

# ORTA GERİLİM ENERJİ NAKİL HATTI PROJE ÇİZİMLERİNİN BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Musa AYDIN<sup>1</sup>

Hüseyin TURHAN<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Elektrik–Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi  
Selçuk Üniversitesi, Kampüs, Konya

<sup>1</sup>e-posta: aydin@selcuk.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: huseyinturhan2004@yahoo.com

Anahtar sözcükler: ENH, OG Proje Çizimi, Autocad, Delphi.

**Özet :** Bu çalışmada, bir OG iletim hattının geçeceği güzergah koordinatlarının, Delphi programlama dilinde hazırlanan bilgisayar programına girilerek bu güzergah profilinin Autocad çizim programına aktarılması ve arazi kesitinin çizim işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, OG proje çizimlerinde kullanılan iletken sehim şablonları ve direk şablonları Autocad çizim programında hazırlanmıştır.

## 1. GİRİŞ

ENH projelerinde kullanılan iletken sehim şablonları; buz yükü bölgesi, iletken kesiti, ortalama açıklık ( $a_{or}$ ) ve düşey ölçek olmak üzere dört ayrı kritere göre çizilir.

Türkiye, beş buz yükü bölgesine ayrılmıştır. Bunlar 1., 2., 3., 4. ve 5. buz yükü bölgeleridir. Enerji nakil hatlarında kesitlerine göre genelde beş farklı iletken kullanılır. Bunlar; Swallow (3AWG), Raven (1/0AWG), Pigeon (3/0AWG), Partridge (266,8MCM), Hawk (477MCM) dir [2].

Sehimin hesaplanmasında kullanılacak olan yatay açıklık değeri ise çeşitli değerlerde seçilerek sehim hesaplanır. Türkiye’de enerji nakil hattı projelerinde düşeyde 1/400 veya 1/500, yatayda ise 1/2000 ölçekleri kullanılır.

Yapılan bu çalışmada, mevcut kriterler göz önünde bulundurularak 82 adet iletken sehim şablonu hazırlanmıştır.

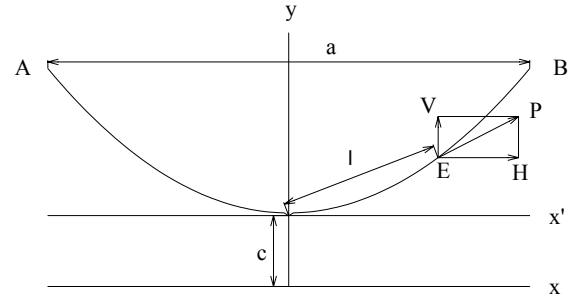
ENH projelerinde kullanılan direk şablonları ise buz yükü bölgesi, iletken kesiti, düşey ölçek, direk temel derinliği, direk çeşidi (ağaç, demir, beton), direğin görevi (taşıyıcı, köşede taşıyıcı, durdurucu, nihayet, seksiyoner, trafo direği), iletken tertibi (üçgen tertip, düz tertip), izolatör tipi (mesnet izolatör, zincir izolatör, tek askı, çift askı), devre sayısı (tek devre, çift devre, dört devre, altı devre)...vb kriterlere göre çizilir.

Yapılan çalışmada, yukarıdaki kriterlerin tamamı göz önünde bulundurularak direk şablonları hazırlanmıştır.

Diğer taraftan, hazırlanan ENH arazi çizim programı ile, koordinatları programdan girilen ENH güzergah profilinin, yatayda 1/2000, düşeyde ise 1/400 veya 1/500 ölçekte ölçeklendirilerek autocad

programına çizdirilmesi sağlanmıştır.

## 2. İLETKEN SEHİMLERİNİN HESAPLANMASI VE İLETKEN SEHİM ŞABLONLARININ HAZIRLANMASI



Şekil-1 Zincir Eğrisi

A ve B noktaları arasında asılmış teli (Bkz. Şekil-1) herhangi bir E noktasındaki P çekme (cer) kuvvetinin yatay bileşeni H ve düşey bileşeni V olsun. V düşey bileşeni teli o noktada tutan kuvvettir ve x apsisi ile orantılıdır.  $P_n$ , teli 1 metresinin kg olarak ağırlığı olmak üzere ;

$$V = P_n \cdot x \quad (1)$$

dir. H yatay bileşeni ise c ve  $P_n$  ile orantılı olup

$$H = c \cdot P_n \quad (2)$$

dir. c, bir orantı faktörü olup, iletken eğrisinin parametresidir. Aynı zamanda c, teli en alçak noktasının x eksenine uzaklığıdır. H, teli her noktasında sabittir ( $H=T$ ).

$$\tan \theta = \frac{V}{H} = \frac{P_n \cdot x}{P_n \cdot c} \Rightarrow \frac{V}{H} = \frac{x}{c} \Rightarrow$$

$$\frac{V}{H} = \frac{1}{c} \cdot x \quad (3)$$

$\tan \theta = \frac{dy}{dx}$  olduğundan parabol denklemi :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{c} \cdot x \Rightarrow dy = \frac{1}{c} \cdot x \cdot dx \Rightarrow$$

$$\int dy = \frac{1}{c} \int x dx \Rightarrow y = \frac{x^2}{2c} \quad (4)$$

olarak bulunur. Eğer bu parabol x ekseninden c kadar yukarıda ise parabol denklemi :

$$y = c + \frac{x^2}{2c} \quad (5)$$

olur. İki nokta arasına asılmış olan tel, zincir eğrisi denilen bir şekil oluşturur ve

$$y = c \cdot \cosh \frac{x}{c} \quad (6)$$

denklemi ile belirlenir. Bu eşitlik Maclaurin serisine göre açılırsa; (n=0,2,4,6,...)

$$y = c + \frac{x^2}{2c} + \frac{x^4}{24c^3} + \frac{x^6}{720c^5} + \Lambda + \frac{x^n}{n!c^{n-1}}$$

yazılır. Bu denklemin 3. ve sonraki terimleri çok küçük değer olduğundan yalnız ilk iki terimi alınabilir. Böylece;

$$y = c + \frac{x^2}{2c} \quad (7)$$

parabolik ifadesi bulunmuş olur. İletken boyu ise ;

$$L = a + \frac{a^3 \cdot P_n^2}{24T^2} \quad (8)$$

denkleminde verilir. İletken boyu, sehimin bir fonksiyonu olarak

$$L = a + \left( \frac{a^2 \cdot P_n}{8T} \right)^2 \cdot \frac{8}{3a} \quad (9)$$

şeklinde yazılırsa ;

$$\boxed{f = \frac{a^2 \cdot P_n}{8T}} \quad (10)$$

olarak bulunur [1].

Bu formülde f, iletkenin sehimi [m]; a, yatay açıklık [m]; P<sub>n</sub>, ek buz yüklü durumdaki iletken ağırlığı [kg/m]; T, iletkenin çekme kuvvetidir [kg].

10 eşitliği kullanılarak iletkenlerin sehimleri hesaplanabilir.

## 2.1. Çizimleri Yapılan İletken Sehim Şablonlarının Denklemlerinin Çıkarılması

Yukarıda açıklandığı üzere, iletken sehim şablonlarının denklemleri parabolik denklemlerdir. Örneğin 2. buz yükü bölgesinde 3AWG (swallow) iletken için a<sub>ort</sub>=150 m. (ortalama açıklık) için f<sub>max</sub> ve f<sub>min</sub> denklemlerinin hesaplanması şu şekildedir:

P<sub>0</sub> = 0.108 kg/m (İletken ağırlığı)  
P<sub>b</sub> = 0.5344 kg/m (Buz yükü ağırlığı)  
P<sub>n</sub> = 0.6424 kg/m (Buz yüklü iletken ağırlığı)  
T<sub>m</sub> = 342.54 kg (Max. çekme kuvveti)  
T<sub>n</sub> = 73.48 kg (Min. sıcaklıktaki çekme kuvveti)

a<sub>ort</sub> = 150 m. (Ortalama açıklık)

**Önemli:** Verilen P<sub>0</sub>, P<sub>b</sub>, P<sub>n</sub>, T<sub>m</sub> ve T<sub>n</sub> değerleri 3AWG (swallow) iletkeninin 2. buz yükü bölgesindeki değerleridir [4].

Hesaplamalarda yatay ölçek 1/2000, düşey ölçek 1/400 olarak alınmıştır.

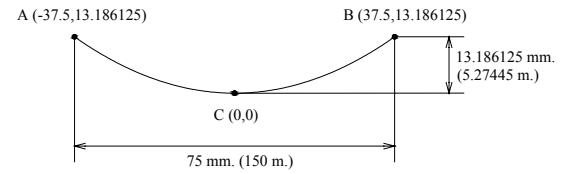
**Maksimum fleş (f<sub>max</sub>),** 2. buz yükü bölgesinde -5°C+%100 buzlu halde (maksimum gerilme hali) meydana gelir. Maksimum sehim :

$$f_{\max} = \frac{a_{\text{ort}}^2 \cdot P_n}{8T_m} \Rightarrow$$

$$f_{\max} = \frac{150^2 [m^2] * 0.6424 [kg/m]}{8 * 342.54 [kg]} \Rightarrow$$

$$f_{\max} = 5.27445 \text{ m.}$$

olarak bulunur. Bu değer kullanılarak parabol denkleminde geçilebilir.



Şekil-2 Maksimum fleş (f<sub>max</sub>) eğrisi

Parabol, şekil-2'deki gibi minimum noktası C(0,0) olacak şekilde yerleştirilirse ortalama açıklık;

$$a_{\text{ort}} = 150 [m] / 2000 * 1000 = 75 \text{ mm.}$$

olur. Maksimum sehim f<sub>max</sub> ise;

$$f_{\max} = 5.27445 [m] / 400 * 1000$$

$$f_{\max} = 13.186125 \text{ mm.}$$

olarak bulunur. Bu değerlere göre A ve B noktalarının koordinatları A(-37.5,13.186125); B(37.5,13.186125) olarak belirlenir.

Bu noktalardan herhangi biri ile C(0,0) noktası kullanılarak parabol denklemi yazılabilir.

$$y = a \cdot x^2 + b$$

$$C(0,0) \text{ için}$$

$$0 = a \cdot 0^2 + b \Rightarrow b = 0$$

$$A(-37.5,13.186125) \text{ için}$$

$$13.186125 = a * (-37.5)^2 + 0 \Rightarrow$$

$$a = 9.3768 * 10^{-3}$$

Bu değerler için parabol denklemi :

$$y = 9.3768 * 10^{-3} * x^2$$

olarak bulunur.

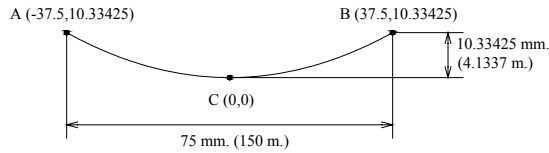
**Minimum fleş ( $f_{min}$ )**, en düşük ortam sıcaklığında (2. buz yükü bölgesi için  $-15^{\circ}\text{C}$ ) meydana gelir. Minimum sehim :

$$f_{min} = \frac{a_{ort}^2 \cdot P_0}{8 \cdot T_n} \Rightarrow$$

$$f_{min} = \frac{150^2 [m^2] * 0.108 [kg/m]}{8 * 73.48 [kg]} \Rightarrow$$

$$f_{min} = 4.1337 \text{ m.}$$

olarak bulunur. Bu değer kullanılarak parabol denklemine geçilebilir.



Şekil-3 Minimum fleş ( $f_{min}$ ) eğrisi

Parabol, şekil-3'deki gibi minimum noktası C(0,0) olacak şekilde yerleştirilirse ortalama açıklık;

$$a_{ort} = 150 [m] / 2000 * 1000 = 75 \text{ mm.}$$

olur. Minimum sehim  $f_{min}$  ise;

$$f_{min} = 4.1337 [m] / 400 * 1000$$

$$f_{min} = 10.33425 \text{ mm.}$$

olarak bulunur. Bu değerlere göre A ve B noktalarının koordinatları A(-37.5, 10.33425); B(37.5, 10.33425) olarak belirlenir.

Bu noktalardan herhangi biri ile C(0,0) noktası kullanılarak parabol denklemi yazılabilir.

$$y = a \cdot x^2 + b$$

$$C(0,0) \text{ için}$$

$$0 = a \cdot 0^2 + b \Rightarrow b = 0$$

$$A(-37.5, 10.33425) \text{ için}$$

$$10.33425 = a * (-37.5)^2 + 0 \Rightarrow$$

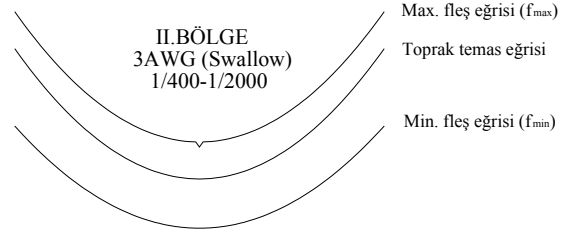
$$a = 7.3488 * 10^{-3}$$

Bu değerler için parabol denklemi :

$$y = 7.3488 * 10^{-3} * x^2$$

olarak bulunur.

$f_{max}$  ve  $f_{min}$  değerleri için eğri denklemleri bulunduktan sonra swallow iletken için 2. buz yükü bölgesindeki sehim şablonu bir bütün olarak çizilebilir :



Şekil-4 İletken Sehim Şablonu

Sehim şablonu hazırlanırken, toprak temas eğrisi adı verilen bir eğri daha çizilir (Bkz. Şekil-4). Bu eğrinin denklemi  $f_{max}$  eğrisi ile aynıdır fakat  $f_{max}$  eğrisinin her noktasından düşey olarak 6 m. aşağıya çizilir. Bu mesafe *emniyet mesafesi* olarak adlandırılır ve arazi üzerinde telin, yere olan yaklaşma mesafesini gösterir. İletkenlerin en büyük salgı durumunda üzerinden geçtikleri yer ve cisimlere olan en küçük düşey uzaklıkları çizelgelere belirtilmiştir [3].

Yukarıda bir tane sehim şablonunun hazırlanışı gösterilmiştir. Diğer iletken sehim şablonları da buna benzer şekilde ayrı ayrı hesaplanarak çizimleri gerçekleştirilmiştir.

### 3. DİREK ŞABLONLARININ HAZIRLANMASI

Direk şablonları hazırlanırken, direk üzerinde bulunan en alttaki iletkene göre şablon boyu hesaplanmalıdır. Aşağıda bir direk tipinin şablon boyu hesabı gösterilmiştir.

Örneğin 477MCM (Hawk) iletken için SBA (santrifüj betonarme) direk, çift devre, T-2 tertibi taşıyıcı direk, çift askı zincir izolatörlü, fiçı tipi, 1/500 düşey ölçekli, 21 m. uzunluğundaki direğin şablon boyu hesabı şu şekilde yapılır :

Şekil-7'de resmi görülen direkte;

Travers kalınlığı 0.12 m.

Travers ile izolatör arasındaki mesafe 0.054 m.

$L_K$  uzunluğu çift askı izolatörde 0.946 m.

D mesafesi T-2 tertibi taşıyıcı direkte 2.10 m.

Direk temel derinliği 2 m.'dir [4].

Verilen değerlere göre direk şablon boyu (en alttaki iletken ile yer arasındaki mesafe) :

$$x = H - (2D + 0.12 + 0.054 + 0.946 + 2)$$

$$x = 21 - (2 * 2.10 + 0.12 + 0.054 + 0.946 + 2) \text{ olara}$$

$$x = 13.68 \text{ m.}$$

k hesaplanır. Bu değer 1/500 düşey ölçeğe göre ölçeklendirilirse;

**ENH Arazi Çizim Programı**

Nokta Sayısı: 46

Düşey Ölçek: 500

Yatay Ölçek: 2000

Ölçekle

Yeni

Aç

Kaydet

Excel'e Gönder

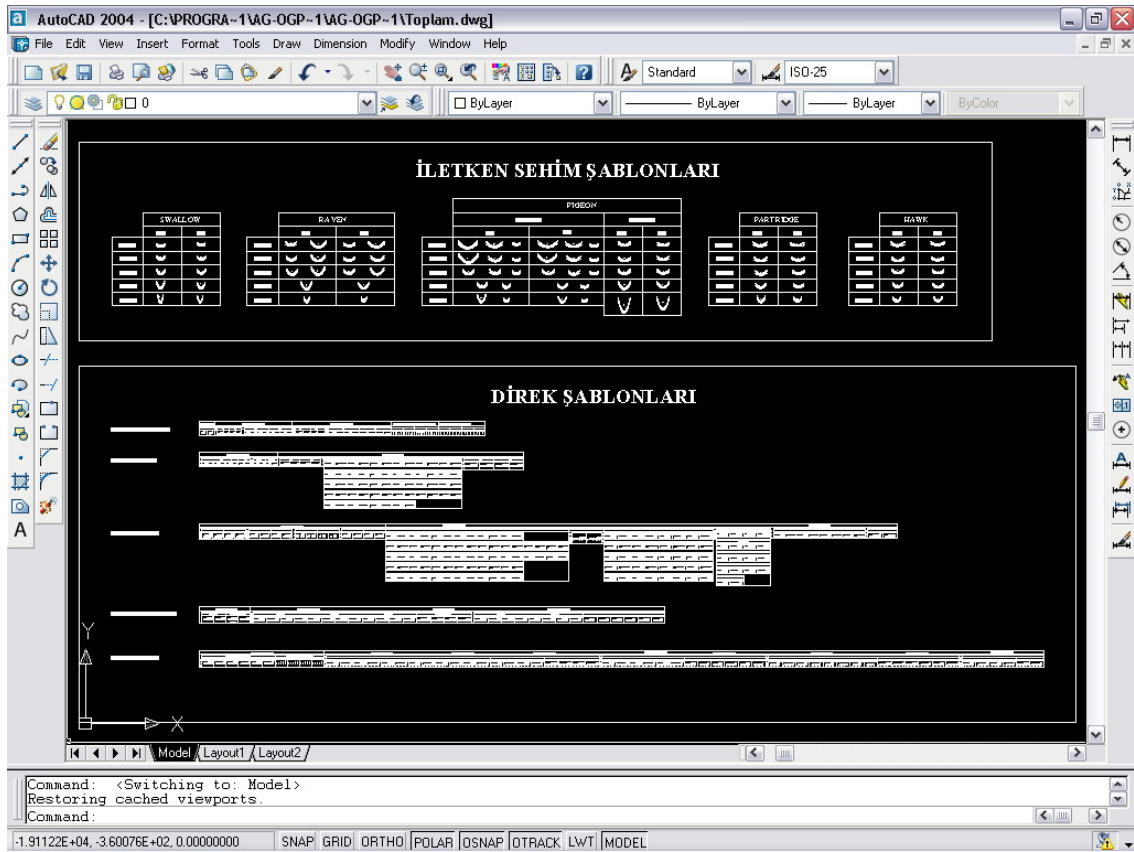
Autocad'e Gönder

Geri

	X (Yatay Mesafe) [Metre]	Y (Kot) [Metre]
1	593,972	330,9745
2	615,326	331,106
3	726,504	329,0385
4	824,672	328,1525
5	884,992	320,22
6	940,582	329,9245
7	1036,384	326,3805
8	1137,632	328,6955
9	1189,092	327,657
10	1227,104	329,4805
11	1276,666	333,467
12	1362,818	332,893
13	1410,688	332,423
14	1442,308	331,273
15	1472,868	329,343
16	1523,148	327,163
17	1576,098	325,913
18	1659,818	324,203
19	1723,818	322,693
20	1770,428	320,853
21	1913,332	321,8925
22	2015,4	307,0235
23	2103,556	292,5985
24	2125,194	291,3625

	X (Yatay Mesafe) [Metre]	Y (Kot) [Metre]
1	296,986	661,949
2	307,663	662,212
3	363,252	658,077
4	412,336	656,305
5	442,496	640,44
6	470,291	659,849
7	518,192	652,761
8	568,816	657,391
9	594,546	655,314
10	613,552	658,961
11	638,333	666,934
12	681,409	665,786
13	705,344	664,846
14	721,154	662,546
15	736,434	658,686
16	761,574	654,326
17	788,049	651,826
18	829,909	648,406
19	861,909	645,386
20	885,214	641,706
21	956,666	643,785
22	1007,7	614,047
23	1051,778	585,197
24	1062,597	582,725

Şekil-5 ENH Arazi Çizim Programı



Şekil-6 İletken sehım şablonlarının ve direk şablonlarının bir arada bulunduğu autocad penceresi

$$x' = 13.68 [m] / 500 * 1000 = 27.36 \text{ mm.}$$

olarak ölçekli direk şablon boyu bulunmuş olur. Burada bir tane direğin şablon boyunun hesaplanması gösterilmiştir. Diğer direk şablonları da bu şekilde hesaplanarak çizimleri gerçekleştirilmiştir.

#### 4. ENERJİ NAKİL HATTI ARAZİ ÇİZİM PROGRAMININ TANITILMASI

Hazırlanan program 'Borland Delphi 6' programlama dili ile yazılmıştır [5]. Bu program ile enerji nakil hattı projesi yapılacak olan güzergahın nakil hattı çiziminin 'Autocad 2004' çizim programına yaptırılması amaçlanmıştır [6]. Programın çalıştırılması ile birlikte 'Toplam.dwg' adında bir autocad çizim penceresi açılır (Bkz. Şekil-6). Bu çizim penceresinde enerji nakil hatları projelerinin çiziminde kullanılacak olan iletken sehim şablonları, direk şablonları ve projede kullanılan değerlerin (çizilen arazinin harita bilgileri, projede kullanılan direklerin numarası, direk tipi, travers tipi ve direkler arası mesafe) girilmesi için bir tablo bulunmaktadır.

Programın çalışması ise şöyledir :

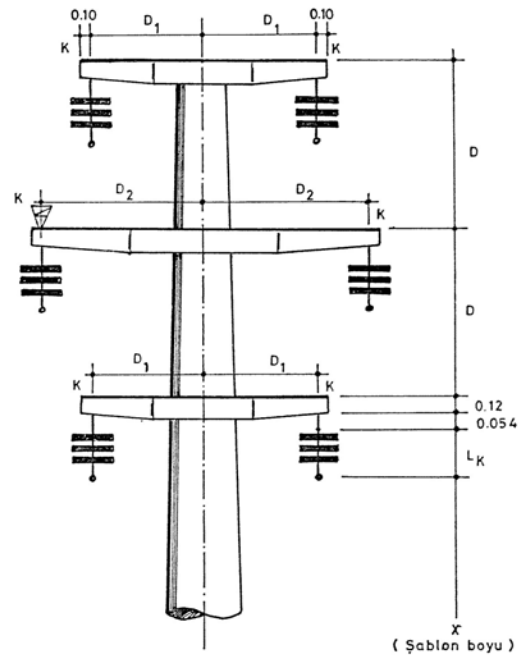
Şekil-5'deki 'ENH Arazi Çizim Programı' penceresinde 'Nokta Sayısı' ile belirtilen kutuya, çizilecek arazi üzerinde belirlenmiş nokta sayısı girilir ve ardından 'Nokta Oluştur' butonuna basılır. Bununla birlikte pencerenin sağ tarafında, girilen sayı kadar, koordinat girişini sağlayacak kutu açılır. Açılan kutulara arazi üzerinde belirlenen koordinatlar kullanıcı tarafından girilir. Pencere üzerindeki 'Hata Kontrol' butonu, kutulara eksik değer girilip girilmediğini kontrol eder ve eksik koordinat var ise bildirir. 'Yeni' butonu kullanılarak penceredeki bütün değerler silinerek yeni bir pencere açılır. 'Kaydet' butonu kullanılarak girilen arazi koordinat değerleri '.db' uzantılı bir dosya olarak kaydedilir.

'Aç' butonu kullanılarak önceden kaydedilen '.db' uzantılı bir dosya açılabilir. 'Düşey Ölçek' kutusundan, haritanın düşey ölçeği (1/400 veya 1/500) belirlenir. Yatay ölçek ise 1/2000'dir. Ölçekle butonuna tıklanarak girilen arazi koordinatları yatayda 1/2000, düşeyde ise 1/400 veya 1/500 ölçeğine göre ölçeklendirilir. Ölçekli değerler pencerenin en sağındaki kutulara yazdırılır. 'Excel'e Gönder' butonu ile girilen arazi koordinat değerleri ve ölçekli koordinat değerleri, 'Arazi.xls' adındaki bir 'Microsoft Excel' dosyasına gönderilir. 'Autocad'e Gönder' butonu kullanılarak ölçeklendirilen arazi koordinat değerleri Autocad çizim programına gönderilerek arazi profilinin çizimi gerçekleştirilmiş olur.

#### 5. SONUÇLAR

Enerji nakil hatlarının arazi profilinin çizimi, delphi ile hazırlanan program üzerinden, autocad çizim programına komut gönderilerek yaptırılmıştır.

Autocad çizim programında, enerji nakil hatlarında kullanılacak bütün iletken sehim şablonları hazırlanmıştır. Ayrıca yine enerji nakil hatlarında kullanılacak bütün direk tiplerinin şablonları autocad çizim programında hazırlanmıştır. Bu sayede kullanıcı, ENH proje çizimlerini, autocad çizim programında bulunan hazır iletken sehim şablonlarını ve direk şablonlarını kullanarak kolayca gerçekleştirebilecek, çizimini kolaylıkla kaydedebilecek ve proje çıktısını kolaylıkla alabilecektir. Böylelikle, elle yapılarak uzun zaman alan ve hata payı yüksek olan proje çizimleri autocad üzerinde çok daha kısa sürede ve hata payı neredeyse sıfıra indirgenerek yapılabilecektir.



Şekil-7 Direk Şablonu

#### KAYNAKLAR

- [1] Yunusoğlu, A., ORTA GERİLİM ENERJİ NAKİL HATLARI PROJE, Cilt 1,2 , Ankara, 1995.
- [2] Dengiz , H. , ENERJİ HATLARI MÜHENDİSLİĞİ, Kardeş Kitabevi Yayınları, Ankara, 1991.
- [3] Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği
- [4] TEK DAPT Daire Başkanlığı Yayınları
- [5] Karagülle, İ., Pala, Z.,BORLAND DELPHİ 6, Türkmen Kitabevi Yayınları, İstanbul, 2002.
- [6] Omura, G., MASTERİNG AUTOCAD 2004 AND AUTOCAD LT 2004, Alfa Basım Yayın Dağıtım Ltd., İstanbul, 2003.