

**BAYBURT TAŞININ ÜÇ BOYUTLU İŞLENEBİLMESİ İÇİN
MEKANİK SİSTEMİN VE KONTROL YAZILIMININ
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Mahir Can KAÇAR

Yüksek Lisans Tezi

**Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Z. Hakan AKPOLAT**

OCAK-2014

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAYBURT TAŞININ ÜÇ BOYUTLU İŞLENEBİLMESİ İÇİN MEKANİK SİSTEMİN VE
KONTROL YAZILIMININ GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mahir Can KAÇAR

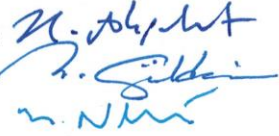
101131112

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 10/01/2014
Tezin Savunulduğu Tarih: 09/01/2014

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Z. Hakan AKPOLAT (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Hanifi GÜLDEMİR (F.Ü)

Prof. Dr. Hüseyin ALTUN (F.Ü)



OCAK - 2014

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince değerli bilgilerini esirgemeyen ve tecrübeleriyle yol gösteren danışmanım Sayın Prof. Dr. Z. Hakan AKPOLAT' a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca yardımlarını her daim yanımda hissettiğim Sayın Prof. Dr. Hanifi GÜLDEMİR'e saygılarımı sunarım.

Maddi, manevi yardımlarıyla katkıda bulunan Bayburt Belediye Başkanı Sayın Hacı Ali POLAT'a, Belediye Başkan Yardımcısı Burak GÖRGÜLÜ'ye, Bayburt Bilgi Paylaşım ve Proje Üretim Derneği (BAYPROJE) Yönetim Kurulu Başkanı Sayın Prof. Dr. Rıfat YILDIZ'a, Yönetim kurulu üyeleri Sayın Akın BAYRAK'a ve Sayın Gökhan ZEYBEK'e şükranlarımı bildiririm.

Yüksek Lisans eğitimim süresince desteklerini hissettiğim, Sayın Yrd. Doç. Dr. M. İhsan ÇUBUKCU'ya, Sayın Dr. Mehmet Barış TABAKCIOĞLU'na, Sayın Doruk AYBERKİN'e ve Sayın M. Reşit ÇORAPSIZ'a, fikir alışverişinde bulunduğum tüm arkadaşlarıma gösterdikleri sabır ve anlayıştan dolayı teşekkür ederim.

Mahir Can KAÇAR
ELAZIĞ- 2014

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
SEMBOLLER LİSTESİ	X
KISALTMALAR LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ.....	1
2. BAYBURT TAŞININ TANITIMI	3
2.1. Fiziksel Özellikleri	3
2.2. Bayburt Taşının Türleri	5
2.2.1. Bayburt Beyaz Taşı (Riyo-Dasitik Bileşimli Vitrik Tüf)	5
2.2.2. Bayburt Sarı Taşı.....	7
2.2.3. Bayburt Yeşil Taşı (Riyolitik Tüf):	8
2.3. Teknik Özellikleri	10
2.4. İşleme Yöntemleri.....	11
2.5. Bayburt Taşının Kullanım Alanları.....	11
3. SİSTEMDE KULANILAN PARÇALAR.....	12
3.1. Mekanik Parçalar	13
3.1.1. Vidalı Mil.....	14
3.1.2. Vidalı Mil Somunu	15
3.1.3. Doğrusal Mil	16
3.1.4. Doğrusal Rulman	17
3.1.5. Vidalı Mil Rulmanı	18
3.1.6. Vidalı Mil Somun Gövdesi	18
3.1.7. Kaplin	19
3.2. Elektronik Parçalar	20
3.2.1. Adım (Step) Motor	20

3.2.2.	Adım Motor Sürücü Kartı.....	29
3.2.3.	Adım Ayarlama Anahtarları	32
3.2.4.	Endüktif Sensör.....	33
3.2.5.	Endüktif Sensör Kontrol Kartı	34
3.2.6.	Üç Faz Yüksek Devirli Kesici (Spindle) Motor	36
4.	SİSTEMDE KULLANILAN BİLGİSAYAR DONANIMI VE YAZILIMLAR	37
4.1.	Paralel Port.....	37
4.1.1.	Paralel Portun Alt Birimleri	38
4.2.	C# Programlara Dili	39
4.2.1.	.Net Framework	40
4.2.2.	Net Framework Mimari Yapısı.....	40
4.2.3.	Çalışma Prensipleri.....	41
4.2.4.	Microsoft .Net Sisteminin Avantajları	42
4.3.	C# ile Paralel Port Kontrolü.....	43
5.	BİLGİSAYAR YAZILIMIN ÇALIŞMASI	46
5.1.	Sistemin Blok Diyagramı	48
5.2.	Bilgisayar Yazılımına Genel Bakış	49
5.2.1.	Ana Çalışma Ekranı.....	49
5.2.2.	Kesici Uç Belirleme Ekranı	50
5.2.3.	Çalışma Alanı Belirleme Ekranı	51
5.2.4.	G ve M Kod Nedir?.....	51
5.2.5.	G Kod Dosyasının İşlemesi	54
5.2.6.	Mesafe ve Yön Bilgilerinin Belirlemesi	56
5.2.7.	Adım Sayısının Belirlemesi	57
5.2.8.	Sürücü Karta Veri Gönderilmesi.....	58
6.	KESİCİ TAKIMLAR VE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	63
6.1.	Düz Kesim Freze Uçları	63
6.2.	Üç Boyutlu Kesim Freze Uçları.....	64
6.3.	V Şekilli Freze Uçları.....	65
7.	SONUÇ	67
	KAYNAKLAR	70
	ÖZGEÇMİŞ.....	73

ÖZET

Bu tez çalışmasında, üç boyutlu işleme yapabilen CNC tezgahı gerçekleştirilmiş ve hazırlanan bilgisayar yazılımı ile Bayburt taşının üç boyutlu işlenmesi sağlanmıştır. Sistem mekanik, elektronik ve bilgisayar yazılımı olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Bilgisayar yazılımı G kod dosyasından G kodlarını ve X, Y ve Z eksenlerinin hareket bilgilerini almaktadır. Alınan kodlar yorumlanarak eksenlerin hareket edeceği koordinatlar belirlenmektedir. Bu koordinatlar adım motorlarını hareket ettirmek için adım bilgilerine dönüştürülmektedir. Eksenlere bağlı olan bu motorların dönmesiyle eksen hareketi sağlanmaktadır. Z eksenine bağlı olan kesici motor sayesinde üç boyutlu işleme yapılmaktadır. Sistemin kontrolünde kullanılan bilgisayar yazılımı hazırlanırken Microsoft firmasına ait .NET C# programlama dili kullanılmıştır. Adım motorların sürülmesinde ise bilgisayara paralel port üzerinden bağlanabilen Toshiba firmasının üretmiş olduğu TB6560 sürücü kartı kullanılmıştır. Sürücü kart, bilgisayar yazılımından aldığı verilerle adım motorların hareket etmesini sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Bayburt taşı, Taş işleme, Bilgisayarlı Sayısal Kontrol, Adım motor, Görsel Programlama

SUMMARY

REALIZATION OF MECHANICAL SYSTEM AND CONTROLLING SOFTWARE TO STONEWORK OF BAYBURT STONE THREE DIMENSIONALLY

In this thesis a Computer Numerical Control (CNC) machine has been implemented. The machine can process Bayburt stone in three dimensions. The overall system contains three sections: the mechanical, the electronics and the order is software. The developed software uses G codes for the movement of X, Y, Z axis. These coordinates of the axes determined. These coordinates are converted into step data for the movement of step motors. The three dimensional processing of stone is made by the cutting motor which is connected to the Z axis. The software is developed by using .NET C# programming language from Microsoft. The drive unit for the step motors is constructed using TB6560 Toshiba drive card. This card communicates via parallel port of the computer. This card is used to drive the step motors using data received from the developed software.

Key Words: Bayburt stone, stonework, Computer Numeric Control, Stepper motor, Visual programming.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Basit bir CNC Modeli.	1
Şekil 2.1. Beyaz Bayburt taşı ile yapılmış bir uygulama	5
Şekil 2.2. Sarı Bayburt Taşı	7
Şekil 2.3. Yeşil Bayburt Taşı.	8
Şekil 2.4. Tel kesme uygulaması.	11
Şekil 3.1. Gerçekleştirilen sistemin görünümü	12
Şekil 3.2. Doğrusal eksenin görünümü	13
Şekil 3.3. Vidalı mil görünümü	14
Şekil 3.4. Vidalı milin montaj şekli	14
Şekil 3.5. Vidalı mil somunu iç yapısı.....	15
Şekil 3.6. Vidalı mil somunu görünümü.....	15
Şekil 3.7. Doğrusal mil ve rulman görünümü	16
Şekil 3.8. Doğrusal rulmanlar	17
Şekil 3.9. Parçaların birleşiminden bir görünüm.....	17
Şekil 3.10. Vidalı mil rulmanı.....	18
Şekil 3.11. Vidalı mil somunu gövdesi.....	18
Şekil 3.12. Kaplin ve kullanım yeri	19
Şekil 3.13. Kontrol paneli görünümü	20
Şekil 3.14. Adım motor görünümü	21
Şekil 3.15. Adım motor yapıları.....	22
Şekil 3.16. Adım motorun prensip şeması	22
Şekil 3.17. Adım motoru moment — hız karakteristiği	25
Şekil 3.18. DR adım motoru.....	26
Şekil 3.19. Fazlı SM adım motoru.....	27
Şekil 3.20. Karışık yapılı (Hibrid) adım motorunun yapısı	28
Şekil 3.21. TB6560AHQ adım motor sürücü kartı.....	29
Şekil 3.22. Sürücü kart görünümü ve bileşenleri	30
Şekil 3.23. Paralel port giriş çıkış uçları	30
Şekil 3.24. Seviye Anahtarları.....	32
Şekil 3.25. Sürücü kart adım adım ayarlama anahtarları	32
Şekil 3.26. Endüktif sensörün görünümü.....	33

Şekil 3.27. Endüktif sensörün içyapısı.....	34
Şekil 3.28. Endüktif sensör kontrol kartı devre şeması	35
Şekil 3.29. Üç faz yüksek devirli kesici (spindle) motor	36
Şekil 4.1. Paralel port.....	37
Şekil 4.2. Microsoft. NET mimarisi	40
Şekil 4.3. Common Language Runtime’da yönetilen yürütme işlemi.....	41
Şekil 4.4. MSIL ve CLR çalışma şeması	42
Şekil 4.5. C# port kontrol sınıfı	43
Şekil 4.6. Paralel port adres bilgileri	43
Şekil 4.7. Adım motora adım gönderme ve yön belirleme programı	44
Şekil 4.8. Darbe fonksiyonu osiloskop görüntüsü.....	45
Şekil 5.1. Sistemin blok diyagramı.....	48
Şekil 5.2. Bilgisayar yazılımı ana ekranı	49
Şekil 5.3. Kesici uç belirleme ekranı	50
Şekil 5.4. Kesici uç belirleme ekranı	51
Şekil 5.5. Vidalı milin ölçülendirilmiş hali.....	57
Şekil 5.6. Üç boyutlu XYZ koordinat düzlemi	59
Şekil 5.7. Adım motor hareket grafiği	62
Şekil 6.1. Düz kesim freze uç örnekleri.....	63
Şekil 6.2. Düz kesimli freze ucu ile kesilmiş Bayburt taşı	63
Şekil 6.3. Üç boyutlu kesim freze uçları.....	64
Şekil 6.4. V şekilli freze uçları	65
Şekil 6.5. V şekilli uçla Bayburt taşı üzerine saat çalışması.....	65
Şekil 6.6. V şekilli uçla Bayburt MDF üzerine serbest çalışma.....	66

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Beyaz Bayburt taşının özellikleri	6
Tablo 2.2. Sarı Bayburt taşının özellikleri.....	7
Tablo 2.3. Yeşil Bayburt taşının özellikleri.....	9
Tablo 3.1. 25 uçlu paralel portun tanımlanması	31
Tablo 3.2. Adım motor çalışma tablosu	33
Tablo 3.3. Adım motor adım-oran tablosu	33
Tablo 4.1. Paralel portlar ve adresleri	38
Tablo 4.2. Veri portu kullanım tablosu	38
Tablo 4.3. Veri portu çıkışları.....	44
Tablo 5.1. Koordinat Tablosu	46
Tablo 5.2. G Kodları.....	52
Tablo 5.3. M kodları.....	53
Tablo 5.4. G Kod Dönüştürme Programı	54
Tablo 5.5. Örnek G Kodları	55
Tablo 5.6. Koordinat Tablosu	55
Tablo 5.7. Mesafe ve Yön Hesaplama Programı	56
Tablo 5.8. Adım hesaplama programı	57
Tablo 5.9. Paralel port veri yazmacı kullanım tablosu.....	58
Tablo 5.10. Adım motorların hareket bilgileri.....	59
Tablo 5.11. OKEK alma programı	60
Tablo 5.12. Paralel porta gönderilen sinyal örnekleri	61
Tablo 5.13. Rampa fonksiyon oluşturma programı	62

SEMBOLLER LİSTESİ

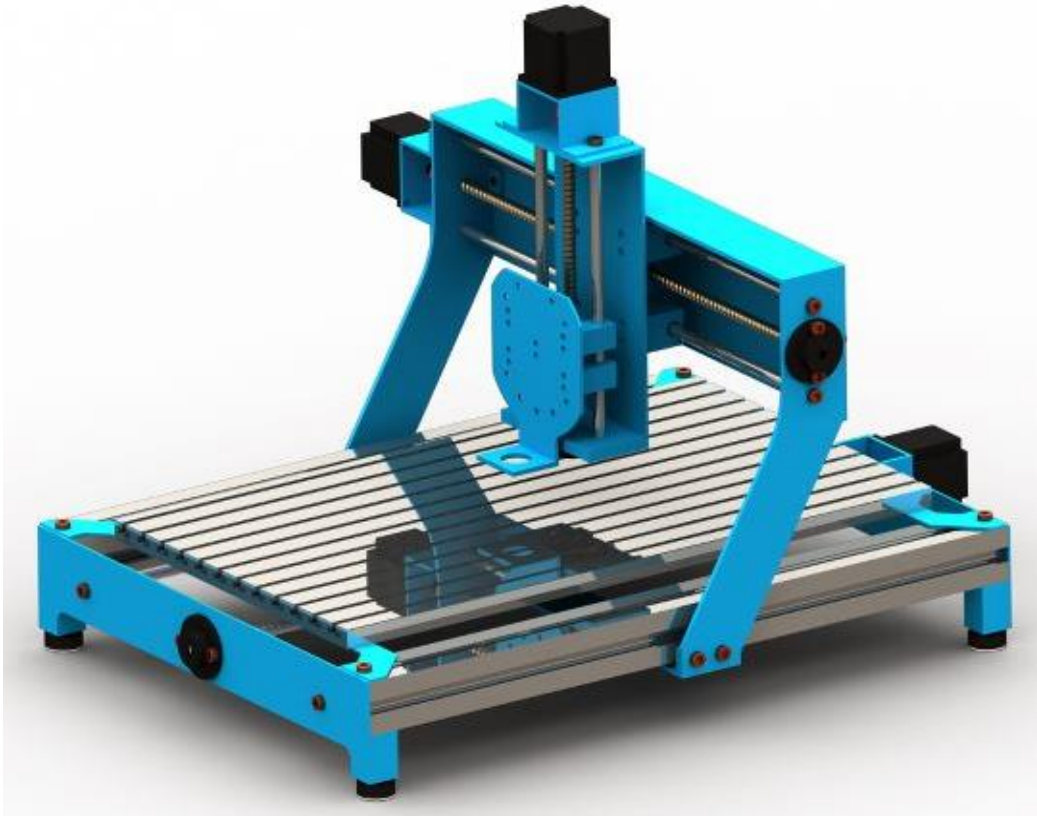
x0, y0, z0	: O merkezli koordinat sisteminin eksenleri
μm	: Mikrometre
%	: Yüzde
g	: Gram
ohs	: Sertlik
sn	: saniye
I	: Atalet
ω	: Açısal hız
cm	: Santimetre
mm	: Milimetre
d	: Devir
dk	: Dakika
h	: onaltılık taban
0x	: onaltılık taban gösterimi
°	: Derece
N.m	: Newtonmetre

KISALTMALAR LİSTESİ

CNC	: Bilgisayarlı Nümerik Kontrol
CW	: Saat Yönünde
CCW	: Saat Yönünün Tersine
SA	: Adım Açısı
SPR	: Tur Başına Adım
SPS	: Saniye Başın Adım
AC	: Alternatif Akım
DC	: Doğru Akım
DR	: Değişken Relüktanslı
SM	: Sabit Mıknatıslı
PD	: Çekince Düşük
VCC	: Pozitif Besleme
PNP	: Pozitif Negatif Pozitif
NPN	: Negatif Pozitif Negatif
O	: Okuma
Y	: Yazma
XML	: Genişletilebilir İşaretleme Dili
CLR	: Ortak Çalışma Dili
MSIL	: Potansiyel Enerji
TCP/IP	: İnternet Protokolü
LPT	: Paralel Port
OKEK	: Ortak Katların En Küçüğü

1. GİRİŞ

Geleneksel olarak yapılan taş işleme sanatı ve bunu gerçekleştiren usta sayısı yıllar geçtikçe hızlı bir şekilde azalmaktadır. Akabinde ise inşaat sektörünün hızlı bir şekilde büyümesiyle bu sektöre olan talep hızla artmaktadır[1]. Bu talebi karşılamak için bilgisayarların kullanılması kaçınılmaz olmuştur. Doğal taşlara üç boyutlu olarak şekil verilebilmesi için kesici uc X,Y ve Z eksenlerinde hareket ettirilmesi gerekmektedir. Eksenlere bağlı olan motorların hareket ettirme işlemine sayısal kontrol (NC), bu işlemlerin bilgisayar tarafından yapılmasına da bilgisayarlı sayısal kontrol (CNC) denilmektedir[2]. Bir cismin işlenmesi, şekil verilmesi üzerine yapılmış birçok proje bulunmaktadır. Fakat bu projeler genellikle Mach3, myCNC yabancı yazılımlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada yerli bir yazılım hazırlanarak Bayburt taşının işlenmesi sağlanmıştır.



Şekil 1.1. Basit bir CNC Modeli[27].

Üç boyutlu nesneler uzayda yer işgal etmektedir. Bu nesnelerin yüzeyindeki herhangi bir noktanın X,Y,Z eksenleri için sıfır kabul edildiğinde geriye kalan bütün noktaların sayısal olarak karşılığı bulunmaktadır. Kesici ucun bu noktalar arasında dolaşması için G kodları türetilmiştir. G kodları doğrusal veya dairesel olarak iki gruptan oluşmaktadır[3]. Üç boyutlu tasarım yapan programlar G kodlarını otomatik olarak hazırlamaktadır.

Sistem mekanik, elektronik ve bilgisayar olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Bilgisayar, hazırlanan yazılımın çalıştırılması ve elektronik sürücü kartına LPT üzerinden veri göndermek için kullanılmaktadır. Yazılım G kodlarını yorumlayarak üç boyutlu nesnenin koordinatlarını çıkarmaktadır. Doğrusal olmayan yüzeyler çok küçük adımlara bölünerek doğrusal hale getirilmektedir. Peş peşe olan iki koordinat noktası kesici ucun hareket edeceği doğrusal çizgiyi belirlemektedir. Bu hareketler doğrusal miller veya kızaklar üzerinde yapılmaktadır. Adım motorlarından gelen dönme hareketi vidalı miller ile eksenlere aktarılmaktadır. Kullanılan motorlar bir turu 200 adımda tamamlamaktadır. Vidalı milin bir turu, eksen 5mm hareket ettirdiğine göre sistem 25 µm hassasiyetle çalışmaktadır. Bu kadar hassas çalışan bir makinenin de mekanik aksamının kusursuzca tasarlanmış olması gerekmektedir.

Sistemin elektronik kısmı ise adım motorları, adım motor sürücü kartı ve manyetik anahtarlardan oluşmaktadır. Adım motorunun diğer motorlardan farkı dijital sinyallerle çalışmasıdır. Kullanılan adım motorunun bir turu 200 adıma kadar bölünebilir. Bilgisayardan gelen dijital sinyaller sürücü kart ile adım motorların dönmesine yetecek güce çıkartılmaktadır. Adım motorun büyüklüğüne göre sürücü kart seçilmelidir. Manyetik anahtar, bağlı olduğu eksenlerin başlangıç ve bitiş noktalarını belirlemektedir. Bu çalışmada TB6560 sürücü kartı kullanılmıştır. Kesme işlemi için yüksek hızlı senkron motor kullanılmıştır. Bu motor üçgen bağlı, üç fazlı gerilimle çalıştığı için çalışmada tek faz-üç faz dönüştürücü kullanılmıştır.

2. BAYBURT TAŞININ TANITIMI

Bayburt Taşı Eosen yaşlı Yazyurdu formasyonunda, kil-marn-kumtaşı-tüf-tüfit-kireçtaşı seviyeleri ile sıralanmaktadır. Bayburt Taşı beyaz-sarı renkli tüfit özelliğine sahip, sertlikleri 2-4 arasında olan bir kayadır. Bayburt Taşı, Bayburt merkez, Danişment, Toptepe, Sırataşlar, Konakdağ ve Gevenli sahalarında ocaklar bulunmaktadır. Bayburt Taşına renk olarak benzeyen, fakat sertliği ile ondan ayrılan tüflü seviyeleri aynı oluşumun üst kısımlarında bulunur ve geniş alanlarda mostra vermektedir. Gümüşdamla ve Erikdibi köyü ve doğusunda bulunmakta olup sertlikleri 3-4 arasındadır. Bölgede Bayburt Taşının yataklandığı Yazyurdu formasyonu 1500 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Yazyurdu oluşumu batıda Gümüşhane iline ve doğuda ise Erzurum ili sınırlarına geçmektedir. Sahalara yönelik görünür, muhtemel ve mümkün rezervleri tahmini blok verimi hesaplanarak aşağıda verilmiştir. Top Tepe sahası, tahmini blok verimleri %5-10 arasında değişmektedir. Taşın rezervi tahmini blok verimi ile çarpıldığında 453.382 ton işletilebilir rezerv bulunmaktadır[4].

Bayburt Taşı görünür rezervi yıllık 15000 ton üretim yapan 10 adet işletmeyi 20 yıl boyunca besleyecek potansiyeli bulunduğu çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. İşletmelerde patlayıcı kullanılmamalı ve saptanan makinelerle kesimin yapılması gerekmektedir.

2.1. Fiziksel Özellikleri

Kayaların fiziksel özellikleri sertlik, su emme, gözeneklilik, doluluk ve Porozite başlıkları altında toplanmıştır[4].

- **Sertlik:** Kayaların sertlikleri aşınmalara karşı gösterdikleri dirençtir, dayanmadır. Mohs sertlik sınıflaması standart bazı mineralin sertliklerini baz alınarak düzenlenmiştir. Bu mineraller ; Talk, jips, kalsit, flüorit, apatit, feldispat, kuvars, topaz, korund ve elmas olmak üzere on sınıfa ayrılmıştır. Sertlik, ocak ve fabrika işletmelerinde önemli bir parametre olarak önümüze çıkmaktadır.
- **Su Emme:** Sulu ortamlarda kayaların, bünyelerine aldıkları su miktarıdır. Su emen kayalarda doluluk yüzdeleri düşük, taneleri iri ve kuvarsızdır. Aynı zamanda

jeodları fazla olan kayaçlarda su emme özellikleri fazla olacaktır. Su emen mermerlerin renklerinde koyulaşmalar ve haleler izlenecektir. Sıcak kaynaklarda dizayn edilen mermerlerde renk solmaları gözlenip, çok farklı bir renk oluşturacaktır. Sulu ortamlarda ise renginde koyulaşma artacaktır. Hacimce su emme aynı zamanda kayalardaki Porozite miktarını vermektedir

- **Gözeneklilik:** Kayalardaki boşluklarını timini kapsar. Doluluk yüzdesini alıkları veya fazlalıkları yönleri ile etkilerler. Kaya katılaşmaya başlarken veya başladıktan sonra oluşan boşlukların tümüdür.
- **Doluluk:** Kayaların doluluk yüzdeleri Porozite ve gözeneklilik miktarlarının toplamlarına eşittir. Doluluk yüzdelerine göre dizayn edilecek ortamları gösterirler.
- **Porozite:** Kayacı oluşturan tanelerin meydana getirdikleri boşluklardır. Taneleri iri ve farklı olan kayaçların poroziteleri fazladır. İnce ve eş taneli kayaçların poroziteleri azdır. Porozite; Kayaçlardaki taneler arası boşluklardır. İnce taneli kayaçlarda Porozite az, iri veya farklı taneli kayaçlarda ise fazladır. Kayaçlarda %2'den az, travertenlerde ise %12'den az olması istenir.

2.2. Bayburt Taşının Türleri

Bayburt taşının işleme alanında kullanılan üç türü vardır. Bunlar beyaz, sarı ve yeşil olmak üzere renklerine göre sınıflandırılmıştır.

2.2.1. Bayburt Beyaz Taşı (Riyo-Dasitik Bileşimli Vitrik Tuf)

Kayaç içinde; volkanik malzemeden oluşan bir matris ve matris içinde kuvars - plajiyoklaz - biyotit ve kaya parçaları bulunmaktadır. Matriste; pekişmiş volkanik malzemeler yanı sıra kuvars ve feldspat mikrolitleri ile FeO ve aliterasyon ürünü mineral oluşumları da gözlenmektedir[5].



Şekil 2.1. Beyaz Bayburt taşı ile yapılmış bir uygulama[5].

Tablo 2.1. Beyaz Bayburt taşının özellikleri

Özellik	Birim-Oran	Büyükölük
Plaka Verme Durumu		İyi
Kenar-Köşe Kesilmesi		İyi
Cila Alma Durumu		Orta
Özgöl Ağırlık	g/cm ³	2,37
Sertlik	Mohs	4-5
Birim Hacim Ağırlığı	g/cm ³	1,7
Atmosfer Basıncında Su Emme Oranı	Ağırlıkça %	12,2
	Hacimce %	20,6
Kaynar Suda Su Emme Oranı	Ağırlıkça %	12,3
	Hacimce %	21
Görünür Porozite	%	20,6
Basınç Direnci	kgf/cm ²	450
Donma Sonrası Basınç Direnci	kgf/cm ²	440
Donma Kaybı	%	0,34
Darbe Direnci	kgf.cm/cm ³	8
Eğilme Direnci	kgf/cm ²	125
Doluluk Oranı	%	71,6
Gözeneklilik Oranı	%	28,4
Ortalama Aşınma Direnci	cm ³ /50cm ²	25

2.2.2. Bayburt Sarı Taşı

Kayaç içinde; değişime uğramış volkanik malzemelerden oluşmuştur. Bir matris ve matris içinde kuvars - plajiyoklaz ve kaya parçaları bulunmaktadır. Matris ise tamamen bozulmuştur. İçerisinde karbonat, serisit ve FeO oluşumları gözlenmektedir[5].



Şekil 2.2. Sarı Bayburt Taşı[5].

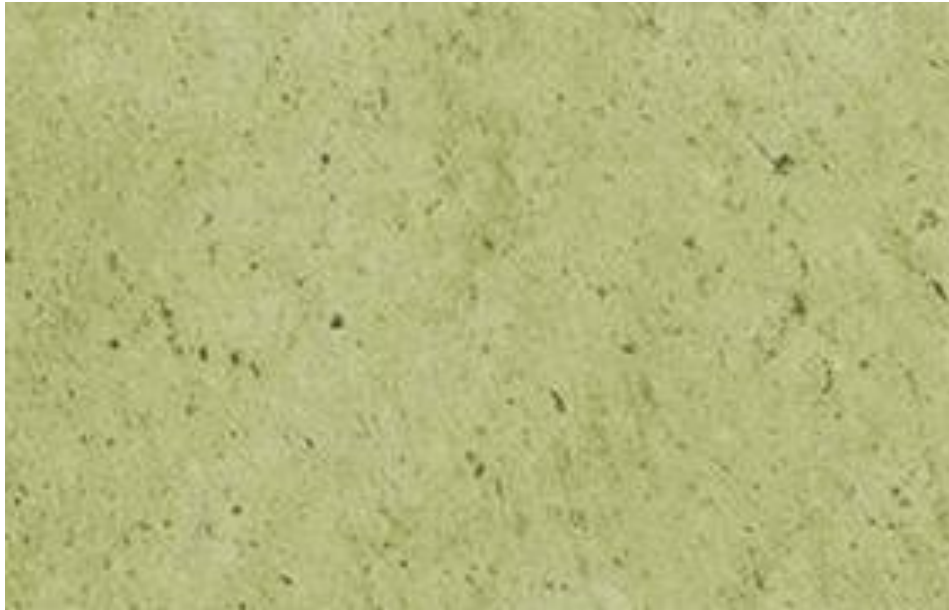
Tablo 2.2. Sarı Bayburt taşının özellikleri

Özellik	Birim-Oran	Büyüklik
Plaka Verme Durumu		İyi
Kenar-Köşe Kesilmesi		İyi
Cila Alma Durumu		Orta
Özgül Ağırlık	g/cm ³	2,71
Sertlik	Mohs	2-3
Birim Hacim Ağırlığı	g/cm ³	1,84
Atmosfer Basıncında Su Emme Oranı	Ağırlıkça %	13
	Hacimce %	24
Kaynar Suda Su Emme Oranı	Ağırlıkça %	13,1
	Hacimce %	24,3
Görünür Porozite	%	24
Basınç Direnci	kgf/cm ²	282
Donma Sonrası Basınç Direnci	kgf/cm ²	285
Donma Kaybı	%	0,14
Darbe Direnci	kgf.cm/cm ³	4
Eğilme Direnci	kgf/cm ²	60
Doluluk Oranı	%	67,8
Gözeneklilik Oranı	%	32,2
Ortalama Aşınma Direnci	cm ³ /50cm ²	63,6

2.2.3. Bayburt Yeşil Taşı (Riyolitik Tüf):

Kayaç içinde; volkanik malzemeden oluşan bir matris ve matris içinde kuvars - plajiyoklaz ve kloritleşmiş biyotit mineralleri bulunmaktadır. Matris ise; kuvars ve feldspat mikrolitleri ile karbonat, serisit, klorit ve volkanik malzemelerden oluşmaktadır.

Darbe direncinin $37,60 \text{ kgf/cm}^2$ normal ve aşınma miktarının $26,40 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ olmalarından dolayı vuruntulu, sarsıntılı ve darbeli ortamlarda rahatlıkla kullanılabilirler. Yoğunluğunun düşük ve ağırlıkça su emme oranının yüksek olmasına karşın basınç, eğilme ve aşınma dirençleri iyidir. TS 2513 uygunluk taşıması soğuk bölgeler de dış kaplamada kullanılabileceğini göstermektedir. Doğrudan sulu ortamlarda kullanılamaz. Taşın ses ve ısı izolasyonu yüksektir. Tabakalaşma düzlemine dik gelen basınç değeri 800kg/cm^2 den büyük olduğu gözlenmekte olup ters kesimlerde basınç değeri 620kg/cm^2 ve silis oranının yüksek olması kayacın dayanımını arttırmaktadır[5].



Şekil 2.3. Yeşil Bayburt Taşı[5].

Tablo 2.3. Yeşil Bayburt taşının özellikleri

Özellik	Birim-Oran	Büyükölük
Plaka Verme Durumu		İyi
Kenar-Köşe Kesilmesi		İyi
Cila Alma Durumu		Orta
Özgöl Ağırlık	g/cm ³	2,74
Sertlik	Mohs	3-4
Birim Hacim Ağırlığı	g/cm ³	1,84
Atmosfer Basıncında Su Emme Oranı	Ağırlıkça %	5,9
	Hacimce %	13,3
Kaynar Suda Su Emme Oranı	Ağırlıkça %	5,8
	Hacimce %	13
Görünür Porozite	%	13,3
Basınç Direnci	kgf/cm ²	>810
Donma Sonrası Basınç Direnci	kgf/cm ²	>920
Donma Kaybı	%	0,32
Darbe Direnci	kgf.cm/cm ³	37,6
Eğilme Direnci	kgf/cm ²	234
Doluluk Oranı	%	82,7
Gözeneklilik Oranı	%	17,3
Ortalama Aşınma Direnci	cm ³ /50cm ²	26,4

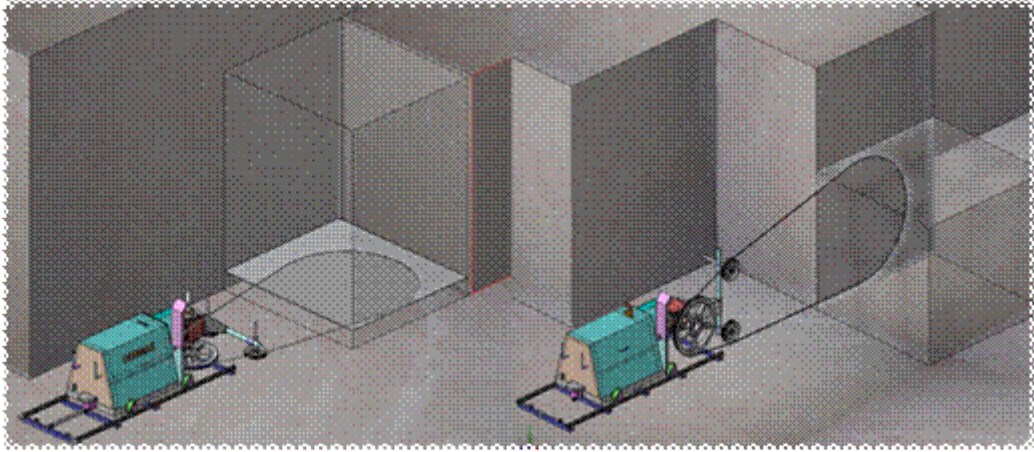
2.3. Teknik Özellikleri

Teknolojik özellikleri kesilebilme, parlaklık, saydamlık, köşe-kenar verimi ve cila olarak sınıflandırmaktadır.

- **Kesilebilme:** Kayaların makine kesme özellikleri sertliklerine bağlıdır. Ocak veya fabrika mermerinin, sertliklerine göre makineler saptanarak kesim işlemi gerçekleştirilir. Kesim hızları fazla olan makinelerle sert kayalarda kesim yapılmaya çalışılırsa ürün kenarlarında pürtüklerin gözlenmesi olağandır.
- **Parlaklık:** Parlaklık mineral yüzeylerinden yansıyan ışınların konumlarına bağlıdır. Parlaklık şiddeti mineralin saydamlık ve yansıtma derecesine ve kristal yapısı ile ilgilidir. Kuvars kristaline gelen ışınlar, kırılarak içine girerler. Opak mineraller ışınları yansıtarak parlak bir konum sunarlar. Kristal yüzeyleri ve dilimin düzgünlüğü ilke pürüzsüz olmaları parlaklığa işaretir.
- **Saydamlık:** minerallerin ışığı geçirme özelliklerine bağlıdır. Saydam, yarı saydam ve opak terimleri ile ifade edilirler. Mineral kalınlıkların azalmaları, inklüzyonları ayrışmaları ve dilim yüzeyleri saydamlıkların azalmasına işaretir.
- **Cila Alma:** iri kayalı kayalar gözenekleri fazla olduğundan normal cila alırlar.mineral bozulmaları cila alma kabiliyetlerini azaltır. İnce taneli kayalarda cila alma kabiliyetleri çok iyidir. Sparit çimentolu kayalarda cila çok parlaktır. Mikrit çimentolu kayalarda cila alma donuktur.
- **Köşe-Kenar Verme:** Küçük ve eş taneli kayalar mermer olduklarında köşe-kenar verimleri yüksek olacaktır. İri ve faklı tane içeren kayalarda köşe-kenar verimleri düşük olup mineral yüzeylerinden atmalar gözlenecektir.

2.4. İşleme Yöntemleri

Bayburt Taşı ocaklarda kayanın üstü temizlendikten sonra zorlamalar (patlatma) ile koparılarak şekilsiz parçalar halinde alınmaktadır. Bu tür işleme tarzı kırılmaya yakın olan Bayburt taşındaki kayıpları daha fazla artırmaktadır. Bayburt taşı yataklarının bulunduğu alanlar, eğimlerin yatay veya yataya yakın alanlardır. Bu yüzden maden dikey ve yatay kesebilen S/T (tel kesme) ile alınması en uygun yöntem olacaktır[4].



Şekil 2.4. Tel kesme uygulaması[28].

2.5. Bayburt Taşının Kullanım Alanları

Bayburt Taşı Eosen yaşlı Yazıyurdu formasyonunda denizel ortamda çökelmiştir. Bayburt Taşı bölgede Arı ve beyaz renkli olanları yapıda kaplama taşı olarak kullanılmaktadır. Kalınlıkları 10 cm olan ve uzunlukları 30-40 cm ve genişliği 20 cm bulunan yapı taşı üretiminde kullanılmaktadır. Bazen de yapıların dışında kaplama olarak kullanılır. Proje kapsamında dekoratif olarak mezar, mihrap, barbekü, çeşme gibi sanatsal yapıların üç boyutlu olarak işlenmesi sağlanmıştır.

Bayburt taşı sertliği fazla olmayan, çok çabuk aşınan kayaç olduğundan dış kaplamalarda yapı taşı olarak kullanılırken dikkatli olunması gerekmektedir. Suyu emme özelliği fazla olduğundan ani ısı değişime sahip ortamlarda beyaz çiçeklenme ve kavlama yapması olağandır. Taşın esas kullanım alanı ince işçiliğin yapıldığı ve dekoratif olarak kullanıldığı alanlardır. Erikdibi ve Gümüşdamla sahaları dış yapıda ve kaplamada rahatlıkla kullanılacak bir taştır.

3. SİSTEMDE KULLANILAN PARÇALAR

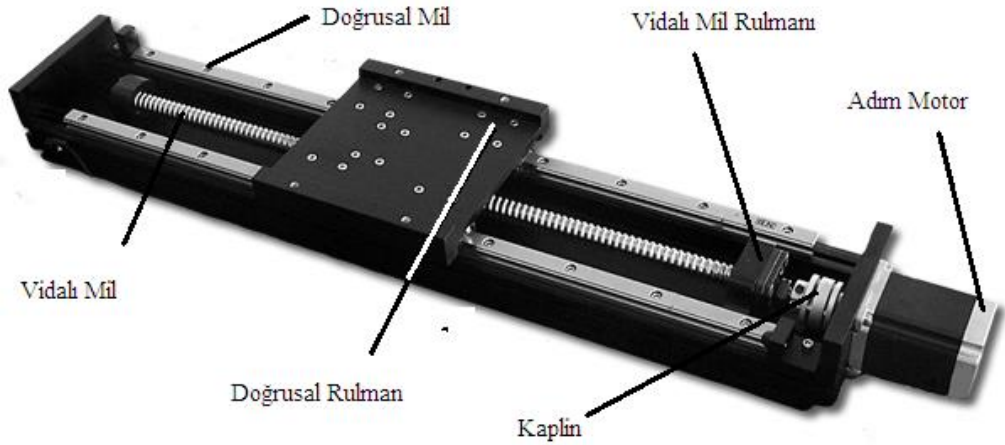
Bu bölümde tasarlanan sistemde kullanılan elemanlar ve kullanılan yazılımlar anlatılmaktadır. Şekil 3.1’de sistemin mekanik kısmı görünmektedir.



Şekil 3.1. Gerçekleştirilen sistemin görünümü

3.1. Mekanik Parçalar

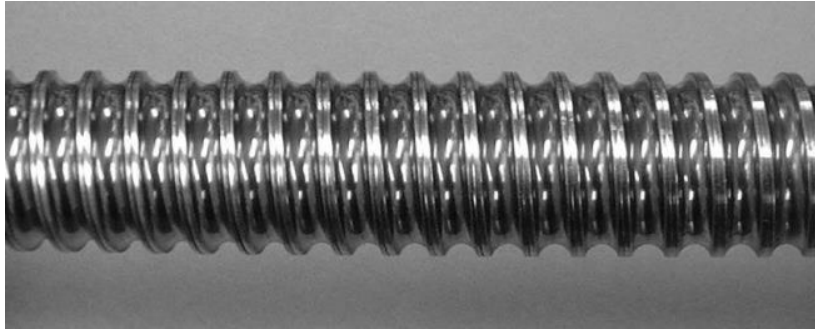
Mekanik kısım vidalı mil, vidalı mil somunu, doğrusal mil, doğrusal rulman, vidalı mil rulmanı, vidalı mil somun gövdesi, kaplin ve metal gövde olmak üzere yaklaşık on parçadan oluşmaktadır. Adım motorlardan alınan dönme hareketi kaplin ile vidalı mile aktarılmaktadır. Vidalı mil üzerinde bulunan somun gövdesi ile eksene bağlıdır ve bu yüzden sabit durur. Milden gelen dönme hareketi somun üzerinde doğrusal harekete dönüşür. Eksenler doğrusal hareketini doğrusal mil ve rulmanlar vasıtasıyla yaparlar. Birbirine paralel olarak yerleştirilmiş doğrusal miller üzerinde rulmanları bulunur. Bu rulmanlar eksenin gövdesine bağlıdır. Bu tasarım şekil 3.2’de görülmektedir. Bir doğrusal mil üzerinde en az iki tane doğrusal rulman bulunmalıdır.



Şekil 3.2. Doğrusal eksenin görünümü[29].

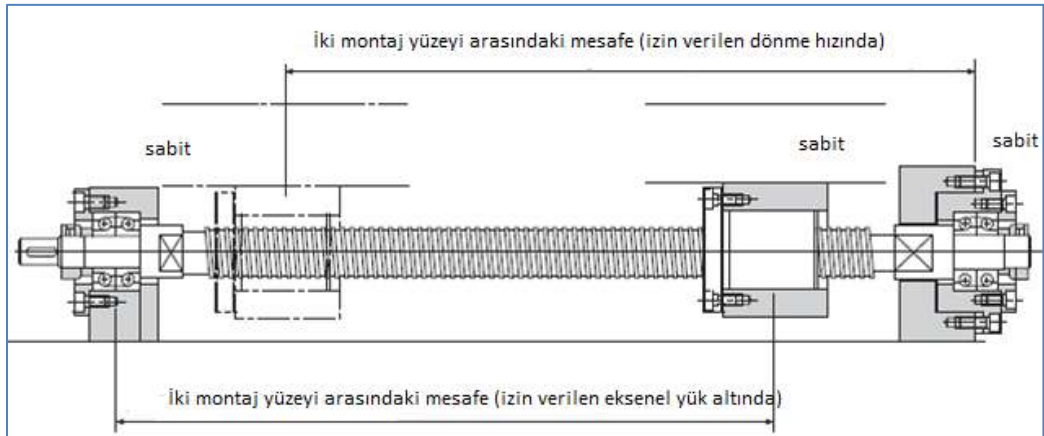
3.1.1. Vidalı Mil

Vidalı mil, bilye yataklı bir somunun vida dişleri açılmış bir mil üzerindeki sistem sayesinde dönme hareketini doğrusal harekete çeviren makine elemanıdır. Bu hareket esnasında sürtünmenin azaltılabilmesi amacıyla somun ile mil arasında yer alan boşlukta yataklanan bilyeler mevcuttur. Bir hareket iletim parçası olan vidalı miller, doğrusal hareketi bu sayede daha az sürtünme ile iletirler. Hassas bir vida olarak yapılan dişli mil ise helezonik yapıdaki kanalları sayesinde bilye yataklarının rahat hareketine olanak tanır. Düşük sürtünme özelliği sayesinde yüksek mekanik verim elde edilir[6].



Şekil 3.3. Vidalı mil görünümü

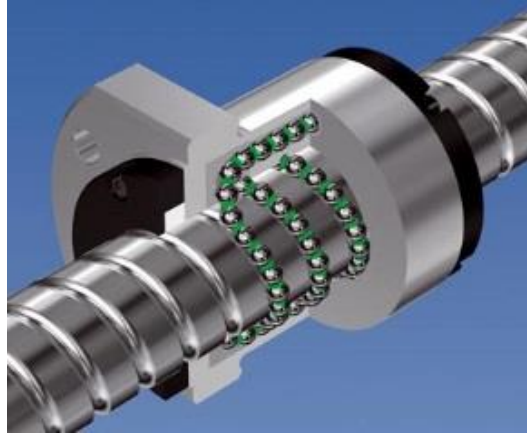
Diğer mekanik parçalar gibi vidalı miller de dikkatlice muhafaza edilmelidirler. Bu sayede kir ve aşındırıcı parçacıklardan korunmalıdırlar. Bu amaçla, çalışma yüzeyini örten kauçuk veya deri körük kullanılmaktadır. Son derece kullanışlı ve yüksek verim elde edilebilen özellikleri sayesinde vidalı miller CNC'lerin vazgeçilmez parçalarından birisidir.



Şekil 3.4. Vidalı milin montaj şekli[29].

3.1.2. Vidalı Mil Somunu

Vidalı mil somunu, vidalı milden aldığı dönme hareketi doğrusal harekete çevirir. Şekil 3,5'te de görüleceği üzere içyapısı küçük bilyelerden oluşmaktadır. Dönme hareketi esnasında bilyeler kanallar vasıtasıyla taşınarak sürtünmeyi en aza indirirler. Hareketli bir parça olduğundan yağlamanın devamlı yapılabilmesi gerekmektedir. Bu nedenle gövde üzerinde yağlama kanalı bulunmaktadır. Bilyeler ile vidalı mil arasında boşluk yok denecek kadar az olduğundan çok hassas hareket gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Vidalı mil üzerine montajı yapılırken Şekil 3.6'da görülen plastik parça vidalı mil ilerledikçe çıkartılmalıdır. Aksi takdirde somun içerideki bilyeler dökülecektir.



Şekil 3.5. Vidalı mil somunu iç yapısı[30].



Şekil 3.6. Vidalı mil somunu görünümü[30].

3.1.3. Doğrusal Mil

CNC' ler belirli sayıda doğrusal hareketin birleşiminden oluşur. Bu hareketleri oluşturmak için ilgili eksen doğrusal mil üzerinde doğrusal rulman yardımıyla hareket eder. Doğrusal miller yüzeyleri sertleştirilmiş ve krom kaplı olduğu için salınım yapmazlar. Böylece vidalı mil somunundan alınan doğrusal hareket eksene aktarılır[7].



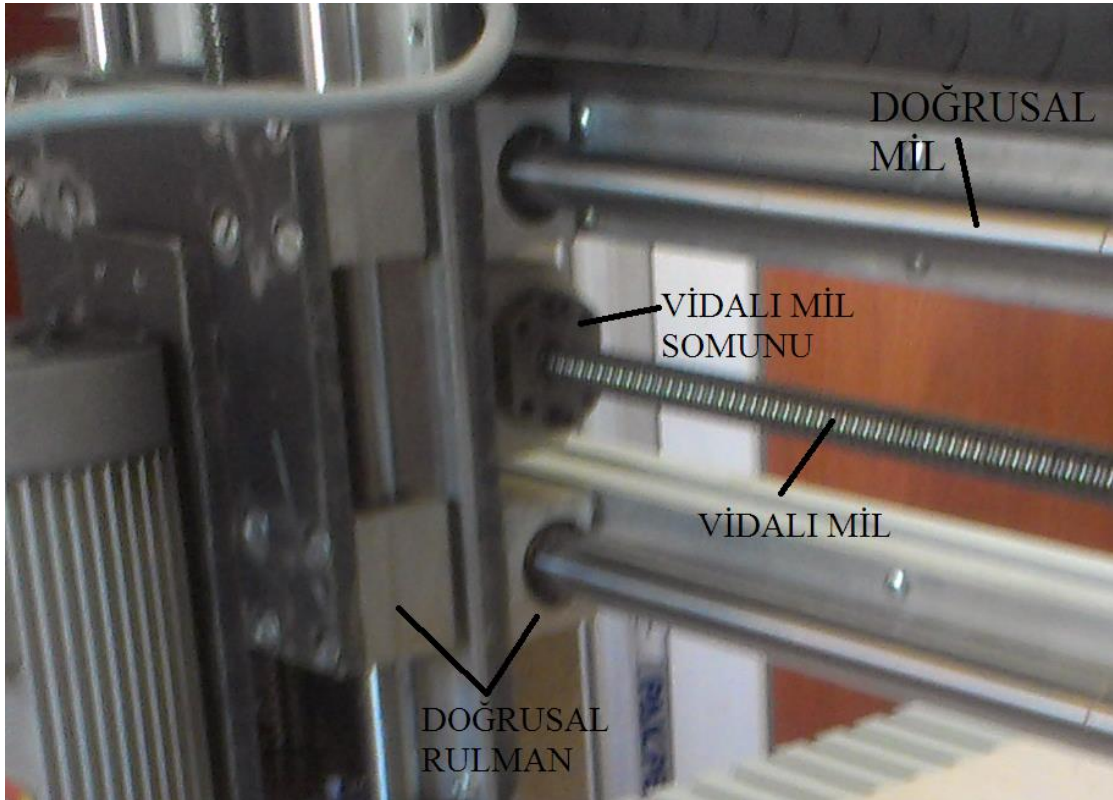
Şekil 3.7. Doğrusal mil ve rulman görünümü [7].

3.1.4. Doğrusal Rulman

Doğrusal rulman veya diğer adıyla lineer rulman eksenin doğrusal mil üzerinde kolaylıkla hareket etmesini sağlar. Çalışması vidalı mil somunu ile aynıdır. Normal rulmanlardan farkı yatak kısmının daha geniştir. Bu sayede doğrusal mil üzerinde ilerlerken eksenin hareket doğrultusunda esnemesini engeller[8]. Şekil 3.9’da monte edilmiş doğrusal rulmanlar görülmektedir.



Şekil 3.8. Doğrusal rulmanlar



Şekil 3.9. Parçaların birleşiminden bir görünüm

3.1.5. Vidalı Mil Rulmanı

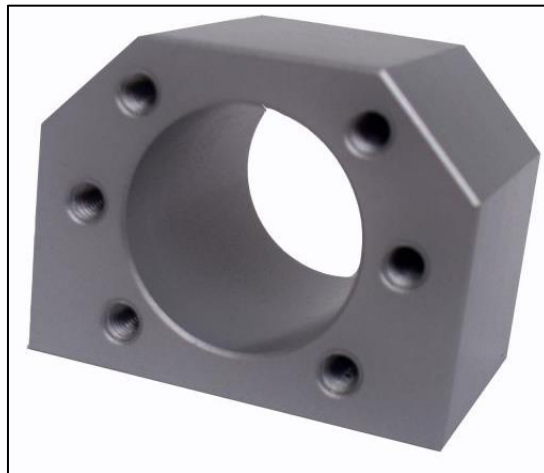
Vidalı milin hareketini salınım yapmadan gerçekleştirebilmesi için gövde üzerine sabitlenmesi gerekmektedir. Aynı zamanda dönebilmelidir. Bunun içinde yine bir çeşit rulman olan vidalı mil rulmanı kullanılır. Vidalı milin iki ucuna takılarak vidalı milin eksen hareket yönünde sıkıştırılmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.10. Vidalı mil rulmanı

3.1.6. Vidalı Mil Somun Gövdesi

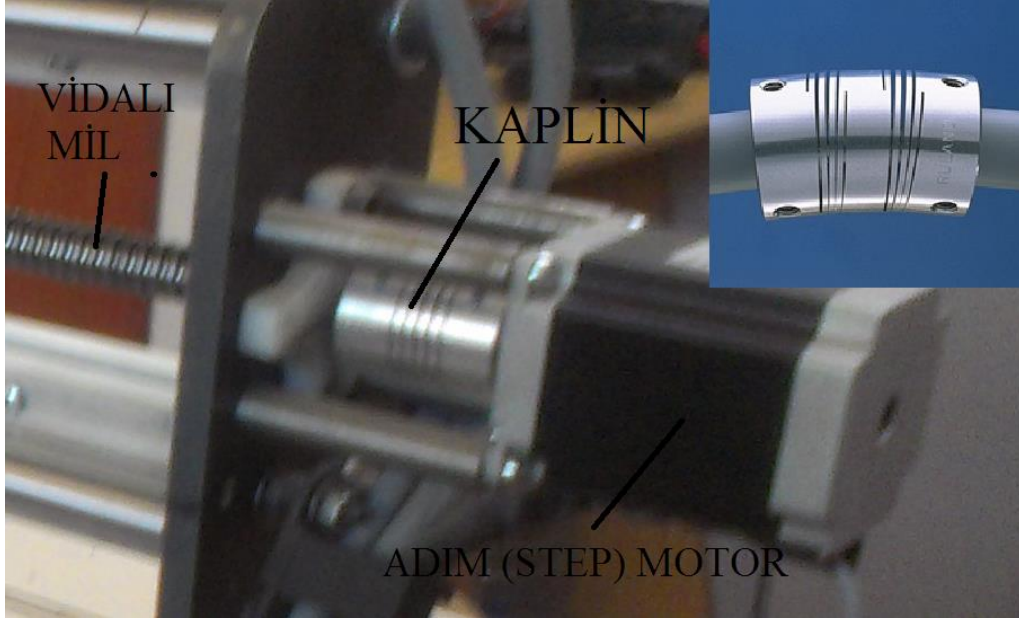
Vidalı mil somunun şekli düz bir yüzeye bağlamak için uygun olmadığı için vidalı mil somun gövdesine ihtiyaç duyulmaktadır. Vidalı mil somununda gelen kuvveti eksene aktarmada kullanılır. Vidalı milin standartlarına göre değişik ölçülerde üretilmektedir.



Şekil 3.11. Vidalı mil somunu gövdesi

3.1.7. Kaplin

Adım motorun dairesel hareketi vidalı mile aktarılması gerekmektedir. Bu aktarma işlemini herhangi bir metal parça ile yaptığımızda ilk etapta sistem sorunsuz olarak çalışabilir. Fakat motor ile mil arasında çok azda olsa şekil 3.12’de görüldüğü gibi doğrusallık yok ise motor sargılarının zarar görmesine neden olmaktadır. Adım motorun çalışması da eşzamanlı olmamaktadır. Bu noktada kaplin devreye girmektedir. Esnek yapısı sayesinde adım motordan alınan dairesel hareketi vidalı mile aktarmak için kullanılır.



Şekil 3.12. Kaplin ve kullanım yeri

3.2. Elektronik Parçalar

Elektronik kısım adım motor, adım motor sürücü kartı, manyetik anahtar, manyetik anahtar kontrol kartı, üç faz dönüştürücü ve üç faz yüksek devirli kesici motordan oluşmaktadır. Elektronik kısımda yazılımın paralel port üzerinden gönderdiği bilgiler sürücü karta işlenerek adım motorların dönmesi sağlanmaktadır. Ayrıca eksenlerin başlama ve bitiş noktalarını belirlemek amacıyla manyetik anahtarlar kullanılmıştır.

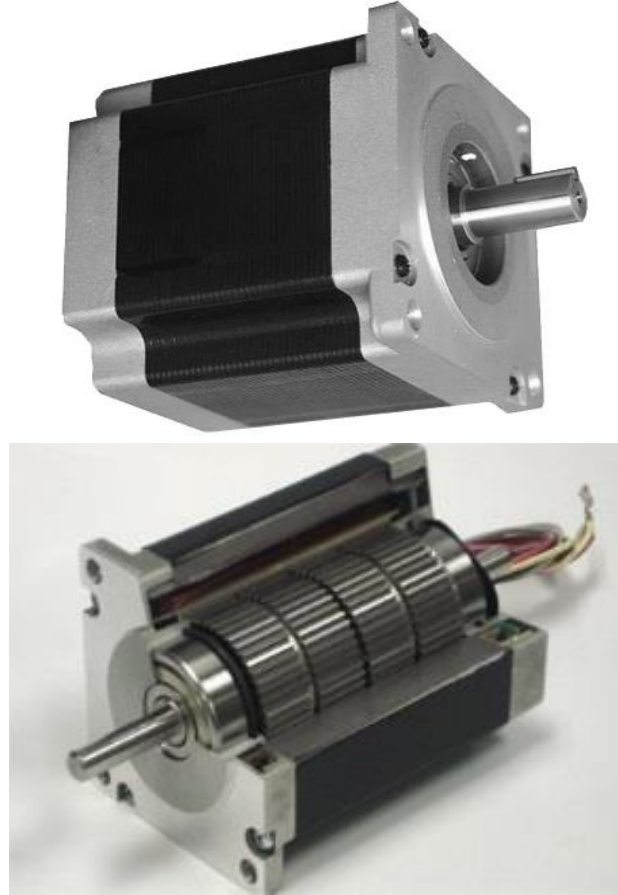


Şekil 3.13. Kontrol paneli görünümü

3.2.1. Adım (Step) Motor

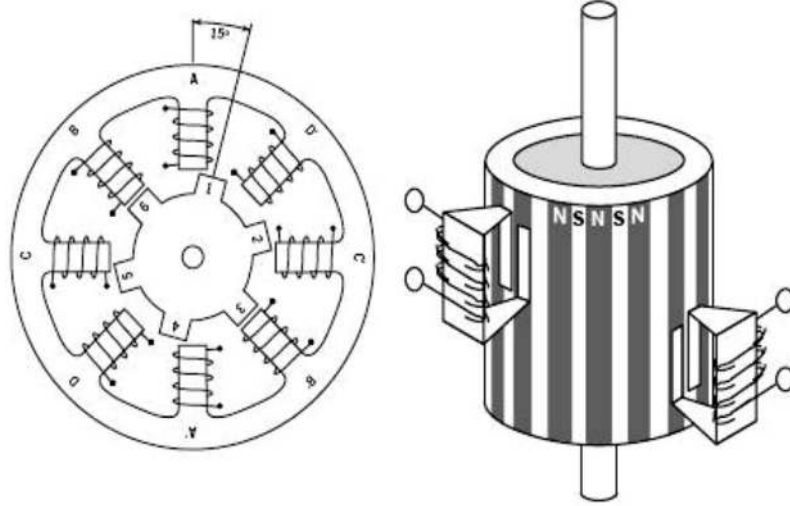
Adım motorları (Step motorlar), girişlerine uygulanan sayısal iğne palsleri ile dönme hareketi yapabilen elektromanyetik elemanlardır. Bu özellikleri nedeniyle “dijital makina” olarak da tanınan adım motorları, dijital sistemlerde ile mekanik sistemlerin kontrolünde büyük kolaylık sağlarlar. Adım motorları, adından da anlaşılacağı gibi belirli adımlarla hareket ederek rotorun açısal konumunu değiştirirler. Bu adımlar, motor sargılarına uygun sinyaller gönderilerek kontrol edilir. Herhangi bir uyartımda, rotorun yapacağı hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı, motorun yapısına bağlı olarak 90, 45, 18, 7,5, 1,8 derece veya çok daha değişik açılarda olabilir.

Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı da kontrol edilebilir. Adım motorlarının dönüş yönü ise, uygulanan sinyallerin sırası değiştirilerek, saat ibresi yönünde (CW) veya saat ibresinin tersi yönünde (CCW) olabilir[9].



Şekil 3.14. Adım motor görünümü[31].

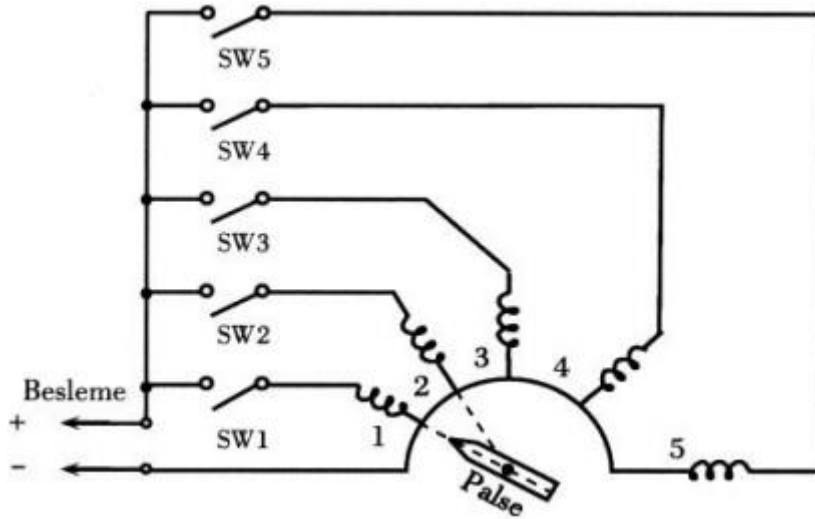
Adım motor statorunun genellikle sekiz olmak üzere birçok vardır. Bunların polaritesi elektronik anahtarlar yardımıyla değiştirilir. Sürücü karttan gelen anahtarlama sinyalleri sonucunda statorun ortalama güney ve kuzey kutupları döndürülmektedir. Rotorun güney kutbu, statorun kuzey kutbu sıralıdır. Rotorun mıknatıslılığı, bir sürekli mıknatıs veya dış uyarım metotlarıyla oluşturulabilir. Bu arada sürekli mıknatıs oluşacaktır. Adımları (stepler) vasıtasıyla ortalama stator alanı döner ve rotor da bunu benzer (adımlar) stepler arasında takip eder. Daha iyi bir seçicilik elde etmek için rotor ve stator üzerine küçük dişler yapılmaktadır[9].



Şekil 3.15. Adım motor yapıları[32].

3.2.1.1. Çalışma Prensibi

Adım motor, uçlarına darbe sinyalleri uygulandığında hareket eden motor çeşididir. Bu hareket miktarı, motorun yapısına göre belli bir açı ile sınırlandırılmıştır. Adım motorda rotorun dönmesi, girişe uygulanan pals adedine bağlı olarak değişir. Girişe tek bir pals verildiğinde rotor, tek bir adım hareket eder ve durur. Daha fazla pals uygulanınca pals sayısı kadar adım hareket eder[10].



Şekil 3.16. Adım motorun prensip şeması[32].

Adım motor, bir daire içinde elektromanyetik alanların dönüşü ile ifade edilebilir. Şekil 3.16'daki 1 numaralı anahtar kapandığı zaman sabit mıknatıs kendiliğinden 1. Elektromanyetik alan ile aynı hizaya gelecektir. Bundan sonra 1 numaralı anahtar açılıp, 2

numaralı anahtar kapatılırsa sabit mıknatıs 2.elektromanyetik alanın karşısına gelecektir. Bu olaylar sırasıyla tekrarlanırsa daimi (sabit) mıknatıs, yani rotor bir daire içinde düzgün şekilde döner.

3.2.1.2. Adım Motorun Avantajları

- Geri beslemeye ihtiyaç duymazlar. Açık döngülü olarak kontrol edilebilirler.
- Motorun hareketlerinde konum hatası yoktur.
- Sayısal olarak kontrol edilebildiklerinden bilgisayar veya mikroişlemci gibi elemanlarla kontrol edilebilirler.
- Mekanik yapısı basit olduğundan bakım gerektirmezler.
- Herhangi bir hasara yol açmadan defalarca çalıştırılabilirler.

3.2.1.3. Adım Motorun Dezavantajları

- Adım açıları sabit olduğundan hareketleri sürekli değil darbelidir.
- Sürtünme kaynaklı yükler, açık döngülü kontrolde konum hatası meydana getirirler.
- Elde edilebilecek güç ve moment sınırlıdır.

3.2.1.4. Step Motorlarda Karşılaşılan Terimler

- **Adım Açısı (SA):** Bu, derece cinsinden açısal bir dönme olup, sargı polaritesinin her bir değişiminde mil döner. Bu, tek bir giriş darbesi ile sağlanır. Derece / adım veya sadece derece olarak ifade edilir.
- **Dönme Başına Adım (SPR):** Bu 360°'lik bir tam dönme için gerekli olan toplam step sayısını gösterir.

$$SPR = 360^\circ / SA$$

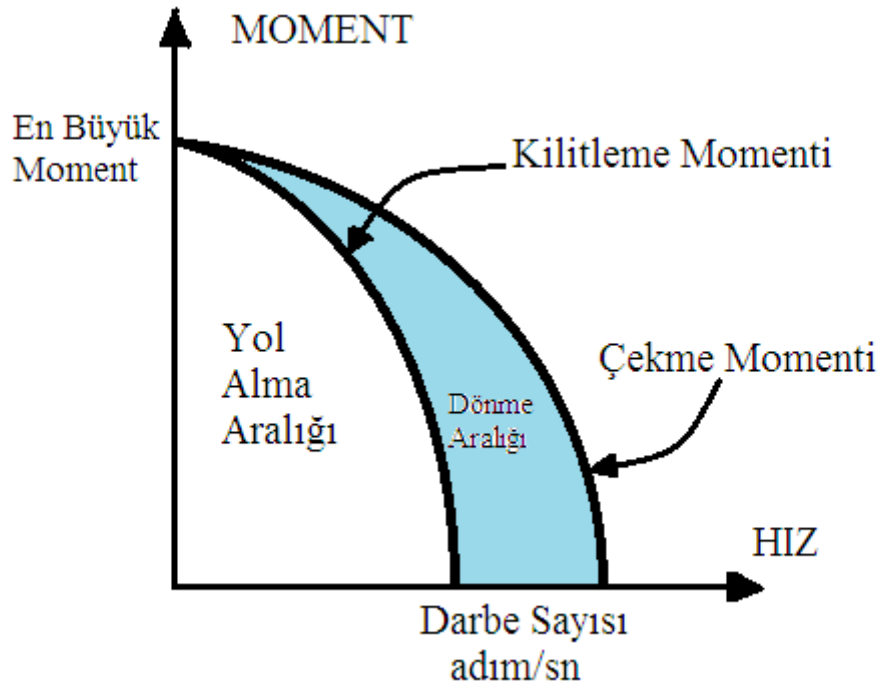
- **Saniye Başına Adım (SPS):** Motorun gittiği 1 saniyedeki açısal step sayısıdır. AC ve DC motorların dakika başına dönme hızı ile karşılaştırılabilir.

- **Adım Doğruluğu:** Bu, pozisyon doğruluğu hassasiyeti olup genellikle tek adım açısının yüzdesi olarak ifade edilir.
- **Artık Tork(Moment):** Bu tork, güç uygulanmazken durma durumunda vardır. Sadece sürekli mıknatıslı (permanet-magnet) rotor türündeki motorlarda görülür.
- **Step Cevabı:** Bu tek bir step yardımıyla motor hareket ettirmek için geçen zamanda, motor torkunun atalet oranının ve sürücü devre karakteristiğinin bir fonksiyonudur.
- **Tork (Moment) - Atalet Oranı (TIR):** Bir step motor için yararlılığın tanımıdır. Yüksek TIR, daha iyi step cevabı şöyle olmalıdır:

$$TIR = \frac{\text{Tutma Torku}}{\text{Rotor Ataleti}} (1/sn.)$$

- **Tutma Torku (momenti):** Oransal güç uygulandığında ve sıfır hızda (durma durumu) motor mili, tutma torku etkisindedir. Motor mili, elle döndürülmeye çalışılırsa manyetik alan dönmeye karşı koyacaktır. Ancak mile dışarıdan çok küçük bir tork uygulandığında tutma pozisyonu terk edilecektir.
- **Dinamik Tork (Moment):** Düşük hızda çalıştırılsa bile bir adım motorun geliştirebileceği dinamik tork, her zaman için tutma torkundan daha düşüktür.

Örneğin 50 step/sn. hızda sürtünme kuvvetini ve toplam yük ataletini kırarak dinamik tork, yaklaşık olarak tutma torkunun %80'i kadardır. Hız arttıkça tork, şekil 3.17'de görüldüğü gibi azalır.



Şekil 3.17. Adım motoru moment — hız karakteristiği

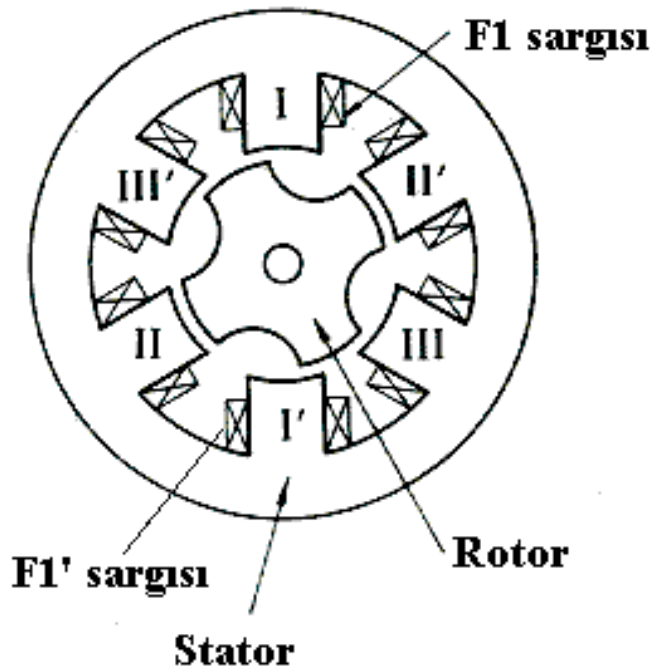
Bu azalmanın sebebi, stator sargılarının endüktif olmasıdır. Bu sargılara uygun DC kaynağı bağlandığı zaman akım, normal değerine doğru geçici olarak artar. Sargılar çok hızlı olarak açılıp kapatılırsa normal akıma hiçbir zaman ulaşamaz ve bu sebeple motor, düşük hız torkundan daha düşük tork geliştirir. Anahtarlama hızının artırılması, ortalama akımı ve torku daha da azaltacaktır.

3.2.1.5. Step Motorun Çeşitleri

- Değişken relüktanslı step motorlar
 - Tek parçalı,
 - Çok parçalı
- Sabit mıknatıslı step motorlar (PM)
- Hibrid step motorlar

3.2.1.5.1. Değişken Relüktanslı (DR) Adım Motoru

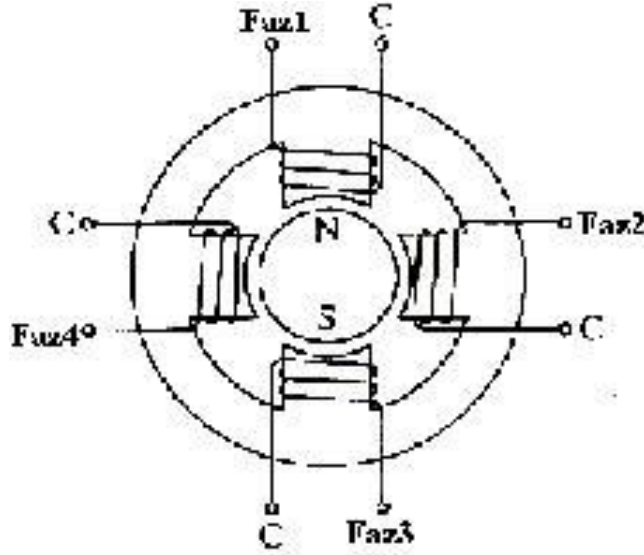
Değişken relüktanslı adım motoru, en temel adım motoru tipidir. Bu üç fazlı motorun altı adet stator kutbu vardır. Birbirine 180° açılı olan herhangi iki stator kutbu aynı faz altındadır. Bunun anlamı, karşılıklı kutupların üzerindeki sargıların seri veya paralel olması demektir. Rotor, dört adet kutba sahiptir. Stator ve rotor nüveleri, genellikle ince tabakalı silisli çelikten yapılır. Düşük manyeto motor kuvveti uygulansa bile stator ve rotor malzemeleri düşük dirençli ve içlerinden yüksek manyetik akı geçecek kapasitede olmalıdır[11].



Şekil 3.18. DR adım motoru[32].

3.2.1.5.2. Sabit Mıknatıslı (SM) Adım Motorları

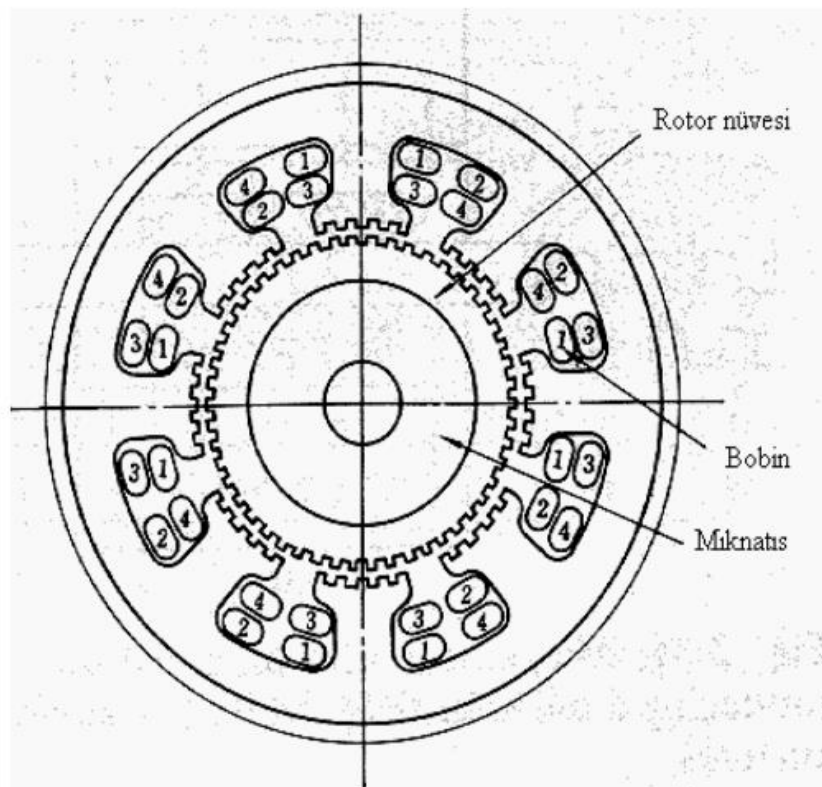
Rotorunda sabit mıknatıs kullanılan adım motoruna sürekli mıknatıslı adım motoru adı verilir. 4-fazlı bir SM adım motorunun bir örneği şekil 3.19’da gösterilmiştir. Silindirik sabit mıknatıs rotor gibi çalışır. Etrafında ise her biri üzerine sargılar sarılı olan 4 adet kutbun bulunduğu stator vardır. Burada C ile adlandırılan terminal, her bir fazın birer uçlarının birleştirilerek güç kaynağının pozitif ucuna bağlandığı ortak uçtur. Eğer fazlar faz 1, faz 2, faz 3, faz 4 sırasıyla uyartılırsa rotor, saat ibresi yönünde (**CW**) hareket edecektir. Bu motorda adım açısının 90° olduğu açıkça görülmektedir. SM adım motorunda adım açısını azaltmak için, manyetik kutup sayısı ile birlikte stator kutup sayısı artırılmalıdır. Fakat her ikisinin de bir sınırı vardır. Buna alternatif olarak küçük adım açılarına sahip karışık yapıdaki SM adım motorları kullanılmaktadır[11].



Şekil 3.19. Fazlı SM adım motoru[32].

3.2.1.5.3. Karışık Yapılı (Hibrid) Adım Motoru

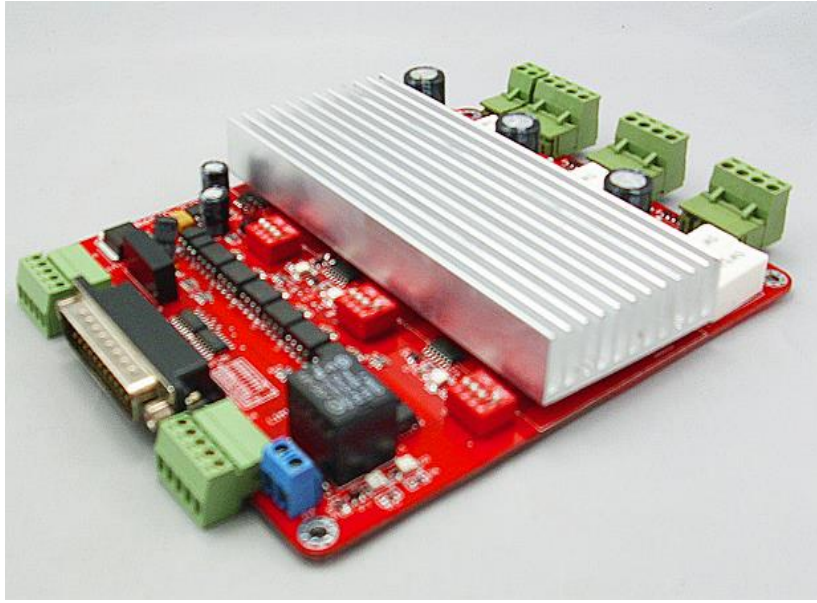
Rotorunda sabit mıknatıs bulunan bir diğer adım motoru da karışık yapılı adım motorudur. Hibrid kelimesi, motorun sabit mıknatıslı ve değişken relüktanslı motorların prensiplerinin birleşmesinden dolayı verilmiştir. Günümüzde çok geniş bir kullanım alanına sahip olan Hibrid adım motorunun yapısı, Şekil 3.20’de verilmiştir. Statorun nüve yapısı değişken relüktanslı adım motorunun aynısı veya çok benzeridir. Fakat sargıların bağlantısı, değişken relüktanslı motorunkinden farklıdır. Değişken relüktanslı adım motorunda bir kutupta bir fazın iki sargısından sadece bir tanesi sarılmış iken, dört fazlı karışık yapılı adım motorunda iki farklı fazın sargıları aynı kutupta sarılmıştır. Bundan dolayı bir kutup sadece bir fazın altında değildir. Karışık yapılı adım motorlarında moment, diş yapılarındaki hava aralıklarının manyetik alanlarının etkileşimi ile oluşturulur. Bu tip motorlarda sürekli mıknatıs, sürücü kuvveti oluşturmak için önemli rol oynamaktadır. Fakat karışık yapılı adım motorundaki rotor ve stator dişlerinin küçük adım açıları elde etmek için tasarlandığı bilinmelidir. Bu motorun hem rotoru hem statoru çıkıntı şeklindeki dişlere sahiptir. Rotor, yumuşak demirden yapılmıştır. [11].



Şekil 3.20. Karışık yapılı (Hibrid) adım motorunun yapısı[32].

3.2.2. Adım Motor Sürücü Kartı

Adım motorların kontrol edilebilmesi için sürücü kartlara ihtiyaç vardır. Bu kartlar tetikleme elemanları (transistör, tristör) ile tasarlanmaktadır. Teknolojinin hızla gelişmesiyle bu tetikleme elemanları piyasada hazır olarak bulunan TB6560 ve benzeri entegrelere yerleştirilerek kişilerin kullanımına sunulmuştur. Projemizde Toshiba firmasının üretmiş olduğu TB6560AHQ adım motor sürücü kartı kullanılmıştır.



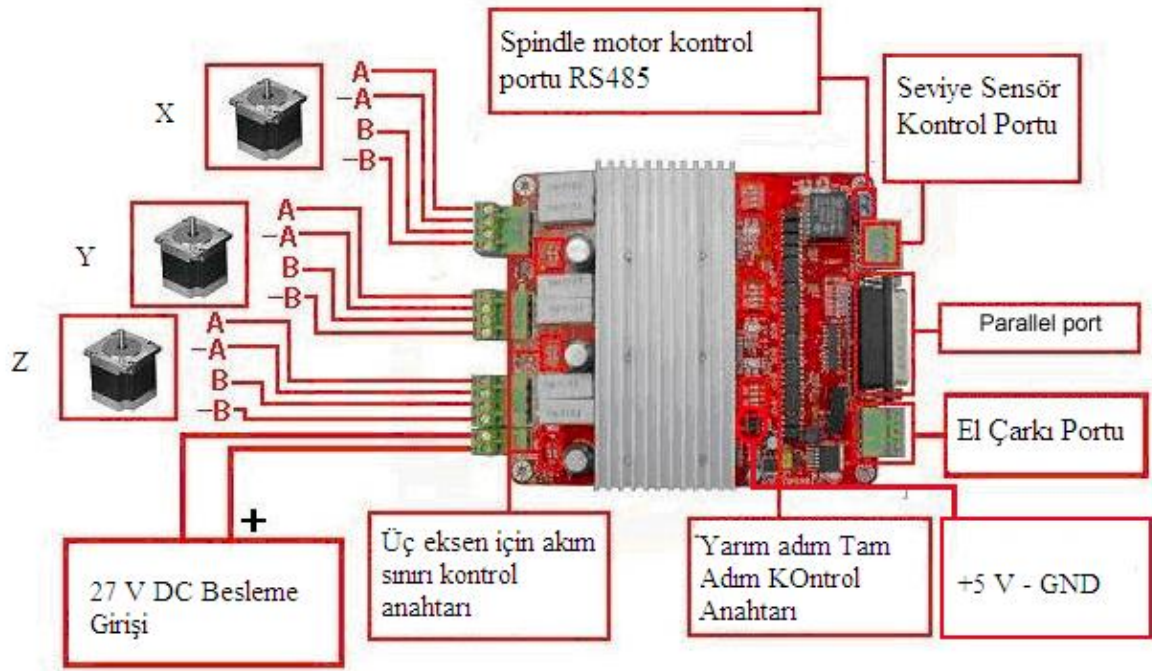
Şekil 3.21. TB6560AHQ adım motor sürücü kartı

Sürücü kart bilgisayar ile paralel port üzerinden haberleşmektedir. Ayrıca el çarkı ve seviye anahtarları içinde giriş çıkış portları bulunmaktadır. Kesici motorun hızı da aynı kart üzerinden yazılım vasıtasıyla kontrol edilebilmektedir.

3.2.2.1. TB6560AHQ Avantajları

Dakika başına devir sayısı 100'ün altında olan sistemlere düşük hızla çalışma sistemi, 100'e eşit veya 100'den büyük ise yüksek hızda çalışma sistemi denir.

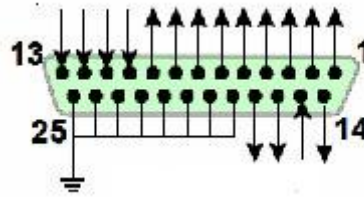
- Motor titreşimi ve gürültüsü çok düşük seviyededir.
- Gömülü entegre teknolojisi kullanıldığı için soğutma işleminin küçük alanlarda sağlanabilmektedir.
- Birçok adım motor çeşidini sürebilmektedir.



Şekil 3.22. Sürücü kart görünümü ve bileşenleri

3.2.2.2. Paralel Port Kullanımı

Paralel port üzerinde 25 adet giriş çıkış ucu bulunmaktadır. Adım motorlara ve kesici motorlara veri gönderirken çıkış uçları, sensörlerden veri alırken de giriş uçları kullanılmaktadır[12]. Bu bilgiler detaylı olarak Tablo 3.1’de verilmiştir.



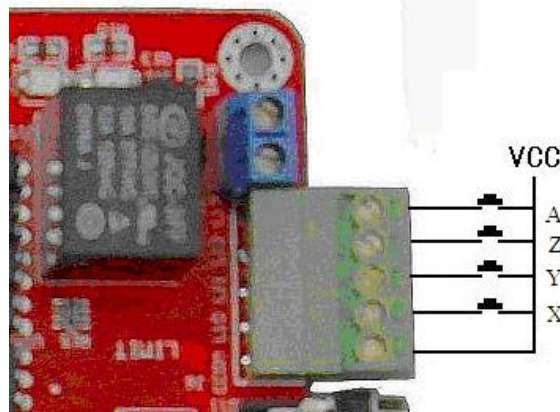
Şekil 3.23. Paralel port giriş çıkış uçları

Tablo 3.1. 25 uçlu paralel portun tanımlanması

Pin No	Görevi	Açıklama
1	EN	Tüm eksenler aktif
2	STEPX	X eksen darbe sinyali
3	DIRX	X eksen yön sinyali
4	STEPY	Y eksen darbe sinyali
5	DIRY	Y eksen yön sinyali
6	STEPZ	Z eksen darbe sinyali
7	DIRZ	Z eksen yön sinyali
10	LIMIT-1	X eksen seviye anahtarı girişi
11	LIMIT-2	Y eksen seviye anahtarı girişi
12	LIMIT-3	Z eksen seviye anahtarı girişi
13	LIMIT-4	A eksen seviye anahtarı girişi
14	Relay	
15	Blank	
16	STEPB-	B eksen darbe sinyali
17	DIRB-	B eksen yön sinyali
18-25	GND	Toprak

3.2.2.3. Seviye Anahtarlarının Bağlanması

Seviye anahtarları eksenlerin bitim noktalarının belirlenmesinde kullanılır. Sürücü kart üzerinde PD bağlıdır. Eksenler sensörleri kestiği zaman sürücü karta VCC voltajı gönderilir. Bu eksen sonun yaklaşıldığı zaman bilgisayara sayısal “1” bilgisi gelecektir. Aynı eksen de bağlı olan sensörlerin açık kontakları birbirine paralel bağlanmalıdır.



Şekil 3.24. Seviye Anahtarları

3.2.3. Adım Ayarlama Anahtarları

Adım ayarı iki şekilde yapılmaktadır. Birincisi motorun çalışma hızının seçilmesini sağlar. Eğer yanlış bir seçim yapıldığı takdirde motorların gürültülü çalışmasını neden olur. İkincisi ise her bir adım için gelmesi gereken sinyal sayısını belirlemektedir.



Şekil 3.25. Sürücü kart adım adım ayarlama anahtarları

Tablo 3.2. Adım motor çalışma tablosu

D1	D2	Çalışma Modu
1	1	Hızlı
0	1	% 50
1	0	% 25
0	0	Yavaş

Tablo 3.3. Adım motor adım-oran tablosu

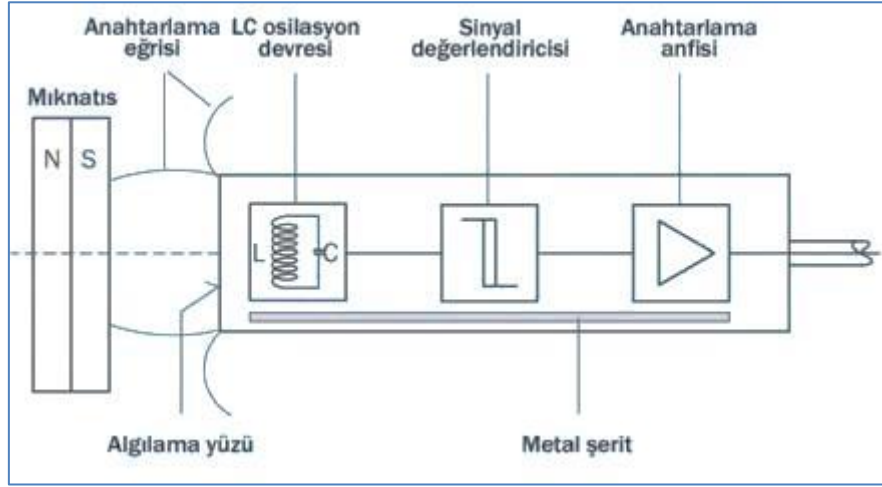
M1	M2	Adım/sinyal
0	1	1/16
1	1	1/8
1	0	1/2
0	0	1

3.2.4. Endüktif Sensör

Endüktif sensör, kendisine yaklaşan metal bir cismin varlığını temas etmeden algılayan sensör türüdür. Algılama sahasına giren bir metal cisim algılama sahasını etkiler. Bu değişim sensörün içinde bulunan elektronik elemanlarla işlenerek çıkış sinyalini değişmesine neden olur. Böylece sensörün türü PNP ise $-VCC$ gerilimi, NPN ise bağlı olduğu karta $+VCC$ gerilimi gönderilir[13]. Bu projede olduğu gibi bağlanacak adım motor sürücü kartının ilgili portu 5 V DC, endüktif sensör ise 27V DC gerilimle çalışmaktadır. Bu farklılıktan kaynaklanan sorunları ortadan kaldırmak için endüktif sensör kontrol kartı tasarlanmıştır.



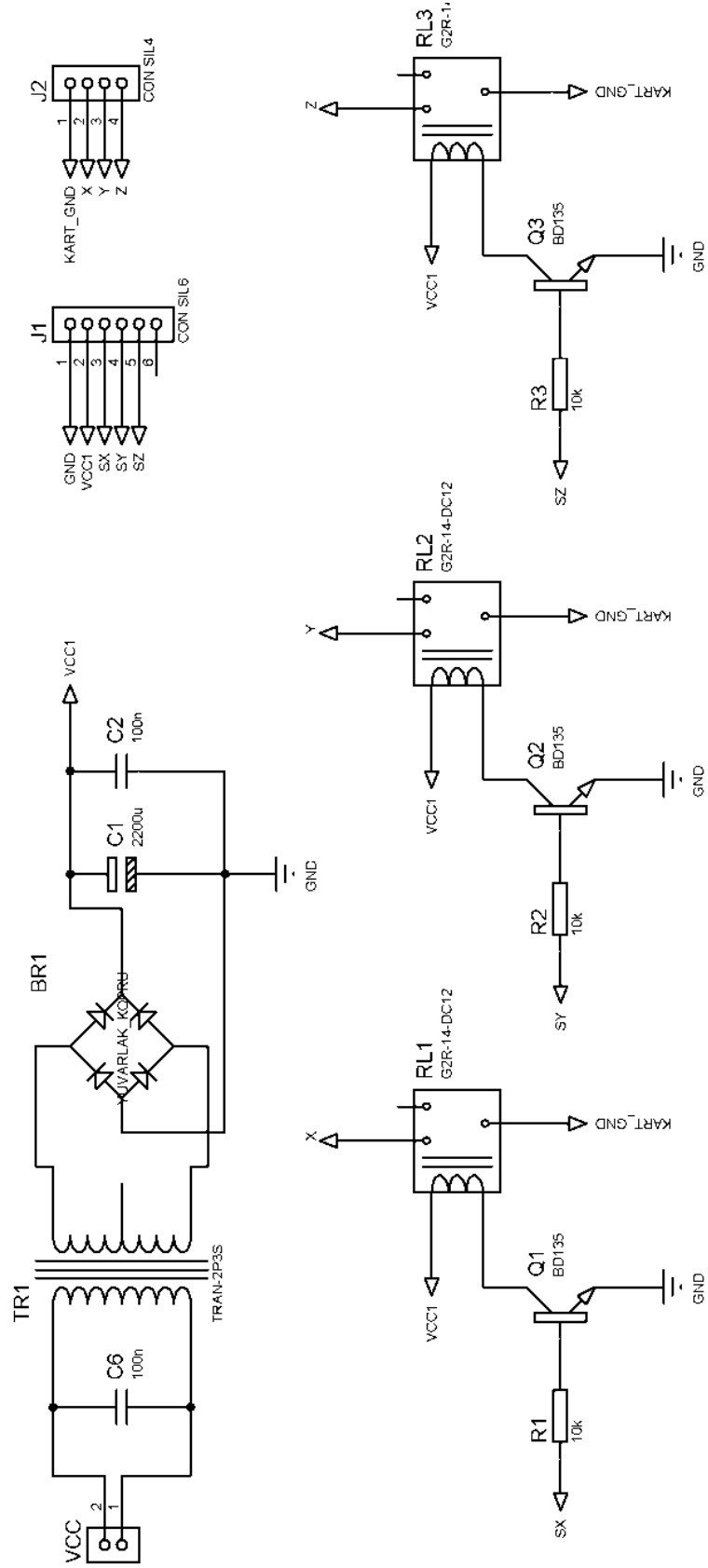
Şekil 3.26. Endüktif sensörün görünümü[13].



Şekil 3.27. Endüktif sensörün içyapısı[13].

3.2.5. Endüktif Sensör Kontrol Kartı

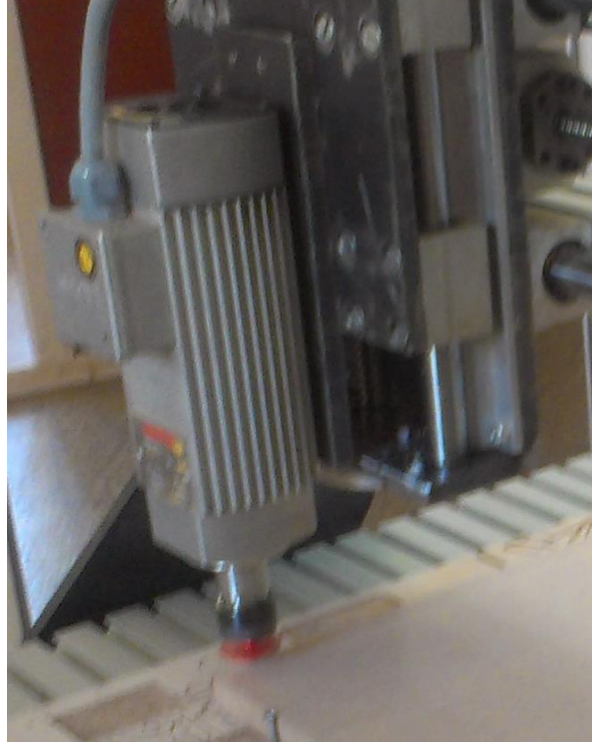
Projede endüktif sensörler röle kontağı vermediği için ek olarak kontrol kartı tasarlanmıştır. Kart güç katı, her eksen için röle katı ve giriş çıkış portlarından oluşur. Endüktif sensörlerden gelen bilgi transistör ile rölenin açık kontağının kapanmasına neden olur. Endüktif sensörler genelde 24 V DC akım ile çalışan PLC uygulamalarında kullanıldığı için bu tür çalışmalarda direk kullanılmamaktadır.



Şekil 3.28. Endüktif sensör kontrol kartı devre şeması

3.2.6. Üç Faz Yüksek Devirli Kesici (Spindle) Motor

Bu motor üç fazlı olup üçgen bağlantı yapılmıştır. 1-18000 d/dk hızında çalışabilmektedir. Yani saniyede 300 devir yapabilmektedir. Devir sayısını bu kadar yüksek olması kesime işleminin de pürüzsüz olmasını sağlamaktadır[14].

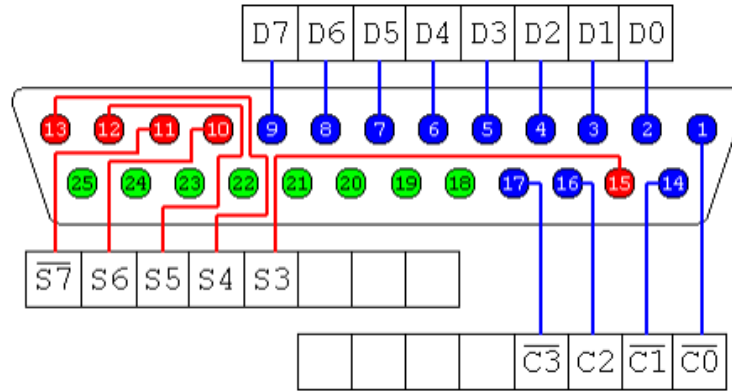


Şekil 3.29. Üç faz yüksek devirli kesici (spindle) motor

4. SİSTEMDE KULLANILAN BİLGİSAYAR DONANIMI VE YAZILIMLAR

4.1. Paralel Port

İlk olarak yazıcı kullanmak amacıyla tasarlanmıştır. Zamanla bilgisayara bağlamak istediğimiz cihazlarla haberleşmek içinde kullanılmıştır. Paralel port popüler olmasının nedeni hem çok yönlüdür hem de; giriş, çıkış ve çift yönlü bağlantılarda kullanabilmesidir. Yazıcıların yanı sıra veri toplamaya, testlere ve kontrol sistemlerine yönelik paralel port cihazı bulunmaktadır[14].



Şekil 4.1. Paralel port

Bir bilgisayarda bulunan her bir paralel port, kendi içinde üç adet porttan oluşmaktadır. Bunlar veri (data), durum (state) ve kontrol (control) portlarıdır. Veri portunun adresi, taban, yani ilk adres olup diğerleri bu adrese göre sıralanır. Örneğin, eğer bir bilgisayarda paralel portun ve dolayısıyla veri portunun adresi 378h ise, ilgili durum portu 379 h'ta ve kontrol portu 37A h'dır. Tablo 4.1'de paralel port adres atamalarını göstermektedir. Tabloda O/Y sembolü portun okunup yazılabileceğini göstermektedir. Durum portu sadece okunabilmektedir.

Tablo 4.1. Paralel portlar ve adresleri

Port No	Veri Portu (O/Y)	Durum Portu (Y)	Kontrol Portu (O/Y)
LPT1	0x03BC	0x03BD	0x03BE
LPT2	0x0378	0x0379	0x037A
LPT3	0x0278	0x0279	0x027A

4.1.1. Paralel Portun Alt Birimleri

Daha öncede belirtildiği üzere paralel port kendi içinde üç adet porttan oluşmaktadır. Proje kapsamında motorların kontrolü için paralel portun veri portu kullanılmıştır. veri portunu portların görevleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

4.1.1.1. Veri (Data) Portu

Veri portu ya da veri yazmacı D0-D7 veri çıkışına yazılan 1 baytlık bilgileri tutar. İki yönlü veri portlarında, port giriş için yapılandırıldığında, gelen bilgileri veri yazmacında tutmaktadır.

Tablo 4.2. Veri portu kullanım tablosu

Ofset Adresi	Adı	Oku/Yaz	Bit No	Özellik
Port Adresi + 0	Veri Portu	Yaz	Bit 7	Veri 7 (Pin 9)
			Bit 6	Veri 6 (Pin 8)
			Bit 5	Veri 5 (Pin 7)
			Bit 4	Veri 4 (Pin 6)
			Bit 3	Veri 3 (Pin 5)
			Bit 2	Veri 2 (Pin 4)
			Bit 1	Veri 1 (Pin 3)
			Bit 0	Veri 0 (Pin 2)

4.2. C# Programlara Dili

.NET Framework, programcıların kodu hızla yazması, yönetmesi, çalıştırması ve değişiklik yapmasını kolaylaştıran bir çalışma zamanı ortamıdır. Yazılan program ve bileşenler bu ortam içinde yürütülür. Programcılara otomatik bellek yönetimi ve tüm sistem hizmetlerine kolay erişim imkânı sağlar. Diğer programlama dillerinin çalıştırılabilmesi gerekli olan ayarlar ve işlemler. NET ortamında bütünleşik olarak gelmekte, bu durum geliştiricilere ve kullanıcılara rahat çalışma imkânı tanımaktadır.

Daha önceleri, programlama modelleri tek bir sistem üzerinde odaklanmakta ve hatta diğer sistemlerle etkileşime engel olmaktaydı. Microsoft .NET ise Internet üzerindeki kaynak gruplarının entegrasyonu ve birbirleriyle uyum içerisinde çalışmasına olanak vererek tek bir çözüm sunmak üzere tasarlanmıştır. .NET, Microsoft'un pazarladığı gelecek kuşak uygulama geliştirme araçları sürümünün ötesinde bir anlama sahiptir. Internet'i işletim sistemi haline getiren .NET, hem işletim sistemi, hem de Internet düşüncesinin kapsamını genişletmektedir. Uygulamalarımızı güncelleyerek ve “.NET” üzerinde yazılım geliştirme çalışması yaparak, yepyeni performans olanaklarından ve gelişmiş özelliklerden yararlanabilecek, bu sayede uygulama geliştirme süresinden tasarrufu sağlayabilecek, XML Web Servisleri gibi yeni uygulama sınıfları oluşturabilecek, Internet üzerinde dosya saklama ve kullanıcı tercihi yönetimi gibi yeni yapıtaşları servislerinden istifade edilebilecektir[15-17].

4.2.1. .Net Framework

Microsoft. NET platformu çok katmanlı ve dağıtık uygulama geliştirme modellerini benimsemiştir. .NET mimarisini aşağıdaki şekil 4.2’de görüldüğü gibi ifade edilebilir.

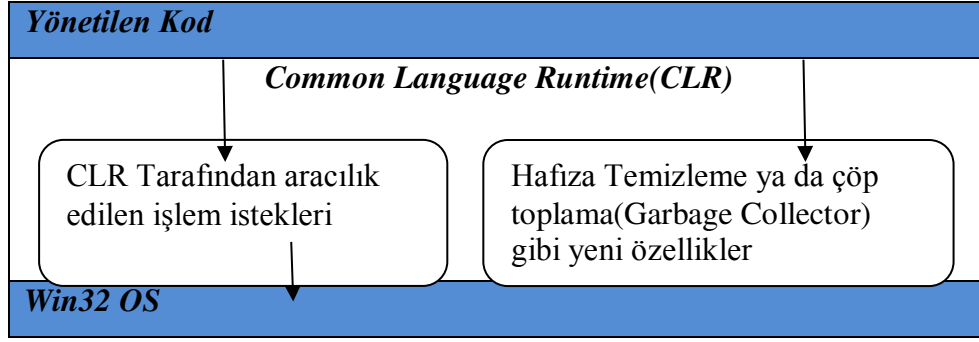


Şekil 4.2. Microsoft. NET mimarisi

Microsoft. NET Framework, İnternet'in dağıtılmış ortamında uygulama geliştirmeyi kolaylaştıran yeni bir hesaplama platformudur. .NET Framework, kodun güvenli çalışmasını garantileyen ve komut dosyasıyla çalışan ortamların performans sorunlarını gideren, nesneye yönelik bir programlama ortamı sağlamak için tasarlanmıştır[17].

4.2.2. Net Framework Mimari Yapısı

.Net Framework yapısının anahtarı yönetilen kod olarak görülebilir. Yönetilen kodlar, Common Language Runtime (CLR) adlı ortamda çalışırlar. CLR yapısı Win32 işletim sisteminin sunduğu hizmetlerden daha zengin bir yapı olarak ortaya konmuştur. Burada sözü edilen zenginliğin asıl kaynağı ise tüm dillerin ortak bir platformda çalıştırılabilmesi ve internet ortamında oluşturulan uygulamalara verilen destektir. Şekil 4.3'te bu yeni yapı gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Common Language Runtime’da yönetilen yürütme işlemi

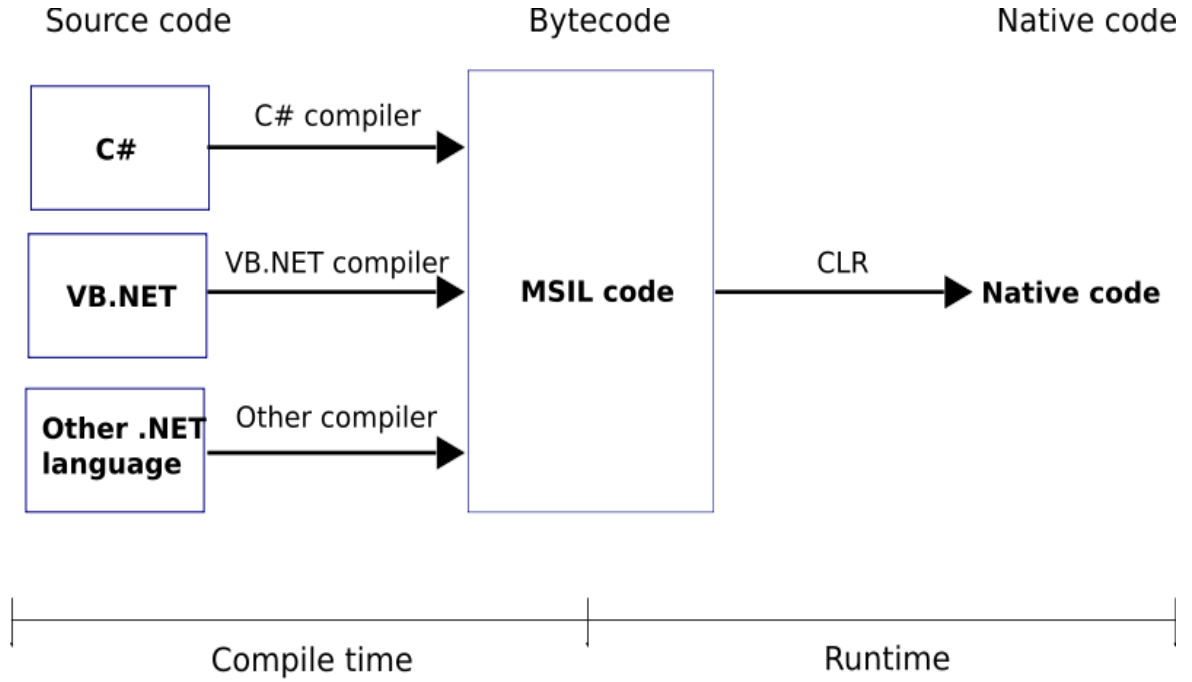
4.2.3. Çalışma Prensipleri

Her ne kadar bir .NET programı sıradan bir exe dosyası gibi görünse de arada çok fark vardır. Bir .NET çalıştırılabilir kodu(EXE) içerisinde MSIL (Microsoft Intermediate Language) kodlarını taşır. Bu dosyaya PE (Portable Executable), ismi de verilmektedir. Normalde kullanıcı tarafından bir EXE dosyası çalıştırıldığı zaman makine kodunu çalıştırılmış olur[16]. Ancak NET .EXE’leri ile durum bundan çok farklıdır. İki çalıştırılabilir kod arasındaki fark şu şekilde özetlenebilir:

Standart Çalıştırma: Kaynak Kod → Derleyici → Obje kodu → Bağlayıcı → EXE uzantılı çalıştırılabilir dosya.

.NET Üzerinde Çalıştırma: Kaynak → Kod → Derleyici → MSIL → EXE uzantılı çalıştırılabilir dosya (PE)

Buradan da görülebileceği gibi aslında .NET ile EXE olarak tanımladığımız dosyalar, daha derlenmemiş şekildedir. Bu noktada kodun yavaş çalışacağı düşünülebilir. Ancak ilk kullanımda kod JIT (Just in time compilation) denilen bir işlemle makine koduna çevrilir ve bu doğal makine kodu bir önbelleğe aktarılır. EXE tekrar çalıştırılmak istendiğinde, önbellekteki derlenmiş kod kullanılır. Aşağıda ön tanımlı diller ve bu dillere bağlı olarak çalışma şeması gösterilmiştir[15].



Şekil 4.4. **MSIL** ve CLR çalışma şeması [16].

4.2.4. Microsoft .Net Sisteminin Avantajları

Microsoft .NET Framework için avantajlar genel olarak üç başlık altında toplanabilir.

- **Tutarlı Programlama Modeli** : .NET Framework içerisinde farklı programlama dilleri olmakla birlikte, bu diller arasında sadece söz dizimsel (syntax) farklılıklar bulunmaktadır. Bu sayede uygulama geliştiriciler kısa bir çalışma sonrası istedikleri dilde uygulama geliştirme şansına sahip olabilmektedir.
- **Güvenlik İçin Direkt Destek** : .NET Framework iletişimi kolaylaştırmak için TCP / IP, XML ve HTTP gibi dağıtık uygulama endüstri standardı protokollerini kullanır. Bu sayede yerel makinede bulunan bir uygulama ya da uzaktan bir bağlantı sayesinde uzak bir uygulama güvenlik açığı verilmeden kullanılabilir.
- **Uygulaması Kolay Dağıtım ve Bakım** : .NET Framework bir uygulamayı yüklemek için yapılması gereken tek işlem hazır yükleyiciyi çalıştırmaktır. Bu sayede gerekli tüm DLL dosyaları uygulama ile birlikte bilgisayara yüklenir. Ayrıca herhangi bir güncelleme çıktığında bu yazılan uygulama tarafından otomatik kontrol edilerek güncelleştirme işlemi yapılır ve sürümler için kayıt defterleri tutulur.

4.3. C# ile Paralel Port Kontrolü

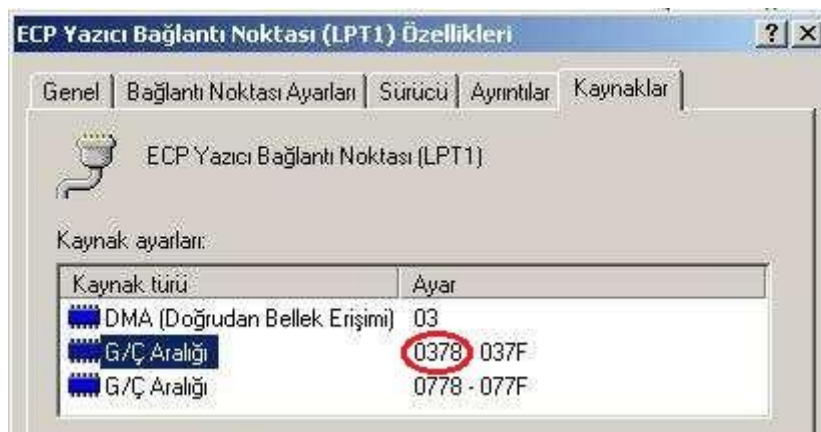
Paralel port bütün programlama dilleri kontrol edilebilen bir porttur. C# programlama dilinin seçilmesinin nedeni görsel modelleme uygulamasının diğer dillere göre daha başarılı olmasından kaynaklanmaktadır. C# programlama dilinin projede kullanılmasında paralel portun etkisi yoktur.

Projede paralel port programlanırken C#'a özgü okuma yazma kodları kullanılmıştır. Diğer dillerde de kodlar neredeyse aynıdır. C# içinde portlara veri göndermek için hazırlanmış bir sınıf bulunmaktadır. Şekil 4.5’de bu sınıf görülmektedir.

```
class PortControl
{
    [DllImport("Inpout32.dll")]
    public static extern short Inp32(int address);
    [DllImport("inpout32.dll", EntryPoint = "Out32")]
    public static extern void Output(int address, int value);
}
```

Şekil 4.5. C# port kontrol sınıfı

Port kontrol sınıfı porta veri gönderirken “PortControl.Output(adres, veri);” komutu kullanılarak veri göndermektedir. Buradaki adres kısmına paralel portun adresi yazılmaktadır.



Şekil 4.6. Paralel port adres bilgileri

Şekil 4.6’da görülen LPT1 portu kaynak bilgilerinde 0378 adres bilgisi onaltılık sayı sistemine göre yazılmıştır. Dönüşüm yapıldığında bu sayı 888 olmaktadır.

Gönderilecek veri ise paralel portun içinde bulunan veri portuna yazılacak olan 8 bitlik veriyi göstermektedir. Adım motor sürücü kart bölümünde de bahsedildiği gibi veri portu motorların adımlarını ve yönlerini belirlemektedir. 8 bitlik veri portunun her bir bitinin sayısal karşılığı tablo 4.3'te görülmektedir.

Tablo 4.3. Veri portu çıkışları

Veri portu çıkışları	Sayısal karşılığı
D0	1
D1	2
D2	4
D3	8
D4	16
D5	32
D6	64
D7	128

Örneğin X eksenine bağlı adım motorun yönünü değiştirmek için D1 çıkışının durumunu değiştirmek gerekmektedir. Aynı motoru hareket ettirmek için ise her bir adım için D0 çıkışını 0'dan 1'e çekip ve hiç beklemeden tekrar 0'a çekmek gerekmektedir. Böylece adım motoru tetikleyecek darbe fonksiyonu üretilmektedir. Bu uygulama ile ilgili program şekil 4.7'de görülmektedir.

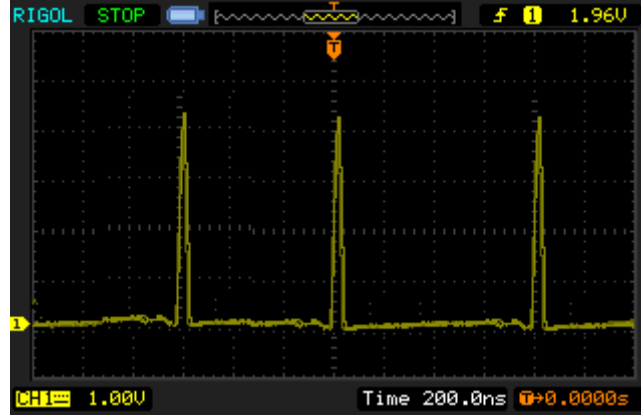
<code>if (XYon == 1)</code>									
<code>{</code>	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	=1
<code> PortControl.Output(888, 1);</code>	0	0	0	0	0	0	0	1	
<code> PortControl.Output(888, 0);</code>	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	=0
<code>}</code>	0	0	0	0	0	0	0	0	
<code>if (XYon == 2)</code>									
<code>{</code>	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	=3
<code> PortControl.Output(888, 3);</code>	0	0	0	0	0	0	1	1	
<code> PortControl.Output(888, 2);</code>	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	=2
<code>}</code>	0	0	0	0	0	0	1	0	

Şekil 4.7. Adım motora adım gönderme ve yön belirleme programı

Birinci "if" komutunda motor 1 numaralı yönde dönmesi gerekmektedir. Bu yüzden D1 çıkışı her iki satırda 0'dır. Motor yönü 2 olduğunda ise D1 çıkışı 1 olmuştur.

```
PortControl.Output(888, 1);  
PortControl.Output(888, 0);
```

Komutlarına bakıldığında iki satır arasında bekleme olmadığı görülmektedir. Bu sayede darbe fonksiyonu yaratılmaktadır. Üretilen fonksiyon şekil 4.8’de görülmektedir.



Şekil 4.8. Darbe fonksiyonu osiloskop görüntüsü

Eksenin hareket edeceği mesafe adıma çevrilecek bir döngü ile sürücü karta gönderilmektedir. Bölüm 5.2’de detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

5. BİLGİSAYAR YAZILIMIN ÇALIŞMASI

Sistem mekanik, elektronik ve bilgisayar disiplinlerinin birleşiminden oluşmaktadır. Bilgisayar yazılımı paralel port üzerinden elektronik sürücü karta bilgi göndermektedir. Sürücü kart aldığı bilgileri işleyerek motorların dönmesini sağlamaktadır. Böylece vidalı mil üzerinden eksenlerin istenilen yönde hareket etmesi sağlanmaktadır. Bu bölümde tasarlanan sisteme ait blok şema ve sistemin çalışması anlatılmaktadır.

Bilgisayar yazılımının çalışması birkaç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada G kod dosyadan okunarak geçici olarak tampon bölgeye yüklenir. İkinci aşamada bu kodlar satır satır okunarak kodun türü belirlenir ve aynı satırda eksen koordinat bilgileri varsa alınır. Daha sonra programın en önemli kısmı olan eksenlerin hareket noktalarını belirleme işlemine geçilmektedir. Burada alınan G koduna göre ilgili koordinat bilgileri işlenerek bulunan koordinat bilgisi hareket listesine eklenir.

Örneğin ;

N1G0X0.0000Y0.0000Z0.0000

N2G0Z0.2000

N3G0X0.9671Y3.2501 Z0.2500

N4G1Z-0.5000

Şeklinde verilen bir G kod dizisinin işlendikten sonra bulunan koordinat bilgileri tablo 5.1'deki gibidir.

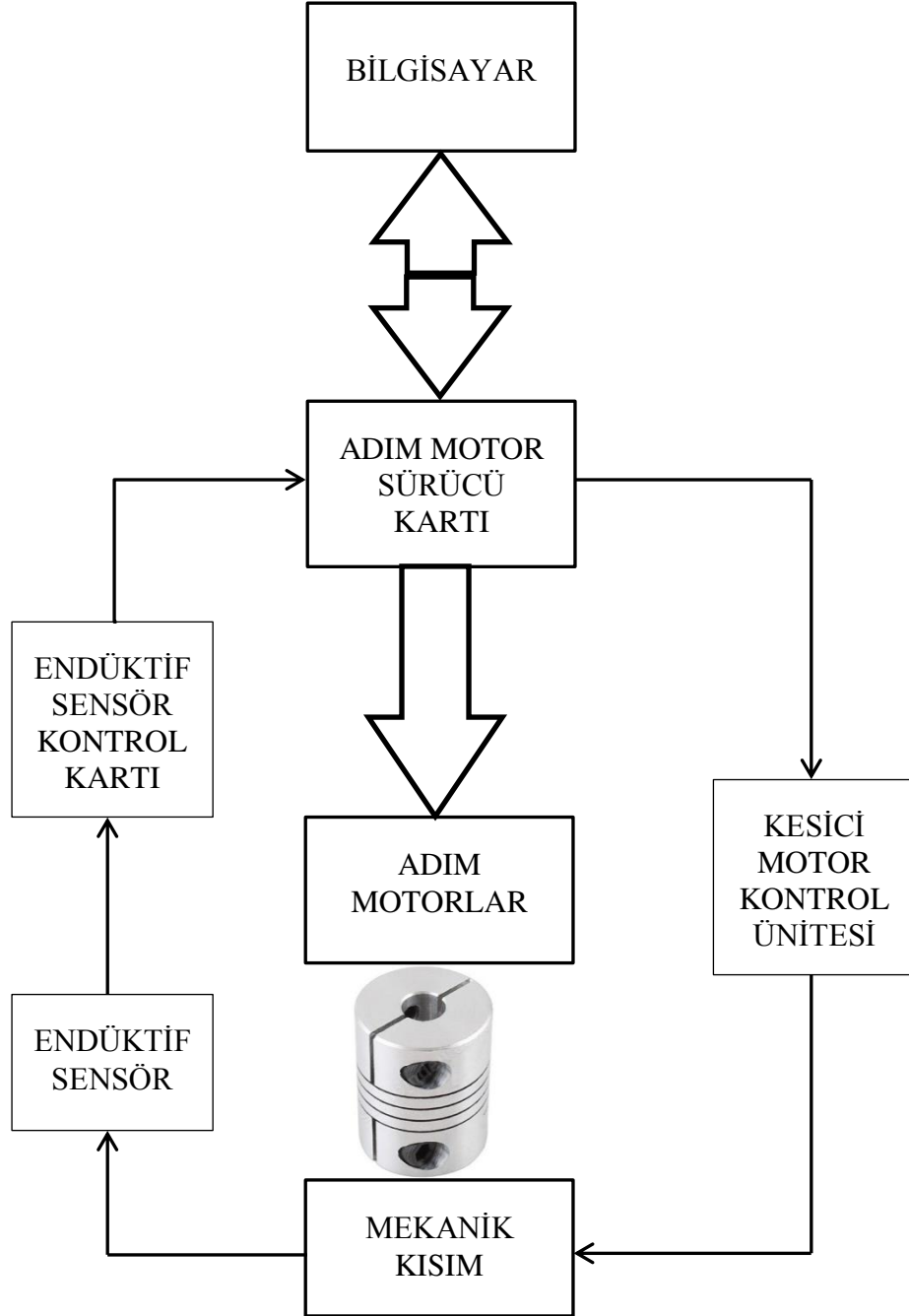
Tablo 5.1. Koordinat Tablosu

Satır No	X	Y	Z
1	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.2000
3	0.9671	3.2501	0.2500
4	0.9671	3.2501	-0.5000

G kod dosyasında hem komut hem de koordinat bilgileri yan yana iken tablo 5.1’de sadece sayısal formata dönüştürülmüş hali görülmektedir. Bu sayısal bilgiler X,Y ve Z olmak üzere üç ekseninde geçeceği noktaları gösterdiği için iki satır arasındaki farklar o adım için motorların hareket mesafesini vermektedir.

Son olarak bu mesafe bilgileri adım bilgilerine dönüştürülerek motorların hareket etmesi sağlanmaktadır.

5.1. Sistemin Blok Diyagramı



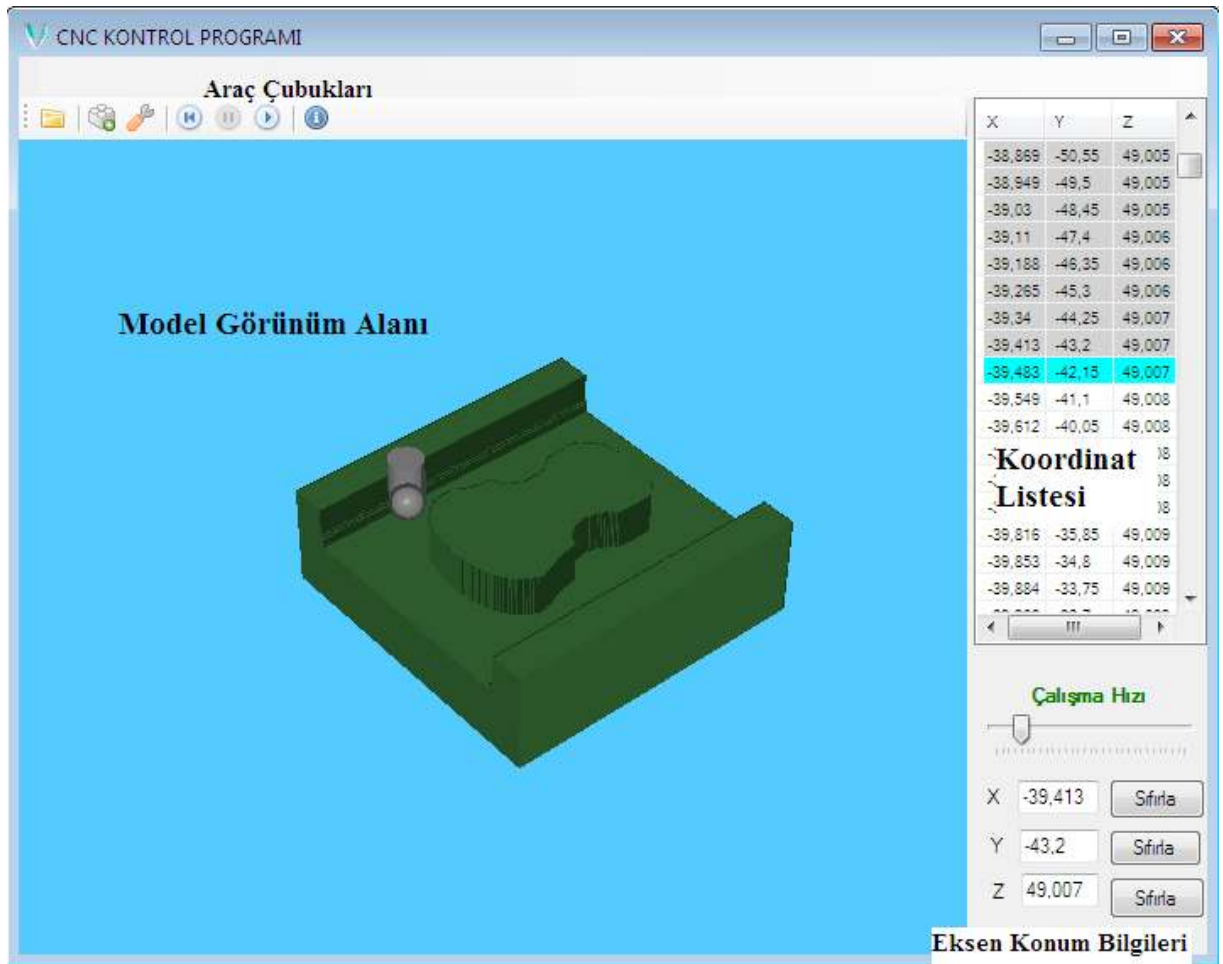
Şekil 5.1. Sistemin blok diyagramı

5.2. Bilgisayar Yazılımına Genel Bakış

Bilgisayar yazılımı bir adet ana form ve iki adet alt formdan oluşmaktadır. Yazılımı çalıştırdığımızda karşımıza direk şekil 5.2’de görülen ekran gelmektedir. Bu ekran üzerinden “kesici uç belirleme” ve “çalışma alanı ve materyal belirleme” ekranlarına ulaşılmaktadır.

5.2.1. Ana Çalışma Ekranı

Yazılımdaki bütün işlemler ana form üzerinden yürütülmektedir. Ana çalışma ekranı; araç çubukları, model görünüm alanı, koordinat listesi ve eksen konum bilgileri bölümlerinden oluşmaktadır.

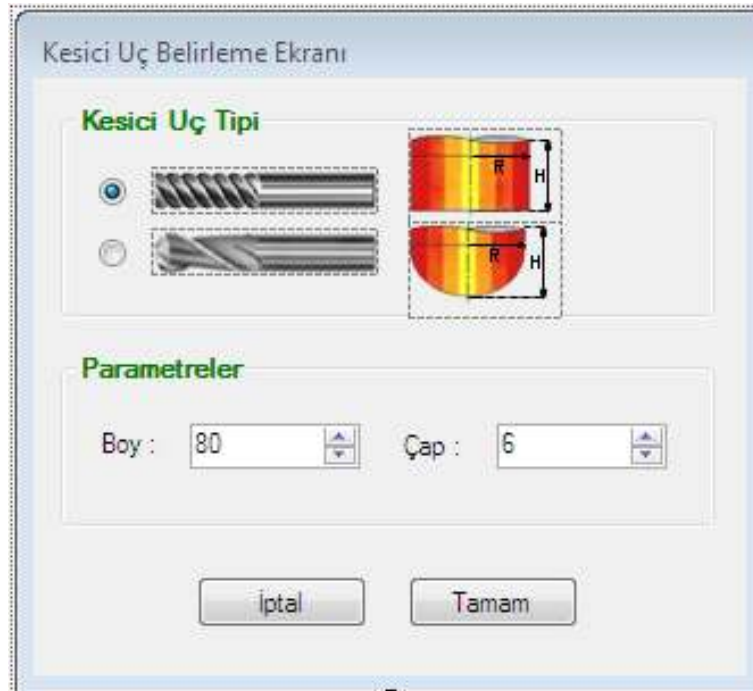


Şekil 5.2. Bilgisayar yazılımı ana ekranı

Araç çubuğunda sırasıyla dosya seçme, çalışma alanı ve materyal belirleme, kesici uç belirleme, başa dön, duraklat, başlat ve bilgilendirme nesnelerinden oluşmaktadır. Model görünüm kesilen parçanın sanal görüntüsü izlenebilmektedir. Koordinat listesi hazırlanan koordinat bilgilerini göstermektedir ve işleme sırasında biten ve işlenmekte olan koordinat bilgileri ayrı ayrı renklerle gösterilmektedir. Eksen konum bilgilerinde ise eksenlerin o anda bulundukları konumları göstermekte kullanılmaktadır.

5.2.2. Kesici Uç Belirleme Ekranı

Kesme işlemi sırasında kullanılacak olan ucun parametrelerinin girilmesini sağlayan ekrandır. Simülasyon ile gerçek kesimin birbirinin aynı olması için uç bilgilerinin doğru girilmesi çok önemlidir.



Şekil 5.3. Kesici uç belirleme ekranı

Birçok uç tipi bulunmaktadır. Bu projede düz ve küresel olmak üzere iki tip uç kullanılmak üzere seçilmiştir. Yazılıma bu uçların boy ve çap bilgileri de girilebilmektedir.

5.2.3. Çalışma Alanı Belirleme Ekranı

Kesilecek olan parçanın ölçülerinin yazılıma girildiği ekrandır. Aynı zamanda eksenlerin çalışma alanı da bu ekrandan girilmektedir.

Şekil 5.4. Kesici uç belirleme ekranı

5.2.4. G ve M Kod Nedir?

Daha öncede anlatıldığı üzere CNC makinelerin çalışma prensibi takıma yön vermektir. Bu da X,Y ve Z eksenlerinin verilen ölçüde doğrusal mil üzerinde hareketi sağlanarak gerçekleşmektedir. Doğrusal veya doğrusal olmayan her hareketlerin tüm dünyada ortak bir kodu olmak zorundadır. Bu nedenle bir kodlama sistemi geliştirilmiştir. Bu kodlara G kodu ve M kodu denilmiştir. Bu kodlar seri üretim sırasında CNC'ye yaptıracağımız işlemlerin bir kısa yoludur. G kodları eksen hareketini kontrol ederken M kodları CNC üzerindeki diğer ekipmanların kontrolünü sağlamaktadır[19]. G ve M kodları iş resmi üzerinden tek tek yazılabileceği gibi birçok tasarım programı tarafından hazır olarak üretilmektedir. MasterCam, Solid ve Catia bu tasarım programlarının en bilinenleridir.

Tablo 5.2 G Kodları

G KODU	AÇIKLAMA
G0	Boşta hızlı ilerleme
G1	Doğrusal kesme hızıyla ilerleme
G2	Saat yönünde dairesel hareket
G3	Saat yönünün tersinde dairesel hareket
G4	Bekleme zamanı
G10	Programlanabilir bilgi girişi ve değiştirme
G17	X-Y çalışma yüzeyi seçimi
G18	X-Z çalışma yüzeyi seçimi
G19	Y-Z çalışma yüzeyi seçimi
G20	İnç ölçü sistemi
G21	Metrik ölçü sistemi
G28	Referans noktasına dönüş
G30	2. Referans noktasına dönüş
G31	Atlama fonksiyonu
G40	Takım çapı (d) kompanzasyonu iptali
G41	Takım çapı (d) kompanzasyonu sol
G42	Takım çapı (d) kompanzasyonu sağ
G43	Takım boyu kompanzasyonu + yönde
G44	Takım boyu kompanzasyonu - yönde
G49	Takım boyu kompanzasyonu iptali
G52	İş parçası kordinatını değiştirme ve iptali
G54-G59	İş parçası kordinat sistemi tanımlama
G65	Kullanıcı programı (custom macro) komutu
G66	Kullanıcı programı çağırma
G67	Kullanıcı programı çağırma iptali
G73	Derin delik delme çevrimi - gagalayarak
G74	Ters dış çekme çevrimi
G76	Delikte çap işleme (büyütme) çevrimi
G80	Çevrim iptali
G81	Punta açma ve delik delme çevrimi
G82	Delik delme çevrimi
G83	Derin delik delme çevrimi - gagalayarak
G84	Dış çekme çevrimi
G84.2	Sabit dış çekme çevrimi (rigid tapping)
G84.3	Sabit ters dış çekme çevrimi (rigid tapping)
G85	Çap işleme çevrimi
G86	Çap işleme çevrimi
G87	Tersten çap işleme çevrimi
G88	Çap işleme çevrimi
G89	Çap işleme çevrimi
G90	Mutlak ölçüm
G91	Artımsal ölçüm
G92	İş parçası kordinatını kaydırma

Tablo 5.3. M kodları

M KODU	AÇIKLAMA
M0	Program durdurma. Programın işlemesi durur.
M1	İsteğe bağlı program durdurma. M0 komutu gibidir. Operatör paneli üzerindeki OPTIONAL STOP düğmesi açık konumda ise program durur. Kapalı konumda ise komut yokmuş gibi devam eder. Bu komut daha ziyade her takımın işi bittiğinde işleme kontrolü yapılabilir.
M2	Program sonu – Programın sonuna konur ve programın bittiğini belirtir. Ancak bu komut verildiğinde otomatik olarak program başa geçmez . Operatör programı başa almalıdır.
M3	İş mili motorunu saat yönünde döndürür.
M4	İş mili motorunu saat yönünün tersine döndürür.
M5	İş mili motorunu durdurur.
M6	Takım değiştirme komutu.
M8	Soğutma suyunu açar.
M9	Soğutma suyunu kapatır.
M13	İş milini M3 yönünde döndürürken soğutma suyunu açar.
M14	İş milini M4 yönünde döndürürken soğutma suyunu açar.
M30	Program sonu. Programın sonuna konur ve M2 gibidir. Ancak program otomatik olarak başa geçer ve çalışmaya hazır durumda bekler.
M98	Alt program çağırma komutudur. M98 P....; Buradaki P ile program numarası verilen alt program çağrılır.
M99	Alt programın sonu. Alt programın sonuna yazılır ve programın bittiğini belirtir. Bu komuttan sonra M98 ile çağrılan ana programda bir alt bloğa dönülür.

Örneğin;

N20 G00 Z200: N20 satır numarası G00 takımın hızlı hareket etme komutu ve Z 200 ise takımın 200 mm aşağıya hareket etmesini sağlayan komuttur. Yani takım hızlı bir şekilde sıfır noktasından 200 mm Z ekseninde negatif yönde ilerler.

N45 G01 Z-9. F120: Burada ise yine N45 satır numarası G01 kesme yaparak ilerleme Z-9. Sıfır noktasından 9 mm parçaya girer. - işareti parçaya 9 mm gireceğini anlatır. F120 de takımın dakikada 120 mm ilerleyeceğini gösterir. Kısaca takım kesme yaparak parçaya 9 mm, 120 ilerleme hızıyla kesim yapacaktır.

5.2.5. G Kod Dosyasının İşlemesi

G kodların işlenebilmesi için algoritmalar geliştirilmiştir. Bu algoritmalarda G kod dosyası satır satır okunarak içindeki harfler ve rakamların türleri ve sayısal büyüklükleri çıkartılmıştır[26].

Tablo 5.4. G Kod Dönüştürme Programı

```
If( KodSatiri Like "*" & "G" & "*" )
{
  For (i = 1; Len(KodSatiri);i++)
  {
    If (Mid(KodSatiri, i, 1) = "G")
    {
      GCode = "G";
      For J = 1 To 2
      {
        rakam = Mid(metin, i + J, 1)
        If( rakam == "0" Or rakam == "1" or ... or rakam = "9" )
        {
          GCode = GCode & rakam;
          gcckod.Text = GCode;
          kod = gcckod.Text;
        }}}
    Else
      kod = gcckod.Text;
```

Tablo 5.4'te görülen programda okunan öncelikle G kod satırının büyüklüğü bulunmaktadır. Daha sonra bu satırda G harfi olup olmadığına bakılmaktadır. Eğer varsa mutlaka yanında iki adet sayısal karakter olacağından bu rakamlar alınarak G kodun numarası elde edilmektedir. Aynı işlemler G kodda bulunabilecek bütün karakterler için uygulanmaktadır.

Tablo 5.5. Örnek G Kodları

N1G0Z0.8000
N2G0X0.0000Y0.0000
N3G0X0.9671Y3.2501Z0.2000
N4G0X0.0000Y0.0000Z0.0000
N5G0Z0.2000
N6G0X0.9671Y3.2501 Z0.2500
N7G1Z-0,5000

Tablo 5.5’te verilen G kodları yorumlar isek N1 satırında Z eksenini 0.8000 birim noktasına gitmesi sağlanmaktadır. N2 satırında Z eksenini olmadığı için bu eksen sabit kalacaktır. X ve Y eksenini bulundukları noktadan 0.0000 noktasına doğru hareket edeceklerdir. N3 satırında ise üç eksen birden aynı anda hareket edecektir[26].

Tablo 5.6. Koordinat Tablosu

Satır No	X	Y	Z
4	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.2000
6	0.9671	3.2501	0.2500
7	0.9671	3.2501	-0.5000

Yukarıdaki tablo 5.6’da verilen örnek G kodlarının koordinat bilgilerine dönüşmüş hali görülmektedir.

5.2.6. Mesafe ve Yön Bilgilerinin Belirlenmesi

Tablo 5.6’da belirlenen koordinat bilgileri eksenlerin uğraması gereken noktaları göstermektedir. İki koordinat noktası arasında iki ayrı değişken bulunur. Bunlardan ilki aradaki mesafe diğeri ise bu mesafenin yönüdür. Bu değişkenleri hesaplamak için tablo 5.7’de verilen program satırları kullanılmıştır.

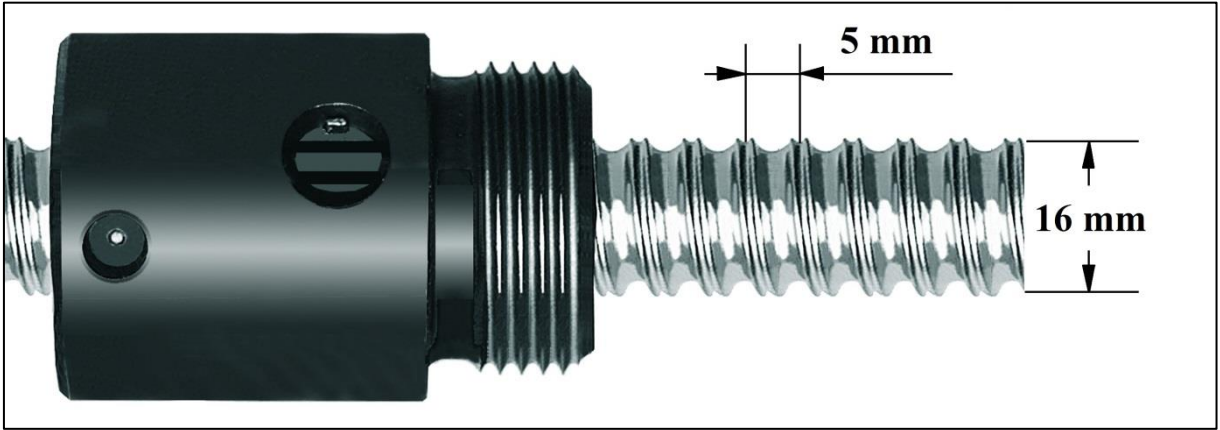
Tablo 5.7. Mesafe ve Yön Hesaplama Programı

```
Mesafe_Yon_Hesapla()  
{ XFarkMutlak=Mutlak_Al(X2-X1);  
  YFarkMutlak=Mutlak_Al(Y2-Y1);  
  ZFarkMutlak=Mutlak_Al(Z2-Z1);  
  If((X2-X1)<0)  
    Xyon=0;  
  Else  
    Xyon=1;  
  If ((Y2-Y1)<0)  
    Yyon=0;  
  Else  
    Yyon=1;  
  If ((Z2-Z1)<0)  
    Zyon=0;  
  Else  
    Zyon=1;  
}
```

Tablo 5.7’de verilen programda üç ekseninde her hareketi için hesaplanan yön ve mesafe bilgileri veri tabanına kaydedilerek sayısal olarak kullanılabilir hale getirilmiştir[20,26].

5.2.7. Adım Sayısının Belirlemesi

Eksenlerde kullanılan vidalı mil daha önce de belirtildiği üzere adım motorlardan aldığı dönme hareketini vidalı mil somununa aktararak doğrusal harekete dönüştürmektedir. Proje kapsamında 1605 kodlu vidalı mil kullanılmıştır. Bu kod da bulunan 16 rakamı milin çapını 05 ise adım aralığını vermektedir. Yani vidalı mil bir tur attığında bağlı olduğu eksen 5 mm hareket etmektedir.



Şekil 5.5. Vidalı milin ölçülendirilmiş hali

Adım motorlar yarım adımlı çalıştırıldığı için bir turunu 200 adımda gerçekleştirmektedir. Bu nedenle 1605 model bir vidalı mili 1 mm hareket ettirmek için yazılım tarafından sürücü karta 40 adım gönderilmesi gerekmektedir. Eksenin belirlenen her bir hareketi için adım sayısı da belirlenmelidir. Adım sayıları tablo 5.8’de verilen program ile belirlenmiştir[21].

Tablo 5.8. Adım hesaplama programı

```
Adım_Hesapla()  
{  
  Xadim=XFarkMutlak*40;  
  Yadim=YFarkMutlak*40;  
  Zadim=ZFarkMutlak*40;  
}
```

5.2.8. Sürücü Karta Veri Gönderilmesi

Sürücü karta veri gönderme işlemi kontrol yazılımı tarafından üretilen sanal bilgilerin elektrik sinyaline dönüştürme işlemidir. Bu sinyaller sürücü karta paralel port (LPT) üzerinden gönderilmiştir[23,26].

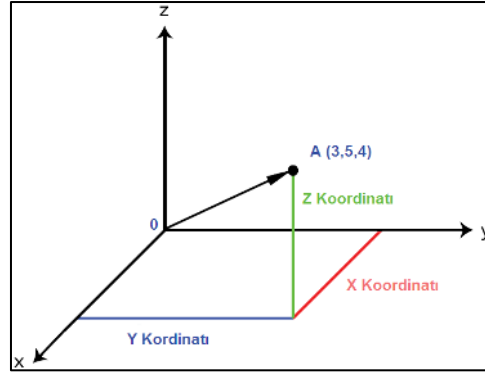
Tablo 5.9. Paralel port veri yazmacı kullanım tablosu

Port Ucu	Görevi	
D0	X Eksenine adım sinyali gönderme	
D1	X Eksenine yön sinyali gönderme	
D2	Y Eksenine adım sinyali gönderme	
D3	Y Eksenine yön sinyali gönderme	
D4	Z Eksenine adım sinyali gönderme	
D5	Z Eksenine yön sinyali gönderme	
D6	A Eksenine adım sinyali gönderme	Dört eksenli uygulamalarda kullanılmaktadır.
D7	A Eksenine yön sinyali gönderme	

Paralel portun veri yazmacı (D0-D7) motor hareketi için kullanılmaktadır. Örneğin D1 ucunun değeri 0'dan 1'e veya 1'den 0'a değiştirildiğinde motorun yönü değişmektedir. D0 ucu her 1 olduğunda ise motor bir adım ilerlemektedir. Motorun adım sinyali darbe fonksiyonu olarak gönderilmesi gerekmektedir. Bu işlemler diğer motorlar içinde geçerlidir. Proje üç eksenli olduğu için D6 ve D7 yazmaçları kullanılmamaktadır[20].

5.2.8.1. Adım Motor Sinyallerinin Üretilmesi

Kontrol kartı tarafından adım motorlara yön ve adım sinyalleri gönderilmektedir. Daha öncede belirtildiği üzere eksenler hareketini G kodlarından alınan doğrusal parçalar halinde yapmaktadır. Kesim işlemi esnasında eksenler bireysel hareket ettiği gibi bütün eksenler aynı anda da hareket edebilmektedir[24].



Şekil 5.6. Üç boyutlu XYZ koordinat düzlemi

Şekil 5.6’te görüldüğü üzere eğer kesici uç $O(0,0,0)$ noktasından $A(3,5,4)$ noktasına ilerlemesi gerekiyor ise üç eksen adım motorunun da aynı anda harekete geçip aynı anda durması gerekmektedir. Aksi takdirde A noktasından farklı bir noktada durmuş olacaktır[24].

Böyle bir hata ile karşılaşmamak için C# programlama dilinde bulunan Tread() komutu kullanılmıştır. Tread komutu işlemcinin birden fazla işlemi aynı anda yapabilmesini (multitasking) sağlamaktadır. Aynı anda iki motorlu hareketlerde sorun yaşanmamıştır fakat üç motorlu denemelerde motorlardan birinin hareketini geç bitirmesiyle sonuçlanmıştır.

Tablo 5.10. Adım motorların hareket bilgileri

Eksen Adı	Yönü	Mesafe	Adım Sayısı	Adım Sayılarının Ortak Katı	Toplam Süre	Hız
X	+	3 mm	120	2400	1 sn	0.003 m/sn
Y	+	5 mm	200			0.005 m/sn
Z	+	4 mm	160			0.004 m/sn

Eğer motorlar şekil 5.6’daki hareketi yapabilmesi için tablo 5.10’da bulunan hız bilgisine göre hareket etmesi gerekmektedir.

Bu soruna çözüm olarak ortak katların en küçüğü yani kısa adıyla OKEK matematiksel işlemi kullanılarak çözüm bulunmuştur.

5.2.8.2. OKEK Kullanarak Adım Motorların Hareket Ettirilmesi

OKEK yani ortak katların en küçüğü, matematiğin en temel konularından birisidir. Adım motorların hareket ettirilmesi için aşağıda verilen OKEK hesaplama programından yararlanılmıştır[25].

Tablo 5.11. OKEK alma programı

```
int n, okek, j, c = 0, maxNumber, minNumber;
int[] Numbers = new int[3];
long prod;

n = 0;
if (xAdim != 0)
{
    Numbers[n] = xAdim;
    n++;
}
if (yAdim != 0)
{
    Numbers[n] = yAdim;
    n++;
}
if (zAdim != 0)
{
    Numbers[n] = zAdim;
    n++;
}

maxNumber = Numbers[0];
for (okek = 0; okek < n; okek++)
    if (Numbers[okek] >= maxNumber)
        maxNumber = Numbers[okek];
minNumber = Numbers[0];
for (okek = 0; okek < n; okek++)
    if (Numbers[okek] < minNumber)
        minNumber = Numbers[okek];

for (okek = 0, prod = 1; okek < n; okek++)
    prod = prod * Numbers[okek];

for (okek = maxNumber; okek <= prod; okek += maxNumber)
{
    c = 0;
    for (j = 0; j < n; j++)
        if (okek % Numbers[j] == 0)
            c += 1;
    if (c == n)
    {
        break;
    }
}
```

Örneğin tablo 5.11’de verilen programa XAdım değişkeni 2, YAdım değişkeni 4 ve ZAdım değişkeni 5 olarak girdiğinde okek olarak 30 hesaplanmaktadır. Bu duruma göre paralel porta gönderilecek sinyaller en az okek değişkenin büyüklüğü kadar işlem gerektirmektedir. Verilen bu değerlere göre paralel port üzerinden motorlara gönderilecek veriler tablo 5.12’de belirtilmiştir.

Tablo 5.12. Paralel porta gönderilen sinyal örnekleri

İşlem No	X Adım (D0)	Y Adım (D2)	Z Adım (D4)
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	1
7	0	0	0
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	1	0
11	0	0	0
12	0	0	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	1	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	1
19	0	0	0
20	0	1	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0
24	0	0	1
25	0	0	0
26	0	0	0
27	0	0	0
28	0	0	0
29	0	0	0
30	1	1	1

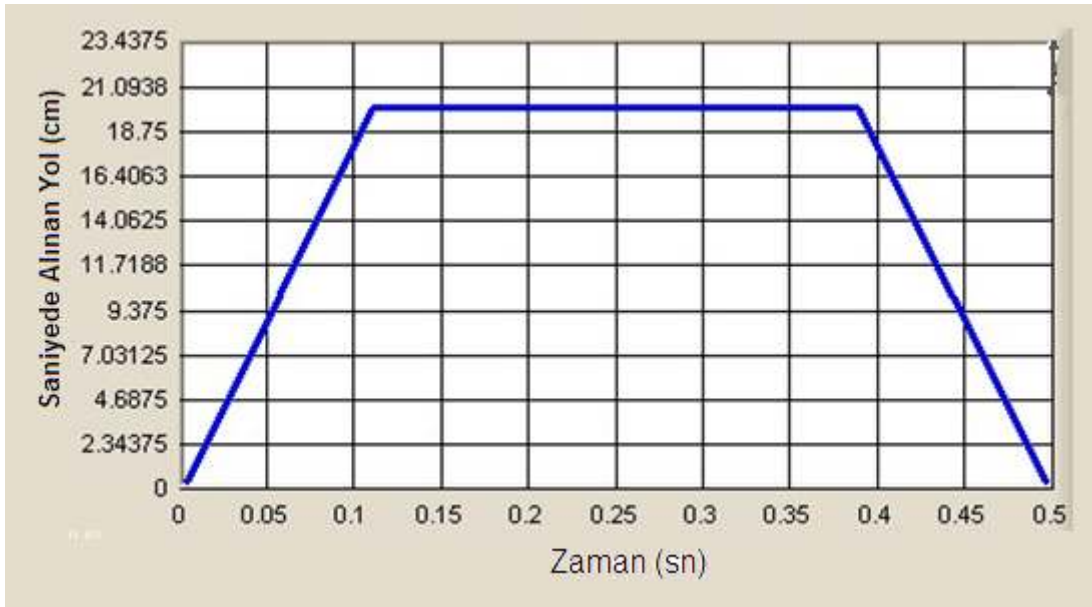
Tablo 5.12’de görüldüğü üzere adım motorlar son adımlarını aynı anda tamamlamıştır. Bu da motorların aynı anda durduğunun göstergesidir. Örnek uygulamada motorlara gönderilen sinyaller şekil 4.8’de gösterilmiştir.

Eğer adım motorların harekete başlaması ve durması bir rampa fonksiyonu uygulanmaz ise motor sargıları ve fiziksel parçalarına zarar verebilmektedir. Bu nedenle adım motorlar tablo 5.13’de bulunan program kullanılarak hareket ettirilmiştir. Programa bakıldığında sinyaller arasındaki bekleme (Delay) değişkeninin değeri işlenmektedir.

Tablo 5.13. Rampa fonksiyon oluşturma programı

```
if (dongu < 2000)
    Delay = dongu / 2;
if ((okek - dongu) < 2000)
    Delay = (okek - dongu) / 2;
```

Oluşturulan rampa fonksiyon şekil 5.7’de görülmektedir.



Şekil 5.7. Adım motor hareket grafiği

6. KESİCİ TAKIMLAR VE YAPILAN ÇALIŞMALAR

6.1. Düz Kesim Freze Uçları

Düz kesim freze uçları genelde alan boşaltma işlemlerinde kullanılırlar. Üç boyutlu işlemlerde en son hassas işlemeyi yapılabilmesi için düz kesimli uçlarla şekle en yakın yüzeye kadar yaklaşılr. Ayrıca kesim bittikten sonra ürünü ana gövdeden koparmak içinde kullanılır. Şekil 6.1’de bu tür uçların örnekleri ve şekil 6.2’de ise bu uçlarla yapılan çalışma görölmektedir.



Şekil 6.1. Düz kesim freze uç örnekleri



Şekil 6.2. Düz kesimli freze ucu ile kesilmiş Bayburt taşı

6.2. Üç Boyutlu Kesim Freze Uçları

Gerçek anlamda üç boyutlu işlemler bu tür uçlarla gerçekleştirilmektedir. Üretilen G kodları seçilen ucun özelliklerine göre olmaktadır. Yüzeyin pürüzsüz olması için küçük adımlarla işleme yapılması gerekmektedir. Konuk ve yuvarlak yapısı nedeniyle çoğu üç boyutlu modellerin işlenmesi sağlanmaktadır. Şekil 6.3’de üç boyutlu freze uçları görülmektedir.



Şekil 6.3. Üç boyutlu kesim freze uçları

6.3. V Şekilli Freze Uçları

Bu tür uçlar 60°, 90°, 120° ve 150° olarak üretilmektedir. Kesim yüzeyi açılı olarak üretildiğinden kesim esnasında Z eksenin hareketi ile işlenen materyale derinlik katabilmektedir. Gravür işleme bu tür uçlarla çok daha kolay yapılabilir. Şekil 6.4’de V şekilli freze ucunun resmi ve şekil 6.5’te ise bu uçlarla yapılmış çalışma görülmektedir.



Şekil 6.4. V şekilli freze uçları



Şekil 6.5. V şekilli uçla Bayburt taşı üzerine saat çalışması



Şekil 6.6. V şekilli uçla Bayburt MDF üzerine serbest çalışma

7. SONUÇ

Bu çalışmada Bayburt taşının üç boyutlu işlenebilmesi için mekanik bir sistem tasarlanmıştır. Mekanik sistemin kontrolü içinde kontrol yazılımı hazırlanmıştır. CNC'ler genelde yabancı yazılımlar kullanmaktadır. Bu çalışma ile bu kontrol yazılımlarının yerleşmesine bir başlangıç yapılmıştır. Ayrıca Bayburt taşının yapısı ve teknik özellikleri irdelenmiştir.

Taş işleme konusunda dikkat edilen en önemli unsur mekanik sistemin tasarlanırken en az seviyede titreşimle çalışmasıdır. Titreşimlerin azaltılması için mekanik gövdenin sağlamlığının yanı sıra kontrol yazılımı da büyük rol oynamaktadır. Adım motorların hızlanma ve yavaşlama eğrilerinin düzgün olması titreşimleri olabildiğince yok etmektedir.

Sistem mekanik, elektronik ve yazılım olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Mekanik kısma teknik olarak CNC denilmektedir. Eksenleri istenilen ölçüde hareket ettirmek için vidalı mil ve somunu kullanılmıştır. Vidalı mil iki ucundan vidalı mil rulmanları ile sabit eksen gövdesine bağlanmıştır. Adım motorların vidalı mili döndürmesiyle üzerinde bulunan vidalı mil somunu doğrusal harekete başlamaktadır. Bu somun hareket edecek eksenin gövdesine bağlı olduğundan 25µm hassasiyetle eksen hareket etmektedir[24].

Projede 2.2 Nm torka sahip hibrid tipte adım motor kullanılmıştır. Adım motor vidalı mile 1/1 oranında bağlanmıştır. Eğer motorun gücünde bir düşüş yaşanmış olsaydı 1/5 veya 1/10 oranında redüktör kullanılması gerekmektedir. Adım motorlar çalışacağı frekansta direk çalıştırıldığında motorun yapısına zarar verebilmektedir. Bu yüzden adım motorların başlama ve durma hareketlerinin ivmeli olması gerekmektedir.

Kontrol yazılımı Microsoft firmasının geliştirdiği C# nesne tabanlı programlama dili ile yazılmıştır. X, Y ve Z eksenlerinin aynı anda hareket edebilmesi için kontrol yazılımının çoklu çalışma (multitasking) yapması gerekmektedir. Projede ilk olarak C# programlama dilinin içinde hazır bulunan Tread fonksiyonu kullanılmıştır fakat çalışma sırasında aksaklıklar yaşanmıştır. Bu soruna çözüm olarak matematiğin en temel konularından olan OKEK (ortak katların en küçüğü) kullanılmıştır. Bu sayede sorunsuz bir kesim elde edilmiştir.

Bu tür cihazları kullananların eğitim düzeyi düşünöldüğünde yabancı yazılımların öğrenilmesi ve öğretilmesi zaman almaktadır. Hazırlanan yazılımın yerli olması kullanıcılar içinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu alanda yapılacak olan çalışmalara da ışık tutacağı düşünölmektedir.

Özellikle sarı Bayburt taşının sertlik derecesi 2-3 Mohs arasında olduğundan ahşap ürünlerinden bile daha kolay işlenebilmektedir. Fakat taş işlemeı yapıılırken kesici kafanın devir sayısının 5000 ile 6000 d/dk arasında olmalıdır. Daha yüksek hızlarda titreşim ve pürüz miktarı giderek artmaktadır.

Bayburt taşı, Bayburt ilinin ürün değeri olarak başı çekmektedir. Bayburt taşının diğer doğal taşlara göre işlemeı daha kolay ve değışik renk seçenekleriyle ilgi odağı olmuştur. Fakat Bayburt taşının üretimi tamamen düz kesime dayanmaktadır. İki veya üç boyutlu olarak işlenmesi insan kuvveti ile yapılmaktadır. Bu yüzden işlemeye dayalı üretim çok kısıtlı ve belirli sayıda olmaktadır. Bu proje ile Bayburt taşının tamamen makineler ile üç boyutlu işlenmesi sağlanmıştır. Eğer proje daha da geliştirilecek olursa ülke ve dünya genelinde Bayburt taşının önemi gittikçe artacaktır. Bayburt taşı 2004 yılında çıkarılan Maden kanunu ile Taş ocaklarında alınarak, maden olarak düşünölmüştür. Yanlış üretim sonucu çoğu kullanılmaz hale gelen taş rezervinin bundan sonra modern üretim teknikleri ve araçları ile üretilerek daha fazla zarar görmesi engellenmelidir. Üretim sonucu oluşan ve yapı taşı olarak kullanılmayan artıkların değeriendirme olanakları araştırmalar sonunda çimento hammaddesi olarak kullanılabileceğı saptanmıştır.

Bu alanda çalışmalara devam edilir ise donanım ve yazılım konusunda birkaç konuya dikkat edilmesi gerekmektedir. Donanımsal olarak işlenen malzemenin taş olduğunu ve su ile kesildiğini düşünölürse eksenlerin vidalı mil ve doğrusal rulmanların kapalı bir şekilde muhafaza edilmesi gerekmektedir. Sıçrayan partüküller kuruduktan sonra eksen hareketlerini olabildiğince kısıtlamaktadır. Yazılım konusunda ise makine kontrolünü C# programlama diline göre biraz daha iyi yapan C++ programlama dili kullanılabilir.

Bu tez, Bayburt Bilgi Paylaşım ve Proje Üretim Derneği (BAYPROJE) ve Bayburt Belediye Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Yılmaz,A.O. , Çavuşoğlu,İ. , Alp,İ. , Kaya,R. ve Vıcıl,M.,2003. “Doğu Karadeniz Bölgesi’nin Doğaltaş Potansiyeli ve Doğaltaş İşletmeciliği İle İlgili Sorunlar”, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu, Afyon.
- [2] Xiaoshu,J., Xichen,Y.,2010.“CAM Software for Multi-axis Laser Direct Manufacturing and Re-manufacturing”. In Digital Manufacturing and Automation (ICDMA), pp. 344-347.
- [3] Omirou,S.L., Barouni, A. K.,2005. “Integration of new programming capabilities into a CNC milling system”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 21(6), pp. 518-527.
- [4] Önenç,A.İ., Altınbaş,A.F., Erkanol,D., Tulukçu,A.,2005. “Bayburt Taşı ve Doğal Taş Potansiyeli Maden Jeolojisi”, MTA Genel Müdürlüğü Derleme Raporu, Rapor no:1537,Ankara.
- [5] Topyay Taş Madencilik Web Sayfası, http://www.bayburttasi.com/bayburt_tasi.html 13.08.2013
- [6] Can, M., 2004. CNC torna tezgahlarında mekanik arızalar ve bilyeli vidalı mil (ball-screw) aşınmasının giderilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- [7] Göloğlu, C., Bunarbaşı,İ., 2004. “Üç Eksenli Doğrusal Hareket Mekanizması Tasarımı ve İmalatı”, *Teknoloji Dergisi*, 7(3), pp.507-515, Karabük.
- [8] Fujii, Y., 2005. “An optical method for evaluating frictional characteristics of linear bearings” , *Optics and lasers in engineering*, 1(4), pp. 493-501.
- [9] Blauch, A. J., Bodson, M., & Chiasson, J., 1993. “High-speed parameter estimation of stepper motors” , *Control Systems Technology IEEE*, pp. 270-279.
- [10] Karaçam, S., 2009. Adım motor kontrollü hızlı CNC freze tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- [11] Le Huy, H., Brunelle, P., Sybille, G., 2008. “Design and implementation of a versatile stepper motor model for simulink’s SimPowerSystems”, In *Industrial Electronics*, 2008, pp. 437-442.
- [12] Kırık, L., 2004. Paralel port, paralel veri iletimi ve uygulamaları, *Yüksek Lisans Tezi*, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- [13] Erk Mühendislik İtalat İhracat Web Sayfası, http://www.trerk.com/teknik/12/enduktif_sensor/index.html, 23.08.2013
- [14] Hertz Motor Sanayi Web Sayfası, <http://www.hertzmotor.com/>, 18.09.2013
- [15] Bilişim Akademi Forum Web Sayfası, <http://www.bilisimakademi.net/-yaziOku.asp?yaziID=89>, 01.10.2013
- [16] <http://www.yazgelistir.com/Makaleler/1000000027.ygpx>, 01.10.2013
- [17] Microsoft Web Sayfası, <http://technet.microsoft.com/tr-tr/library/cc775788-%28WS.10%29.aspx>, 02.10.2013
- [18] **İnan Y., Demirli N., 2008.** Visual C#.Net 2008, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- [19] **Shin, S. J., Suh, S. H., Stroud, I., 2007.** “Reincarnation of G-code based part program into STEP-NC for turning applications”, Computer-Aided Design, 39(1), pp. 1-16.
- [20] **Akpolat, H. Z., Asher, G. M., Clare, J. C., 2000.** “A practical approach to the design of robust speed controllers for machine drives”, Industrial Electronics, IEEE Transactions on, 47(2), pp. 315-324.
- [21] **Michaloski, J. L., Zhao, Y. F., Lee, B. E., Rippey, W. G., 2013.** “Web-enabled, Real-time, Quality Assurance for Machining Production Systems”, Procedia CIRP, 10, pp. 332-339.
- [22] **Kurak, E., 2004.** CNC torna sistemlerinin incelenmesi ve CNC torna modeli üzerinde parça işleme simülasyonları, *Yüksek Lisans Tezi*, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- [23] **Küçük, Y., 2002.** CNC dik işleme merkezleri için bilgisayar destekli kullanıcı etkileşimli CNC parça programı türetme, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [24] **Decker, K. M., Dvorak, J. J., Rehmann, R. M., Rühl, R., 1996.** “Matching user requirements in parallel programming”, Future Generation Computer Systems, 12(4), pp. 291-305.
- [25] **Varol, R., Yalçın, B., Yılmaz, N., 2005.** “Bilgisayar Destekli İmalatta (Cam), Cam Programı Kullanılarak Parça İmalatının Gerçekleştirilmesi”, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 3, pp. 47-57.
- [26] **Kaçar, M.C., Akpolat, Z.H., Ayberkin, D., 2013.** “Üç Eksenli Cnc Kontrol Yazılımının Gerçekleştirilmesi”, TOK 2013, pp.681-685.

- [27] <http://yalcinkendir.tr.gg/CNC-Model-Resimleri.htm>, 21.11.2013
- [28] Demmak Ltd. Şti.Web Sayfası, http://www.demmak.com/20/demmak%20sunum_dosyalar/frame.htm, 21.10.2013
- [29] <http://smi4motion.com/smi2/component/content/section/1.html>, 21.11.2013
- [30] Şahin Rulman Ltd. Şti.Web Sayfası, <http://sahinrulman.com/site/index.php/tr/vidal-miller-ve-aksamlar/vidali-mil-sfer-serisi.html>, 21.10.2013
- [31] <http://www.servorepair.ca/motors/dkm.html>, 21.11.2013
- [32] http://data.obitet.net/obitet/elektrik_elektronik/adim_motorlari.htm, 21.11.2013

ÖZGEÇMİŞ

05.07.1981 yılında Ankara’da doğdu. 2008 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Elektronik Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. 2009 yılında Bayburt Üniversitesi’nde öğretim görevlisi olarak göreve başladı. Halen Bayburt Üniversitesi’nde öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır.