

---

## Farklı Delik Delme İşlemlerinde Maliyet Hesabı İçin Program Geliştirme

Tugay ÜSTÜN<sup>\*1</sup>, Yakup TURGUT<sup>2</sup>,

<sup>\*1</sup>Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği, ANKARA

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği, ANKARA

(Alınış / Received: 11.06.2019, Kabul / Accepted: 03.03.2020, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2020)

---

### Anahtar Kelimeler

Delik Delme,  
Maliyet Hesabı,  
Programlama,  
C#

**Öz:** İmalat süreçlerinin önde gelen işlemlerinden biri de delik delme işlemidir. Özellikle makine imalat sektöründe delik delme işlemleri, imalat süreçlerindeki zamanın üçte birini oluşturmaktadır. İmalat süreçlerinde bu kadar süreyi teşkil eden delik delme işlemi hem aldığı süre bakımından hem de kullanılan kesiciler bakımından oldukça maliyet oluşturmaktadır. Bu çalışmada, CNC tezgâhlarda delik delme işlemlerinde kullanılan üç ayrı yöntemin maliyet açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Bu yöntemler, doğrudan delme, talaş boşaltarak delme (gagalama) ve talaş kırarak delmedir. Bu üç yöntemde de CNC dik işleme merkezinde kesici takım firmasının önerdiği veriler ile Meral ve arkadaşlarının tavsiye ettiği kesme parametreleri kullanılarak delikler delinmiş ve işleme süreleri kaydedilmiştir. Microsoft Visual Studio 2017 C# paket programı yardımı ile tezgâh amortismanından işçilik maliyetlerine kadar tüm sürecin maliyetlerini hesaplayan bir program hazırlanmıştır. Program sayesinde, delik sayısına bağlı olarak her bir delme yöntemine ait işleme maliyetleri elde edilebilmektedir. Ayrıca program sayesinde, farklı kesme parametreleri için delik delme işlemlerindeki maliyetler de hesaplanabilmektedir.

---

## Program Development for Cost Calculation in Different Hole Drilling Operations

### Keywords

Drilling,  
Cost Accounting,  
Programming,  
C#

**Abstract:** Drilling operation is one of the most frequently used process in manufacturing industry. Especially in machine manufacturing sector, drilling operations take one third of the total production time. Drilling operation cost a lot, not only because of taking some important time of total production time, but also because of the drill usage for this process. In this study, the cost comparison of three different methods evaluated for drilling operation in CNC machines. These methods are drilling cycle (G81), high-speed peck drilling cycle (G73) and deep hole peck drilling cycle (G83). The experiments were performed according to the cutting parameters suggested by Meral et al. with the cutting tool company, and the machining times measured in these three different methods. A novel program coded on Microsoft Visual Studio 2017 C#, which is able to calculate from machine amortization to workmanship, the whole process cost. Process costs can be calculated according to the number of holes in these different methods, through this program. Furthermore, drilling operation costs can be calculated for different cutting parameters too.

---

\*İlgili Yazar, email: tugayustun1989@hotmail.com

1.

### Giriş

Delik delme işlemi yaygın olarak kullanılan üç talaşlı imalat (tornalama, frezeleme, delik delme) işleminden biridir. İmalat sonucu elde edilen çeşitli mamul ya da yarı mamuller incelendiğinde, birçoğunda delik delme işlemi olduğu görülmektedir. Örneğin, bir uçağın kanadındaki ve gövdesindeki perçinlerin, motor blokları ve silindirik kapaklarındaki civataların ve çeşitli tüketici ürünlerinde deliklerin çok sayıda olduğu görülür. Civata, vida, perçin gibi bağlantı elemanlarıyla montaj yapmak için delikler kullanılır. Delik delme işlemiyle diğer talaşlı imalat işlemleri arasında bir kıyas yapıldığında, delik delme işleminin yaklaşık %33'lük uygulanma oranı ile en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biri olduğu söylenebilir [1, 2]. Delik delme işlemlerinden matkapla delik

delme kullanılan en yaygın delik delme yöntemidir. Delik delme işlemi otomotiv sektörü için motor üretiminde maliyeti en yüksek olan işlemlerden biri durumundadır [3, 4].

Delik delme işlemleri esnasında oluşan ısı malzemenin ve takımın ısı iletkenliğine bağlı olarak ve talaşın uzaklaşmasıyla kesme bölgesinden ayrılmaktadır. Ancak delik delme proseslerinin birçoğu derin deliklerden oluşmaktadır [5, 6]. Bu derin deliklerde ısının azaltılması daha zor olmaktadır. Bunun sebeplerinden biri de talaşın istenildiği gibi delikten uzaklaştırılmaması, takımın uzun süre işleme maruz kalması ve ısınan bölgelerin soğumaya zaman bulamamasından kaynaklanmaktadır [7, 8]. Bu tür problemler kesici takımın çabuk aşınmasına, delik kalitesinde azalmaya, bu da maliyetlerde ciddi yükselmeye sebep olmaktadır [9, 10]. Bu tür problemlerin çözümü için endüstride matkapla delik delme işlemleri üç yönteme ayrılmıştır [11]. Bunlar; doğrudan delik delme, talaş kırmalı delik delme ve talaş boşaltmalı delik delme yöntemleridir [12, 13].

Diğer taraftan günümüzde işletmeler için toplanan üretim verileri, şirket yöneticilerinin uzun, orta ve kısa vadede karar vermelerinde yol göstermesi açısından oldukça önemlidir. Buna istinaden, son yıllarda rekabet şartlarına uyum sağlayabilmek için işletmeler yeni nesil maliyet sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda, toplam mamul maliyetini dolaylı olarak meydana getiren unsurların veya genel üretim maliyetlerini mamullere yükleyen yeni bir sistem ortaya çıkmıştır [14]. Buna ek olarak, bilgisayarların yaygınlaşmasıyla, üretilen ürünler üzerinde yer alan üretim işlemlerinin seçilen üretim yöntemine ve kesicilere göre işlem zamanlarının ve maliyetlerinin hesaplanmasına yönelik, Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ve Bilgisayar Destekli İşlem Planlaması (BDİP) geliştirilmiştir. Özellikle prizmatik iş parçaları üzerinde bulunan unsurların imalatı için işleme yöntemlerinin seçimini otomatikleştiren sistemler üzerinde durulmaktadır. Pamukoğlu ve Göloğlu çalışmalarında, mamullerde bulunacak delik tiplerinin işlenmeleri sürecinde üretim yöntemi ve seçilen kesiciye göre işlem sırasını, süresini ve maliyetini oluşturup en uygun maliyetli olanı seçerek öneren bir sistem geliştirmişlerdir [15, 16].

Bu çalışmada, CNC tezgâhlarda delik delme işlemlerinde kullanılan üç ayrı yöntemin maliyet açısından karşılaştırması yapılmıştır. Bu yöntemler, doğrudan delik delme, talaş kırarak delik delme ve talaş boşaltarak delme (gagalama) yöntemleridir. Bu üç yöntemde de CNC dik işleme merkezinde kesici takım firmasının önerdiği veriler ile Meral ve arkadaşlarının çalışmalarında kullandığı kesme parametreleri [17, 18] kullanılarak delikler delinmiş ve işleme süreleri çıkartılmıştır. Microsoft Visual Studio 2017 C# paket programı yardımı ile tezgâh amortismanından işçilik maliyetlerine kadar tüm sürecin maliyetlerini hesaplayan bir program hazırlanmıştır. Program sayesinde, bu üç yöntemde de delik sayısına bağlı olarak işleme maliyetleri hesaplanabilmektedir. Ayrıca program sayesinde, farklı kesme parametreleri için delik delme işlemlerindeki maliyetlerde hesaplanabilmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Malzeme

Malzeme olarak Tablo 1'de kimyasal özellikleri verilmiş olan, imalat işlemlerinde yaygın olarak kullanılan AISI 1050 standardına uygun 100 x 80 x 24 mm boyutlarında plaka şeklinde çelik malzeme seçilmiştir. İçerdikleri yüksek oranda karbon miktarından dolayı karbon çelikleri olarak da bilinmektedir. Sertleşebilirlikleri içerdikleri karbon miktarına paralel olarak artarken toklukları ise karbon miktarı ile ters orantılıdır. Taşıt, motor, makine ve aparat yapımında orta zorlamalı parçalarda, cer kancaları, dişliler, miller ve kalıp setlerinde kullanılmaktadır [19].

**Tablo 1.** AISI 1050 kimyasal bileşimi [19]

C	Si	Mn	Pmax	Smax	Crmax	Momax	Nmax
0,45-0,55	0,25-0,35	0,60-0,90	0,040	0,050	0,40	0,10	0,40

Bağlama aparatı olarak Şekil 1'de görüldüğü üzere CNC dik işleme merkezi üzerinde bulunan çelik mengene kullanılmıştır ve parçanın yataylığı mengeneye bağlandıktan sonra komparatör saati ile kontrol edilmiştir.



Şekil 1. Delme işlemi görüntüsü

## 2.2. Kesici takım ve CNC tezgâh

Deneylerde kullanılan 8mm çapındaki haddeli HSS matkap Şekil 2’de gösterilmiştir ve özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.



Şekil 2. 8mm HSS matkap [20]

Tablo 2. Kesici takım özellikleri [20]

Malzeme	Çap	Standart		Tipi	Uç Açısı	Kesme Yönü	Sap Geometrisi	Üretim Yöntemi
HSS	8mm	DIN 338	TS ISO 235	N	118°	Sağ	Silindirik	Haddeli

Deneylerde takım tezgâhı olarak Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında bulunan Johnford VMC – 550 marka CNC dik işleme merkezi kullanılmıştır. Tezgâh özellikleri Tablo3’te verilmiştir.

Tablo 3. CNC özellikleri

Tezgâh’ın Gücü	7,5 KW
En Yüksek Devir Sayısı	6000 dev/dakika
Sırasıyla x,y,z Ekseninde Kurs	600, 500, 600 mm
Ölçü Hassasiyeti	0,001mm

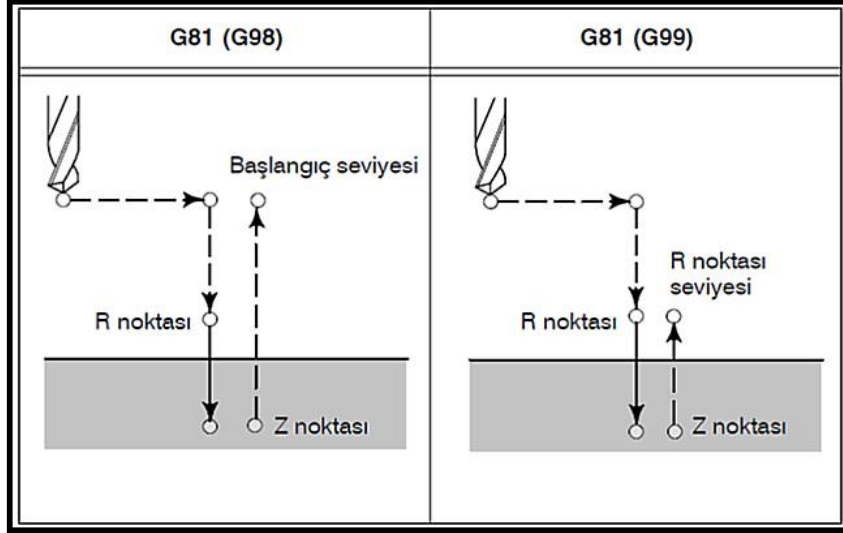
## 2.3. Kesme parametreleri ve kullanılan çevrimler

Kesme parametresi olarak kesici takım firmasının önerdiği veriler ile Meral ve arkadaşlarının tavsiye ettiği veriler doğrultusunda kesme hızı 20 m/dak ve ilerleme değeri 0,1 mm/dev kullanılmıştır [18, 20]. CNC dik işleme tezgâhlarında delik delmek için üç tip çevrim kullanılmaktadır [11]. Bunlar;

- G81: Doğrudan delik delme
- G73: Talaş kırmalı delik delme
- G83: Talaş boşaltmalı delik delme yöntemidir [21].

### 2.3.1. Doğrudan delik delme yöntemi (G81)

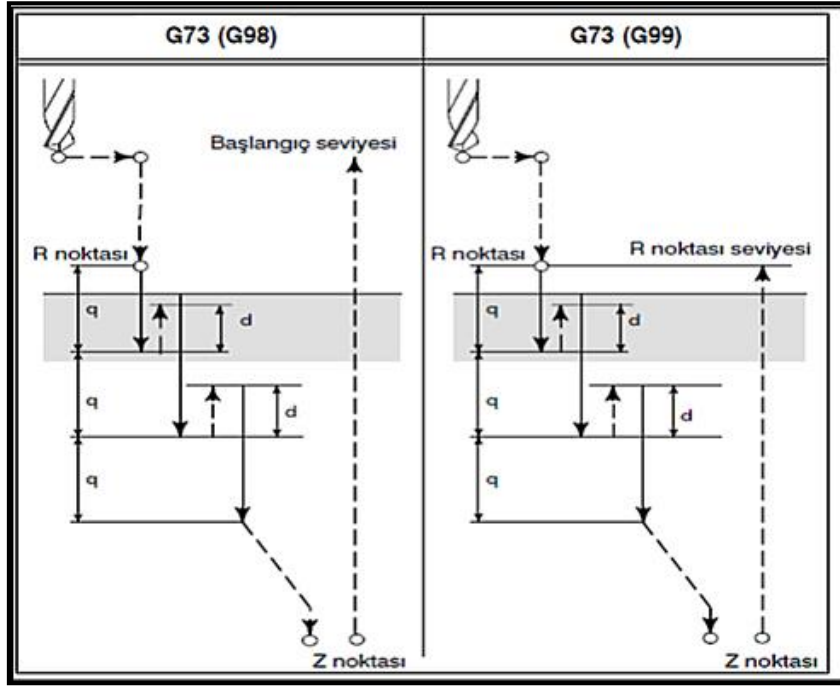
Şekil 3'te belirtildiği üzere, doğrudan delik delme yöntemi (G81) delme işlemi gagalama yapmadan yani tek seferde gerçekleştiren yöntemdir. Bu yöntemde, matkap ilk olarak başlangıç seviyesindedir ve R (güvenli) noktasına hızlı ilerler. Sonrasında verilen devir sayısı ve ilerleme ile delme işlemi Z noktasına kadar sürdürür. Son olarak, eğer bu çevrim G98 kodu ile uygulanırsa, başlangıç seviyesine hızlı bir şekilde ilerleyerek çevrimi tamamlayacaktır. Eğer G99 kodu ile uygulanırsa, bu sefer Z noktasından R seviyesine hızlı ilerleyerek çevrimi sonlandırır [13, 22].



Şekil 3. G81 yönteminin gösterimi [22]

### 2.3.2. Talaş kırmalı delik delme yöntemi (G73)

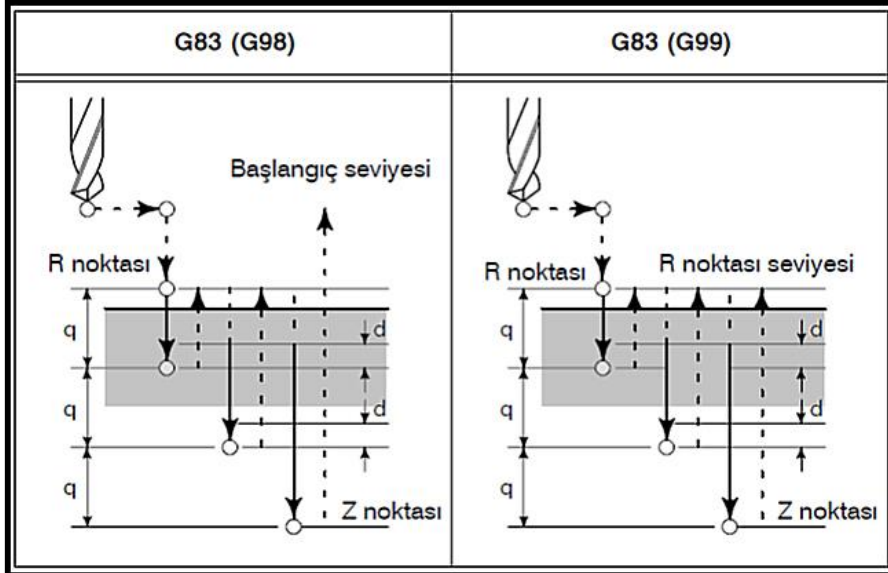
Şekil 4'te belirtilen talaş kırmalı delik delme yönteminde (G73) amaç delik delme esnasında oluşan talaşın istenen boyutlarda kırılarak delik içerisinden uzaklaşmasının kolaylaşmasıdır. Bu çevrimde matkap başlangıç noktasından R noktasına hızlı ilerler ve R noktasında verilen ilerleme hızı ve devir sayısına göre kesmeye başlar. Bu işlem çevrimde verilen dalma miktarı (q) kadar devam eder. Daha sonra geri çıkma miktarı (d) kadar, oluşan talaşı kırmak için, hızlı bir şekilde geri çıkar ve yeniden q kadar ilerleyerek delik sonuna (z noktası) ulaşır. Son olarak, eğer bu çevrim de G98 kodu ile uygulanırsa, başlangıç seviyesine hızlı bir şekilde ilerleyerek çevrimi tamamlayacaktır. Eğer G99 kodu ile uygulanırsa, bu sefer Z noktasından R noktasına hızlı ilerleyerek çevrimi sonlandırır [13, 22].



Şekil 4. G73 yönteminin gösterimi [22]

### 2.3.3. Talaş boşaltmalı delik delme yöntemi (G83)

Şekil 5'te belirtilen talaş boşaltmalı delik delme yönteminde (G73) ise amaç, özellikle derin deliklerde, delik delme esnasında oluşan talaşın istenen boyutlarda ve miktardaki talaşın delik içinden tahliye edilmesidir. Bu çevrimde matkap başlangıç noktasından R noktasına hızlı ilerler ve R noktasında verilen ilerleme hızı ve devir sayısına göre kesmeye başlar. Bu işlem yine çevrimde verilen dalma miktarı ( $q$ ) kadar devam eder. Daha sonrasında ise geri çıkma işlemi her seferinde R noktasına kadardır. Sonrasında yine hızlı ilerleyerek bir önceki delinen noktanın  $d$  mesafesi kadar yakınına iner. Daha sonra delme işlemine  $q$  kadar devam eder ve bu şekilde ilerleyerek z noktasına ulaşır. Son olarak, eğer bu çevrim de G98 kodu ile uygulanırsa, başlangıç seviyesine hızlı bir şekilde ilerleyerek çevrimi tamamlayacaktır. Eğer G99 kodu ile uygulanırsa, bu sefer Z noktasından R noktasına hızlı ilerleyerek çevrimi sonlandırır [13, 22].



Şekil 5. G83 yönteminin gösterimi [22]

## 2.4. Program yapısı

Delik Maliyet Programı (DMP)'nın tasarımı ve yazılımı Microsoft Visual Studio 2017 C# paket programı kullanılarak yapılmıştır. Programın ara yüzü Şekil 6'da verilmiştir.

Bu programda genel anlamda, girilen delme parametreleri ve seçilen delme yöntemi bilgilerine bağlı olarak işleme süresi belirlenebilmektedir. Buna bağlı olarak günümüz şartlarındaki aylık işçilik, tezgâh ve kullanılan kesici takım maliyetleri delme maliyetine eklenmektedir. Ayrıca çalışmaya bağlı olarak değişen hazırlık maliyeti ve takım değiştirme maliyeti de dinamik olarak hesaba katılabilmektedir. **bnzŞekil 6.** Programın akış diyagramı Şekil 7’de gösterilmiştir.

Programda kullanılan formülasyon; Eşitlik 1’de T takım ömrü – (dak); d takım çapı – (mm); V kesme hızı – (m/dak); e kesme derinliği – (mm); f ilerleme – (mm/dev) ’dir.

$$T = (8 * d^{0,4v} * f^{0,7})^5 \text{ (dak)} \quad (1)$$

İşleme maliyetinin hesaplanmasında esas olarak kullanılan işleme süresinin her işlem için ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir. Daha önce her işlem için hesaplanan delme derinlikleri Eşitlik 2’de yerine koyulursa esas işleme süreleri bulunur [16, 23]. Esas işleme süresi;

$$th = 1,1 * i * Ln * f \text{ (dak)} \quad (2)$$

Burada; i aynı çapta ve derinlikte olan delik sayısı; L delme derinliği – (mm); n devir sayısı – (dev / dak); f ilerleme – (mm / dev) ’dir. Eşitlik 3’te işçilik maliyeti (Mi): İşçilik saat ücretidir. Hazırlık zamanı maliyeti (MH): Her çözüm için sadece birinci işlemde hesaplanır. Tezgâh maliyeti (MT): Bu maliyet hesaplanırken, tezgâh alım fiyatı, tezgâh hurda fiyatı, tezgâhın kullanıldığı süre (10 yıl), tezgâhın gücü, tezgâhın tamir bakım ücreti, 1KWh enerji fiyatı ile amortisman maliyeti (MA), harcanan enerji maliyeti (ME), tezgâh bakım onarım maliyeti (MB) hesaplanır ve (MT) bulunur.

$$MT = MA + ME + MB \quad (3)$$

Kesici takım maliyeti (MK), takım değiştirme maliyeti (MTD) ve tüm bu hesaplamalardan sonra delme işleminin toplam maliyeti (M) Eşitlik 4’te gösterildiği formülle bulunur [9];

$$M = Mi + MH + MT + MK + MTD \quad (4)$$

Delik Maliyet Programının çalışması ve formülasyonu hakkında ayrıntılı bilgi Üstün’ün çalışmasında bulunmaktadır [24].

Delik Maliyet Programının kullanımı için öncelikle Şekil 6’da 1 numara ile gösterilen bölümde uygulanan delik delme yöntemi seçilir. Ardından Şekil 6’da 2 numara ile gösterilen bölümler doldurulur. Bu bölümlerdeki veriler Tablo4’te örnek olarak verilen değerler ile doldurulmuştur ve isteğe bağlı olarak güncel olan verilerle değiştirilebilir. Yapılan deneysel çalışmalarda kullanılan delik delme parametreleri ise 3 numara ile gösterilen yerlere yazılır. Sonuçlar “DELİK DELME MALİYETİ HESAPLA” butonu ile hesaplatılır.

DELİK MALİYET PROGRAMI

Talaş Boşaltmalı Delik Delme Yöntemi

1 3 2

**KESME HIZI VE TAKIM ÖMRÜ**

ilerleme (mm/dev) 0,1

matkap çapı (mm) 8

kesme hızı (m/dak) 20

takım ömrü (dak) 2072,43

**AMORTİSMAN MALİYETİ**

tezgah alım fiyatı (tl) 100000

tezgah hurda fiyatı (tl) 10000

amortisman süresi (yıl) 10

amortisman maliyeti (tl) 0,04

**KESİCİ TAKIM MALİYETİ**

kesici takım fiyatı (tl) 14

kesici takım maliyeti (tl) 14

**HAZIRLIK MALİYETİ**

hazırlık süresi (dak) 30

hazırlık maliyeti (tl) 8,33

**İŞLEME SÜRESİ**

delik sayısı 1

delik derinliği (mm) 27,5

dalma miktarı (mm) 5

işleme süresi (dak) 0,56

**ENERJİ MALİYETİ**

tezgah gücü (kw) 7,5

enerji fiyatı (tl/kwh) 0,45

enerji maliyeti (tl) 0,03

**TAKIM DEĞİŞTİRME MALİYETİ**

takım değiştirme süresi (dak) 2

takım değiştirme maliyeti (tl) 0,56

**İŞÇİLİK MALİYETİ**

aylık işçi maliyeti (tl) 4000

işçilik maliyeti (tl) 0,16

**BAKIM-ONARIM MALİYETİ**

aylık bakım ücreti (tl) 100

bakım maliyeti (tl) 0

**TEZGAH MALİYETİ**

tezgah maliyeti (tl) 0,08

**DELİK DELME MALİYETİ HESAPLA**

hesapla

hesapla

hesapla

Toplam Delme Maliyeti = 23,12 TL'dir.

Bir Deliğin Maliyeti = 23,12 TL'dir.

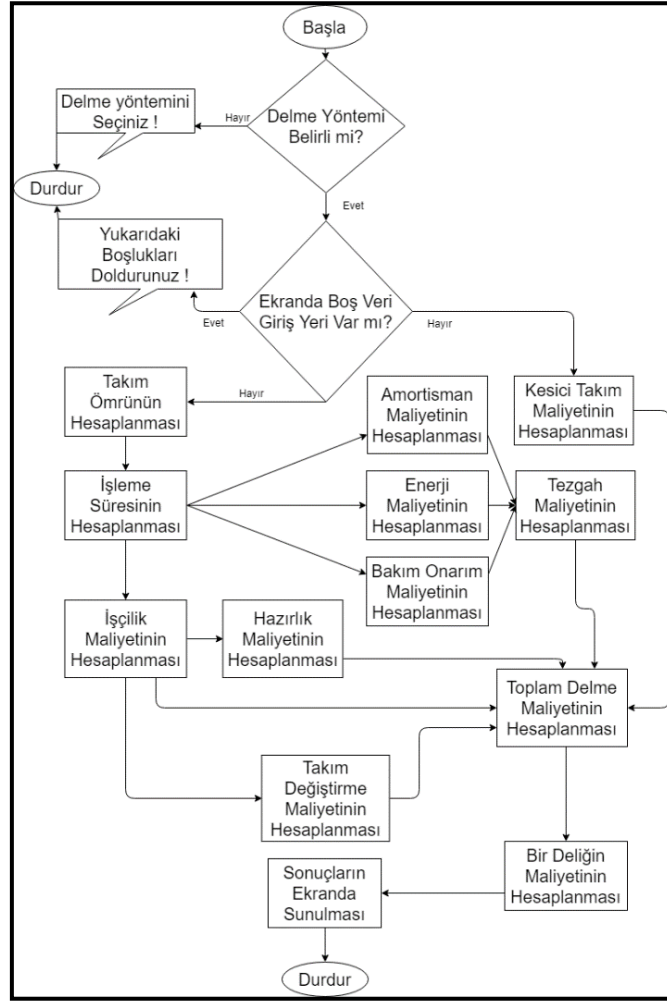
\\ÇIKIŞ\\

tugayüstün

Şekil 6. Delik Maliyet Programı (DMP) ara yüzü

Tablo 4. DMP'de alınan sabit veriler

Delik sayısı	1
Delik derinliği	27,5 mm
Dalma miktarı	5 mm
Aylık işçi maliyeti	4000 TL
Tezgâh alım maliyeti	100000 TL
Tezgâh hurda maliyeti	10000 TL
Amortisman süresi	10 yıl
Enerji fiyatı	0,45 TL/kWh
Aylık bakım ücreti	100 TL
Kesici takım fiyatı	14 TL
Hazırlık süresi	30 dakika
Takım değiştirme süresi	2 dakikadır



Şekil 7. Programın akış diyagramı

### 3. Bulgular

Bu kısımda deney ortamında üç yöntemle uyguladığımız delik delme deneylerinden çıkan bulgular ve Delik Maliyet Programından elde edilen veriler sunulmuştur.

Bu çalışmada, Tablo 5'te belirtilen genel delme koşulları kullanılmıştır.

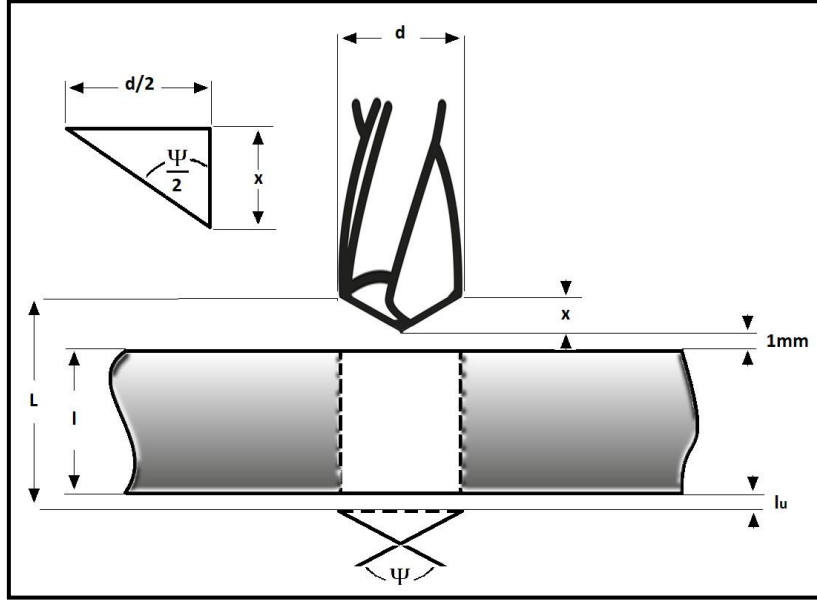
**Tablo 5.** Delme deneylerindeki genel koşullar

Malzeme	AISI 1050 çelik
Kesici takım	8mm HSS kaplamasız matkap
Kesme hızı	20 m/dakika
İlerleme	0,1 mm/devir
Delik derinliği (l)	24 mm (boydan boya)

#### 3.1. Doğrudan Delik Delme Yöntemi (G81)

Doğrudan delik delme yöntemiyle yapılan delik delme çalışmasında matkap gagalama olmaksızın kullanılan malzemeyi delmiş ve alttan patlatmıştır. CNC takım tezgahlarında delme işlemi yapılırken öncelikle takım güvenli bir mesafede iş parçasına temas etmeden konumlanmış, ardından verilmiş olan ilerleme ve devir sayısında delme işlemine başlamıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmada R güvenli yaklaşma noktası, parça üzerinden 1mm yükseklikte olacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 8'de lu ile gösterilen mesafe kör deliklerde 0, alttan patlatmalı deliklerde ise pozitif değer alınmaktadır [23]. Eşitlik 5'teki formülasyon neticesinde x değeri 2,404 mm bulunmuştur. Bu sebeple lu mesafesi ve x değeri toplam 2,5 mm alınmıştır. Sonuçta, delik delme deneylerinde ve DMP'de Eşitlik 6'daki formül esas alınarak toplam delme mesafesi (L) 27,5 mm olmuştur.





Şekil 8. Delme kurs boyu [23]

$$\tan(\Psi/2) = \frac{d}{2}/x \text{ ise } x = d/(2\tan(\Psi/2)) \quad (5)$$

$$L = l + x + 1 + lu \quad (6)$$

Deney sonuçlarına göre doğrudan delik delme yönteminde bir delik 24 saniyede yani 0,4 dakikada tamamlanmıştır. Delik Maliyet Programındaki sonuçlarda ise aynı parametreler girildiğinde bir delik için işlem süresinin 0,38 dakika olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar neticesinde işleme süresinde 0,02 dakika sapma olduğu gözlemlenmiştir.

Maliyet hesaplamada ise delik sayısını bir aldığımız için program bir delikte takımın aşındığını ayrıca hazırlık süresini ve takım değiştirme süresini yalnız bir delik için hesaplanmıştır. Buna göre 0,38 dakikalık delik delme maliyeti 23,05 TL olarak bulunmuştur. **bknzŞekil 9.**

Doğrudan Delik Delme Yöntemi		AMORTİSMAN MALİYETİ		KESİCİ TAKIM MALİYETİ	
<b>KESME HIZI VE TAKİM ÖMRÜ</b>		<b>tezgah alım fiyatı (tl)</b>		<b>kesici takım fiyatı (tl)</b>	
ilerleme (mm/dev)	0,1	tezgah alım fiyatı (tl)	100000	kesici takım fiyatı (tl)	14
matkap çapı (mm)	8	tezgah hurda fiyatı (tl)	10000	kesici takım maliyeti (tl)	14
kesme hızı (m/dak)	20	amortisman süresi (yıl)	10	<b>HAZIRLIK MALİYETİ</b>	
takım ömrü (dak)	2072,43	amortisman maliyeti (tl)	0,03	hazırlık süresi (dak)	30
<b>İŞLEME SÜRESİ</b>		<b>ENERJİ MALİYETİ</b>		hazırlık maliyeti (tl)	8,33
delik sayısı	1	tezgah gücü (kw)	7,5	<b>TAKIM DEĞİŞTİRME MALİYETİ</b>	
delik derinliği (mm)	27,5	enerji fiyatı (tl/kwh)	0,45	takım değiştirme süresi (dak)	2
işleme süresi (dak)	0,38	enerji maliyeti (tl)	0,02	takım değiştirme maliyeti (tl)	0,56
<b>İŞÇİLİK MALİYETİ</b>		<b>BAKIM-ONARIM MALİYETİ</b>		<b>DELİK DELME MALİYETİ HESAPLA</b>	
aylık işçi maliyeti (tl)	4000	aylık bakım ücreti (tl)	100		
işçilik maliyeti (tl)	0,11	bakım maliyeti (tl)	0	<b>Toplam Delme Maliyeti = 23,05 TL'dir.</b> <b>Bir Deliğin Maliyeti = 23,05 TL'dir.</b>	
<b>TEZGAH MALİYETİ</b>		<b>TEZGAH MALİYETİ</b>			
hesapla		tezgah maliyeti (tl)	0,05	\\ÇIKIŞ///	
tugayüstün		hesapla			

Şekil 9. DMP'de doğrudan delik delme uygulaması

### 3.2. Talaş Kırmalı Delik Delme Yöntemi (G73)

Talaş kırmalı delik delme yönteminde talaşın derin delik esnasında istenenden fazla uzamaması için takımın belirlenen dalma seviyesinde bir miktar yukarı çıkarak talaşı kırması ve tekrar delmeye devam ettirilmesi esastır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmada tıpkı doğrudan delik delme yönteminde olduğu gibi R güvenli yaklaşma noktası, parça üzerinden 1mm yükseklikte olacak şekilde belirlenmiştir. Yine lu mesafesi ve x değeri toplam 2,5 mm alınmıştır ve toplam delme mesafesi (L) 27,5 mm olmuştur. Ayrıca, dalma miktarı 5 mm olarak alınmıştır.

Deney sonuçlarına göre talaş kırmalı delik delme yönteminde bir delik 29 saniyede yani 0,48 dakikada tamamlanmıştır. Delik Maliyet Programındaki sonuçlarda ise aynı parametreler girildiğinde bir delik için işlem süresinin 0,47 dakika olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar neticesinde işleme süresinde 0,01 dakika sapma olduğu gözlemlenmiştir.

Maliyet hesaplamada ise delik sayısını bir aldığımız için program bir delikte takımın aşındığını ayrıca hazırlık süresini ve takım değiştirme süresini yalnız bir delik için hesap etmiştir. Buna göre 0,47 dakikalık delik delme maliyeti 23,08 TL olarak bulunmuştur. **bknzŞekil 10.**

Şekil 10. DMP'de talaş kırmalı delik delme uygulaması

### 3.3. Talaş Boşaltmalı Delik Delme Yöntemi (G83)

Talaş boşaltmalı delik delme yönteminde ise talaşın derin delik esnasında istenenden fazla uzamaması ve talaş tahliyesinin kontrol edilmesi için gagalama yaptırılır. Talaş boşaltma işlemi takımın belirlenen dalma seviyesine ilerledikten sonra R seviyesine çıkarak talaşı tahliye etmesidir. Gerçekleştirilen deneysel çalışmada önceki delik delme yöntemlerinde olduğu gibi R güvenli yaklaşma noktası, parça üzerinden 1mm yükseklikte olacak şekilde belirlenmiştir. Yine lu mesafesi ve x değeri toplam 2,5 mm alınmıştır ve toplam delme mesafesi (L) 27,5 mm olmuştur. Ayrıca, dalma miktarı yine 5 mm olarak alınmıştır.

Deney sonuçlarına göre talaş boşaltmalı delik delme yönteminde bir delik 31 saniyede yani 0,52 dakikada tamamlanmıştır. Delik Maliyet Programındaki sonuçlarda ise aynı parametreler girildiğinde bir delik için işlem süresinin 0,56 dakika olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar neticesinde işleme süresinde 0,04 dakika sapma olduğu gözlemlenmiştir.

Maliyet hesaplamada ise delik sayısını bir aldığımız için program bir delikte takımın aşındığını ayrıca hazırlık süresini ve takım değiştirme süresini yalnız bir delik için hesap etmiştir. Buna göre 0,52 dakikalık delik delme maliyeti 23,12 TL olarak bulunmuştur. **bknzŞekil 11.**

Şekil 11. DMP'de talaş boşaltmalı delik delme uygulaması

#### 4. Tartışma ve Sonuç

AISI 1050 imalat çeliğinin üç delik delme yöntemi ile CNC dik işleme merkezinde delinmesi ve bu yöntemlerin C# paket programında hazırlanan maliyet hesaplama programı ile hesaplanması sonucu elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Her üç delik delme yönteminde de gerçek delme şartlarında ortaya çıkan süreler tespit edilmiştir.
- Delik delme süreleri bakımından en kısa süre alan delme yönteminin doğrudan delme daha sonra talaş kırarak delik delme ve en sonda talaş boşaltarak delik delme yöntemi olduğu ortaya çıkmıştır.
- Parametreler aynı kalmak şartıyla, geliştirilen Delik Maliyet Programının süreler açısından gerçeğe yakın çalıştığı doğrulanmıştır.
- Delik Maliyet Programıyla tahmini takım ömrü hesaplatılmıştır.
- İşçilik, tezgâh, sarf malzemesi, hazırlık çalışmaları ve takım değiştirme gibi ara işlemler de hesaba katılarak gerçeğe yakın bir maliyet hesaplatılabilmektedir.

Çalışmalar ve değerlendirmeler sonucunda bazı önerilerde bulunulmuştur. Bunlar;

- Programın birden çok delik delinmesindeki hesaplamaların testi için daha fazla delik delme ile test edilebilir.
- Programdaki delik delme formüllerinin daha değişken koşullara uyması için farklı varyasyonlar denenebilir.
- Programı farklı alanlarda da maliyet hesaplayabilecek şekilde eklemeler yapılabilir. Hatta bu bir mamulün işletmedeki tüm süreçlerini ele alıp ayrı ayrı ve toplam maliyet olarak hesaplatılabilir.
- Şirketlerin maliyetinde daha doğru sonuca ulaşabilmek için kırtasiye, kira gibi daha fazla gider eklenebilir.
- Yapılan hesaplamaların rapor halinde çıktı alınması sağlanabilir.
- Hesaplanan değerleri tarih bazlı olarak veri tabanında saklanıp, daha sonrası için bir birikim oluşturulabilir.

## Teşekkür

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli danışmanım Doç. Dr. Yakup TURGUT'a, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım değerli hocam Arş. Gör. Dr. Gültekin UZUN'a, deneysel çalışmalarında katkı sağlayan değerli Arş. Gör. Saltuk Alper YAŞAR'a, Arş. Gör. Bahattin YILMAZ'a, Arş. Gör. Duygu GÜRKAN'a, abim Tarık Vural ÜSTÜN'e ve maddi, manevi her zaman beni destekleyen aileme teşekkür ederim.

## Kaynakça

- [1] Tönshoff, H. K., Spintig, W., König, W., & Neises, A. 1994. Machining of Holes Developments in Drilling Technology. *Cirp Annals*, 43(2), 551-561.
- [2] Yağmur, S. 2011. Delik Delme İşlemlerinde Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Oluşan Sıcaklığın Deneysel Olarak İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [3] Çiftçi, İ. ve Gökçe, H. 2018. Ti6Al4V Titanyum Alaşımının Delinmesinde Delme Yönteminin Aşınmaya Etkisinin İncelenmesi. *J. Polytech*, vol. 0900, 0-2.
- [4] Kalpakjian, S. and Schmid, S. R. 2009. Prentice Hall. 8th Edition. *Manufacturing Engineering and Technology*.
- [5] Bayraktar, Ş., Sıyambaş, Y., & Turgut, Y. 2017. Delik Delme Prosesi: Bir Araştırma. SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(2). <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.296833>
- [6] Yagmur, S., Acir, A., Seker, U., & Gunay, M. 2013. An experimental investigation of effect of cutting parameters on cutting zone temperature in drilling. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 28(1), 1-6.
- [7] Aized, T., & Amjad, M. 2013. Quality Improvement of Deep-Hole Drilling Process of AISI D2. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69(9-12), 2493-2503. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5178-4>
- [8] Bıçakçı, N. 2015. Ti6Al4V Titanyum Alaşımının Delinebilirliğinin Araştırılması. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük.
- [9] Sharif, S., & Rahim, E. A. 2007. Performance of Coated-and Uncoated-Carbide Tools When Drilling Titanium Alloy—Ti-6Al4V. *Journal of materials processing technology*, 185(1-3), 72-76.
- [10] Shetty, P. K., Shetty, R., Shetty, D., Rehaman, N. F., & Jose, T. K. 2014. Machinability Study on Dry Drilling of Titanium Alloy Ti-6Al-4V Using L9 Orthogonal Array. *Procedia Materials Science*, 5, 2605-2614.
- [11] Aydın, E. 2019. Karbon Fiber Takviyeli Polimer Kompozit (CFRP) ile Alüminyum Alaşımının (Al 7075) İstiflenmiş Halde Delinebilirlik Özelliklerinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- [12] Arslan, H. 2018. 4. Baskı. *CNC Operatörünün El Kitabı*.
- [13] Gülesin, M., Güllü, A., Avcı, Ö., & Akdoğan, G. 2010. *CNC Torna ve Freze Tezgahlarının Programlanması*. Asil Yayın Dağıtım.
- [14] Bıçakçı, F. 2006. Sanayi İşletmelerinde Faaliyet Tabanlı Maliyet Sistemine Geçiş Çabaları ve Bir Uygulama. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.
- [15] Ben Meftah, M., Baili, M., Gassara, B., Desein, G., & Bouzid Saï, W. 2019. Pre-hole Diameter Optimization in High Speed Drilling Considering Machining Cost. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 103(9-12), 3323-3336. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03689-z>
- [16] Pamukoğlu, U., & Göloğlu, C. 2011. Delik İşlemleri İçin Maliyet Merkezli Bir Sistem. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10(1), 31-39.
- [17] Makine Takım Endüstrisi A.Ş. 2019. <https://www.makinatakim.com.tr/hss-din-338-silindirik-sapli-kisamatkap-ucu-haddeli> (Erişim Tarihi: 21.01.2020).
- [18] Meral, G., Dilipak, H., & Sarıkaya, M. 2011. AISI 1050 Malzemenin Delinmesinde Delme Parametrelerinin Delik Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Çoklu Regresyon Metoduyla Modellenmesi. *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 27(4): 332-338.
- [19] AFB Metal. <https://afbmetal.com/steel-genel-celik/1050-imalat-celik-c50-islak> (Erişim Tarihi: 20.01.2020).
- [20] Makine Takım Endüstrisi A.Ş. *HSS Kataloğu*. 2019.

- [21] Smid, P. 2003. CNC Programming Handbook: A Comprehensive Guide to Practical CNC Programming. Industrial Press Inc..
- [22] Makine Teknolojisi CNC Freze Çevrimleri. 2015. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.
- [23] Akkurt, M. 2004. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları. Birsen Yayınevi.
- [24] Üstün, T. 2019. Delik Delmede Farklı Delme Uygulamalarının Takım Performansı ve İşleme Ekonomisi Açısından Karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.