ]}$$

#### 6.2.12 $M_x$ momentinin ( $F_x$ kuvvetinin araba üzerinde oluşturduğu momentin ) bulunması

$F_x$  kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenenden farklı bir eksenende bulunduğu için arabaya

etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_x = F_x * d_4 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 6.35 )$$

$$F_x = 50 \text{ N} \quad ( \text{Bölüm 6.2.4 'den} )$$

$$d_4 = 0,2 \text{ m} \quad ( F_x \text{ kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı} )$$

$$M_x = 50 * 0,2 \quad [ \text{N m} ]$$

$$\mathbf{M_x = 10 \quad [ \text{N m} ]}$$

### **6.2.13 $M_G$ momentinin (G kuvvetinin araba üzerinde oluşturduğu momentin ) bulunması**

G kuvveti arabanın merkezinden geçen eksenden farklı bir ekseninde bulunduğu için arabaya etkisi moment şeklinde oluşur.

$$M_G = G * d_5 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 6.36 )$$

$$G = 441 \text{ N} \quad ( \text{Bölüm 6.2.1 'den} )$$

$$d_5 = 0,055 \text{ m} \quad ( F_y \text{ kuvvetinin etki ettiği noktanın arabanın merkezine olan dik uzaklığı} )$$

$$M_G = 441 * 0,055 \quad [ \text{N m} ]$$

$$\mathbf{M_G = 24,3 \quad [ \text{N m} ]}$$

### **6.2.14 $M_{OLT}$ moment toplamalarının bulunması**

$$M_{OLT} = M_{ivmelenme} + M_{kesme} + M_x + M_G \quad [ \text{N m} ] \quad ( 6.37 )$$

$$M_{ivmelenme} = 1,2 \text{ N m} \quad ( \text{Bölüm 6.2.10 'dan} )$$

$$M_{kesme} = 255 \text{ N m} \quad ( \text{Bölüm 6.2.9 'dan} )$$

$$M_x = 10 \text{ N m} \quad ( \text{Bölüm 6.2.12 'den} )$$

$$M_G = 24,3 \text{ N m} \quad ( \text{Bölüm 6.2.13 'den} )$$

$$M_{OLT} = 1,2 + 255 + 10 + 24,3 \quad [ \text{N m} ]$$

$$\mathbf{M_{OLT} = 290,5 \text{ N m}}$$

### 6.2.15 $M_{OLTA}$ ( Z eksenindeki her bir araba başına düşen toplam momentin) moment toplamalarının bulunması

Z Ekseninde 4 adet bilyalı araba kullanıldığı için toplam moment eşit şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba başına düşen momenti bulmak için toplam momenti 4'e bölmek gerekmektedir.

$$M_{OLTA} = M_{OLT} / 4 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 6.38 )$$

$$M_{OLTA} = 290,5 / 4 \quad [ \text{N m} ]$$

$$M_{OLTA} = 72,6 \quad [ \text{N m} ]$$

### 6.2.16 $M_{OQT}$ moment toplamalarının bulunması

$$M_{OQT} = M_y \quad [ \text{N m} ] \quad ( 6.39 )$$

$$M_y = 0,7 \text{ N m} \quad ( \text{Bölüm 6.2.11'den} )$$

$$M_{OQT} = 0,7 \text{ N m}$$

### 6.2.17 $M_{OQTA}$ ( Z eksenindeki her bir araba başına düşen toplam momentin) moment toplamalarının bulunması

Z Ekseninde 4 adet bilyalı araba kullanıldığı için toplam moment eşit şekilde 4 araba tarafından paylaşılmaktadır. Araba başına düşen momenti bulmak için toplam momenti 4'e bölmek gerekmektedir.

$$M_{OQTA} = M_{OQT} / 4 \quad [ \text{N m} ] \quad ( 6.40 )$$

$$M_{OQTA} = 0,7 / 4 \quad [ \text{N m} ]$$

$$M_{OQTA} = 0,2 \text{ N m}$$

### 6.2.18 Arabaların güvenlik kontrolü

Arabaların güvenli bir şekilde çalışması ancak Çizelge 6.4 'ten okunulan C kuvveti ve  $M_{OQ}$ ,  $M_{OL}$  moment değerlerinin bizim sistemimizde oluşan kuvvet ve moment değerlerinden büyük olmasıyla gerçekleşebilir.

Bunu şu şekilde gösterebiliriz:

$$F_{\text{toplam araba}} < C ; \quad ( 6.41 )$$

$$M_{\text{OLTA}} < M_{\text{OL}} ; \quad ( 6.42 )$$

$$M_{\text{OQTA}} < M_{\text{OQ}} ; \quad ( 6.43 )$$

eşitsizliklerinin sağlanması durumunda arabamız emniyetli bir çalışma sergileyecektir.

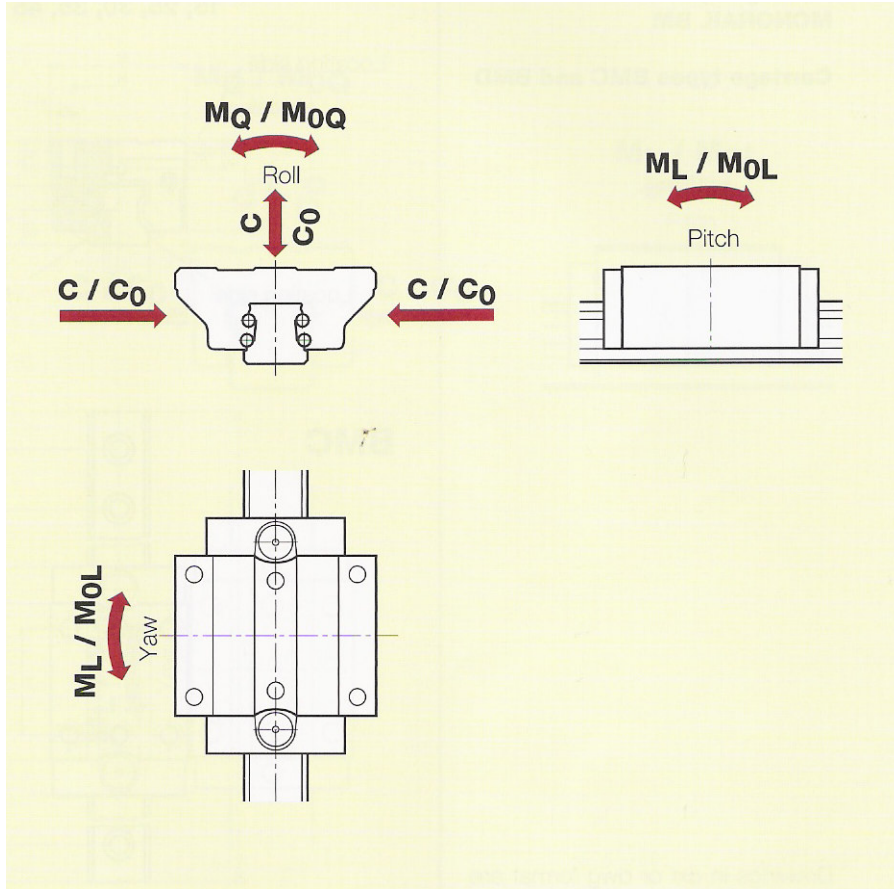
$$F_{\text{toplam araba}} < C ; ( 771.3 \text{ N} < 14400 \text{ N} )$$

$$M_{\text{OLTA}} < M_{\text{OL}} ; ( 72,6 \text{ N m} < 373 \text{ N m} )$$

$$M_{\text{OQTA}} < M_{\text{OQ}} ; ( 0,2 \text{ N m} < 292 \text{ N m} )$$

Eşitsizlikler sağlanıyor. Z ekseninde kullanılan 4 adet BMA-20 bilyalı araba **EMNİYETLİ**'dir

Çizelge 6.4 Kuvvet ve momentlerin Çizelge 6.5 'teki karşılıkları



Çizelge 6.5 Bilyalı arabaların özellikleri çizelgesi ( Schneeberger , 2004 )  
**Type** : Tip, **Loading capacities** : Yük kapasiteleri, **Moments** : Momentler, **Weight** :  
 Ağırlık, **Carriage** : Araba, **Rail** : Ray

| Type          | Loading capacities    |          | Moments                 |                         |                        |                        | Weight           |                |
|---------------|-----------------------|----------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------|----------------|
|               | C <sub>0</sub><br>(N) | C<br>(N) | M <sub>0Q</sub><br>(Nm) | M <sub>0L</sub><br>(Nm) | M <sub>Q</sub><br>(Nm) | M <sub>L</sub><br>(Nm) | Carriage<br>(kg) | Rail<br>(kg/m) |
| <b>BMA 15</b> | 19 600                | 9 000    | 181                     | 146                     | 83                     | 67                     | 0.3              | 1.4            |
| <b>BMA 20</b> | 31 400                | 14 400   | 373                     | 292                     | 171                    | 134                    | 0.5              | 2.2            |
| <b>BMB 20</b> | 41 100                | 17 400   | 490                     | 495                     | 206                    | 208                    | 0.6              |                |
| <b>BMA 25</b> | 46 100                | 21 100   | 631                     | 513                     | 289                    | 235                    | 0.7              | 3.0            |
| <b>BMB 25</b> | 60 300                | 25 500   | 825                     | 863                     | 349                    | 365                    | 0.9              |                |
| <b>BMA 30</b> | 63 700                | 29 200   | 1 084                   | 829                     | 497                    | 380                    | 1.2              | 4.3            |
| <b>BMB 30</b> | 83 300                | 35 300   | 1 414                   | 1 390                   | 599                    | 589                    | 1.5              |                |
| <b>BMA 35</b> | 84 400                | 38 700   | 1 566                   | 1 252                   | 718                    | 574                    | 1.8              | 5.4            |
| <b>BMB 35</b> | 110 300               | 46 700   | 2 048                   | 2 104                   | 867                    | 891                    | 2.3              |                |
| <b>BMA 45</b> | 134 800               | 61 900   | 3 193                   | 2 498                   | 1 466                  | 1 147                  | 3.3              | 8.8            |
| <b>BMB 45</b> | 176 300               | 74 700   | 4 175                   | 4 199                   | 1 769                  | 1 779                  | 4.2              |                |

### 6.2.19 Arabaların tahmini ömrü

$$L_t = a_1 * (C / F)^q * 10^5 \quad [m] \quad (\text{Tahmini ömür}) \quad (6.44)$$

Çizelge 6.6 Olasılık çizelgesi ( Schneeberger , 2004 )  
**Event probability** : Olayın olma ihtimali, **Factor** : Faktör

| Event probability %   | 90   | 95   | 96   | 97   | 98   | 99   |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Factor a <sub>1</sub> | 1.00 | 0.62 | 0.53 | 0.44 | 0.33 | 0.21 |

a<sub>1</sub> = 0,21 seçildi ( en kötü olasılık için olan değer ) ( Çizelge 6.6 )

C = 14400 N (Çizelge 6.5’de BMA 20 için olan statik yük kapasitesi değeri )

$$F = F_{\text{toplam araba}} = 771.3 \text{ N}$$

q = 3 ( Bilyalı yataklar için verilen katalog değeri katsayı)

$$L_t = 0,21 * (29200 / 771.3)^3 * 10^5 \quad [m]$$

$$L_t = 1,3665 * 10^8 \text{ m}$$

$$L_h = L_t / (2 * l * n * 60) \quad [saat] \quad (6.45)$$

l = 0,005 m ( bir turdaki ilerleme miktarı )

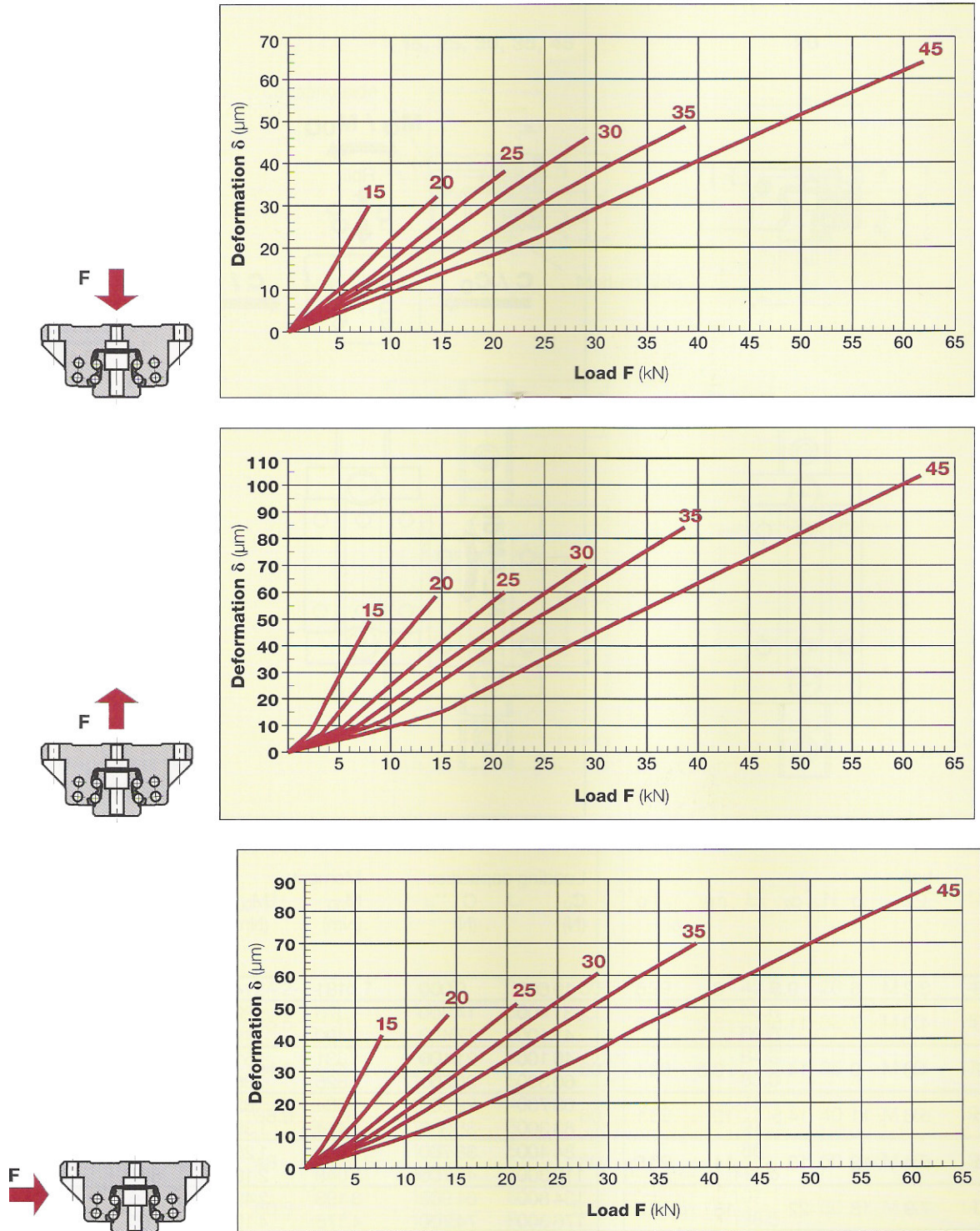
n = 2000 d / dak

$$L_h = 1,3665 * 10^8 / ( 2 * 0,005 * 2000 * 60 ) [ \text{saat} ]$$

$$L_h = 113875 \text{ saat}$$

### 6.2.20 Arabaların rijitlik kontrolleri

Çizelge 6.7 Arabaların farklı yükler altındaki deformasyonları ( Schneeberger , 2004 )



$$F_{\text{toplam araba}} = 771.3 \text{ N} = 0,77 \text{ kN}$$

Tüm kuvvetlerin bileşkesi olan 0,77 kN değerini tabloda BMA-20 için karşılaştırsak her tip kuvvet için deformasyon değeri 1 µm ‘civarındadır. Bu da bizim 2 µm olan kontrol hassasiyetimizin altında olduğu için işleme kalitesini **etkilemeyecektir**.

### 6.3 Motor Hesapları

$$F = F_{\text{kesme}} + F_{\text{ivmelenme}} + F_s + G \text{ [ N ] ( Toplam kuvvet )} \quad ( 6.46 )$$

$$F_{\text{kesme}} = 3000 \text{ N ( Bölüm 6.2.5 )}$$

$$F_{\text{ivmelenme}} = 22,5 \text{ N ( Bölüm 6.2.2 )}$$

$$F_s = 1,3 \text{ N ( Bölüm 6.2.6 )}$$

$$G = 441 \text{ N ( Bölüm 6.2.1 )}$$

$$F = 3000 + 22,5 + 1,3 + 441 \text{ [ N ]}$$

$$F = 3464,8 \text{ N}$$

$$P = ( F * V ) / \eta \text{ [ Watt ]} \quad ( 6.47 )$$

$$P : \text{Gerekli güç [ Watt ]}$$

$$\eta = 0,9 \text{ ( Verim ( Çizelge 6.8 ) )}$$

$$P = ( 3464,8 * 0,1667 ) / 0,9 \text{ [ Watt ]}$$

$$P = 641,8 \text{ Watt}$$

Bu eksen için 1000 Watt ( = 1 kW ) ‘lık servo motor konulmuştur.

Çizelge 6.8 Servo motor özellikleri çizelgesi ( Delta , 2005 )

**Series** : Serisi, **Rated output** : Nominal güç, **Rated torque** : Nominal tork, **Max. Torque** : Maksimum tork, **Rated speed** : Nominal hız, **Max. Speed** : Maksimum hız, **Inertia Moment** : Atalet momenti, **Encoder resolution** : Enkoder çözünürlüğü, **Motor mass** : Motorun ağırlığı, **Motor efficiency** : Motorun verimi

|                                         |          |
|-----------------------------------------|----------|
| A-series L-250                          |          |
| 1000 W                                  |          |
| Rated Output (W)                        | 1000     |
| Rated Torque (N-m)                      | 3.3      |
| Rated Torque (kgf.cm)                   | 33.6501  |
| Max. Torque (N-m)                       | 9.9      |
| Max. Torque (kgf.cm)                    | 100.9503 |
| Rated Speed (r/min)                     | 3000     |
| Max. Speed (r/min)                      | 5000     |
| Inertia Moment J (kg.cm <sup>2</sup> )  | 2.6      |
| Inertia Moment J (kgf.cm <sup>2</sup> ) | 10.4     |
| Encoder resol. (p/rev)                  | 2500     |
| Motor Mass (kg)                         | 4.0      |
| Motor Efficiency (1)                    | 0.9      |

## 7. MALİYET DÖKÜMÜ

### 7.1 Alüminyum Gövde

|                          |                       |        |              |
|--------------------------|-----------------------|--------|--------------|
| 90x45x640                | 15 adet               | 9,6 mt | 47,92 Ytl/mt |
| 90x45x1320               | 4 adet                | 5,3 mt | 47,92 Ytl/mt |
| 90x45x765                | 3 adet                | 2,3 mt | 47,92 Ytl/mt |
| 90x45x685                | 1 adet                | 6,9 mt | 47,92 Ytl/mt |
| 45x45x640                | 4 adet                | 2,6 mt | 26,62 Ytl/mt |
| 40x80x1320               | 7 adet                | 9,3 mt | 39,93 Ytl/mt |
| 90x45x350                | 2 adet                | 0,7 mt | 47,92 Ytl/mt |
| 40x80x685                | 1 adet                | 0,7 mt | 39,93 Ytl/mt |
| 80x80x80 (köşe bağlantı) | 22 adet               | 1,8 mt | 44,28 Ytl/mt |
| 40x80x80 (köşe bağlantı) | 26 adet               | 0,9 mt | 44,28 Ytl/mt |
| Zamak (köşe bağlantı)    | 36 adet               |        | 5 Ytl        |
| Civata                   | 900 adet(M8x25 inbus) |        | 80 Ytl       |
| Özel Somun               | 900 adet              |        | 900 Ytl      |

### 7.2 Hassas yataklar ve vidalı miller

|                         |       |                       |                     |          |
|-------------------------|-------|-----------------------|---------------------|----------|
| BMA30                   | Ray   | 2x1300                | 2600 mm 154 € / mt  | 400,4 €  |
| BMA30                   | Araba | 4 adet                | 4x82 € / adet       | 328 €    |
| BMA20                   | Ray   | 2x630                 | 1 260 mm 135 € / mt | 170,1 €  |
| BMA20                   | Ray   | 2x605                 | 1210 mm 135 € / mt  | 163,35 € |
| BMA20                   | Araba | 4 adet                | 67 € / adet         | 268 €    |
| BMA20                   | Araba | 4 adet                | 67 € / adet         | 268 €    |
| Sfu 2505-4Vidalı mil    |       | 2x1400 mm ( 2800 mm ) | 113 \$ / mt         | 316,4 \$ |
| Sfu 2505-4Flanşlı somun |       | 2 adet                | 77 \$ / adet        | 154 \$   |

|            |               |                       |                 |         |
|------------|---------------|-----------------------|-----------------|---------|
| BK20       | Mil yatağı    | 2 adet                | 2x168 \$ / adet | 336 \$  |
| BF20       | Mil yatağı    | 2 adet                | 2x68 \$ / adet  | 136 \$  |
| SFE 2005-4 | Vidalı mil    | 2x700 mm ( 1 400 mm ) | 69 \$ / mt      | 96,6 \$ |
| SFE 2005-4 | Flanşlı somun | 2 adet                | 100 \$ / adet   | 200 \$  |
| SFE 2005-4 | Vidalı mil    | 685 mm                | 69 \$ / mt      | 47,3 \$ |
| SFE 2005-4 | Flanşlı somun | 1 adet                | 100 \$ / adet   | 100 \$  |
| BK15       | Mil yatağı    | 1 adet                | 130 \$ / adet   | 130 \$  |
| BF15       | Mil yatağı    | 1 adet                | 54 \$ / adet    | 54 \$   |
| BF15       | Mil yatağı    | 1 adet                | 130 \$ / adet   | 130 \$  |
| BF15       | Mil yatağı    | 1 adet                | 54 \$ / adet    | 54 \$   |

### 7.3 Otomasyon

|                                               |        |             |         |
|-----------------------------------------------|--------|-------------|---------|
| 0,75 kW AC Servo motor                        | 2 adet | 652 \$ x 2  | 1304 \$ |
| 0,75 kW AC Servo drive                        | 2 adet | 1032 \$ x 2 | 2064 \$ |
| Haberleşme kablosu                            | 2 adet | 10 x 2      | 20 \$   |
| Kontrol kablosu 50 cm                         | 2 adet | 62 x 2      | 124 \$  |
| Motor kablosu 5 cm                            | 2 adet | 82 x 2      | 164 \$  |
| 1 kW AC Servo motor                           | 1 adet |             | 979 \$  |
| 1 kW AC Servo drive                           | 1 adet |             | 1224 \$ |
| Haberleşme kablosu                            | 1 adet |             | 10 \$   |
| Kontrol kablosu 50 cm                         | 1 adet |             | 62 \$   |
| Motor kablosu 5 cm                            | 1 adet |             | 82 \$   |
| 3,7 kW AC Motor invertör                      | 1 adet |             | 672 \$  |
| ADLINK PCI 8164 4 Eksen Hareket Kontrol Kartı |        |             | 1700 \$ |
| ADLINK DIN 814 P Dağıtıcı                     |        |             |         |

#### 7.4 İşletilen parçalar

|                                                |                          |          |
|------------------------------------------------|--------------------------|----------|
| Al 6082 Sert alüminyum ( muhtelif boyutlarda ) | 116 kg x 12 Ytl          | 1390 Ytl |
| Al 7069 Sert alüminyum ( muhtelif boyutlarda ) | 65 kg x 23 Ytl           | 1495 Ytl |
| Alüminyumların işlenmesi ( Freze )             | 75 saat (25 Ytl / Saat ) | 1875 Ytl |
| Alüminyumların işlenmesi ( CNC )               | 51 saat (40 Ytl / Saat ) | 2040 Ytl |
| Vidalı mil uçlarının tornada açılması          | 5 adet x 130 Ytl         | 650 Ytl  |

#### 7.5 TOPLAM TUTAR

9487,3 \$ + 1597,85 € + 6111 YTL + KDV ;

=~ 21980 YTL + KDV + İşçilik + AR-GE Giderleri.

## 8. SONUÇLAR

Bu çalışmada, CNC freze tezgahının konstrüksiyonu ve bu konstrüksiyon için çeşitli analizler ve hesaplar yapılmıştır. Yapılan analizlerle, konstrüksiyonu oluşturan elemanların ve tüm sistemin emniyetli olduğu görülmüştür.

Farklı malzemeleri farklı hızlarda işleme sırasında tezgaha binen yükler hesaplanmış, en ağır şart için tezgah gücü belirlenmiştir.

Her 3 eksen için de gerekli olan vidalı millerin modelleri saptanmış, tezgaha bir çalışma ömrü hedeflenmiş ve vidalı mil ile arabaların bu süreyi sağlayıp sağlayamadıkları kontrol edilmiş, sağladıkları görülmüştür.

Tezgahın üzerine binen tüm kuvvet ve momentler tespit edilip, tüm eksen elemanları için etkileri kontrol edilmiştir. Her eleman üzerine binen yüklerden yola çıkılarak elemanların rijitlikleri kontrol edilmiştir. Elemanların yaptıkları maksimum sehim değerleri belirlenmiş, tezgahın işleme hassasiyetine etkileri tespit edilmiştir.

Her eksen için gerekli olan servo motor güçleri hesaplanmıştır. Motorların seçimi yapılmıştır.

Güvenilir bir tasarıma ulaşıncaya makine imal edilmiştir. Makine güvenle çalıştırılmıştır.

Makinenin imalatı sırasında karşılaşılan maliyetler verilmiştir.

Tezgah için standard NC kodlarını okuyup işleme yapan bir program yazılmıştır.

İmal edilen CNC'nin özellikleri şunlardır:

Tabla ölçüleri, 1320 mm'ye 560 mm'dir.

İşlenilebilecek parçanın maksimum boyutu sırasıyla X, Y ve Z eksenlerinde; 750 mm, 350 mm, 275 mm'dir.

Eksen güçleri sırasıyla X, Y ve Z eksenlerinde 1 kW, 2 kW, 1 kW'tır.

Freze gücü 5,5kW'tır.

Tezgahın kontrol hassasiyeti 0,002 mm'dir.

**KAYNAKLAR**

Adlink, ( 2005 ) Automation Solutions Manual, U.S.A

Akkurt, A., ( 1985 ) Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul

Akkurt, A., ( 1996 ) Bilgisayar Destekli Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul

AnaBritannica Ansiklopedisi, ( 1989 ) Ana Yayıncılık, 17:243-244

Arion, ( 2005 ) Profil Kataloğu , İstanbul

Bozacı, A., Koçaş, İ., Çolak, Ö. Ü., ( 2000 ) Makina Elemanlarının Projelendirilmesi, Çağlayan Kitabevi, İstanbul

Büyük Larousse Ansiklopedisi, ( 1986 ) Milliyet Gazetecilik A.Ş., İstanbul, 17: 8962-8963.

Comtop , ( 2004 ) Comtop Technology Manual , Taiwan

Delta , ( 2005 ) AC Servo Motors and Drivers Manual , Taiwan

Dikmen, F., ( 2002 ) Makina Elemanları 1 Ders Notları , İstanbul

Diñel, M., ( 1999 ) “CNC Takım Tezgahları” , [www.turkcam.net](http://www.turkcam.net) (web), Tekirdağ

Erer, H., ( 2002 ) “CNC işleme merkezi tezgahlarının seçim kriterleri” , [www.turkcam.net](http://www.turkcam.net) (web), İstanbul

Igus , ( 2003 ) E- Chain Systems Manual , Köln

Köprü Metal , ( 2005 ) Ürün Kataloğu , İstanbul

MiniTec , ( 2004 ) Profile System Manual

Safmak , ( 2001 ) Otomasyon Ürünleri Kataloğu, İstanbul

Schneeberger , ( 2004 ) Monorail Profiled Guideway Manual, Höfen

Tez, Z., ( 2005 ) Tekniğin Evrimi, Paragraf Yayınevi , İstanbul

**EKLER**

|       |                                                                        |
|-------|------------------------------------------------------------------------|
| Ek 1  | Delta marka servo motor ve sürücüsü teknik bilgileri                   |
| Ek 2  | Adlink marka PCI-8164 model hareket kartı teknik bilgileri             |
| Ek 3  | Igus marka hareketli kablo kanalı teknik bilgileri                     |
| Ek 4  | Yan taşıyıcı plaka sol dış ölçüler                                     |
| Ek 5  | Yan taşıyıcı plaka sol delikler                                        |
| Ek 6  | Yan taşıyıcı plaka sağ dış ölçüler                                     |
| Ek 7  | Yan taşıyıcı plaka sağ delikler                                        |
| Ek 8  | Yan taşıyıcı plaka sağ alt bağlantı parçası                            |
| Ek 9  | Yan taşıyıcı plaka sol alt bağlantı parçası                            |
| Ek 10 | Tezgah montaj resmi                                                    |
| Ek 11 | ‘Z’ ( Takım diş sayısı ) - Sehim değeri değişimi                       |
| Ek 12 | ‘D’ ( Takım çapı ) - Sehim değeri değişimi                             |
| Ek 13 | ‘Sz’ ( Diş başına düşen ilerleme ) - Sehim değeri değişimi             |
| Ek 14 | ‘B’ ( Yana kayma ) veya ‘a’ ( Paso derinliği ) - Sehim değeri değişimi |
| Ek 15 | ‘V’ ( Kesme hızı ) - Sehim değeri değişimi                             |
| Ek 16 | CNC Fotoğrafları                                                       |
| Ek 17 | CNC Fotoğrafları                                                       |
| Ek 18 | CNC Fotoğrafları                                                       |

## AC Servo

## AC Servo Drive &amp; Motor



## ASD - A Serisi



## AC SERVO DRIVE

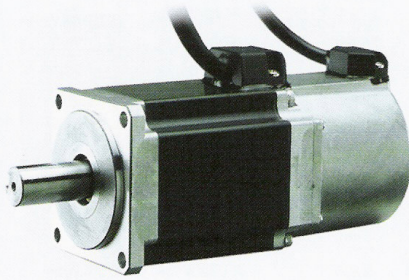
| GÜÇ  | ÜRÜN KODU   | AÇIKLAMA         |
|------|-------------|------------------|
| 100W | ASD-A-0123B | 100W Servo Drive |
| 200W | ASD-A-0223B | 200W Servo Drive |
| 400W | ASD-A-0423B | 400W Servo Drive |
| 750W | ASD-A-0723B | 750W Servo Drive |
| 1KW  | ASD-A-1023B | 1KW Servo Drive  |
| 2KW  | ASD-A-2023B | 2KW Servo Drive  |
| 3KW  | ASD-A-3023B | 3KW Servo Drive  |

## ASD-A SERİSİ ÖZELLİKLERİ

- \* SVPWM Control Method
- \* Torque, speed, position control
- \* 0±10 VDC. analog input
- \* RS232C - RS485 communication port
- \* Low-pass smooth filter
- \* All protection functions
- \* Input, output contact control
- \* Analog monitor output
- \* Electronic gear ratio (1:30000)
- \* Torque limit set by parameters
- \* External pulse/ Internal register position control

## AC SERVO MOTOR

| GÜÇ  | ÜRÜN KODU    | AÇIKLAMA                 |
|------|--------------|--------------------------|
| 100W | ASMH01L250AK | 100W Servo Motor Frensiz |
| 100W | ASMH01L250BK | 100W Servo Motor Frenli  |
| 200W | ASMH02L250AK | 200W Servo Motor Frensiz |
| 200W | ASMH02L250BK | 200W Servo Motor Frenli  |
| 400W | ASMH04L250AK | 400W Servo Motor Frensiz |
| 400W | ASMH04L250BK | 400W Servo Motor Frenli  |
| 750W | ASMH07L250AK | 750W Servo Motor Frensiz |
| 750W | ASMH07L250BK | 750W Servo Motor Frenli  |
| 1KW  | ASMH10M250AK | 1KW Servo Motor Frensiz  |
| 1KW  | ASMH10M250BK | 1KW Servo Motor Frenli   |
| 2KW  | ASMH20M250AK | 2KW Servo Motor Frensiz  |
| 2KW  | ASMH20M250BK | 2KW Servo Motor Frenli   |
| 3KW  | ASMH30M250AK | 3KW Servo Motor Frensiz  |
| 3KW  | ASMH30M250BK | 3KW Servo Motor Frenli   |



## Hareket Kontrol

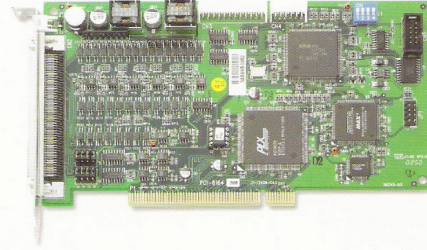
## PXI-8164/PCI-8164

## Gelişmiş 4 eksen Servo Hareket Kontrol Kartı

Hareket Kontrol

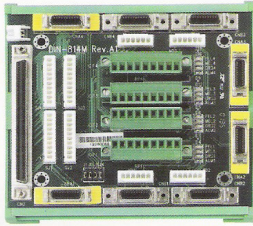
## Özellikler

- \* 32-bit PCI/ PXI veri yolu, Tak-Çalıştır
- \* Max 2.4 Mhz pulse çıkış
- \* OUT+DIR, CW/CCW şeklinde çıkış sinyal seçeneği
- \* 2~4 eksen lineer interpolasyon
- \* 2 eksen dairesel interpolasyon
- \* Trapezoidal ve S-curve hareket profi
- \* Servo motor sürücüler için kolay ara yüz olanağı
- \* Encoder için 28 bitlik up/down sayıcı
- \* Bütün girişler 2500Vrms izole edilmiş
- \* Keypad desteği ile, istenirse manüel kontrol
- \* Limit switch, home switch, ORG switch,
- \* Index sinyal, INP, ERC, ALM
- \* Programlanabilir kesme(interrupt) kaynağı
- \* Tek sistem de max 12 kart desteği

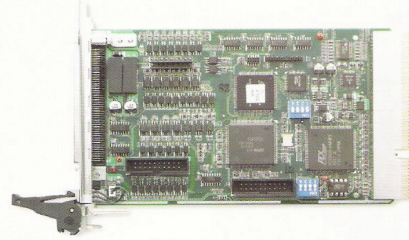
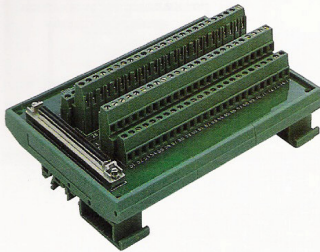


PCI-8164

## DIN-814M



## DIN-100S



PXI-8164

## Uygulamalar

- \* CNC işleme merkezi, torna
- \* Montaj Robotları
- \* Laboratuvar otomasyonu
- \* Robotik

## Karşılaştırma; PCI-8132, PCI-8134, PXI-8164/PCI-8164

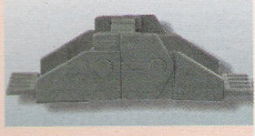
| Model Adı              | PCI-8132  | PCI-8134 | PXI-8164/PCI-8164 |
|------------------------|-----------|----------|-------------------|
| Eksen                  | 2         | 4        | 4                 |
| Posizyon Karşılaştırma | Var       | Yok      | Var               |
| FIFO Auto-reload       | Yok       | Yok      | Var               |
| Posizyon Latch         | Yok       | Yok      | Var               |
| Lineer interpolasyon   | 2 eksen   | 2 eksen  | 4 eksen           |
| Dairesel interpolasyon | Yok       | Yok      | 2 eksen           |
| Sürekli interpolasyon  | Yok       | Yok      | Var               |
| Eve dön rutini         | 3         | 3        | 13                |
| Genel Amaçlı I/O       | 16DI/16DO | -        | 6TTL DO (PCI)     |

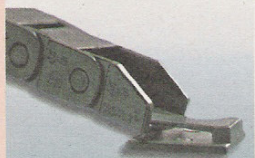
**igus®** **Series E16/Z16 Easy Chain®**

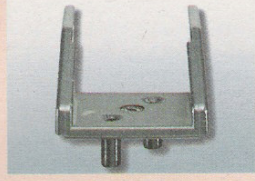
**Price Index**  
  
 6 Widths  
 3 Bending Radii

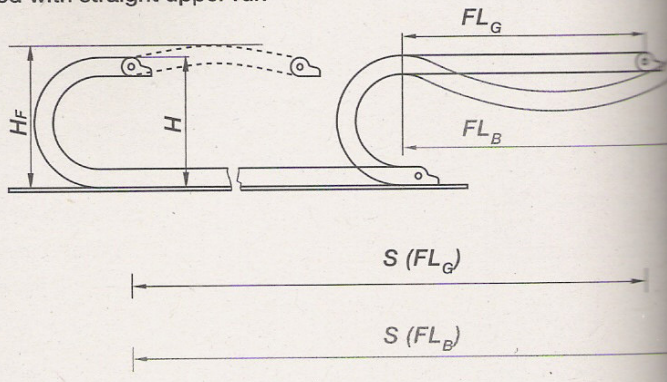
**Product Range**  
 Inner Widths  $B_i$  [mm] 23, 36, 48, 63, 80, 100  
 Bending Radii  $R$  [mm] 060, 075, 100  
 Pitch 30,5 mm/link = 33 links/m (1006,5 mm)

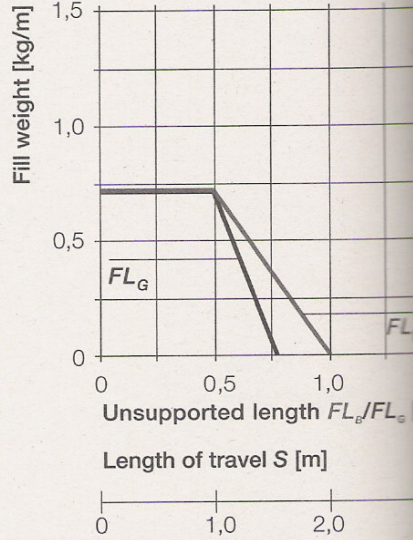
**Unsupported length**  
 ●  $FL_B$  = unsupported with permitted sag  
 ●  $FL_G$  = unsupported with straight upper run

**Mounting brackets with and without integrated strain relief**  


**Quicksnap: the complete, detachable mounting unit**  


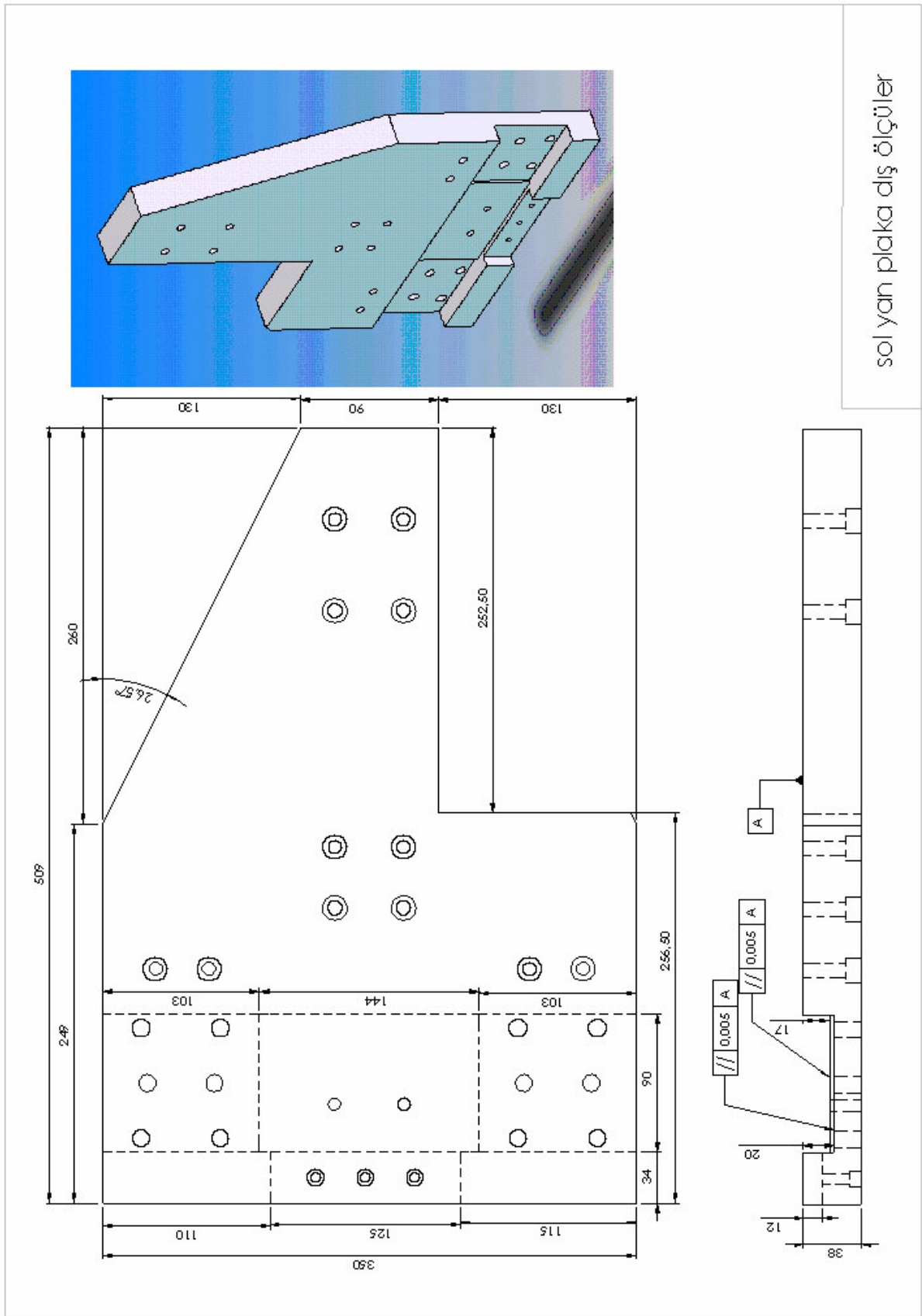
**Quickfix: mounting bracket with dowel**  


**Diagram illustrating the unsupported length and sag:**  


**Graph showing Fill weight [kg/m] vs. Unsupported length  $FL_B/FL_G$  and Length of travel  $S$  [m]:**  


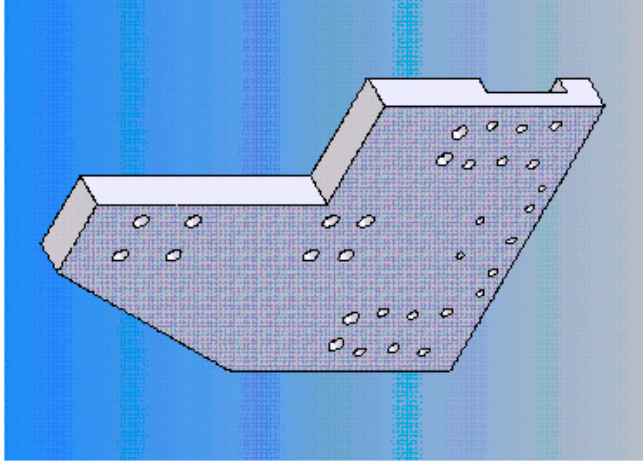
Small pitch for very smooth operation (50 links/m)

**Ek 3** Igus marka hareketli kablo kanalı teknik bilgileri

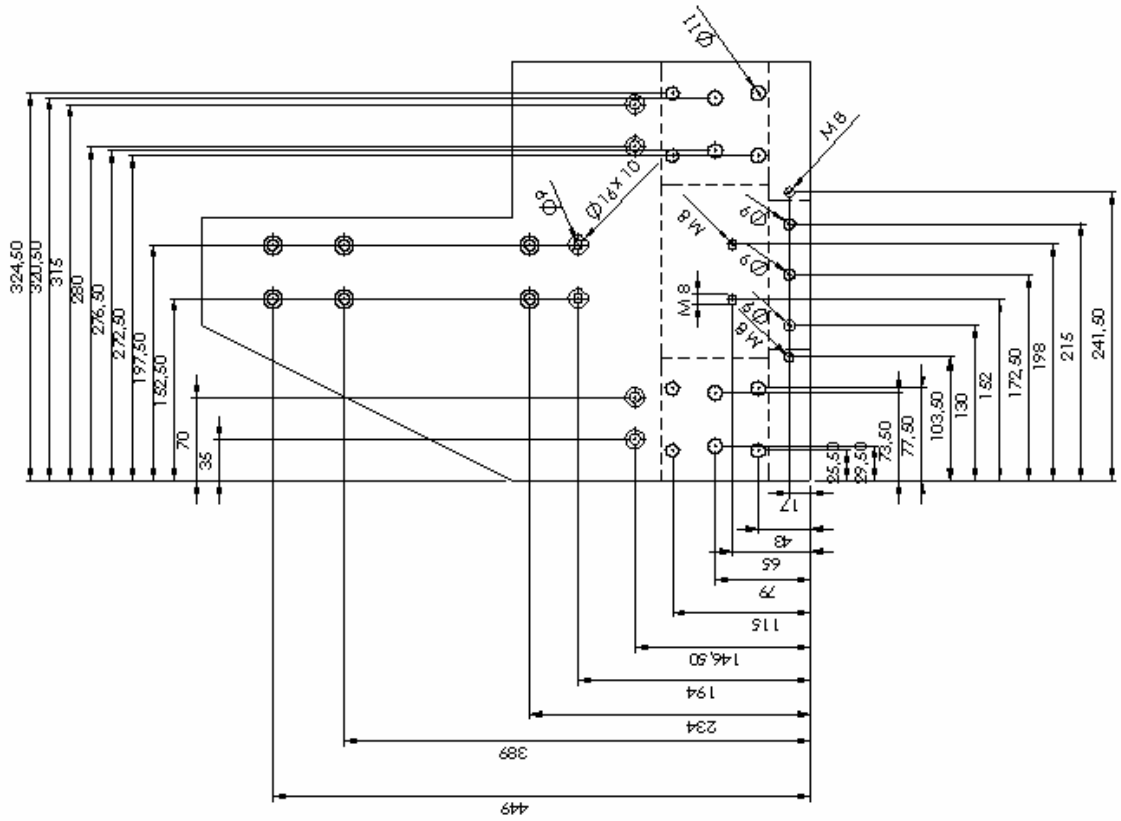


sol yan plaka dış ölçüler

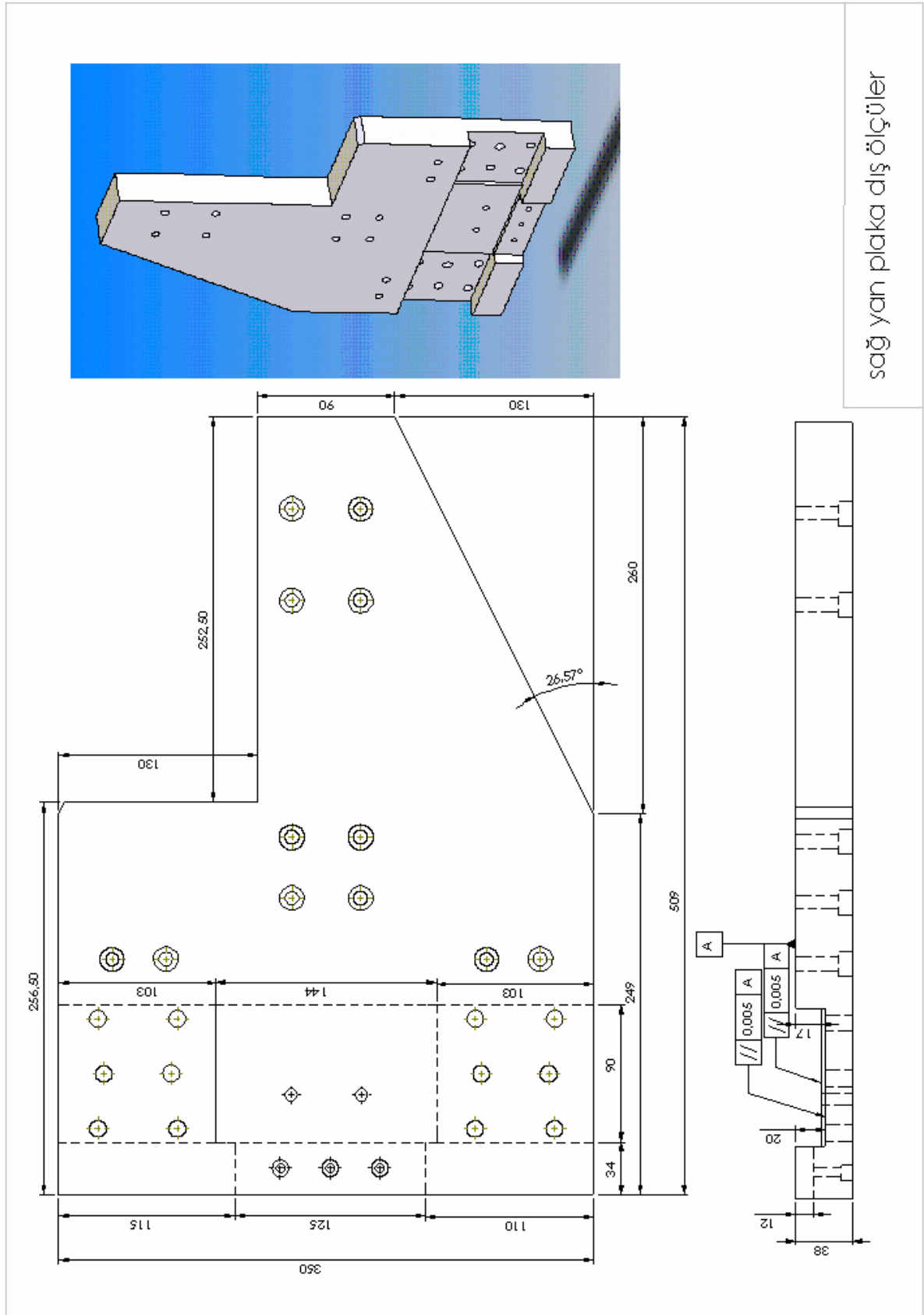
**Ek 4** Yan taşıyıcı plaka sol dış ölçüler



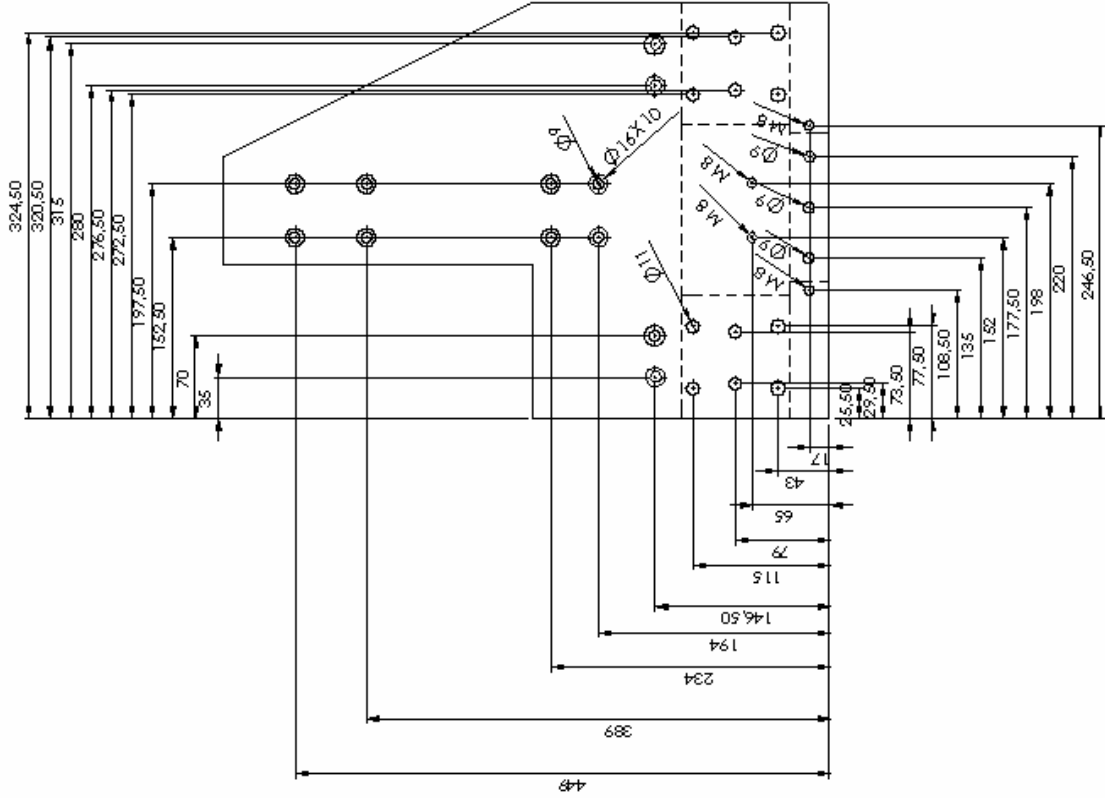
Sol yan plaka delikler



Ek 5 Yan taşıyıcı plaka sol delikler

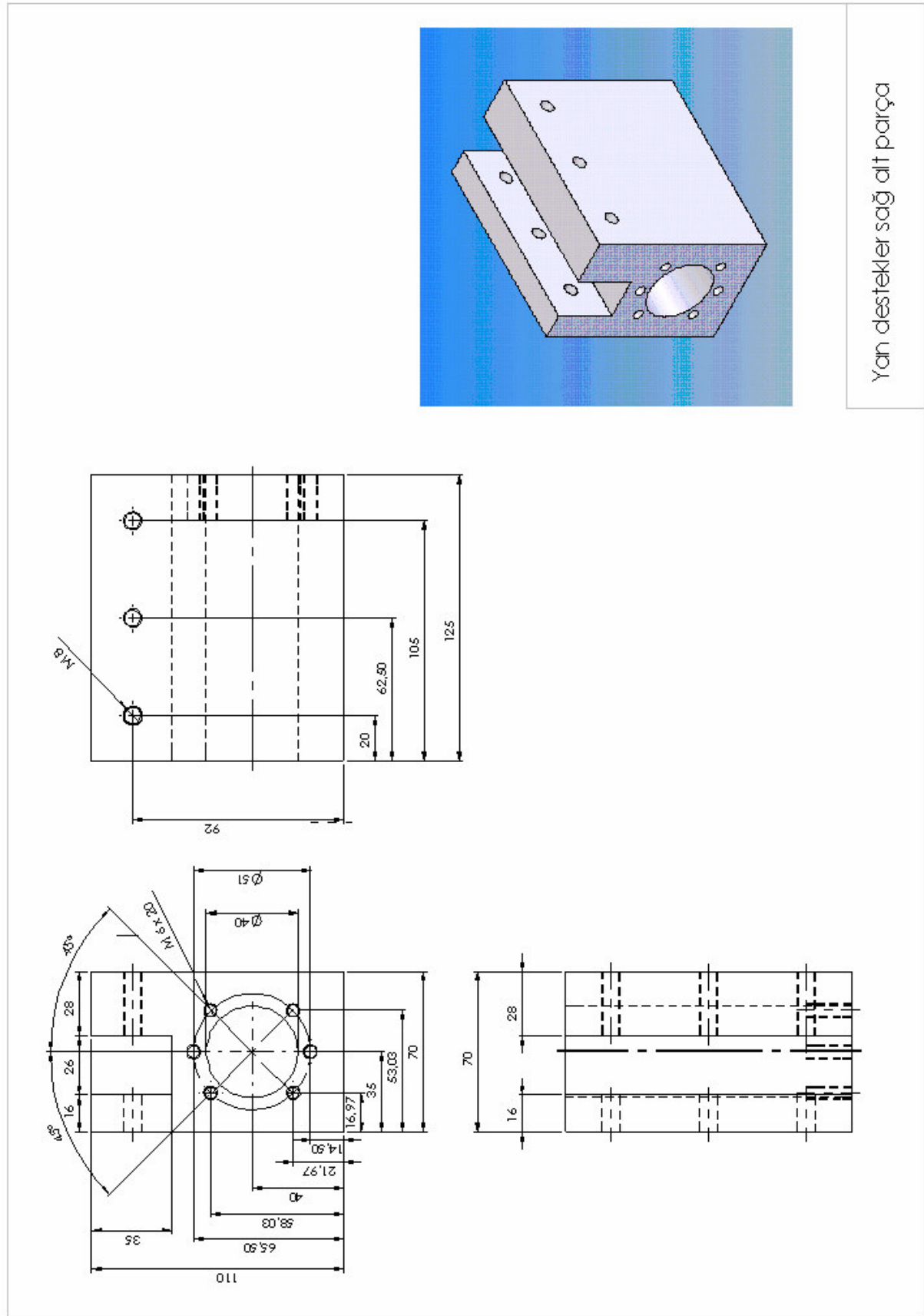


**Ek 6** Yan taşıyıcı plaka sağ dış ölçüler



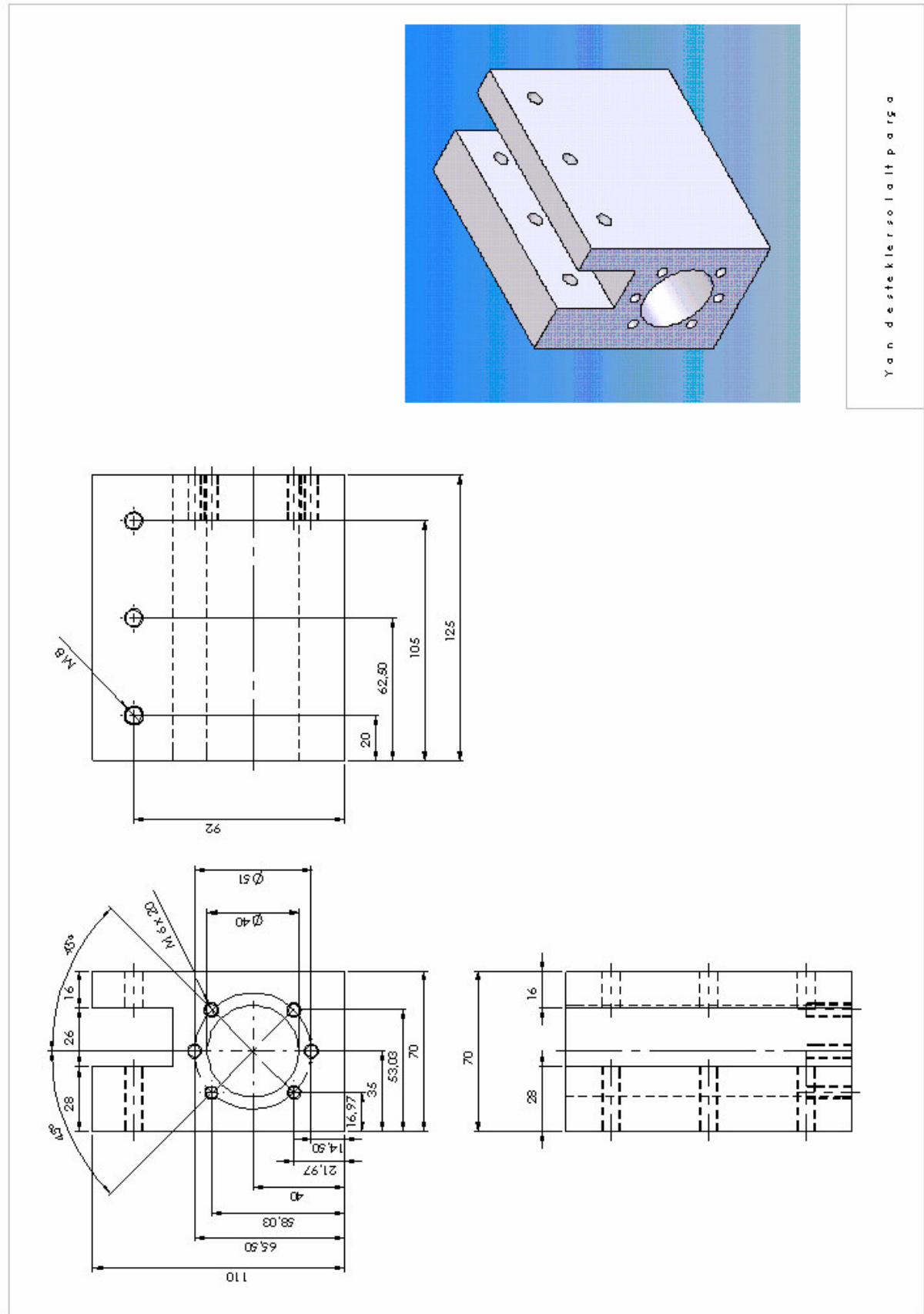
Sağ yan plaka delikler

Ek 7 Yan taşıyıcı plaka sağ delikler



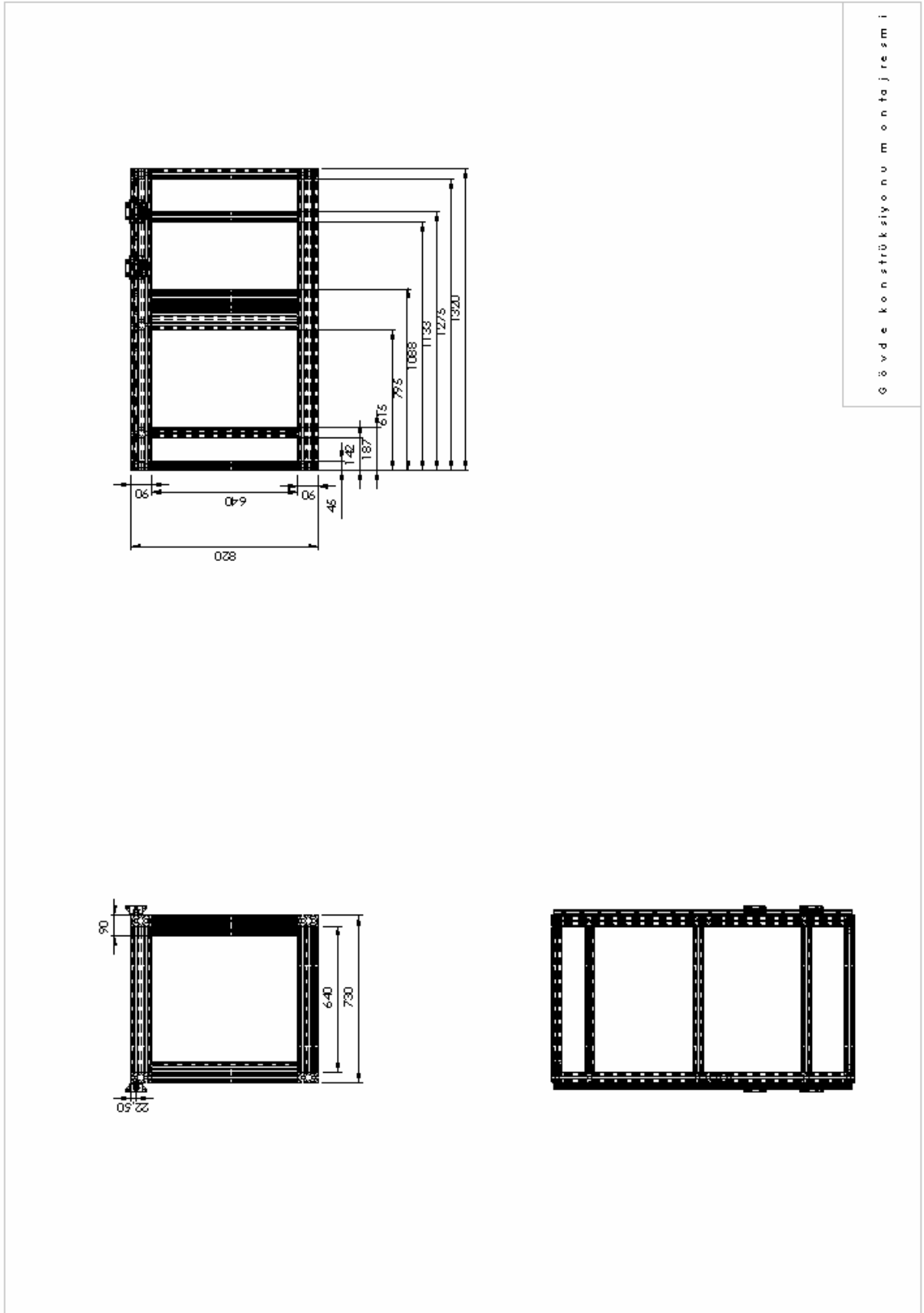
Yan destekler sağ alt parça

Ek 8 Yan taşıyıcı plaka sağ alt bağlantı parçası

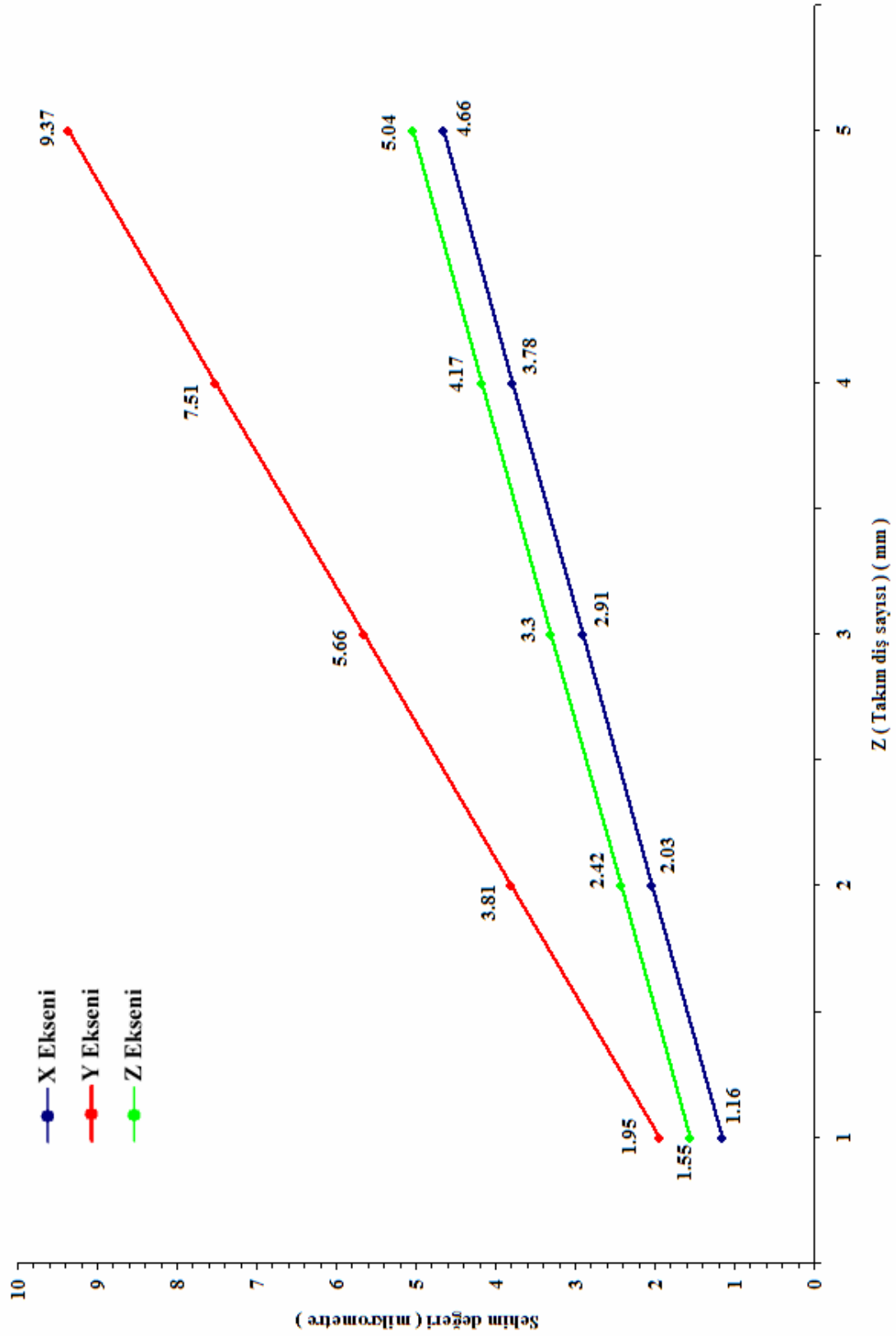


Yan destekler sol alt bağlantı parçası

Ek 9 Yan taşıyıcı plaka sol alt bağlantı parçası

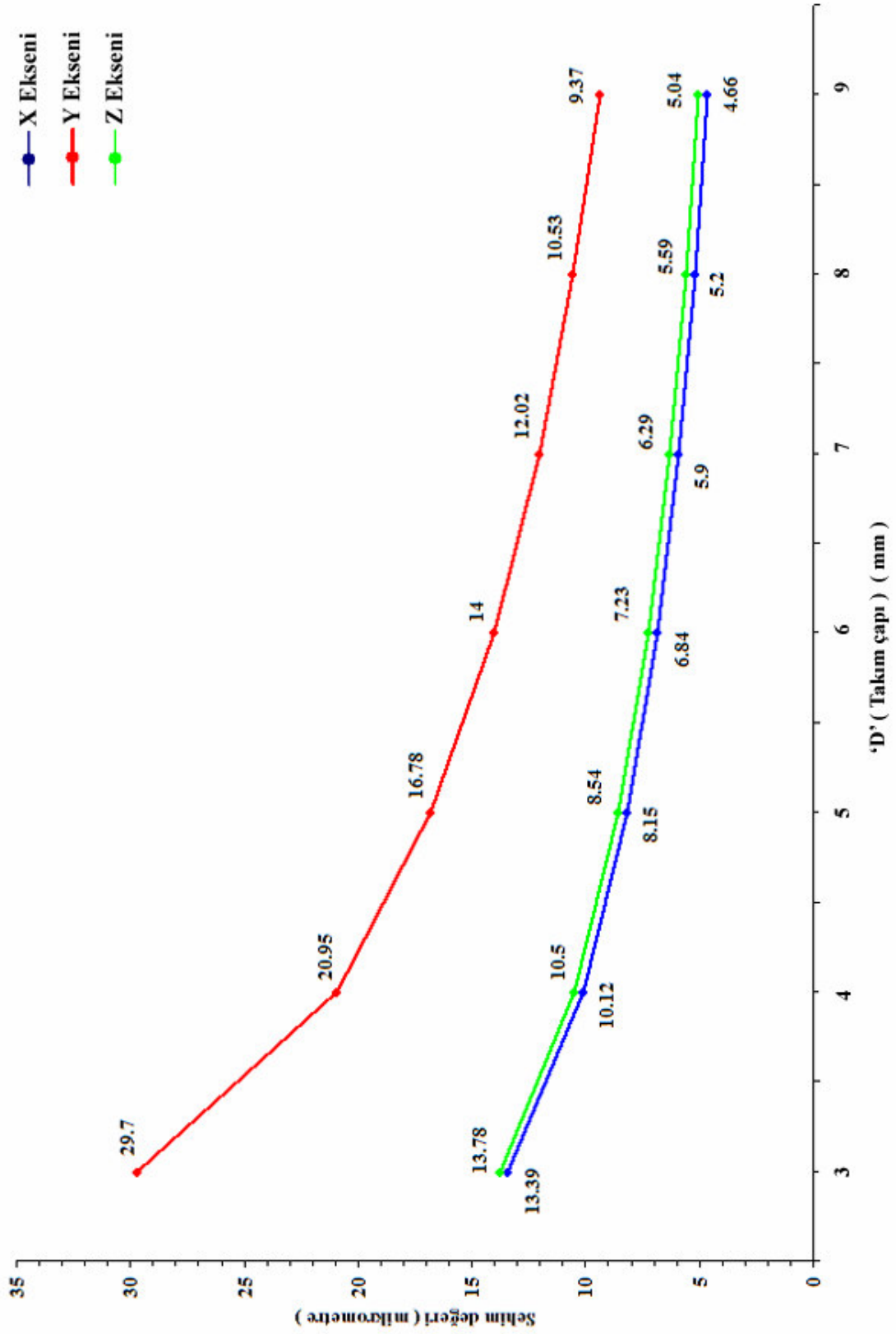


**Ek 10** Tezgah montaj resmi



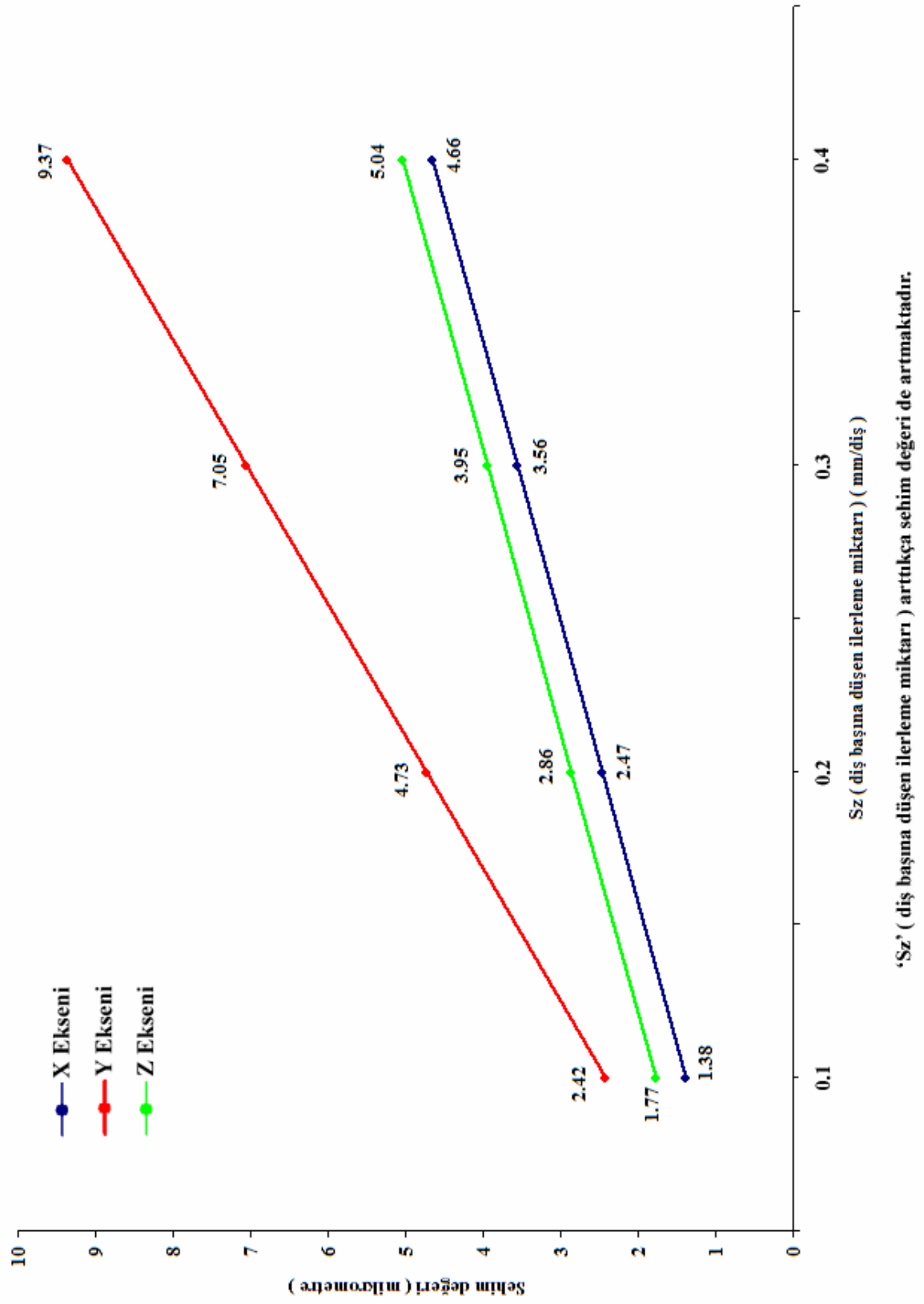
‘Z’ ( Takım diş sayısı ) değeri arttıkça sehim değeri de artmaktadır.

Ek 11 ‘Z’ ( Takım diş sayısı ) - Sehim değeri değişimi

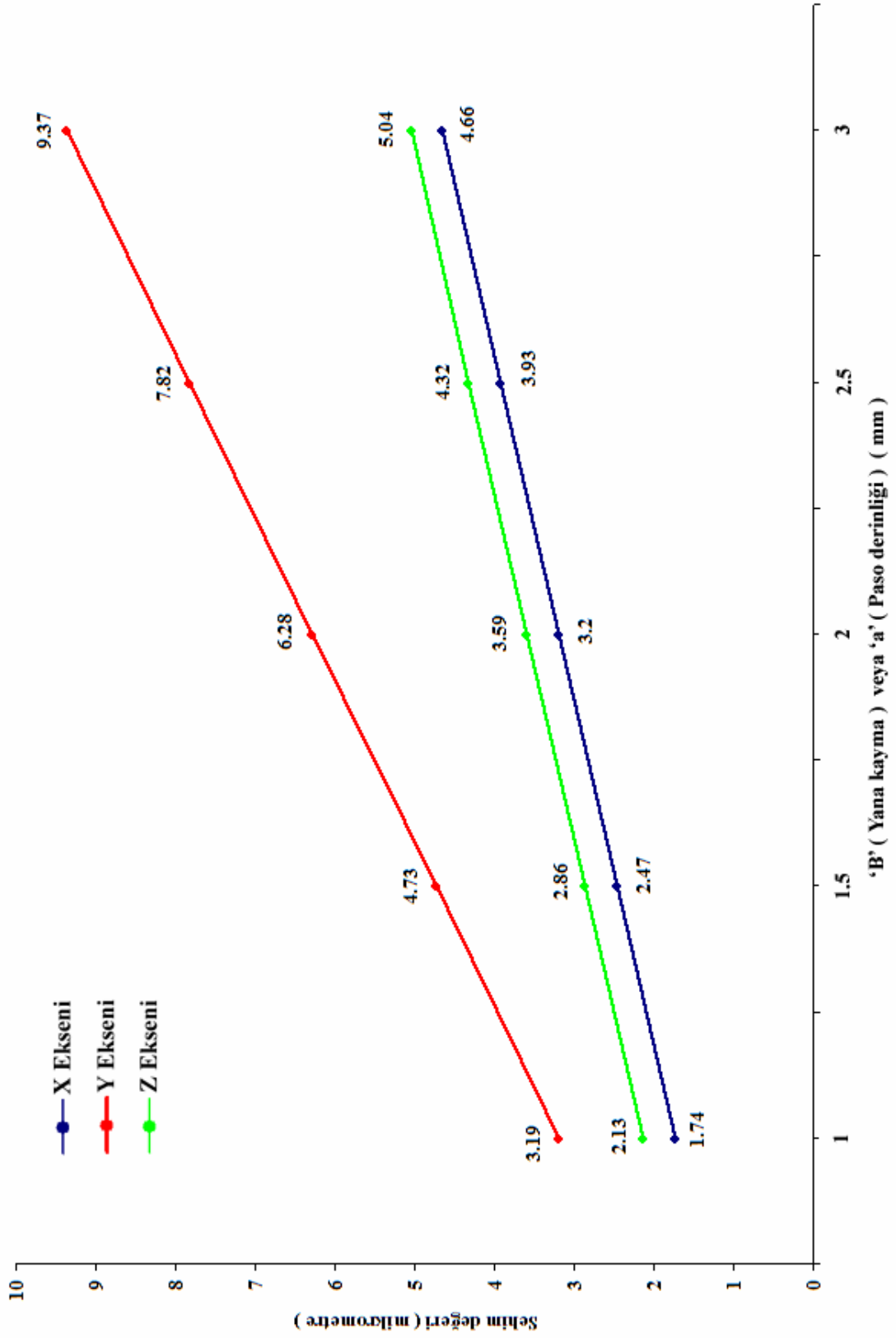


'D' ( Takım çapı ) değeri arttıkça sehim değeri azalmaktadır.

Ek 12 'D' ( Takım çapı ) - Sehim değeri değişimi

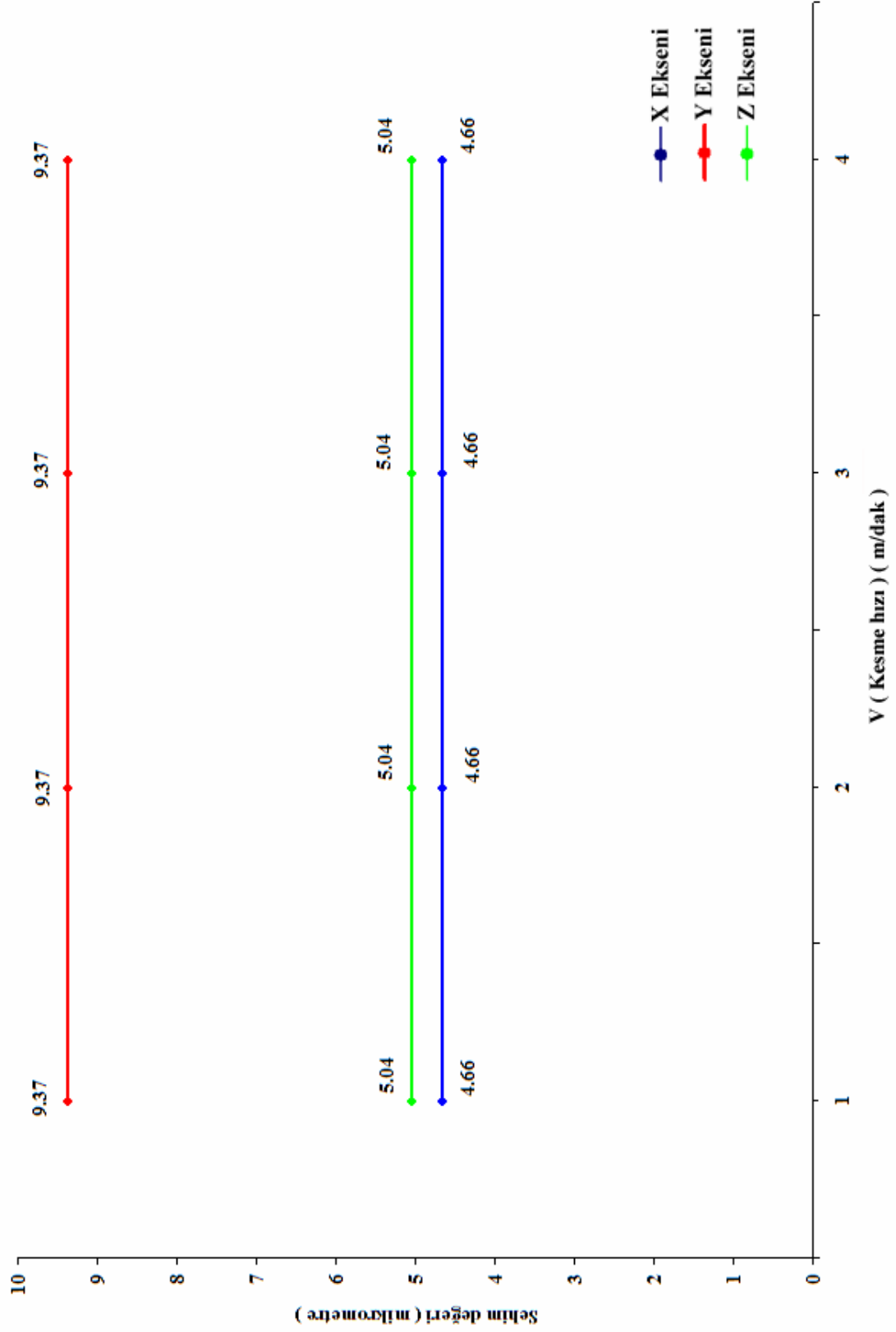


**Ek 13** ‘Sz’ ( Diş başına düşen ilerleme ) - Sehim değeri değişimi



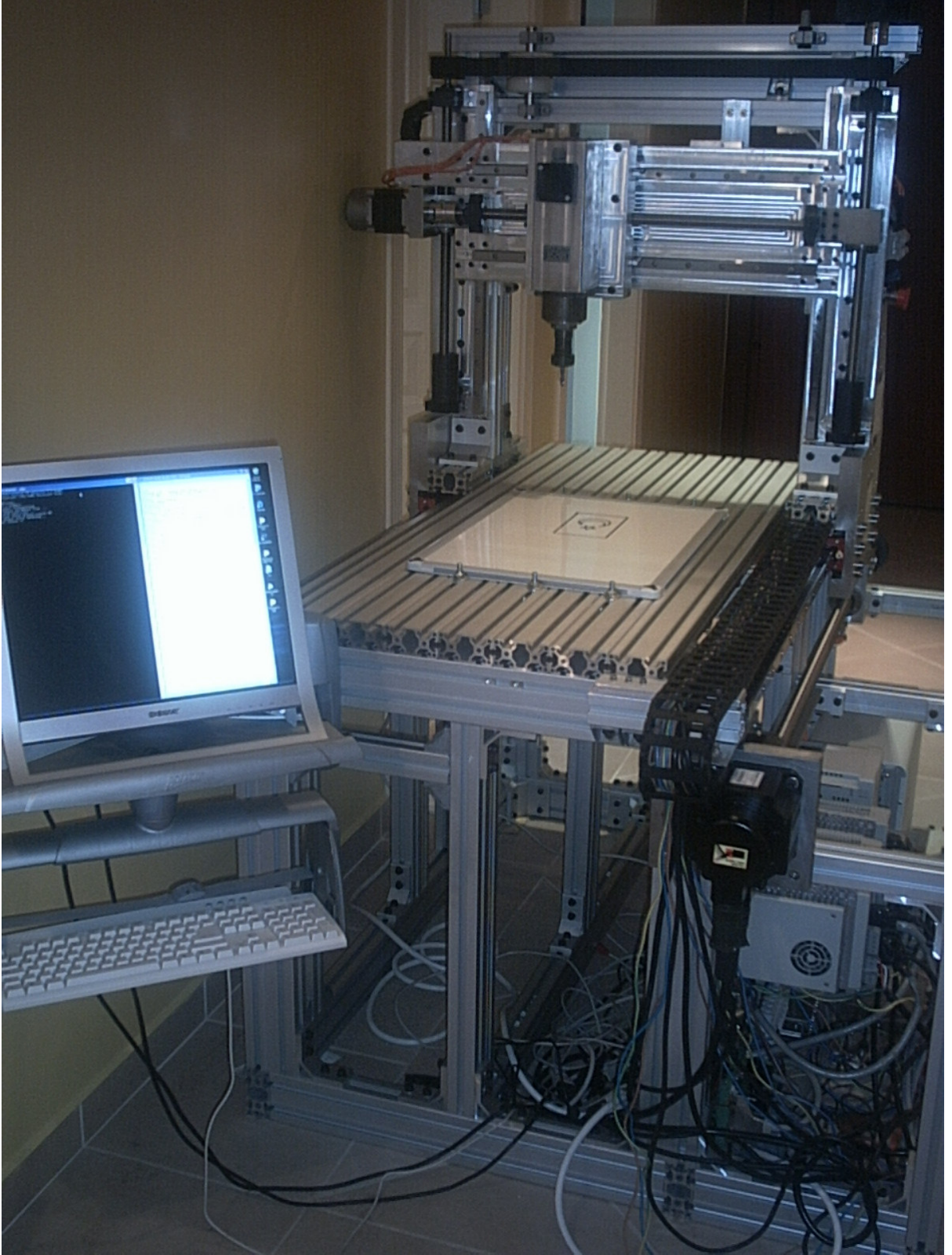
'B' ( Yana kayma ) veya 'a' ( Paso derinliği ) değeri arttıkça sehim değeri de artmaktadır.

**Ek 14** 'B' ( Yana kayma ) veya 'a' ( Paso derinliği ) - Sehim değeri değişimi

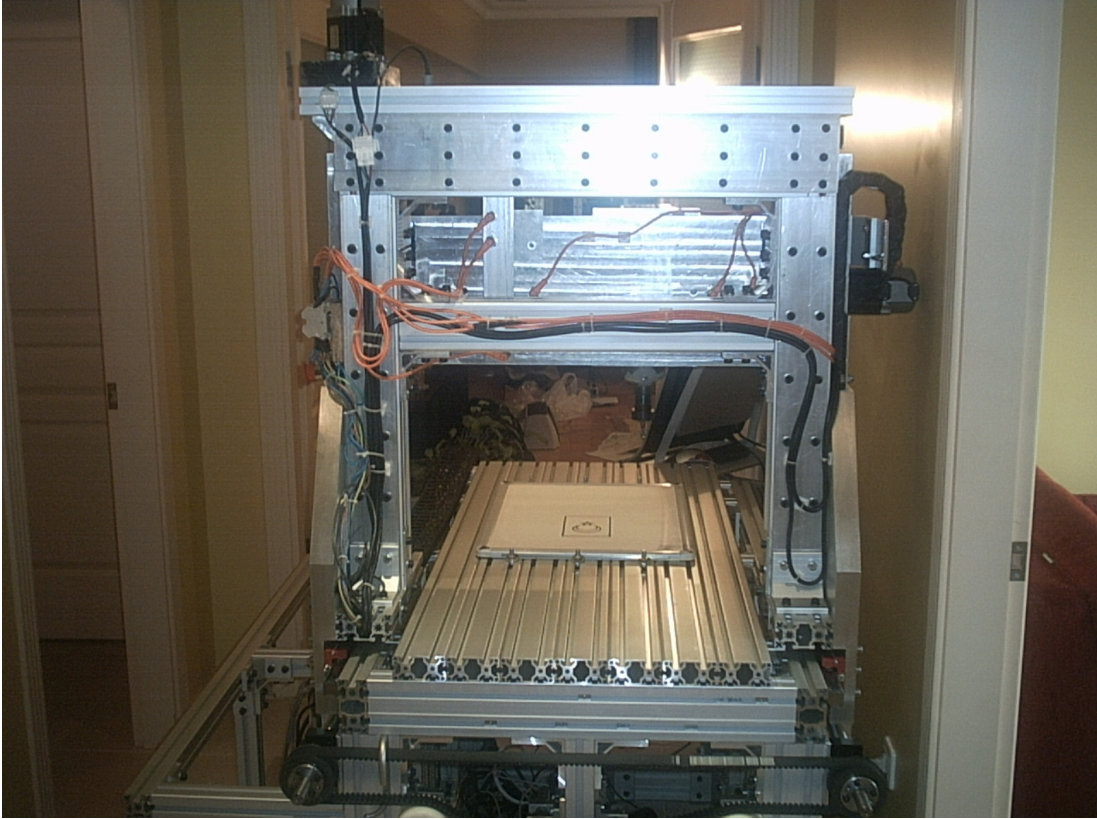
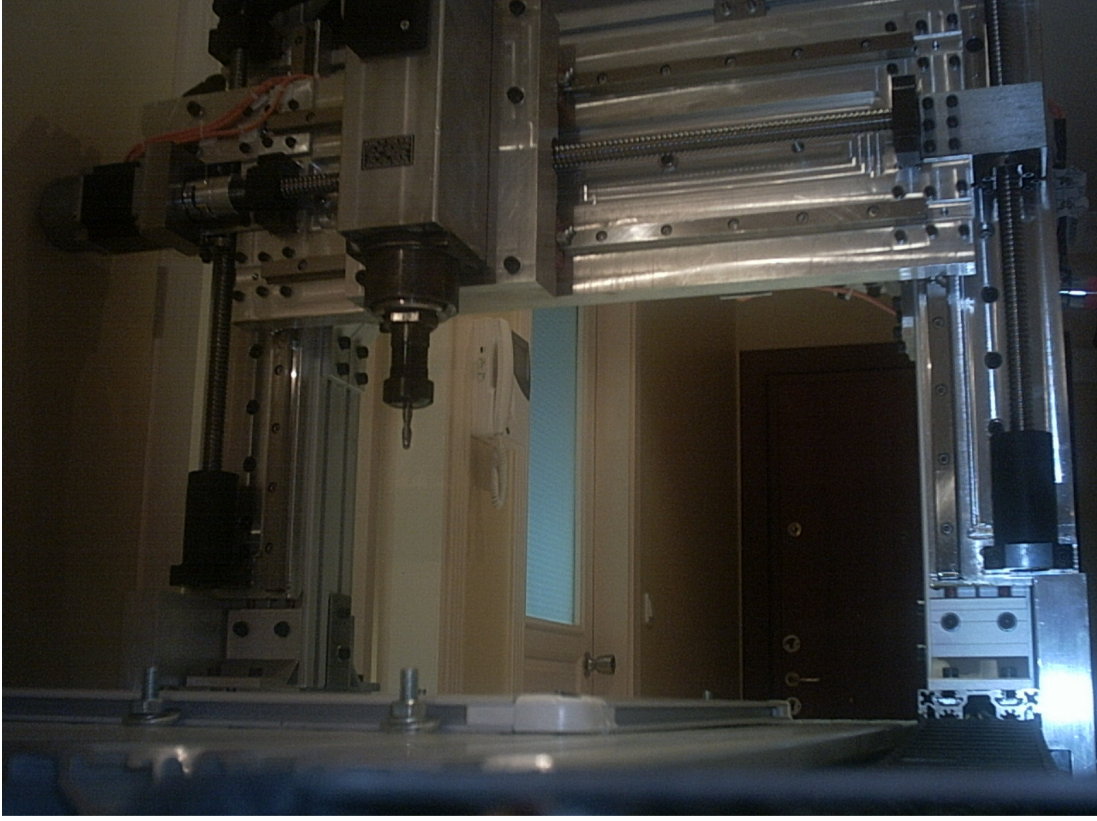


V ( Kesme hızı ) değerinin sehim ve rijitlik değerleri üzerinde bir etkisi yoktur.

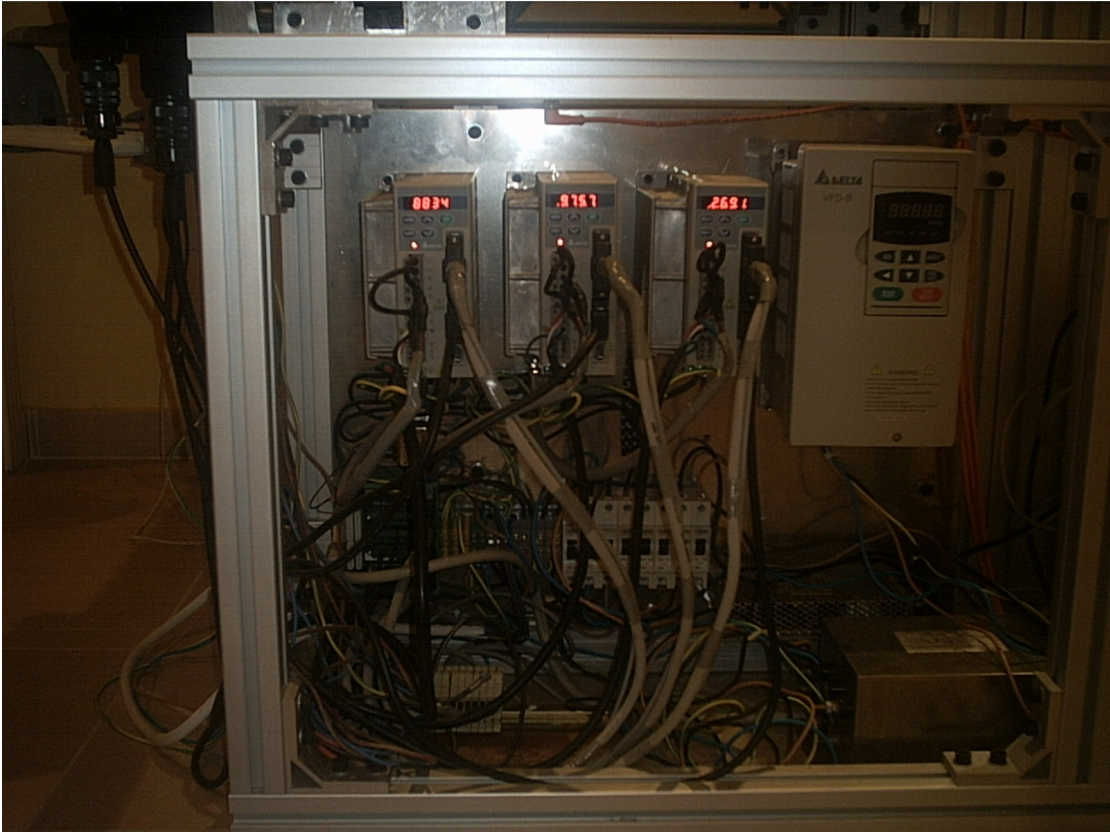
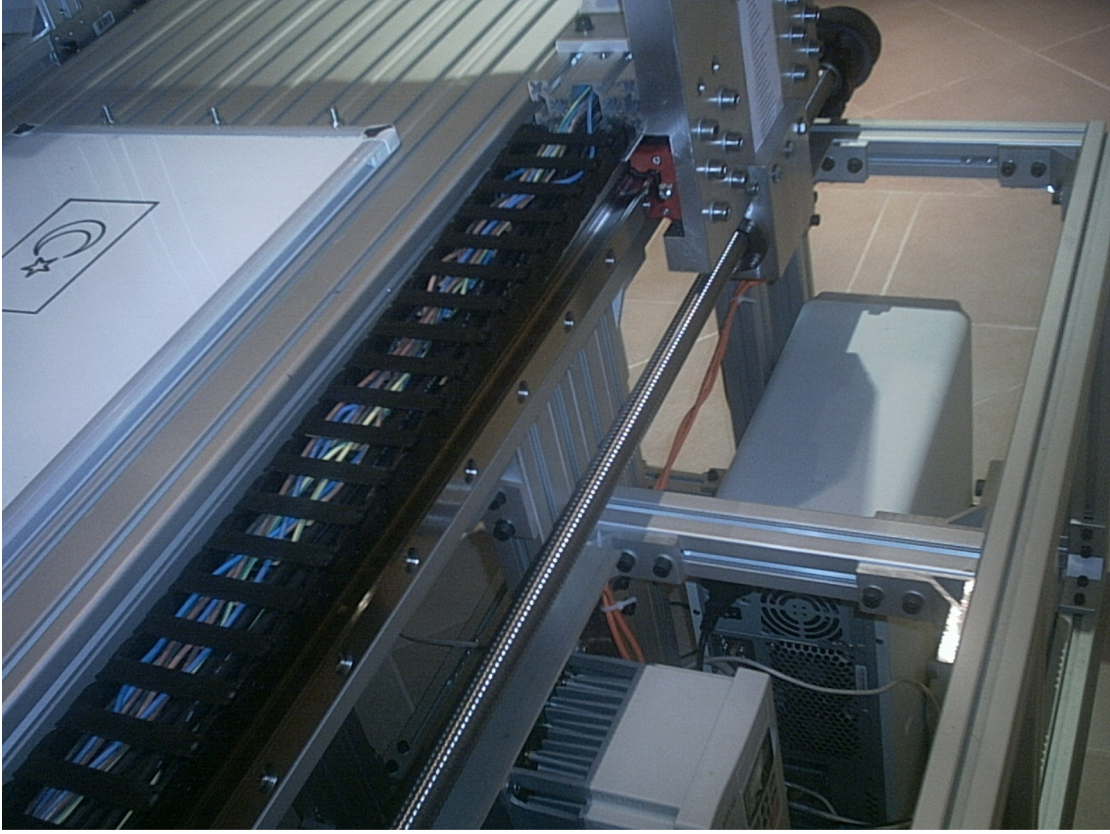
**Ek 15** ‘V’ ( Kesme hızı ) - Sehim değeri değişimi



**Ek 16** CNC Fotoğrafları



Ek 17 CNC Fotoğrafları



Ek 18 CNC Fotoğrafları

**ÖZGEÇMİŞ**

|               |             |                                                                                                                    |
|---------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğum Tarihi  | 01.08.1979  |                                                                                                                    |
| Doğum Yeri    | Bursa       |                                                                                                                    |
| Lise          | 1990 – 1997 | Kadıköy Anadolu Lisesi                                                                                             |
| Lisans 1      | 1998 – 2003 | Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi<br>Makine Mühendisliği Bölümü                                          |
| Lisans 2      | 2001 – 2005 | Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi<br>İşletme Bölümü                                                           |
| Yüksek Lisans | 2004 – 2006 | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü<br>Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konstrüksiyon<br>Programı |

**Çalıştığı kurumlar**

|                        |                                          |
|------------------------|------------------------------------------|
| 2003 – 2004            | Venüs Kalıpcılık San. ve Tic. A. Ş.      |
| 2004 – 2005            | Tube-Tec Endüstri San. ve Tic. Ltd. Şti. |
| 2005 – Devam<br>ediyor | Astra Elektronik San. ve Tic. Ltd. Şti.  |