

**TÜRKİYE KOŞULLARI İÇİN ÇIĞ DÜŞMESİ SONUCU BİNA HASAR
GÖREBİLİRLİK DERECESİNİN BELİRLENMESİ**

Ertuğrul DURAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2011
ANKARA**

Ertuğrul DURAK tarafından hazırlanan "TÜRKİYE KOŞULLARI İÇİN ÇİĞ DÜŞMESİ SONUCU BİNA HASAR GÖREBİLİRLİK DERECESİNİN BELİRLENMESİ" adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç. Dr. Sami Oğuzhan AKBAŞ
Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd.Doç. Dr. Ayhan GÜRBÜZ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Atılım Üniversitesi

Yrd.Doç. Dr. Sami Oğuzhan AKBAŞ
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd.Doç. Dr. Önder KOÇYİĞİT
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 08/02/2011

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ertuğrul DURAK

TÜRKİYE KOŞULLARINDA ÇIĞ DÜŞMESİ SONUCU BİNA HASAR GÖREBİLİRLİK DERECESİNİN BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ertuğrul DURAK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2011

ÖZET

Çığ felaketlerinin ortaya çıkardığı zararların en düşük seviyeye indirilmesinde yeterli doğruluk ve kesinliğe sahip risk analiz metodlarının uygulanması büyük önem taşımaktadır. Bir risk analizinin başarılı olması için, hasar görebilirlik derecesinin, söz konusu etki ve yapı türü için yeterli doğrulukta belirlenmiş olması bir ön koşuldur.

Bu noktadan hareketle, bu çalışmada Bayburt ili, Üzengili köyünde 1993 yılında yaşanmış bir çığ afeti tek boyutlu olarak modellenmiştir. Elde edilen hız değerleri köyde bulunan binalara etkiyen basınçların belirlenmesinde kullanılmıştır. Çığın yaşandığı yerleşim birimindeki tipik yapı özellikleri incelenmiş, binaların hasar durumu tespit edilmiş ve bu koşullar için bir hasar görebilirlik- basınç ilişkisi elde edilmiştir.

Bilim Kodu : 911.1.050
Anahtar Kelimeler : Çığ, Risk, Hasar Görebilirlik
Sayfa Adedi : 72
Tez Yöneticisi : Yrd.Doç.Dr. S. Oğuzhan AKBAŞ

**ESTIMATION OF VULNERABILITY AGAINST SNOW AVALANCHES
FOR VILLAGE-TYPE TURKISH BUILDINGS**

(M.Sc. Thesis)

Ertuğrul DURAK

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

February 2011

ABSTRACT

It is essential to utilize accurate and reliable risk estimation methodologies to minimize the amount of damage due to avalanche disasters. In order to perform a successful risk analysis, the degree of vulnerability should be properly obtained for the type of impact and structure in consideration.

Considering this point, in this study, a snow avalanche disaster that occurred in the village of Üzengili of Bayburt Province in 1993 was modeled in 1-D. The resulting velocity values were used to estimate the pressures acting on the structures. The structural properties of the buildings in the village were examined thoroughly, the degree of damage for each building was calculated, and a vulnerability relation as a function of pressure was obtained.

Science Code : 911.1.050

Key Words : snow avalanches, risk, vulnerability

Page Number: 72

Adviser : Yrd. Doç. Dr. S. Oğuzhan AKBAŞ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Sami Oğuzhan AKBAŞ'a, yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım sevgili hocam Yrd. Doç. Dr. Önder KOÇYİĞİT'e, ayrıca Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı elemanlarından Jeoloji Mühendisi Sinan DEMİR'e, Bayburt Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü Müdür Yardımcısı İlker YAVUZ'a, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Serap DURAK'a, çocuklarım Nisanur ve Osman'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	x
HARİTALARIN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN SOSYAL VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	6
3.1 Sosyal ve Kültürel Özellikler	6
3.2. Fiziksel Çevre Özellikleri	7
4. ÇİĞ MODELLEMESİ	10
4.1. Lang(1983) Modelinde Kullanılan Eşitlikler	12
4.2. Üzengili çığ patikasının oluşturulması	19
4.3. Parametrelerin Belirlenmesi	23
4.4. Bilgisayar Programı, BIEQ ve Uygulaması	23
4.5. Yapılara Etkiyen Basıncın Belirlenmesi	27
5. HASAR GÖREBİLİRLİK	34

5.1 Köydeki Yapı Durumu.....	34
5.2 Köydeki Hasarlı Yapıların Tespiti.....	36
5.3. Yapıların Hasar Görebilirliği.....	41
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR.....	48
EKLER.....	53
EK-1 Segment Hesaplamaları	54
EK-2 Program BİEQ yazılımı.....	60
EK-3 Program BİEQ akış şeması	64
EK-4 Üzengili Çığ patikasına ait BİEQ programı sonuç dosyası.....	68
EK-5 İronton park çığ hattının farklı programlar ile kıyası.....	70
EK-6 Kısmi hasarlı yapıların hasar hesabı.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	72

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Köy Nüfus sayım sonuçları	6
Çizelge 4.1. Her bir segmente ait uzunluk ve eğim açısı.....	23
Çizelge 4.2. Kar kütlesi yoğunlukları.....	24
Çizelge 4.3. Programa ait veriler.....	26
Çizelge 4.4. Program çıktıları.....	26
Çizelge 4.5. Yapılara gelen basınçlar.....	29
Çizelge 5.1. Üzengili köyü çığ sonrası bina hasar durumu.....	38
Çizelge 5.2. Çığ sonrası hasar gören binaların tahmini değeri.....	40
Çizelge 5.3. Çığ nedeniyle hasar görabilirlik ve basınç değerleri.....	41
Çizelge 5.4. Çığların çarpma güçleri ve akış yoğunluğuna göre karşılaştırılması ...	43
Çizelge 5.5 çarpma kuvvetleri ve potansiyel hasar türü arasında korelasyon.....	44

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Üzengili köyü haritası ve yerleşim durumu	8
Şekil 3.2. Üzengili köyü kadaastro planı.....	9
Şekil 4.1. Çığ hareket bölgeleri.....	10
Şekil 4.2. Lang modelinde akım parametreleri.....	12
Şekil 4.3. Kar kütleline etkiyen kuvvetler.....	13
Şekil 4.4. Biviskoz malzeme yaklaşımı.....	17
Şekil 4.5 .Üzengili köyü çığ patikası.....	20
Şekil 4.6. Çığ patikası akış hattı.....	21
Şekil 4.7. Akış hattı profil kesiti.....	22
Şekil 4.8. 1 numaralı segment kesiti.....	22
Şekil 4.9. Hasarlı konutlar	30
Şekil 4.10. Durma bölgesinde mesafe-hız ilişkisi	31
Şekil 4.11. Çığ durma mesafesi.....	32
Şekil 5.1. Üzengili köy evi örnek planı.....	34
Şekil 5.2. Çığ afeti sonrası köydeki binaların hasar durumu.....	37
Şekil 5.3 Hasar görabilirlik – basınç eğrisi.....	42
Şekil 5.4 Hasar dağılımı.....	45

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 4.1. Çığın etkilediği yapıların hasar durumu	33
Resim 5.1. Duvar Kesiti.....	35
Resim 5.2. Köy evleri yapı ve malzeme özellikleri.....	36

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Üzengili köyü yükseklik haritası.....	7

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
γ_{so}	Kayan tabakalardan doğal olarak depo edilmiş karın ortalama yoğunluğu
γ_s	Akan karın ortalama yoğunluğu (kg/m ³)
h	Doğal olarak depo edilmiş karın veya kayan tabakanın düşey olarak ölçülmüş derinliği (m)
ψ_o	Başlangıç (kopma) bölgesindeki eğim açısı (°)
ψ_l	Akış Bölgesindeki eğim açısı (°)
v	Kar hızı (m/s)
ζ	Dinamik sürtünme yada kayma hız katsayısıdır.(m/s ²)
τ_s	Yoğun kuru karda, düşey kesitlerde kayma gerilmesi
SEGL	Segment uzunluğu (m)
θ	Segment eğim açısı (°)
μ	Kayma sürtünme katsayısı
g	Yerçekimi ivmesi (9,806 m/sn ²)
λ	Sınır tabakası derinliği (m)
h	Akan kütlenin derinliği
ρ	Kar yoğunluğu
ν	Kinematik viskozite (m ² /s)
ν_A	Seçilen segmanın arka yüzündeki hız
ν_B	Seçilen segmanın ön yüzündeki hız
μ_0	Başlangıçtaki sürtünme değeri

Kısaltmalar	Açıklama
DSİ	Devlet Su İşleri
MTA	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
T	Tepe
TCK	Türkiye Cumhuriyeti Karayolları
AİGM	Afet İşleri Genel Müdürlüğü
TKB	Tarım ve Köyişleri Bakanlığı

1. GİRİŞ

Türkiye'nin topoğrafik yapısı incelendiğinde, Karadeniz ve Akdeniz kıyılarına paralel olarak orta Anadolu platosunu çevreleyen çok sayıda dağ silsilesi bulunmaktadır. Bu dağların yükseklikleri batıda 500 m, doğuda ise 2000 m 'yi aşmaktadır [TKB, 2009].

Türkiye yüzölçümünün %66,7 si 800 m. den yüksek dağlık coğrafyada yer almaktadır. Bu topoğrafik yapı, kaya düşmesi, çığ ve heyelan gibi doğal afet risklerini de beraberinde getirmektedir. Çığ olayları hemen her yıl görülüyor olmasına rağmen yeterince önemsenmemektedir. Bunun sebebi çığın diğer afet türlerine oranla (deprem, sel baskını gibi) daha az zarara yol açmasıdır [Tunçel, 1990]. Ancak, Türkiye'de kar yağışlarının yoğun olduğu Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri ile Karadeniz Bölgesinin iç kesimlerinde etkili olan çığ düşmeleri, bazen büyük hasarlara yol açarak can ve mal kaybına neden olmaktadır.

Çığların oluşumunda meteorolojik şartlar yanında topoğrafya'nın da büyük etkisi vardır. Türkiye'deki çığ kayıtları 1950 yıllarından itibaren tutulmaya başlanılmıştır. Tutulan bu çığ bilgileri ise sadece yerleşim alanlarını ve insan hayatını etkilemiş çığlarla sınırlı olup, ölü, yaralı ve yeniden iskân edilmiş veya iskân edilmesine karar verilmiş hane sayılarını içermektedir [Gürer, 1993].

Ülkemizde 1950 yılından 2007 yılına kadar yerleşim alanlarını etkileyen 1268 çığ olayı yaşanmış, 1390 kişi yaşamını kaybetmiş, 434 kişi yaralanmış ve 5164 konut yıkılmış veya kullanılmaz hale gelmiştir [AİGM, 2009]. Bu konuda çığın büyüklüğü, yıkıcılık özelliği, yerleşim alanlarına isabeti ve bu yerleşim yerlerinde kullanılan yapı malzemesinin özellikleri belirleyici olmaktadır.

Bu çalışmada, mimari ve coğrafi açıdan hem Doğu Anadolu Bölgesi, hem de Doğu Karadeniz Bölgesi özellikleri gösteren Bayburt ili Üzengili Köyünde oluşan bir çığ alanı incelenmiştir. 18 Ocak 1993 günü Bayburt merkeze bağlı Üzengili Köyünde meydana gelen bu afet sonucu 56 kişi hayatını kaybetmiş, 21 kişi yaralanmıştır

[AİGM,1993]. Bu tezde, gerçekleşmiş çığ etkisinin binalarda oluşturduğu hasar durumu dikkate alınarak ülkemizin kırsal yerleşim alanlarında sık rastlanılan geleneksel yapı tarzı için çığ sonucu yapılara gelen basınç ile bina hasar görebilirlik derecesi arasındaki ilişki incelenmiş, bir hasar görebilirlik-basınç eğrisi elde edilmiştir.

Bu alışma, altı bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, konu ile ilgili daha önce gerçekleştirilen çalışmalar anlatılmıştır. nc bölümde, çalışma bölgesinin sosyal ve fiziksel özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde, çığ hızlarının hesabı için kullanılan tek boyutlu (Lang, 1983) sayısal model incelenmiştir. Bu modelden elde edilen hızlar ile binalara etkiyen basınçlar belirlenmiştir. Beşinci bölümde, çığ etkisinin binalarda oluşturduğu hasarlar tespit edilmiş, bu hasarların yaklaşık maliyetleri hesaplanarak, bina hasar maliyetinin bina toplam maliyetine oranından hasar görebilirlik derecesi bulunmuştur. Bu hasar görebilirlik dereceleri basınçlarla ilişkilendirilerek bir hasar görebilirlik – basınç eğrisi elde edilmiştir. Son bölümde ise, bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar değerlendirilerek, bundan sonra yapılabilecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kar çığı dinamiği, 70 yılı aşkın bir süredir birçok araştırmacı tarafından deneysel ve teorik olarak incelenmektedir. İlk çığ modeli Tibilissi tarafından 1935 yılında geliştirilmiştir. Fakat, Rusçadan diğer dillere çeviri yapılmadığından, Bozhinskiy ve Losev (1998) tarafından bu konuda yapılan çalışmaya kadar Tibilissi'nin modeli Rusya dışında fark edilememiştir. Haefeli (1939), bu konuda İsviçre'de bilinen ilk çalışmaları başlatmıştır. Sonrasında, halen günümüzde de kullanılan Voellmy (1955) modeli geliştirilmiş ve birçok araştırmacı Voellmy'nin önerdiği türbülanslı akım için Chezy direnç katsayısını ve Coulomb tipi sürtünme kavramını çalışmalarında kullanmışlardır [Koçyiğit ve Gürer, 2007]. Voellmy, çalışmasında momentum denklemini her bir segmentteki akışa uygulamıştır. Cheng ve Perla (1979), Voellmy'nin momentum denklemini kullanarak bilgisayar simülasyonları gerçekleştirmişlerdir. Lang (1983), hidrodinamik eşitlikleri, örneğin süreklilik ve momentum denklemlerini, ayrıca iki boyutta sıkıştırılmaz sınır tabakası için viskoz etkileri dikkate alan ek bir denklemi çözerek, üç ayrı bilgisayar programı geliştirmiştir. Bu tez kapsamında Lang (1983)'ın geliştirmiş olduğu çığ modellerinden BIEQ kullanılmıştır. Bu modelle ilgili bilgiler Bölüm 4'te ayrıntılı olarak verilmektedir.

Çığların binalar üzerindeki etkilerinin araştırılması ve daha genelde çığ risk analizi çalışmaları çok eski yıllara dayanmasa da, Voellmy (1955), İsviçre'de oluşmuş bazı çığların binalar üzerindeki etkileri ile ilgili çeşitli raporlar hazırlamıştır. Fakat bu raporlar daha çok fiziksel modellere dayanmaktan ziyade, kendisinin çığ dinamiği konusundaki tecrübesi ile ortaya çıkartılmıştır. Son yıllarda ivme kazanan çalışmalara bakıldığında, Eckert ve ark.(2007), stokastik ve deterministik yaklaşımları da dikkate alarak çığ durma mesafelerini değişik kar yükseklikleri için belirlemişlerdir. Stokastik modellerin çığ risk haritalarının hazırlanmasında mutlaka kullanılması gerektiğini savunmuşlar ve herhangi bir tasarım probleminde, yineleme periyodu, şiddet ve sıklığın mutlaka belirlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Kendi modellerinin yüksek yineleme periyotları tahmin ettiğini, buna bağlı olarak da şiddet ve sıklığın da yükseldiğini gözlemlemişlerdir. Çalışmalarında ayrıca, geliştirdikleri

modelde yayılmanın çok hassas bir nokta olduğunu, en iyi yaklaşımın arazi gözlemleri ve hesaplama yönteminin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Hasar görebilirlik kavramı konusunda bir başka çalışma ise Thibert ve ark. (2007) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Fransa Alplerinin güneyindeki test sahası olarak seçilen bölgelerde çığ çarpma basınçları deneylerle ölçülmüştür. Thibert ve ark. (2007) çalışmalarında akım – yapı etkileşimini araştırmışlar ve çığ basıncının yapının elastik eğilmesi ile ters orantılı olduğu sonucuna varmışlardır. Çığ çarpma basıncı önceden Voellmy (1955)'nin de tespit ettiği gibi hız ile ilişkilidir. Thibert ve ark. (2007) basit hidrolik durum için, yoğunluk ve hızın karesi çarpılarak elde edilen basıncın, birçok durumda gerçek çığ çarpma basıncından daha düşük sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. Bu sonuç aynı şekilde Gauer ve ark. (2007) ve Savilla ve ark. (2008) tarafından da belirlenmiştir.

Cappabianca ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada, kar kayıtlarının istatistiksel analizini yaparak, çığ dinamiğinin benzeşimi ile birlikte çığ risk tahmin yöntemi ve ampirik olarak bir hasar görebilirlik ilişkisi belirlemişlerdir. Geliştirdikleri yöntem ile çığın başlangıç koşulları ve sınır değerleri değişimleri dikkate alınarak risk tahmini yapılmaktadır. Bu yöntem ile gerçek bir çığ olayı için uygulama yapmışlar, bir boyutlu benzeşim modeli uygulamışlar ve iki boyutta çığ durma bölgesinde risk seviyelerini coğrafi bilgi sistemleri vasıtasıyla göstermişlerdir.

Türkiye’de çığ ile ilgili yapılan çalışmalar, özellikle 1992 kış mevsiminde yaşanan büyük çığ afetleri nedeniyle, mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü ve Gazi Üniversitesi işbirliği ile 1993 yılı itibarı ile hızlanmıştır. Fransa ve İsviçre çığ araştırma merkezleri ile irtibata geçilmiş ve konu ile ilgili uzmanlar Türkiye’ye davet edilerek ortak projeler uygulamaya konulmuştur. Bu projeler ve yapılan diğer çalışmalar [Gürer ve Sayın, 1993; Gürer, 1993a; Gürer, 1993b; Gürer ve Naaim, 1993; Gürer ve ark., 1995a; Gürer ve ark., 1995b; Gürer, 1997]’de detaylı olarak görülebilir.

Çığ riski ile Türkiye’de yapılan tek çalışma [Gürer ve ark. 1995c] tarafından hazırlanmış bir TÜBİTAK raporudur. Bu raporda Türkiye ölçeğinde riskli alanlar belirlenmeye çalışılmış ve bu bölgeler harita üzerinde işaretlenmiştir. Burada hayatını kaybeden insan sayısı baz alınmıştır. Hasar görülebilirlik konusu ile ilgili bir çalışma yapılmamıştır.

Teorik çığ mekaniği veya çığdan korunma yapıları ile ilgili olarak çalışmalar da 1995 yılından sonra başlamıştır. Naaim ve Gürer, 1998’de çığ hareketinin teorik ve uygulamalı olarak sayısal modellenmesi konusu ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesinde meydana gelen çığ olaylarının sayısal benzeşimleri gerçekleştirilmiştir. Farklı kar derinlikleri için oluşabilecek muhtemel çığ yayılımları harita üzerinde belirtilmiştir. Koçyiğit, 1997’de çığdan korunma yapılarının hidrolik açıdan tasarımı ile ilgili bir tez çalışması yapmıştır. Bu çalışmada çığ mekaniği konusu ve çığdan korunma yapılarından ayrıntılı olarak bahsedilmektedir. Gürer ve Koçyiğit, 2005 ve 2007’de çığ akış mesafelerinin tespitinde Voellmy katsayılarının etkisini araştırmışlar ve Trabzon-Uzungöl çığ örneğini bu çalışmada incelemişlerdir. Çalışmalar sonucunda, Voellmy katsayılarının çığ durma mesafesi üzerinde büyük etkisi olduğu ve her bir çığ patikası için özenle seçilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

3. ÇALIŞMA BÖLGESİNİN SOSYAL VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

3.1. Sosyal ve Kültürel Özellikler

Üzengili köyü, yükseltinin fazla olması nedeniyle ulaşımında zorlukların yaşandığı, karasal iklimden dolayı tarımsal üretim, verimlilik ve çeşitliliğin az olduğu, toprakları verimsiz ve tarım alanları dar bir köydür.

Genellikle hayvancılıkla uğraşan köy halkı, yazın hayvanlarına otlak temini amacıyla daha da yüksek yaylalara göç eder. Kışın ise köye geri dönerler. Hayvancılıkla uğraşmanın yanında, ekinlik olarak küçük çapta ziraat yaptıklarını da belirtmektedirler. Köy halkı ihtiyaç duyduğu mahsullerin ve gıdaların büyük bir kısmını satın alma yoluyla temin etmektedir.

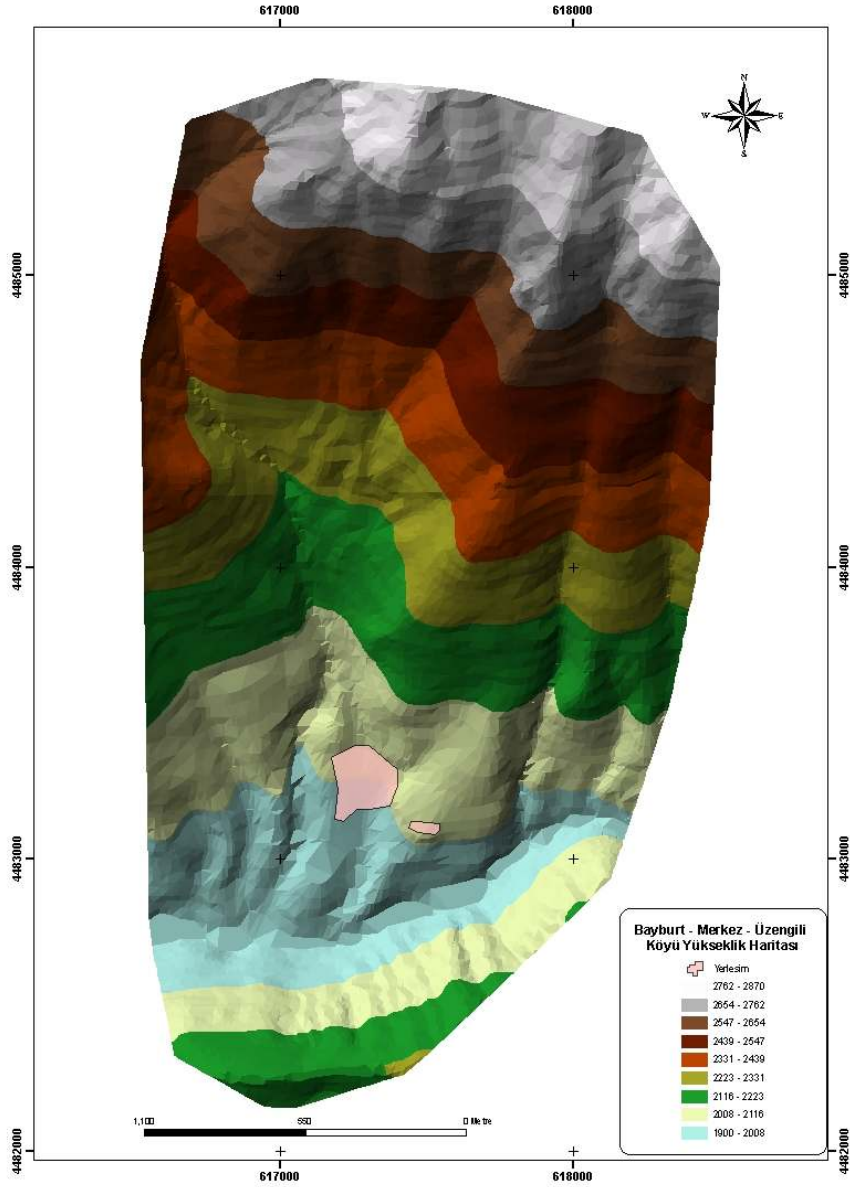
Göç yoluyla köyün genç nüfusunun önemli bir kısmı kentlere yerleştiğinden, köyde daha çok orta yaş ve yaşlı kuşaktan insanlar yaşamaktadır. Bu durum köyün atıl görünümüne neden olmuştur. Şehirde yaşayan köy kökenli aileler köyleriyle bağlarını bütünüyle kopartmamışlardır. Birçoğu yaz aylarında köye dönerek zamanlarını burada geçirmektedir. Köyde ilk kademe eğitimin verildiği üç derslikli bir ilköğretim okulu bulunmaktadır. Köyün çığ afeti öncesi 1990 ve 2000 yılları nüfus sayımına göre kadın ve erkek nüfus dağılımı çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Köy Nüfus sayım sonuçları [Bayburt Nüfus Müdürlüğü]

Yıl	Erkek	Kadın	Toplam
1990	163	192	355
2000	77	89	166
2010	83	81	164

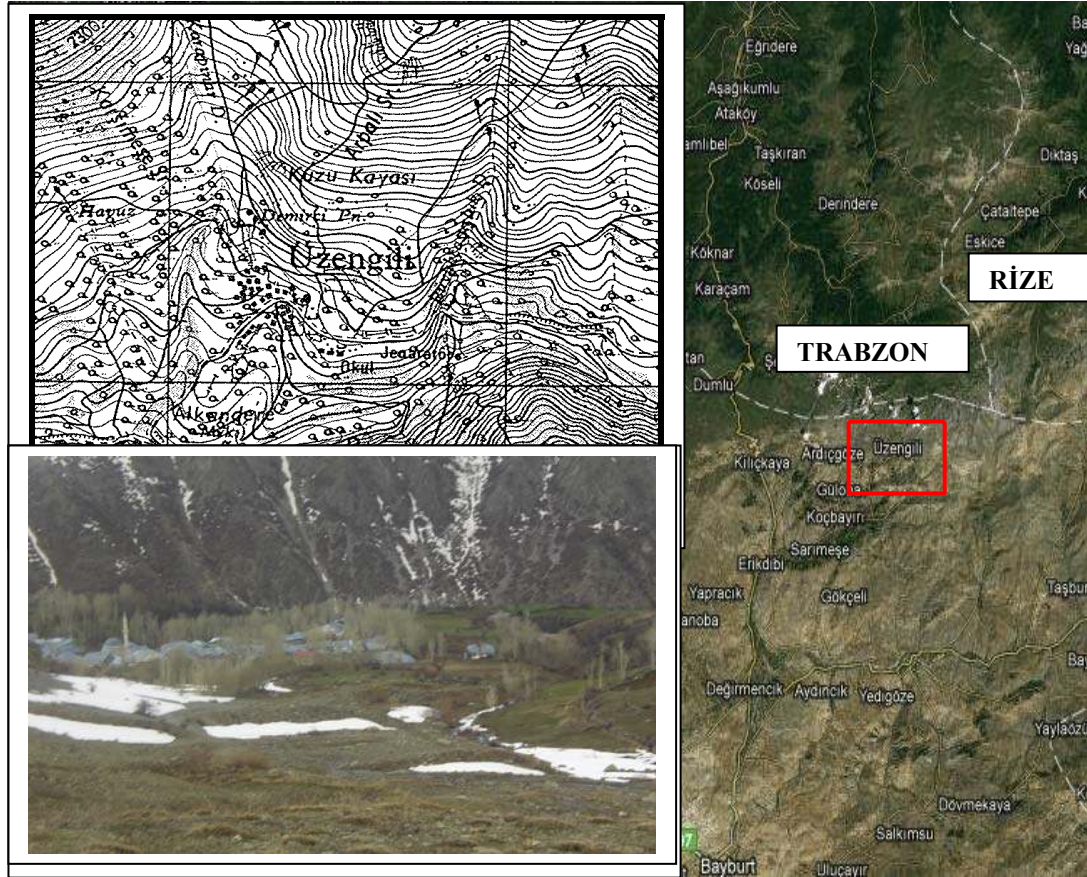
3.2. Fiziksel Çevre Özellikleri

Üzengili köyü, Doğu Karadeniz Bölgesi içinde yer almakta olup, Bayburt il merkezine 36 km uzaklıktadır. Köy yerleşim alanı, Soğanlı Dağlarının güney cephesi üzerinde, doğuda Arpalı Sırtı, batıda Karşımeşe Sırtları arasındaki kuzey-güney yönlü Aşhana vadisi üzerinde kuruludur. Köyün denizden yüksekliği (Harita 3.1) ortalama 2115 m dir.



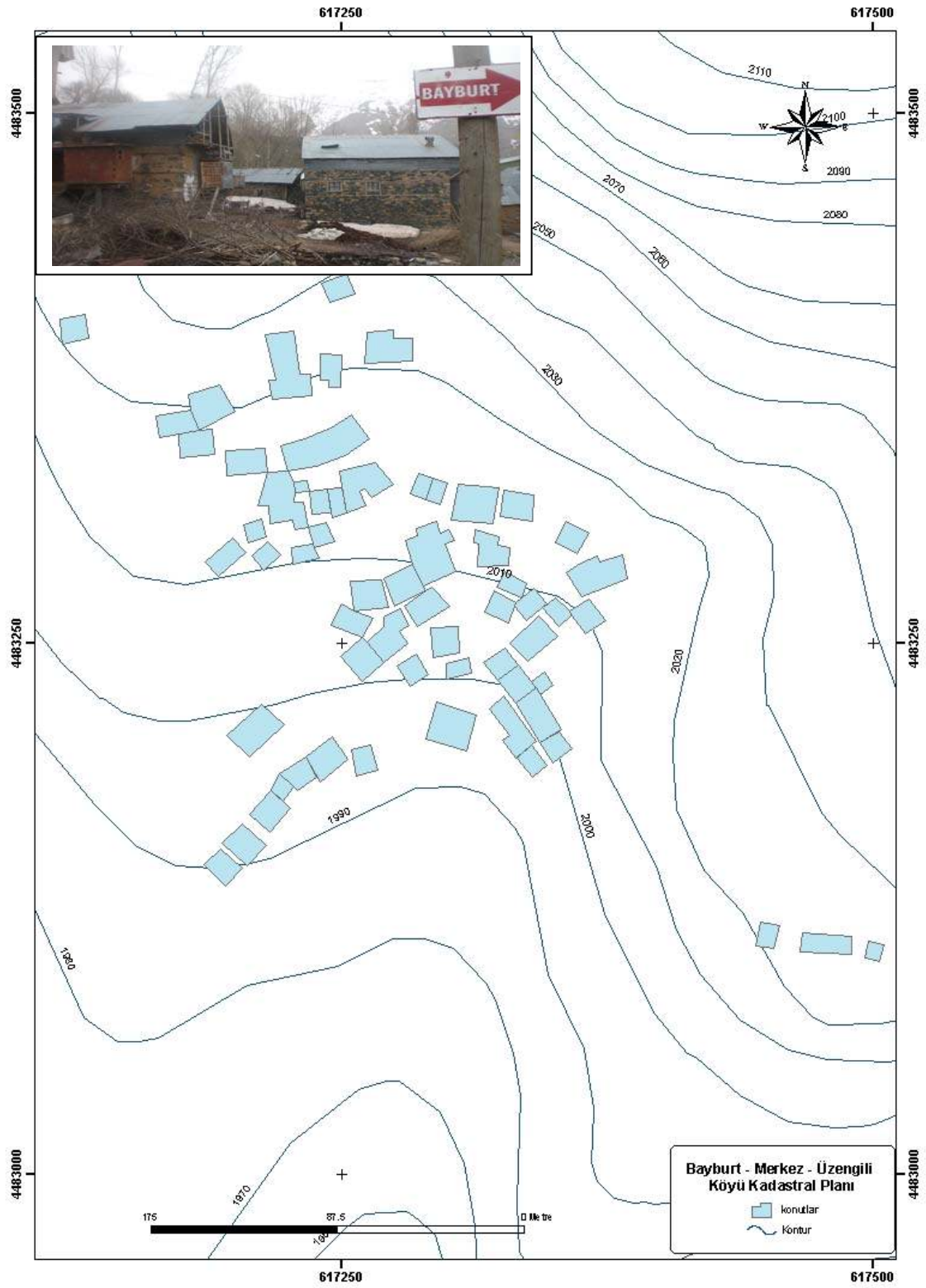
Harita 3.1. Üzengili Köyü Yükseklik Haritası

Yerleşim yerinde eğim yaklaşık %25 iken, çığın başladığı kuzey yönde bu oran %70'lere ulaşmaktadır. Zemin genellikle Eosen yaşlı volkanitler, andezit, bazalt, lav, tüf, marn ve kumtaşlarından oluşmaktadır [AİGM, 1993] (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Üzengili Köyü haritası ve yerleşim durumu

Karasal iklimin hâkim olduğu bölgede, iklimsel özellik ve geleneksel yaşam biçimine bağlı olarak yapılar bitişik ve iç içe inşa edilmiştir. Kış aylarındaki yoğun kar yağışı göz önüne alınarak evler çatılı yapılmaktadır. Köydeki geleneksel doku homojen yapı gruplarından oluşmaktadır. Bu oluşumun düzgün olmayan plansız alanlar içerisinde gerçekleştiği Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2. Köy kadastro planı

4. ÇIĞ MODELLEMESİ

Çığlar, hem akışkan hem de tane akışı özelliği gösteren karmaşık bir dinamik yapıya sahip bir afet türüdür. Bu karmaşık yapıda çözülmesi gereken birçok bilinmezi içermesi, yaşanan çığ olaylarına ait genellikle uzun dönem sağlıklı nivolojik ve fiziksel kayıtlar olmaması nedeni ile, bu afet türünde modelleme çalışmaları kaçınılmaz hale gelmiştir. Çığların etkilediği yerlerin güvenli hale getirilebilmesi için çığlara ait modelleme ile, bazı temel özelliklerin tahmin edilebilmesi gerekir. Bunlar, çığın durma mesafesi, akış yüksekliği, hızı ve çarpma kuvvetidir (Norem ark. 1989).

Bu çalışmada, süreklilik kanununun geçerli olduğu, bir boyutlu modelleme esas alınmıştır. Modellemede, köyü temsil edebilecek rasat verileri bulunmadığından, kabul edilebilir düzeyde tahminler yapılması gerekmiştir. Dik eğimli yamaçların topuk kısmında veya tabakalı bir kar örtüsünde, çığ araştırması yapılabilmesi için aşağıdaki bilgilerin elde edilmesi önerilmektedir [Koçyiğit,1997]:

γ_{so} : Kayan tabakalardan doğal olarak depo edilmiş karın ortalama yoğunluğu (kg/m^3)

γ_s : Akan karın ortalama yoğunluğu (kg/m^3)

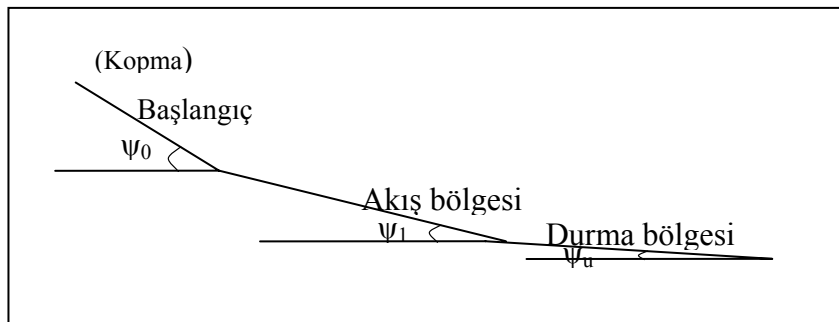
h : Doğal olarak depo edilmiş karın veya kayan tabakanın düşey olarak ölçülmüş derinliği (m)

ψ_o :Başlangıç (kopma) bölgesindeki eğim açısı (Şekil 4.1) ($^\circ$)

ψ_1 : Akış bölgesi eğim açısı ($^\circ$)

ψ_u : Durma bölgesi eğim açısı ($^\circ$)

Genelde, çığ oluşan arazinin üç kısımdan meydana geldiği düşünülür (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Çığ hareket bölgeleri [Koçyiğit,1997]

Bunlar "başlangıç bölgesi ", "akış bölgesi" ve "durma bölgesi" olarak adlandırılır.

Bu çalışmada Lang (1983) tarafından geliştirilmiş üç adet çığ modelinden bir tanesi olan BIEQ isimli algoritma kullanılmıştır. Bu yöntem, akımın viskoz dengelerini dikkate alan bir model tanımlamakta olup, akışkanlar dinamiği prensipleri uygulanarak geliştirilmiştir. Çığ düşme anında kar parçaları halinde hareket ederken, bazen de tek bir kütleymiş gibi davranır. Bu çalışmada, Lang (1983)' ın modelinde belirtmiş olduğu kütle halinde düşme durumu kabul edilmiştir. Bu modelde kullanılan denge akım model denklemleri ilk olarak 1955 yılında Voellmy tarafından geliştirilmiş, sonradan bilgisayar benzeşimine uyarlanmış şekli, Cheng ve Perla (1979) tarafından sunulmuştur. Bu yaklaşımda, çığ patikası düz çizgi segmentlerine bölünerek ifade edilmektedir. Voellmy'nin ivme eşitliği, her bir segmentteki akıma uygulanır ve değişik uzunluktaki segmentlerde integrasyon işlemi ile hesaplar tamamlanır. Voellmy ivme eşitliği aşağıdaki denklemle formüle edilmiştir:

$$a = g \cdot (\sin \theta - \mu \cdot \cos \theta) - \frac{D}{M} v^2 \quad (4.1)$$

Bu eşitlikte;

a : İvme

θ : eğim açısı

μ : kayma sürtünme katsayısı

g : yerçekimi ivmesi (9,806 m/sn²)

$\frac{D}{M}$: şekil katsayısıdır.

D : Sürüklenme uzunluğu

M : Kütle (kg)

v : Çığ hızı (m/sn)

Lang (1983), sürtünme değerleri ve şekil parametresi için aşağıdaki değerleri önermiştir:

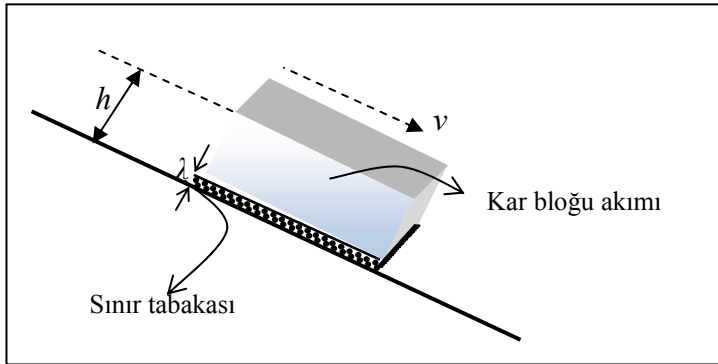
$$0.1 \leq \mu \leq 0.15$$

$$10 \leq \frac{M}{D} \leq 10^4 \text{ m}$$

Bu değerler her bir çığ patikasına özgü seçilmesi gereken değerlerdir. Karın sürtünme açısı eğer arazinin eğim açısına eşitse, yukarıdaki ivme denklemlerinin kullanılması imkansız hale gelmektedir. Lang, Cheng ve Perla'nın hazırladığı algorithmada bazı değişiklikler yaparak μ ve M/D parametrelerinin seçimindeki hassasiyeti azaltmış ve değişik koşullardaki çığ akımı için Voellmy eşitliğini daha uygulanabilir hale getirmiştir.

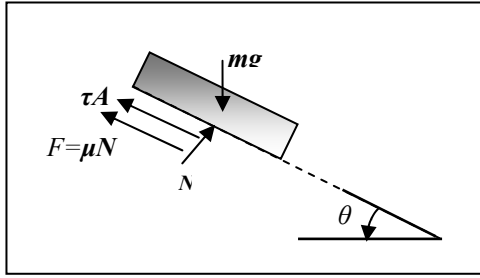
4.1. Lang (1983) Modelinde Kullanılan Eşitlikler

Kar akımı için geliştirilen model (Dent ve Lang 1982), viskoz sınır tabakası içermektedir. Bu modelde çığ, kütle halinde akan bir malzeme olarak tanımlanmıştır. Akan kütlelerin derinliği h , sınır tabakası derinliği λ , malzemenin hızı ise v olarak gösterilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Lang modelinde akım parametreleri

Kar kütlelerine etkiyen kuvvetler yerçekimi kuvveti, viskoz kuvvetler ve sürtünmeden dolayı oluşan kuvvetler olarak tanımlanır. Bu kuvvetler Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Kar kütesine etkiyen kuvvetler

Şekilde yukarı yönlü kuvvet viskoz kayma gerilmesi ve A (Şekil 4.2’de gösterilmiştir) ise kütenin sınır tabakası ile etkileşim içerisinde olduğu alanı göstermektedir. Bu kuvvetler dikkate alınarak hareket denklemleri yazıldığında,

$$\sum F = m.a = m.g.\sin\theta - \mu.N - \tau.A \quad (4.2)$$

elde edilir. Burada $N = m.g.\cos\theta$ olarak tanımlanmıştır.

Eşitliğin her iki tarafı m ile bölünürse, Voellmy’nin elde ettiği ivme denklemine benzer bir denklem elde edilir. Bu da:

$$a = g.(\sin\theta - \mu.\cos\theta) - \frac{\tau.A}{m} \quad (4.3)$$

olarak bulunur. $\frac{\tau.A}{m}$ terimi tekrar düzenlenirse yani ρ ve h ile çarpılıp bölünürse,

$$\frac{\tau.\rho.A.h}{\rho.m.h} \text{ terimi elde edilir. Burada;}$$

ρ : Kar yoğunluğu,

m : $\rho.A.h$ olup kar kütesini simgelemektedir.

Düzenlenmiş terim denklem 4.4’de yerine yazılırsa hareket denklemi aşağıdaki şekli alır:

$$a = g.(\sin \theta - \mu.\cos \theta) - \frac{1}{h}.\frac{\tau}{\rho} \quad (4.4)$$

Lang (1983) $\frac{\tau}{\rho} = \frac{g}{\xi}.v^2$ kabul etmiş ve Voellmy eşitliğine özdeş bir denklem elde etmiştir. Burada;

ξ :dinamik direnç katsayısı olarak adlandırılır.

Sınır tabakasının Newtonyan bir sıvı için laminar akım tipinde olduğu düşünülürse,

$\frac{\tau}{\rho} = \nu \frac{dv}{dy}$ eşitliği yazılabilir. Bu bağıntıdan, hız gradyanı yaklaşık olarak

$\frac{dv}{dy} = \frac{v}{\lambda}$ bulunur. Bu değer yukarıdaki ifadede yazılıp düzenlenirse,

$$\frac{\tau}{\rho} = \nu \frac{v}{\lambda} \quad (4.5)$$

eşitliği elde edilir. Burada;

ν :kinematik viskozite (m^2/sn),

λ :ise bir bütün olarak akan kar kütlelerinin aktif sınır tabaka kalınlığıdır (m).

(Şekil 4.2).

Sınır tabaka kalınlığı olan λ 'nın tespiti zordur. Kontrol edilebilir kar hacimleri ile yapılan testlerde bu kalınlık, 20 cm lik akım derinliği için $\lambda=2$ cm olarak gözlenmiştir. Akımın üzerinde bulunduğu tabakanın sürtünmesine bağlı olarak, sınır tabakası kalınlığı oldukça değişkendir. Örneğin, borudaki bir akım için sınır tabakası kalınlığı doğrudan duvar pürüzlülüğü ile ilişkilidir. Çığ akımı durumunda ise pürüzlülüğün tanımlanması tam olarak bilinmemektedir (Lang, 1983). Çığ boyunca pürüzlülük dalgalanma ile ilişkilendirilebilir, sınır tabakası ile dane büyüklüğü arasında veya sınır tabakası profilindeki değişimlerle ilişki kurulabilir. Bu çalışmada, sınır tabakası kalınlığı λ , akım derinliğinin belli bir oranı olarak ifade edilmiştir :

$$\lambda = \eta \cdot h \quad (4.6)$$

Eşitlik 4.6 ivme denklemi içerisine yerleştirilirse, denklem aşağıdaki şekli alır:

$$a = g \cdot (\sin \theta - \mu \cdot \cos \theta) - \frac{v^*}{h^2} \cdot v \quad (4.7)$$

Burada, $v^* = \frac{v}{\eta}$, dır. Bu değer, belirlenmesi gereken temel parametrelerden birisidir.

İvme, $a = v \cdot \frac{dv}{dS}$ ilişkisi yazılıp integral alınarak, çığın aldığı mesafe hızla ilişkilendirilir ve aşağıdaki denkleme ulaşılır:

$$\frac{1}{\beta^2} (\alpha - \beta \cdot v) - \frac{\alpha}{\beta^2} \ln(\alpha - \beta \cdot v) = S + c_1 \quad (4.8)$$

Burada c_1 integral sabitidir. $\alpha = g(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ ve $\beta = \frac{v^*}{h^2}$ 'dir. Sınır değerler düşünülerek $S=0$ için $v=v_A$ yazılırsa:

$$S = \frac{1}{\beta^2} \left[\beta(v_A - v) + \alpha \ln \frac{(\alpha - \beta \cdot v_A)}{(\alpha - \beta \cdot v)} \right] \quad (4.9)$$

olur. Ayrıca $S = L$ için $v=v_B$ yazılırsa:

$$\beta \cdot L = (v_A - v_B) + \frac{\alpha}{\beta} \cdot \ln \left(\frac{\alpha - \beta \cdot v_A}{\alpha - \beta \cdot v_B} \right) \quad (4.10)$$

İfadesi ortaya çıkar. Burada,

v_B : Seçilen segmentin ön yüzündeki hız,

v_A : Seçilen segmentin arka yüzündeki hız olarak tanımlanmıştır.

Denklemin uygulanmasında sürekliliğin sağlanması açısından bir sonraki segmentin v_A 'sı bir önceki segmentin v_B 'sine eşit alınır. Denklemden L segment uzunluğudur.

Eşitlik 4.10, lineer olmayan bir denklem tipi olduğundan v_B 'nin hesaplanması için sayısal bir yöntemin kullanılması zorunludur.

Laminer akım koşulları düşünüldüğünde, Eşitlik 4.7' de verilen ivme eşitliğinde viskoz şekil terimi hızın birinci kuvveti ile orantılıdır. Türbülanslı akım yaklaşımı düşünülürse, Boussinesq formülü genellikle sınır tabakasındaki kayma gerilmeleri ile hız gradyanı arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılır ve aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$\frac{\tau}{\rho} = \nu' \left(\frac{dv}{dy} \right)^2 \quad (4.11)$$

Burada,

ν' : kinematik eddy (küçük çevrinti) viskozitesi olarak tanımlanır.

Eddy viskozitesi akışkanın karışım uzunluğu ile ilişkilidir. Hız gradyanı için daha önce Eşitlik 4.5' de verilen tanımlamalar burada da gerçekleştirilirse,

$$a = g \cdot (\sin \theta - \mu \cdot \cos \theta) - \frac{v^*}{h^3} \cdot v^2 \quad (4.12)$$

Burada; $v^* = \frac{\nu}{\eta}$, dir. $a = \frac{1}{2} \frac{dv^2}{ds}$ eşitliği kullanılarak ivme denklemi tekrar yazılıp,

integrali alınıp, daha önceki sınır koşulları aynı şekilde dikkate alınırsa:

$$v_B = \left[\frac{\alpha}{\beta} \cdot (1 - e^{-2 \cdot \beta \cdot L}) + v_A^2 \cdot e^{-2 \cdot \beta \cdot L} \right]^{1/2} \quad (4.13)$$

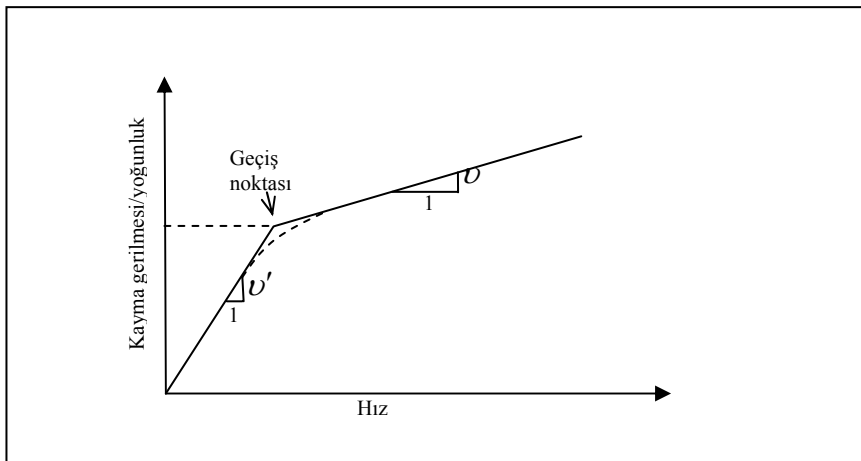
elde edilir. Burada v_B açık bir şekilde hesaplanabilir.

Bir segment için akım durduğunda ($v_B = 0$ durumu) durma mesafesi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir:

$$S_f = \frac{1}{2 \cdot \beta} \cdot \ln \left(1 - \frac{\beta}{\alpha} \cdot v_A^2 \right) \quad (4.14)$$

Bu eşitlikte $\alpha = g.(\sin \theta - \mu.\cos \theta)$, $\beta = \frac{v^*}{h^3}$ dır. $\alpha = 0$ durumu için durma mesafesi sonsuz olacaktır ki, bu durum $\mu = \tan \theta$ ya karşılık gelmektedir.

Çığ, uzun yıllar boyunca başlama noktasından durma noktasına gelinceye kadar özellikleri değişebilen bir malzeme olarak kabul edilmiştir. Şekil 4.4'de gösterilen biviskoz model tipi yaklaşımı, çığ akış hattı boyunca modelleme çalışmalarında kullanılmıştır (Dent ve Lang, 1983). Bununla birlikte, Voellmy eşitliğini dikkate alan akım modellerinde hücreler arası geçişte malzeme özellikleri değişmez kabul edilir. Şekil 4.4'te, karın biviskoz bir malzeme olarak davranış biçimi gösterilmiştir. Fakat, Voellmy yaklaşımının sayısal çözümünde, yukarıda bahsedilen hücreler arası malzeme özelliklerinin aynı segment için değişmez kabulü, Şekil 4.3' de gösterilen biviskoz malzeme davranışında bir düzeltmeyi gerektirmektedir. Bu nedenle Lang, çalışmasında Şekil 4.4' de kesikli çizgi ile gösterilen bağlantı yaklaşımını kullanmıştır.



Şekil 4.4. Biviskoz malzeme yaklaşımı

Bu nedenle, yeni grafik için bir fonksiyon tanımlanması gerekmektedir. Eğer seçilen fonksiyon v^* içerirse, daha önce integrali alınan eşitlikler uygulanamaz. Bu zorluğu aşmak için iki yaklaşım geliştirilmiştir. Bunlar,

- 1-Her bir segmentin analizinde ivme eşitliğini sayısal olarak ayrı ayrı uygulayıp integralini almak,
- 2-Segmenti kendi içerisinde bölümlere ayırarak adım adım lineer yaklaşıma doğru götürmektir.

Eğer ilk yaklaşım kullanılırsa, Cheng ve Perla'nın kullandığı alitmadan çok büyük bir sapma gözlenecektir. Bu nedenle ikinci yaklaşım kullanılmıştır. Düşünülmesi gereken başka bir parametre, ı hızı ile viskozite değişimidir. Schaerer (1975), yaptığı ı gözlemlerine dayanarak, viskozitedeki değişim hızının $10 > v > 5$ m/sn olduğunu belirlemiş ve aşağıdaki fonksiyonu önermiştir:

$$v^* = v_0 (1 + c_0 \cdot e^{-1.25 \cdot v}) \quad (4.15)$$

Üssel değerdeki katsayı 1.25, $v^* \rightarrow v_0$ ve $v > 8$ m/sn için geçerlidir. v_0 ve c_0 katsayıları tipik ı akımları için sayısal çalışma yapılarak belirlenmelidir.

Diğer bir parametre olan sürtünme katsayısı μ değeri, ı tipi ve patika yüzeyi dikkate alınarak tekrar gözden geçirilmelidir. Kar, granüler bir malzeme gibi düşünülebilir ve akım süresince viskoz kuvvetlerin etkisi altındadır. Voellmy formüllerinde viskoz dirençler v^2 ile orantılı olduğundan, düşük hızlarda viskoz etkiler düşüktür. Bu nedenle modelde Coulomb tipi sürtünme kullanılmıştır. μ' nün etkili olduğu tipteki bir duruma, çığın başlangıç bölgesi örnek olarak gösterilebilir. Bu bölgede hareket kayma tipindedir ve kar bloklarının kırılması ve bir granüler tabakanın gelişmesine kadar hareket böyle devam eder. Schaerer (1975), gözlemlerinde ıların çok nadir olarak 20-25° lik eğimde düştüğünü belirlemiştir. Böyle bir eğim için μ değeri $\mu = \tan 22^\circ = 0,4$ alınabilir.

Kararlı akım rejim durumu için, blok halden parçalanmış malzemeye geçişin artık bitmesi beklenir ve bu süreçte Voellmy eşitliği durumu için belirtilen μ değerlerinden daha düşük değerler alınması gerekir. Ayrıca Lang ve Dent (1982), ölçümleriyle

sürtünmeye bağlı direncin fazla yüklemenin lineer bir fonksiyonu olduğunu göstermişlerdir. Bu durum aşağıdaki şekildeki gibi hesaplanır:

$$\mu^* = \mu_0 \cdot h \quad (4.16)$$

Burada:

μ_0 : başlangıçtaki sürtünme değeridir.

Bu çalışmada, bir segment kinematiği için kullanılan sayısal hesaplamada, aşağıdaki ivme denklemi kullanılmıştır:

$$a = g \cdot (\sin \theta - \mu^* \cdot \cos \theta) - \frac{v^*}{h^3} v^2 \quad (4.17)$$

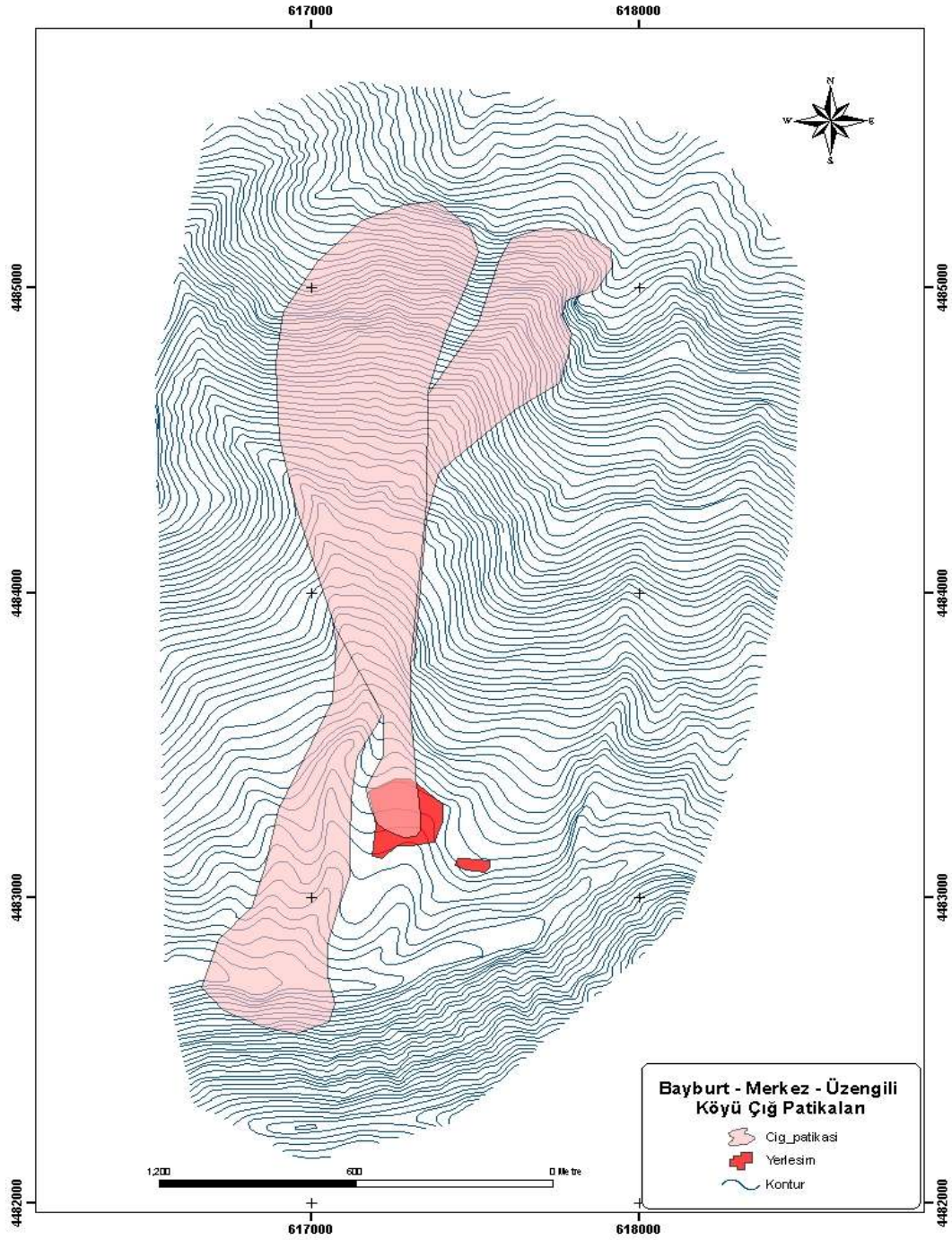
Burada μ^* Eşitlik 4.16'da, v^* ise Eşitlik 4.15'de verilmiştir.

v^* 'ın düşük hızlarda değişken olduğu bölgelerde segment uzunluğu küçültülür ve adım adım değişen lineer bir yaklaşım ivmenin hesaplanmasında kullanılır [Lang,1983]. Bundan dolayı, her bir segment'in sonundaki hız için Eşitlik 4.13 kullanılabilir. Bu modelde, Voellmy yaklaşımında olduğu gibi tek bir formülle durma mesafesi hesaplanamaz. Bunun yerine hızın ihmal edilebilecek kadar küçük olduğu segment, çığın duracağı bölge olarak kabul edilebilir.

4.2. Üzengili Çığ Patikasının Oluşturulması

Üzengili köyünün içinde bulunduğu 1:25000 ölçekli harita üzerinde, çığ afetini yaşamış köylülerle yapılan görüşmelerden yararlanarak ve topoğrafik haritadaki eğimler dikkate alınarak, çığın başlangıç bölgesi muhtemel sınırı, Coğrafi Bilgi Sistemi tabanında çalışan ArcGIS programı kullanılarak çizilmiş ve çığ patikası oluşturulmuştur (Şekil 4.5). Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü elemanlarınca tutulan raporda belirtildiği üzere ve köyde çığ afetini yaşamış tanıkların anlattıklarına göre, kuzey doğu yönündeki yamaçtan gelen çığ, Şekil 4.5'deki haritadan da görüleceği üzere, köyün batısındaki dereyi doldurmuştur. Köye ulaşan, can ve mal

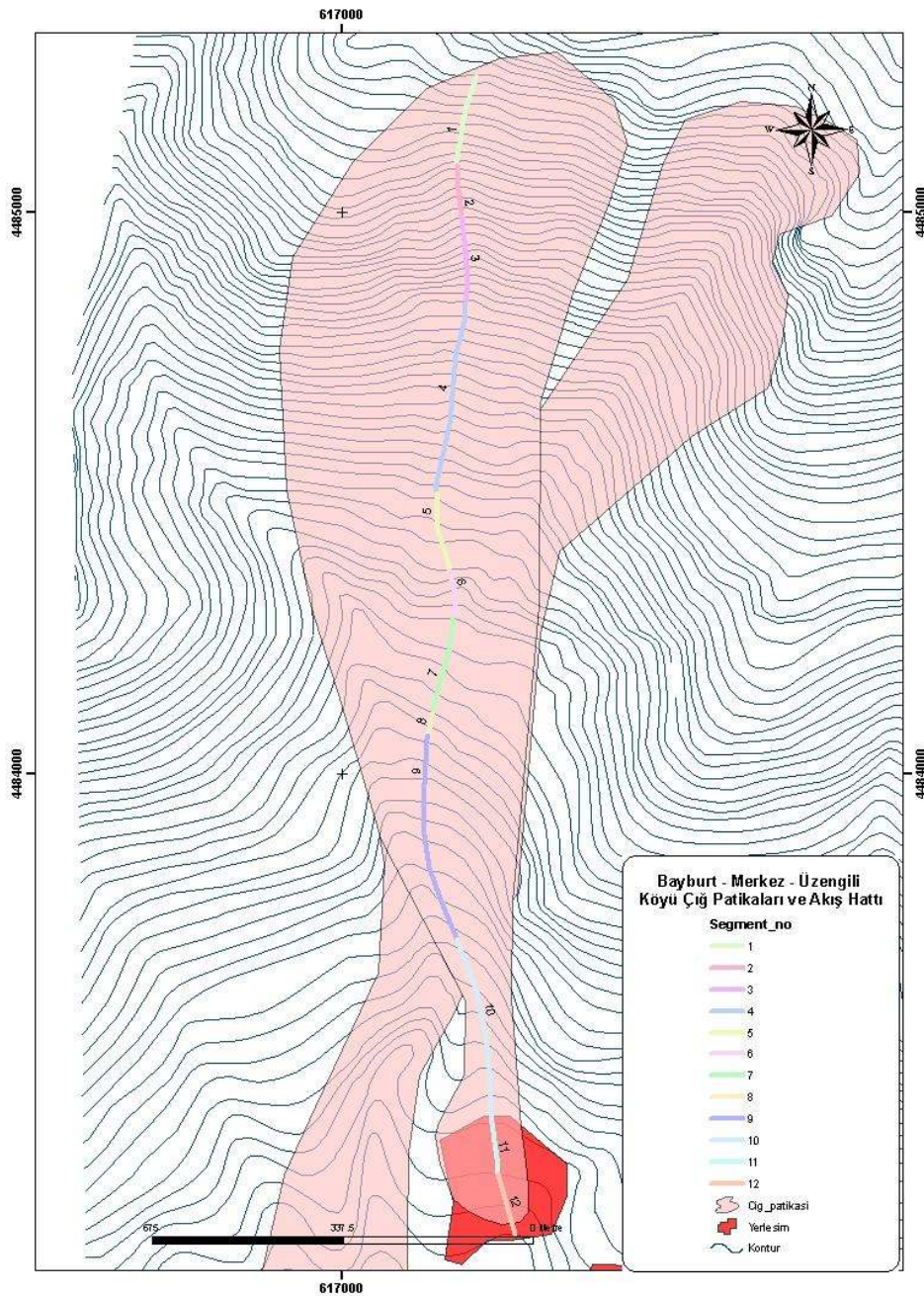
kaybına asıl neden olan ıgın, köye göre kuzey yamaçtan kopup gelen ıg olduğu tespit edilmiştir. Bu ıgların patikaları şekil 4.5' de gösterilmiştir.



şekil 4.5. ıg patikaları

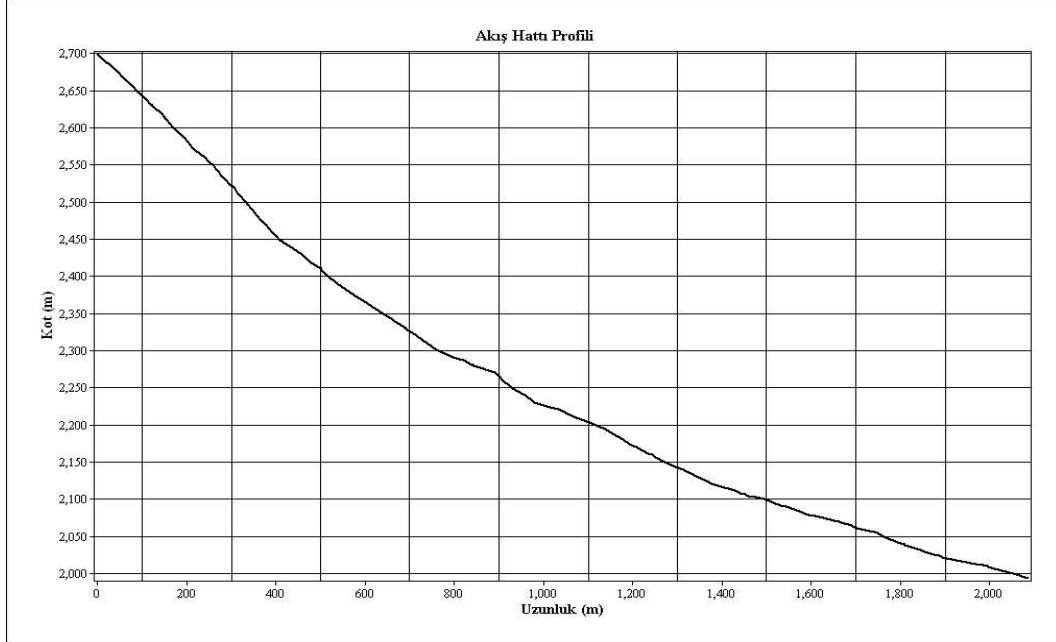
Şekil 4.5' te gösterilen ve köye göre kuzey yamaçtan kopup gelen çığ, eğimlerin belirgin bir şekilde değiştiği noktalardan segmentlere bölünerek akış hattı oluşturulmuştur.

Çığ hareketinin sayısal modellemesinde kullanılmak üzere, akış hattı 12 segmente bölünmüştür (Şekil 4.6.). Onikinci segment köyün sonlarına kadar ulaşmaktadır.



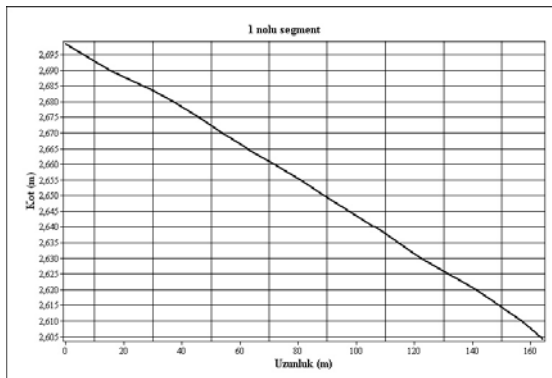
Şekil 4.6. Çığ patikası akış hattı

Akış hattına ait profil kesiti Şekil 4.7' de verilmiştir.



Şekil 4.7. Akış hattı profil kesiti

Bölünen segmentlerin uzunluğu ve eğim açıları hesaplanmış, bulunan değerler Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. bir numaralı segmentin kesit profili Şekil 4.8'te görülmektedir. Diğer segmentlere ait hesaplamalar ve kesitler EK-1' de verilmiştir.



Şekil 4.8. 1 numaralı segmentin kesiti

Bir numaralı segmente ait uzunluk ve açı hesapları

$$X(1) = 164 \text{ m}$$

$$Y(1) = 2700 - 2605 = 95 \text{ m}$$

$$\text{“Segment Uzunluğu” } SEGL(1) = \sqrt{164^2 + 95^2} = 189.53 \text{ m}$$

$$\theta_1 = 95/164 = 0.58 \rightarrow \arctan^{-1} 0.58 = 30.11^\circ$$

Çizelge 4.1. Her bir segmente ait uzunluk ve eğim açısı

Segment No	X (m)	Y (m)	Segment Uzunluğu (m)	Segment Açısı (°)
1	164	95	189.53	30.11
2	93	55	108.04	30.60
3	151	100	181.11	33.70
4	344	146	373.7	23
5	139	34	143.09	13.74
6	86	40	94.84	25
7	172	40	176.6	13.09
8	43	16	45.88	20.4
9	372	89	382.5	13.45
10	335	65	341.24	10.98
11	91	10	91.55	6.27
12	92	16	93.38	9.86

X : Segmentin yatay uzunluğu (m)

Y : Segmentin düşey uzunluğu (m)'dur.

4.3. Parametrelerin Belirlenmesi

Çığ başlangıç noktasındaki kar derinliği, mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü elemanlarınca hazırlanan Üzengili Köyüne ait Raporlar (1993) dikkate alınarak 2.20 m alınmıştır. Üzengili köyünde meydana gelen çığın akış hattı yaklaşık 2200 m uzunluğundadır. Üzengili köyü için çığ hızı ölçüm ve sürtünme parametresi değerleri mevcut değildir. Ancak çığın durma mesafesi yaklaşık olarak bilindiğinden, bu bilgi vasıtası ile değişik sürtünme değerleri için model çalıştırılarak, en uygun sürtünme

parametresi değerlerine ulaşılmıştır. Buna göre bu değer, birinci segment için 0.060, çığ hattının ortasında 0.045 ve sonlara doğru 0.090 olarak belirlenmiştir.

Bu değerler literatürdeki çalışmalarla da uyum içerisindedir. Örneğin Abe ve ark. (1987) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, sürtünme değerleri 0.020-0.300 arasında alınmıştır. Ayrıca Koçyiğit ve Gürer (2007) yaptıkları çalışmada, Türkiye için belirli bir sürtünme değerinin tespitinin mümkün olmadığını, her çığın kendine özgü sürtünme değerlerinin belirlenmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Kar yoğunluğu için Çizelge 4.2’de Voellmy’nin önerdiği değerlerden faydalanılarak kuru, granüle yerleşmiş, çökerek sıkıştırılmış eski kar yapısı için 200 (kg/m³) değeri kullanılmıştır.

Çizelge 4.2. Kar kütlesi yoğunluğu (Voellmy, 1955)

Kar kütlesinin yapısı	Kar kütlesi yoğunluğu ρ (kg/m ³)
Gevşek yeni kar	30-100
Biraz yerleşmiş, rüzgar tarafından sıkıştırılmış kar	50-300
Kuru, granüle yerleşmiş, çökerek sıkıştırılmış eski kar	200-450
Islak sıkışmış eski kar	400-600
Çok sıkışmış taş kar	500-800

4.4. Bilgisayar algoritması, BIEQ ve Uygulaması

Bu çalışmada kullanılan Bilgisayar programı, daha önce Türkiye’de herhangi bir çığ patikasına uygulanmamıştır. Lang Modellemesi, Türkiye’de oluşan bir çığ patikasının herhangi bir yeri için seçilecek sürtünme katsayıları özellikleri birbirinden çok farklı olan alanlarda denenmemiş ve kalibre edilmemiştir. Bu eksikliğin en önemli nedeni ulusal bir çığ araştırma enstitüsünün olmayışıdır. Model, daha önce programı geliştiren Lang (1983) tarafından, Amerika Birleşik Devletleri’nde Colorado Eyaletinde San Juan sıradağları üzerinde bulunan Ironton Park çığ hattında uygulanmıştır. Program değişik şartlar için, farklı kar derinlikleri

gibi başka programlar ile kıyaslanmış, sonuçlar Lang tarafından sunulmuştur. Buna göre diğer programlarla oldukça yakın maksimum hız değerleri ve durma mesafeleri hesaplanmıştır. Bu karşılaştırma Ek-5’ de verilmiştir.

Modellemede kullanılan BIEQ (Biviscous Equilibrium) algoritması, malzemenin biviskoz dengesi düşünülerek hazırlanmıştır. BIEQ algoritması Fortran 77 dili ile yazılmış olup, çığ patikası üzerinde herhangi bir noktada çığ hızını ve çığ durma mesafesini hesaplamaktadır. Algoritmanın ana mantığı, çığ akış hattı boyunca kullanıcının belirlediği arazideki her bir segment için hareket denklemlerinin çözülmesi işlemidir. Algoritma, Lang (1983)’ın geliştirmiş olduğu çığ mekaniği prensipleri dikkate alınarak yazılmıştır. Yazılım, EK-2’de verilmiştir. Algoritmaya ait akış şeması EK-3 de görülmektedir. Lang Modeli ayrıntılı olarak Bölüm 4.1’ de anlatılmıştır. Programda ana çıktı olarak, segment numarası sırasıyla o segmente ait segment kuyruk ve başlangıç kısmındaki hızlar, bir segmentin içerisinde çığ duruyorsa, çığın durduğu segmentin numarası, kuyruk hızı ve çığın, çığ patikası boyunca toplam olarak aldığı mesafe verilmektedir. Bu mesafeye, çığın durduğu segment içerisinde aldığı mesafe de dahildir. Ayrıca, bilgi amaçlı olarak, program kendisine sunulan verileri de çıktı olarak vermektedir. BIEQ programında, her bir segmentin ön cephe ve arka (kuyruk) hızı 1 m/sn’den küçük ise, hesaplamalar durdurulur. Programa ait veri girdileri ve çıktıları EK-4 de verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, oniki adet segmente bölünen Üzengili çığ patikasında, her bir segmentte hızlar BIEQ yardımı ile hesaplanmıştır. Ayrıca, Üzengili çığ hattı için durma mesafesi belirlenmiştir. Programa ait veri dosyası Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Programa ait veriler

SEGMENT NO	SEGMENTİN		
	EĞİM AÇISI (°)	UZUNLUĞU (m)	SÜRTÜNME KATSAYISI
1	30,9	189,4	0,045
2	30,6	108,0	0,045
3	33,7	181,1	0,045
4	23,0	373,7	0,045
5	13,7	143,0	0,045

Çizelge 4.3. (Devam) Programa ait veriler

6	25,0	94,8	0,045
7	13,0	176,6	0,045
8	24,4	45,8	0,045
9	13,4	382,5	0,045
10	10,9	341,0	0,070
11	6,2	91,5	0,080
12	9,8	93,5	0,090

Program yukarıda verilen değerler ile çalıştırılmış ve sonuçlar Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Durma mesafesi 2105 m olarak hesaplanmıştır. Bu değer, Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan raporda da şu şekilde ifade edilmektedir:

"2 km kuzeyde ana vadinin yan kollarında rüzgârın etkisi ile başlayan çığ, ana vadiye ulaştığında eğim aşağı hızlanarak akmaya başlamış, 2 km sürüklenerek yerleşim biriminin üzerine gelmiş ve 62 konutu tamamen yok ederek yaklaşık 100-150 m sürüklenmiştir."

Dolayısıyla, hesaplanan durma mesafesi ile Afet İşleri Genel Müdürlüğü elemanlarınca hazırlanan rapor arasındaki uyumluluk görülmektedir.

Çizelge 4.4. Program çıktıları

SEGMENT NO	HIZLAR	
	V _A	V _B
1	0	13,15
2	13,15	24,87
3	24,87	30,71
4	30,17	25,24
5	24,90	19,02
6	19,02	23,45
7	22,94	17,07
8	17,07	19,12
9	18,97	15,64
10	15,62	9,51
DURMA MESAFESİ		2105,90

4.5. Yapılara Etkiyen Basıncın Belirlenmesi

Çığ sebebi ile yapılara etkiyen basıncın belirlenmesi için, Thibert ve ark.(2007) tarafından aşağıdaki formül önerilmiştir:

$$P = \frac{1}{2} C_r C_o(\alpha) \cdot \rho \cdot v^2 \quad (4.18)$$

Burada,

v : Çığ hızı(m/sn)

ρ : Karın yoğunluğunu (kg/m³)

$C_r C_o(\alpha)$: Şekil katsayısını simgelemektedir.

C_r : Akım rejimi katkısını

$C_o(\alpha)$: Engelleyici geometrisi katkısını ifade etmektedir.

C_o değeri α açısının bir fonksiyonudur. İki katkının bileşkesi $C_r C_o(\alpha)$ değeri aşağıdaki ilişki ile belirlenebilir (Thibert ve ark., 2007):

$$C_r C_o(\alpha) = 2 \cdot (1 - \cos \alpha) \cdot C_r \quad (4.19)$$

Burada, α çığın sapma açısını göstermektedir. C_r değeri, Thibert ve ark.(2007) tarafından yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar dikkate alınarak geliştirilmiş aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$C_r = 10.8 Fr^{-1.3} \quad (4.20)$$

Burada Fr Froude sayısını belirtmektedir. Froude sayısı aşağıdaki formül ile bulunur:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot D}} \quad (4.21)$$

Burada;

v : Çığ hızını (m/sn)

g : Yerçekimi ivmesini (m/sn²) ve

D : Hidrolik derinliği (m) ifade etmektedir.

Hidrolik derinlik $D = A/T$ ilişkisi ile belirlenir. Burada,

A : Islak alan (m²) ve

T : Çığ kanalı üst genişliği (m) olarak tanımlanmıştır.

Akımın dikdörtgen kesitli bir kanalda meydana geldiği varsayılırsa Fr sayısı aşağıdaki gibi belirlenir:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (4.22)$$

Burada h kar derinliğini (m) göstermektedir.

Eşitlik (4.18) yardımı ile basınç değeri belirlendikten sonra yapıya etkiyen kuvvet belirlenen basınç değeri ile basıncın etkilediği alanın çarpılması ile elde edilir. Ancak (4.18) denkleminin (4.22) eşitliğindeki Froude sayısının 3 den küçük olması durumunda doğru sonuçlar verdiği, Thibert ve ark.(2007) tarafından bildirilmiştir. Bilgisayar programı (BIEQ) sonuçları, Üzengili çığ patikası durma bölgesinde Froude sayılarının 3'ten büyük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu çalışmada Voellmy(1955)' nin önerdiği aşağıdaki denklem kullanılmıştır:

$$P_{\max} = \gamma_m \cdot \left(h' + \frac{v^2}{g} \right) \quad (4.23)$$

Burada;

γ_m : Kar yoğunluğu (kg/m³)

h' : Yıllar içerisinde ölçülen en yüksek kar derinliği (m)

v : Çığın hızı (m/sn)

g : Yerçekim ivmesi (m/sn²)

$P_{\max}$: Basınç (t/m²) dir.

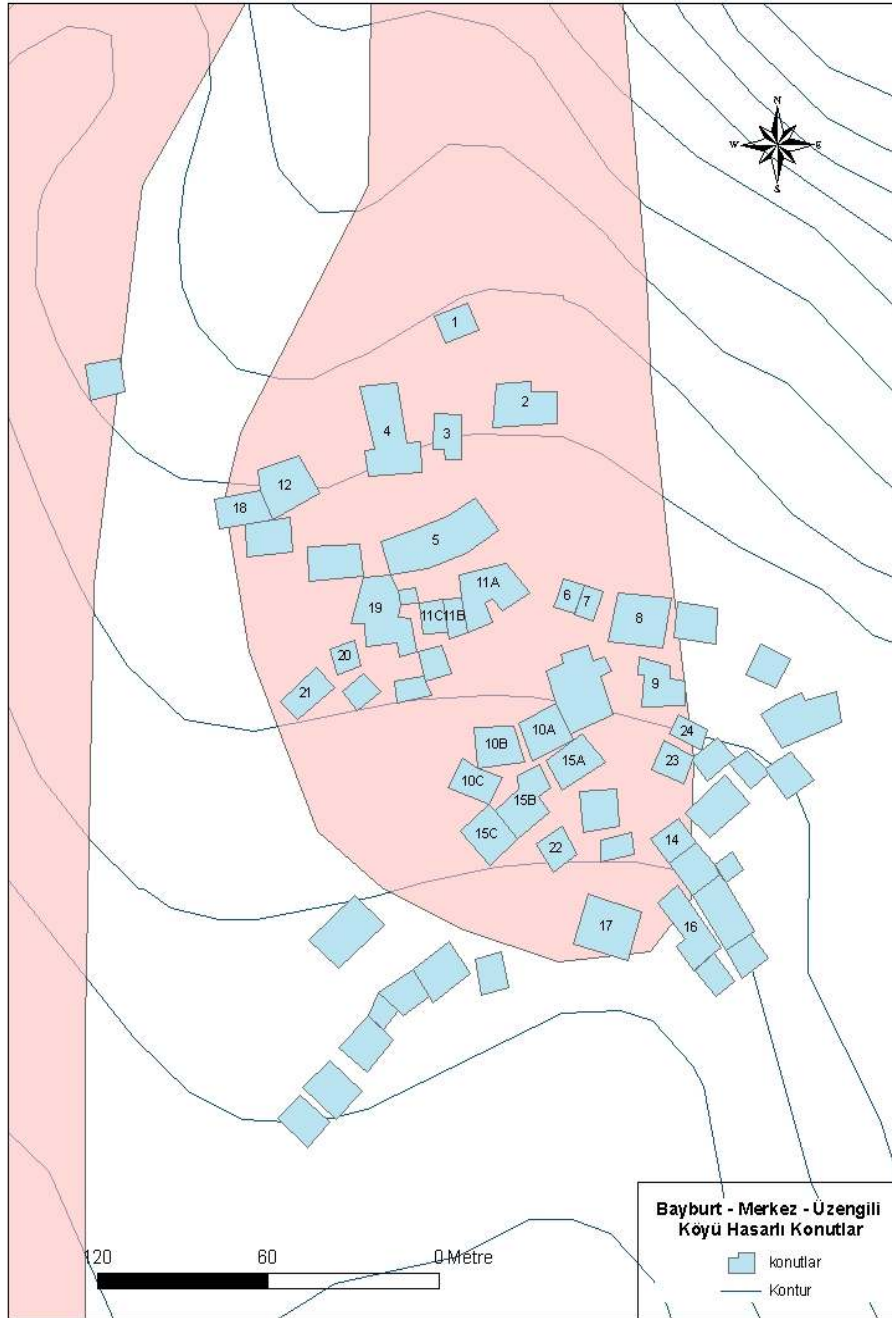
Bu denklemin kullanılmasında, karın çarptığı yüzeye elastik olmayacak bir etki ile yapışması ve akımda yatay yönde bir genişleme olmaksızın çarptığı yüzeyde kalacağı kabulü yapılmıştır [Voellmy 1955].

Yapıların birbirlerine olan etkilerini matematiksel olarak modellemek oldukça güçtür. Bu nedenle bu çalışmada, meydana gelen çığ sırasında, çığın çarpma etkisi nedeniyle yıkılan ya da hasar gören bir yapının, yakınındaki başka bir yapıyı etkilemediği varsayımıyla hareket edilmiştir. Yapılara etkiyen basınçlar Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5 Yapılara gelen basınçlar (kPa)

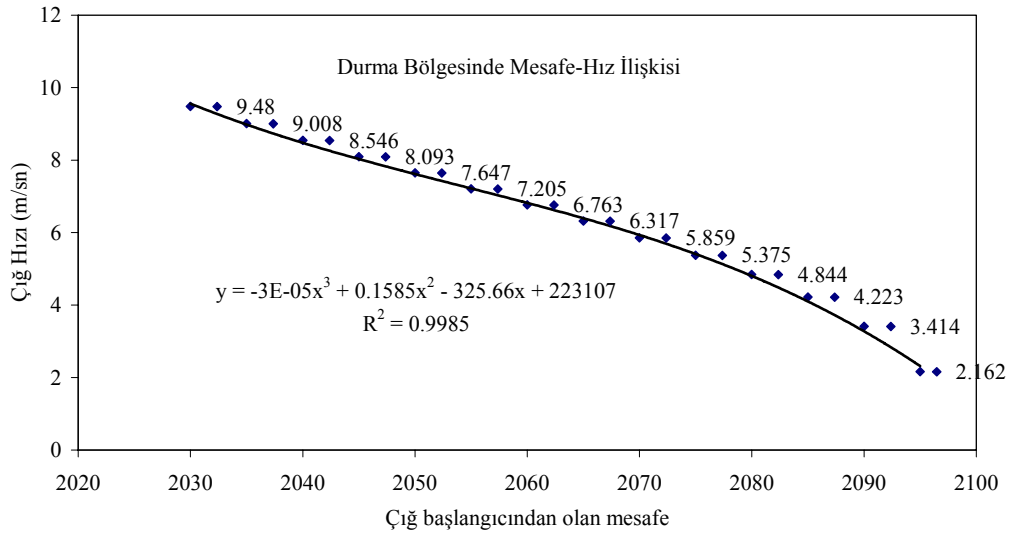
Ev No	Mesafe (m)	Hız (m/sn)	Basınç(kPa)
1	1856	12.85	59,3
2	1883	12.33	55,3
3	1893	12.13	53,9
4	1882	12.33	55,3
5	1920	11.61	50,1
6	1950	11.03	46,2
7	1949	11.03	46,2
8	1952	11.03	46,2
9	1977	10.51	42,9
10A	1993	10.22	41,0
10B	2000	10.08	40,2
10C	2011	9.9	39,1
11A	1944	11.13	46,9
11B	1956	10.45	42,5
11C	1957	10.64	43,7
12	1906	11.87	23,6
14	2034	9.008	34,0
15A	2006	9.96	39,4
15B	2015	9.79	38,5
15C	2026	9.79	37,3
16	2056	7.21	7,1
17	2058	7.02	24,5
18	1917	11.65	10,8
19	1944	11.13	16,9
20	1972	10.6	7,8
21	1979	10.46	3,3
22	2037	8.73	32,5
23	2009	9.89	39,0
24	1996	10.17	40,7

Çizelgedeki mesafeler, ArcGIS programı yardımıyla oluşturulan ve Şekil 4.9'da gösterilen patikadaki yapıların kopma noktasına uzaklıklarıdır. Ölçümler yine bu program yardımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.9. Hasarlı konutlar

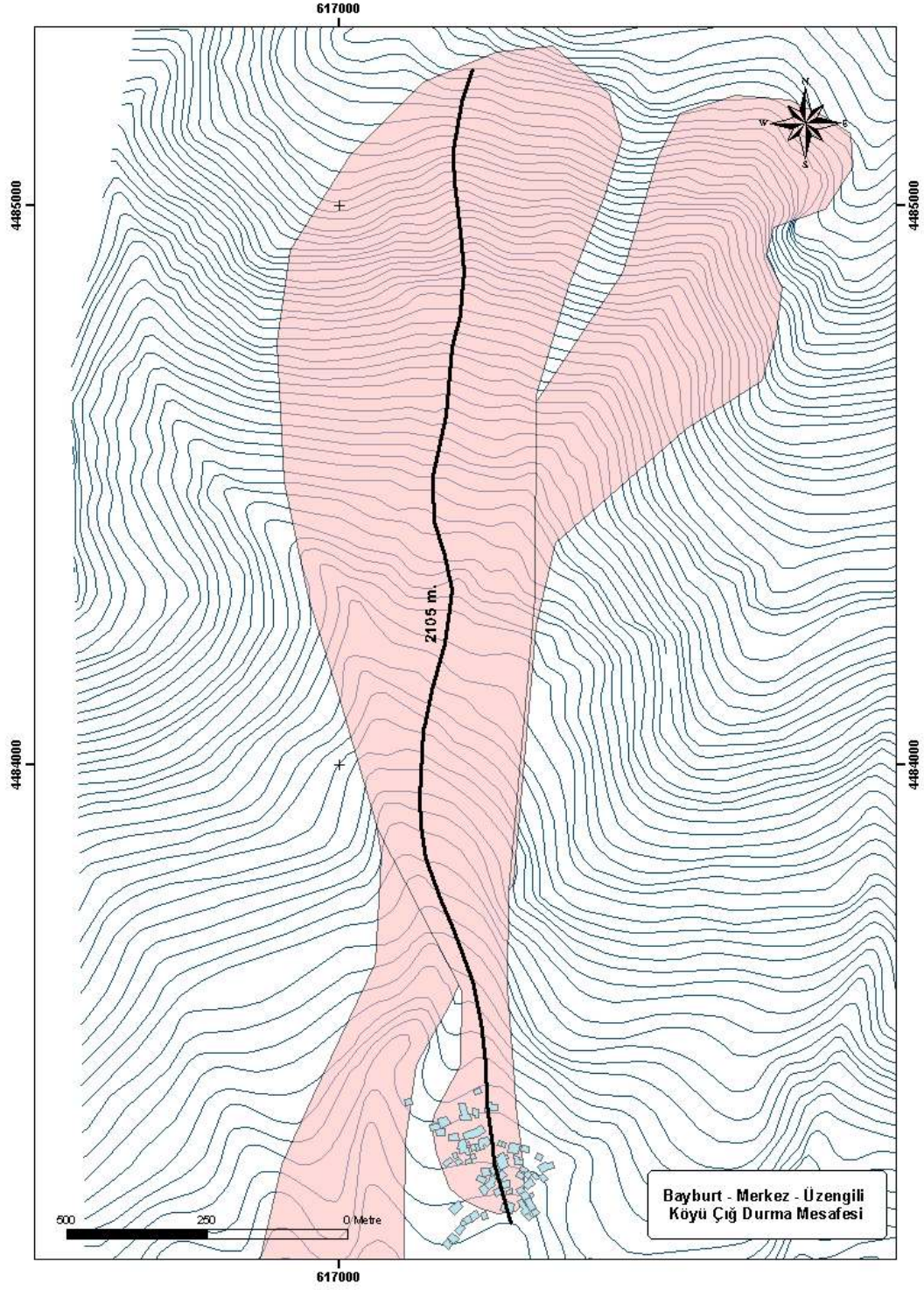
Bağıntı (4.23)' te kullanılan, yapıların bulunduğu noktalara karşılık gelen hız (v) değerleri, 2030 m' den daha düşük mesafeler için program çıktılarından faydalanılarak doğrusal enterpolasyon yöntemi ile bulunmuştur. 2030 m. ile 2105 m. arasındaki mesafelere karşılık gelen hız değerleri ise Program tarafından 10 ve 11. segmentlerde her 5 m.de bir hesaplanan hız değerleri okunarak, en küçük kareler yöntemi ile oluşturulan (Şekil 4.10) eğrinin denkleminde elde edilmiştir.



Şekil 4.10. Durma bölgesinde mesafe-hız ilişkisi

Programdan elde edilen hızlar, arazi eğimleri ile değerlendirildiğinde, eğimlere paralel hızlanmaların olduğu görülmektedir. Bu durum modelin davranışı gerçekçi olarak temsil etmesi bakımından önemlidir. Programda hesaplanan durma mesafesi Şekil 4.11' de gösterilmiştir.

Modellemeden elde edilen çığ hızlarına bağlı olarak hesaplanan basınç değerlerinin köydeki durumla uyumluluk gösterdiği görülmüştür. Köydeki hasar durumuna bakıldığında (Resim 4.1), çığ patikası hattı üzerinde bulunan konutların çok etkilendiği, kenar yapılarda daha az etkilenmenin söz konusu olduğu görülmüştür. Çünkü malzeme kalınlığı (çığ karı ve süprüntüler) merkezde yüksek, kenarlarda ise çığın yayılma etkisi nedeniyle düşüktür.



Şekil 4.11. Çığ durma mesafesi



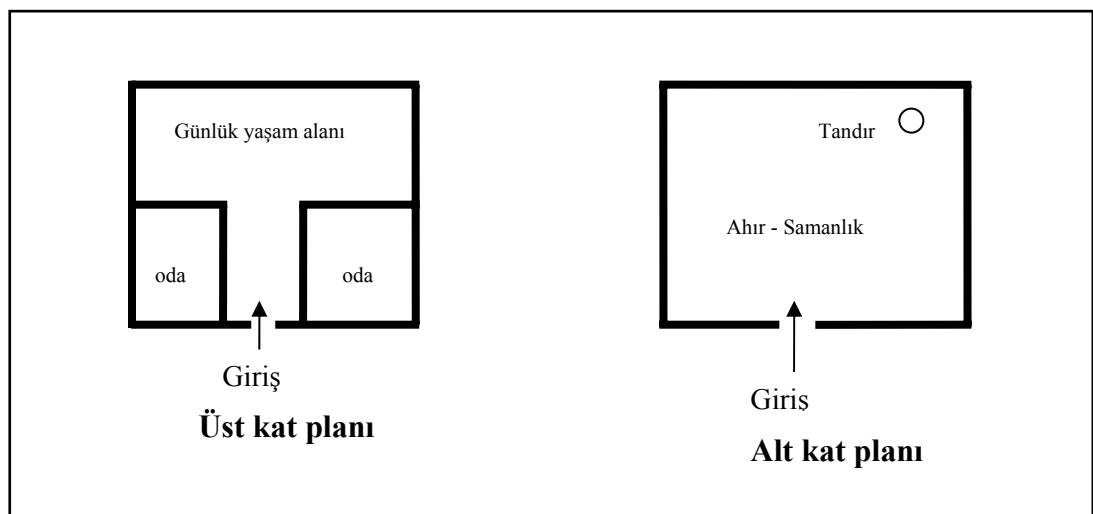
Resim 4.1. ıın etkilediği yapıların hasar durumu

5. HASAR GÖREBİLİRLİK

Hasar görebilirlik, tahmin edilen bir tehlikenin meydana gelmesi durumunda ortaya çıkan zararın derecesidir. Hasar görebilirlik kavramını en genel ifadeyle; bir toplumun, bir yapının veya hizmetin, tehlike oluştuğunda görebileceği hasar veya zararın olası ölçüsü olarak tanımlamak mümkündür. Bu tanımlamadan yola çıkarak, Üzengili köyünde meydana gelen çığın sonuçları incelenerek, köydeki binaların ve buna bağlı olarak bu bölgenin tipik kırsal yapı türünün hasar görebilirlik derecesi, bu bölümde ayrıntılı olarak irdelenmiştir.

5.1 Köydeki Yapı Durumu

Üzengili Köyündeki yapılar yığma sistem şeklinde inşa edilmiştir. Yapılar genellikle iki katlı olup, mimari planları kare veya dikdörtgen olarak tasarlanmıştır (Şekil 5.1). Üst katta, bir veya iki gözlü oda ve mutfakla tandırın birlikte kullanıldığı bir mahall, alt katta ise ahır, samanlık vb. bulunmaktadır. Köydeki yapı tarzında dikkat çeken hususlar, düşük maliyetli ve iklimsel koşullar göz önüne alınarak inşa edilmiş olmalarıdır. Yapı malzemesi olarak çoğunlukla çevreden sağlanan toplama taş ve toprak kullanılmaktadır. Bu yapılaşma, köydeki bütün evlerde küçük değişikliklerle beraber benzerlik göstermektedir.



Şekil 5.1. Üzengili köy evi örnek planı

Yapıların ana taşıyıcı sistemini taş duvarlar oluşturmaktadır. Bu yüzden ki, yapıların ayakta durması doğrudan doğruya bu duvarların sağlamlığına bağlıdır. Taşıyıcı duvarlarda bağlayıcı malzeme olarak çamur harcı kullanıldığı, taş duvarlar yapılırken belli seviyelerde ahşap hatıllar atıldığı görülmüştür. Duvar kalınlıkları ortalama 70 cm genişliğinde ölçülmüştür. (Resim 5.1).



Resim 5.1. Duvar Kesiti

Yapı duvarlarına oturan döşemeler, ahşap kirişli olarak, üzerine 50-60 cm kalınlığında toprak serilip sıkıştırılmak sureti ile oluşturulmuştur. Kış aylarındaki yoğun kar yağışı göz önüne alınarak, binalar çatılı yapılmaktadır. Pencere alan olarak küçük tutulmuş, duvar kaplama malzemesi olarak iç mekânda çamur sıva üzerine kireç badana, dış yüzeyler genellikle sıvasız, sıvalı olanlar ise yine çamur harcı üzeri kireç badana olarak yapılmıştır. Ancak dış tesirler nedeniyle bu sıvaların büyük bir bölümü dökülmüştür (Resim 5.2).



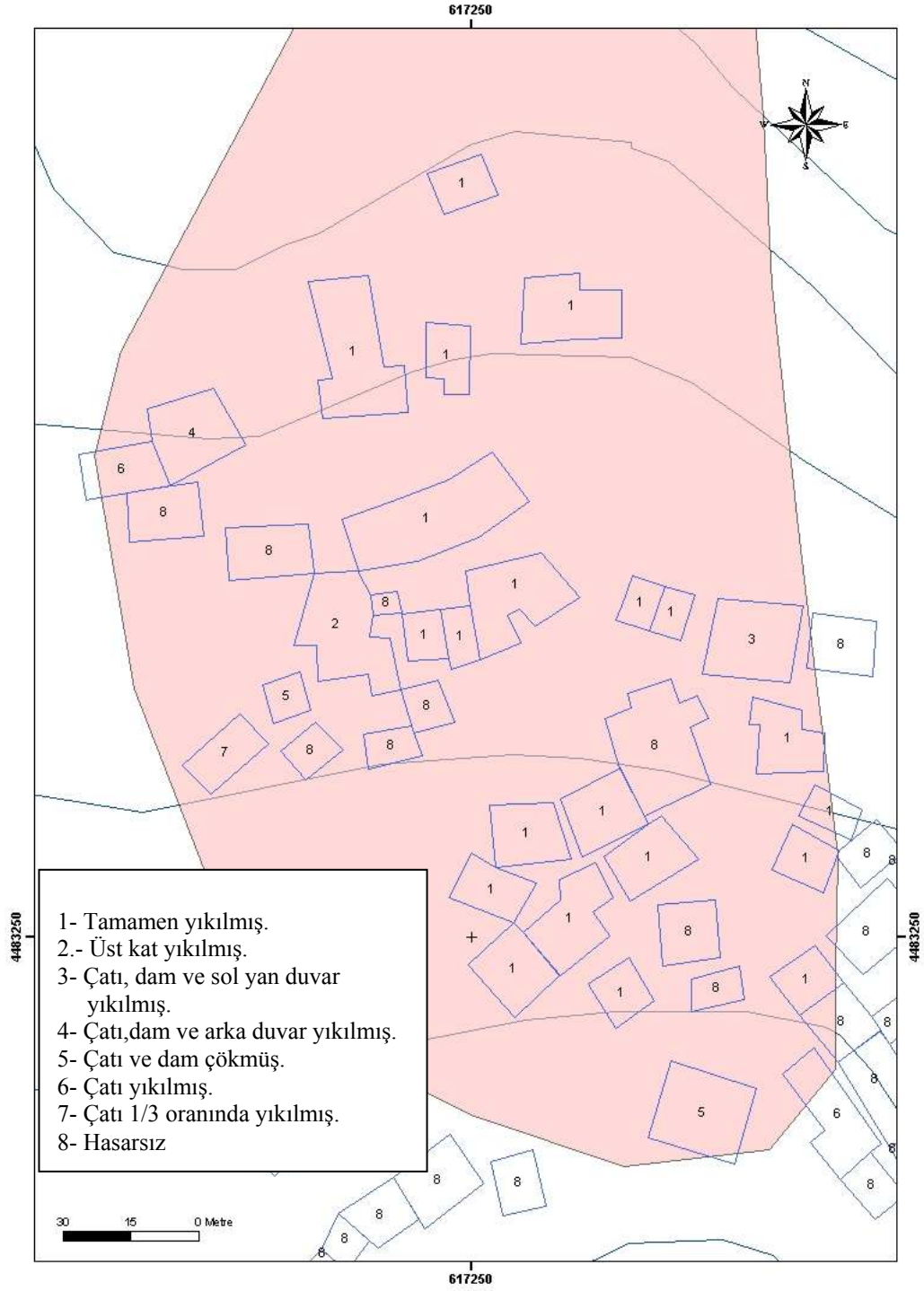
Resim 5.2. Köy evleri yapı ve malzeme özellikleri

5.2. Köydeki Hasarlı Yapıların Tespiti

Üzengili köyündeki hasar gören evler, mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü elemanlarının tanzim ve tasdik ettiği hasar tespit raporu, çığ afetinin yaşandığı dönemin muhtarı ve köy sakinlerinin verdiği bilgiler doğrultusunda tespit edilmiştir. Yapılan tespitler 1:25000 ölçekli harita üzerinde işaretlenmiş ve evler hasar durumuna göre numaralandırılmışlardır. Köydeki evlerin bir kısmı tamamen yıkılmış, bir kısmında ise çeşitli oranlarda hasar meydana gelmiştir. Bu durum Şekil 5.2' de görülmektedir.

Binaların mülkiyet durumu dikkate alınmamakla birlikte, sahiplerinden birinin adı kontrol amaçlı yazılmıştır (Çizelge 5.1). Bu çizelgede bazı evlere aynı aileden kişilerin oturmasından kaynaklı aynı numara verilmiştir. Ancak bina farklı olduğundan, bu farkı vurgulamak için rakam yanında harf kullanılmıştır.

Bina boyutları, yıkılmış binaların enkazlarındaki belirsizlik ve köylülerin çelişkili beyanları nedeniyle, ArcGIS programı yardımıyla sayısallaştırılan kadastral paftasından ölçülmüştür.



Şekil 5.2. Çığ afeti sonrası Üzengili köyü binalardaki hasar durumu

Çizelge 5.1 Üzengili Köyü 1993 yılı çığ sonrası bina hasar durumu

Bina No	Mülkiyeti	Bina Türü	Oturum Alanı (m ²)	Hasar Durumu
1	Osman ÇAKIR	Yığma	125	I
2	Avni ÇAKIROĞLU	Yığma	288	I
3	Rasim KARAASLAN	Yığma	139	I
4	Kasım ALKAN	Yığma	453	I
5	Celal ALKAN	Yığma	542	I
6	Süleyman SANCAR	Yığma	80	I
7	Süleyman SANCAR	Yığma	76	I
8	İsmail SANCAR	Yığma	331	III
9	Hamit SANCAR	Yığma	205	I
10A	Salih AKTÜRK	Yığma	216	I
10B	Ali AKTÜRK	Yığma	210	I
10C	Osman AKTÜRK	Yığma	160	I
11A	Nihat BAYRAM	Yığma	94	I
11B	"	Yığma	89	I
11C	"	Yığma	336	I
12	Suat BAYRAM	Yığma	285	IV
14	Vahit KARAASLAN	Yığma	131	I
15A	Mehmet AKTÜRK	Yığma	204	I
15B	Hilmi AKTÜRK	Yığma	260	I
15C	Musa AKTÜRK	Yığma	215	I
16	Salih ÇAKMAK	Yığma	269	VI
17	Ahmet ÇAKMAK	Yığma	353	V
18	İsmail ŞAHİN	Yığma	185	VI
19	Hamit BAYRAM	Yığma	389	II
20	Nazım BAYRAM	Yığma	80	V
21	Ramiz BAYRAM	Yığma	157	VII
22	Nazır ÇAKMAK	Yığma	121	I
23	Kemal BAYIN	Yığma	128	I
24	Abdurrahim KARAASLAN	Yığma	92	I
I- Tamamen yıkılmış II- Üst kat yıkılmış III- Çatı, dam ve arka duvar yıkılmış IV- Çatı, dam ve sol yan duvar yıkılmış V- Çatı ve dam çökmüş				VI - Çatı yıkılmış VII- Çatı 1/3 oranında yıkılmış

Bu tez kapsamında, tamamen yıkılmış veya hasar görmüş bina bedelleri hesaplanırken, bu binalara ait planların olmaması ve restitü imkanının bulunmaması nedeniyle 16/7/1985 tarihli ve 85/9707 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile yürürlüğe giren “Mimarlık ve Mühendislik Hizmetleri Şartnamesi”nin 3.2 maddesi gereğince “Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri’ kullanılmıştır. Bu hesaplama şekli, bina toplam alanı ile yapı sınıfına karşılık gelen birim maliyetin çarpılması sonucu elde edilen toplam maliyetten, binanın yapım yılına bağlı olarak yıpranma bedelinin düşülmesi ile elde edilen değerdir.

$$TM=(\Sigma A.BM)-YB \quad 5.1$$

Denklem 5.1’de:

TM: Binanın toplam maliyetini (TL),

A: Binanın alanını (m²),

BM: Binanın birim metrekaresinin maliyetini (TL/m²),

YB: Binanın yapım yılına bağlı yıpranma bedelini göstermektedir.

Köydeki binalarda kullanılan malzeme dikkate alınarak yapı sınıfı, Mimarlık ve Mühendislik Hizmet Bedellerinin Hesabında Kullanılacak 2010 Yılı Yapı Yaklaşık Birim Maliyetleri Hakkında Tebliğ hükümleri gereğince I. Sınıf B grubu olarak tespit edilmiştir.

Tespit edilen yapı sınıfı m² birim fiyatı, 2010 yılı için Bayındırlık Ve İskân Bakanlığınca 127,00 TL/m² olarak tespit edilmiştir. Hasar gören binaların tahmini değerleri denklem 5.1 yardımıyla hesaplanmıştır.

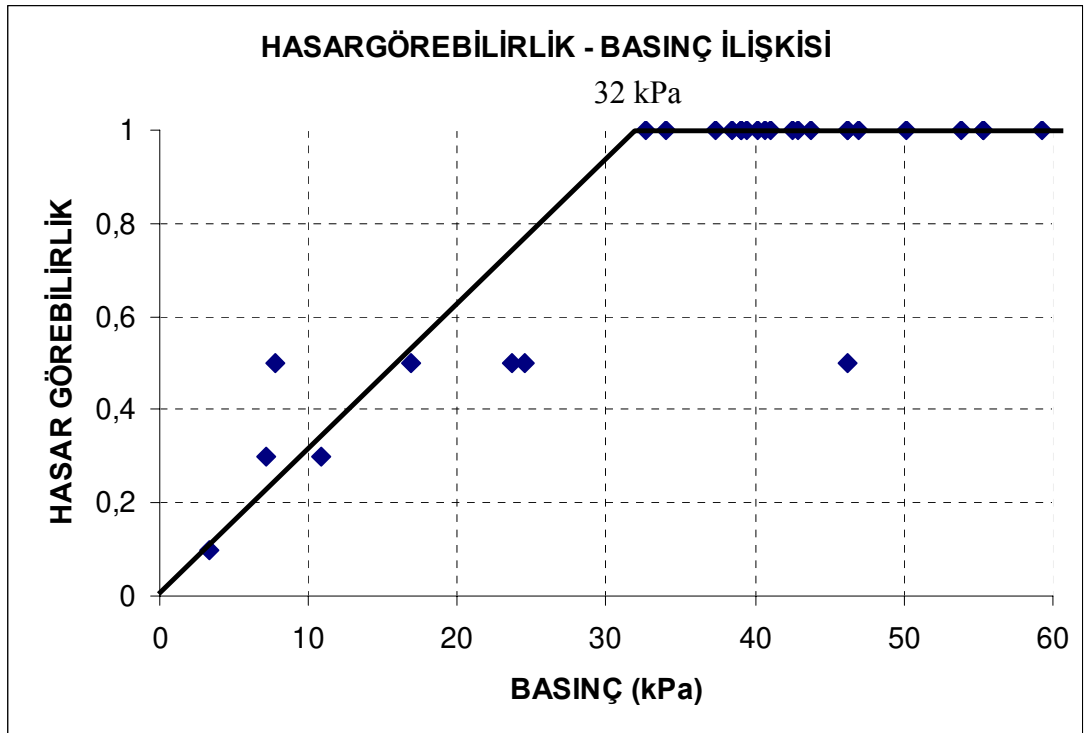
Çığ nedeniyle yıkılan veya kısmi hasar gören binalardan tamamen yıkılmış yapıların tahmini bedeli, yukarıda bahsedilen hesap yöntemiyle, yıkılan yapının toplam alanı ile yapının birim maliyetinin çarpımı şeklinde hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler Çizelge 5.2’ de gösterilmiştir.

Bu çizelgeden de görüleceği üzere, hesaplamada bina türü ve alanı verilerinden yararlanılmış, ancak binaların yapım yılı verisi olmadığından, yıpranma bedeli hesaba katılmamıştır.

Kısmi Hasarlı binaların bedeli ise hasarlı imalatın metrajının yapılarak metraj miktarı ile o imalata ait her yıl yayımlanan Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Birim Fiyatlarıyla hesaplanmıştır. Kısmi hasarlı binaların hesapları EK-6' da verilmiştir.

5.3. Yapıların Hasar Görebilirliği

Yapıların hasar görebilirlikleri o yapıya ait hasar değerinin, yapının toplam değerine oranı olarak hesaplanmış ve formül 4.25 yardımıyla hesaplanan basınç değerleriyle birlikte Çizelge 5.3' te gösterilmiştir. Hesaplanan bu değerler ile Şekil 5.3' te gösterilen hasar görebilirlik- basınç eğrisi elde edilmiştir.



Şekil 5.3. Hasar görebilirlik – basınç eğrisi

Çizelge 5.4 Üzengili köyü çığ nedeniyle hasar görebilirlik ve basınç değerleri

Bina No	Binaların Hasar Değeri TL	Binaların Toplam Değeri TL	Hasar Görebilirlik	Binalara Gelen Basınç P(Kpa)
1	31,750	31,750	1	59,3
2	73,152	73,152	1	55,3
3	35,306	35,306	1	53,9
4	115,062	115,062	1	55,3
5	137,668	137,668	1	50,1
6	20,320	20,320	1	46,2
7	19,304	19,304	1	46,2
8	42,475	84,074	0,5	46,2
9	52,070	52,070	1	42,9
10A	54,864	54,864	1	41,0
10B	53,340	53,340	1	40,2
10C	40,640	40,640	1	39,1
11A	23,876	23,876	1	46,9
11B	22,606	22,606	1	42,5
11C	85,344	85,344	1	43,7
12	36,703	72,390	0,5	23,6
14	33,274	33,274	1	34,0
15A	51,816	51,816	1	39,4
15B	132070	132070	1	38,5
15C	54,610	54,610	1	37,3
16	23,199	68,326	0,3	7,1
17	44,718	89,662	0,5	24,5
18	15,953	46,990	0,3	10,8
19	49,403	98,806	0,5	16,9
20	10,134	20,320	0,5	7,8
21	4,513	39,878	0,1	3,3
22	30,734	30,734	1	32,6
23	32,512	32,512	1	39,0
24	23,368	23,368	1	40,7

Şekil 5.3'deki grafiğe bakıldığında, grafiğin ilk bölgesinde 0 dan başlayıp A (32 kPa) noktasına kadar basınç ile hasar görebilirlik doğrusal olarak artmaktadır. Hasar görebilirlik, A noktasından itibaren sabittir. Grafikten de görüleceği üzere Yapıların ağırlıklı olarak 32 kPa ve üzeri basınç değerleri altında yıkıldıkları görülmektedir. Ancak yapılardan biri 46 kPa lık bir basınç kuvvetine rağmen yıkılmamıştır. Bu durum genel durumla kıyaslandığında ihmal edilmiştir.

Tez konusu ile ilgili literatür çalışmalarına bakıldığında, Barbolini ve arkadaşları, Avusturya'nın Batı Tyrol bölgesinde, önce St Anton Kasabasında ve sonrasında Galtuer Kasabasında 1988 ve 1999 yıllarında meydana gelen iki çığ felaketi, için yaptıkları çalışmada, binaların yıkımına eşdeğer basıncı 34 kPa olarak belirlemişlerdir. Bu değer, betonarme binaların yıkım sınırı olarak Wilhelm (1998) in önerdiği değerle de uyduğunu makalelerinde bildirmişlerdir.

McClung (1998)'ın çığların çarpma güçleri ve akış yoğunluklarına göre karşılaştırılması neticesinde elde ettiği veriler, Çizelge 5.4' de verilmiştir.

Çizelge 5.4 Çığların çarpma güçleri ve akış yoğunluğuna göre karşılaştırılması

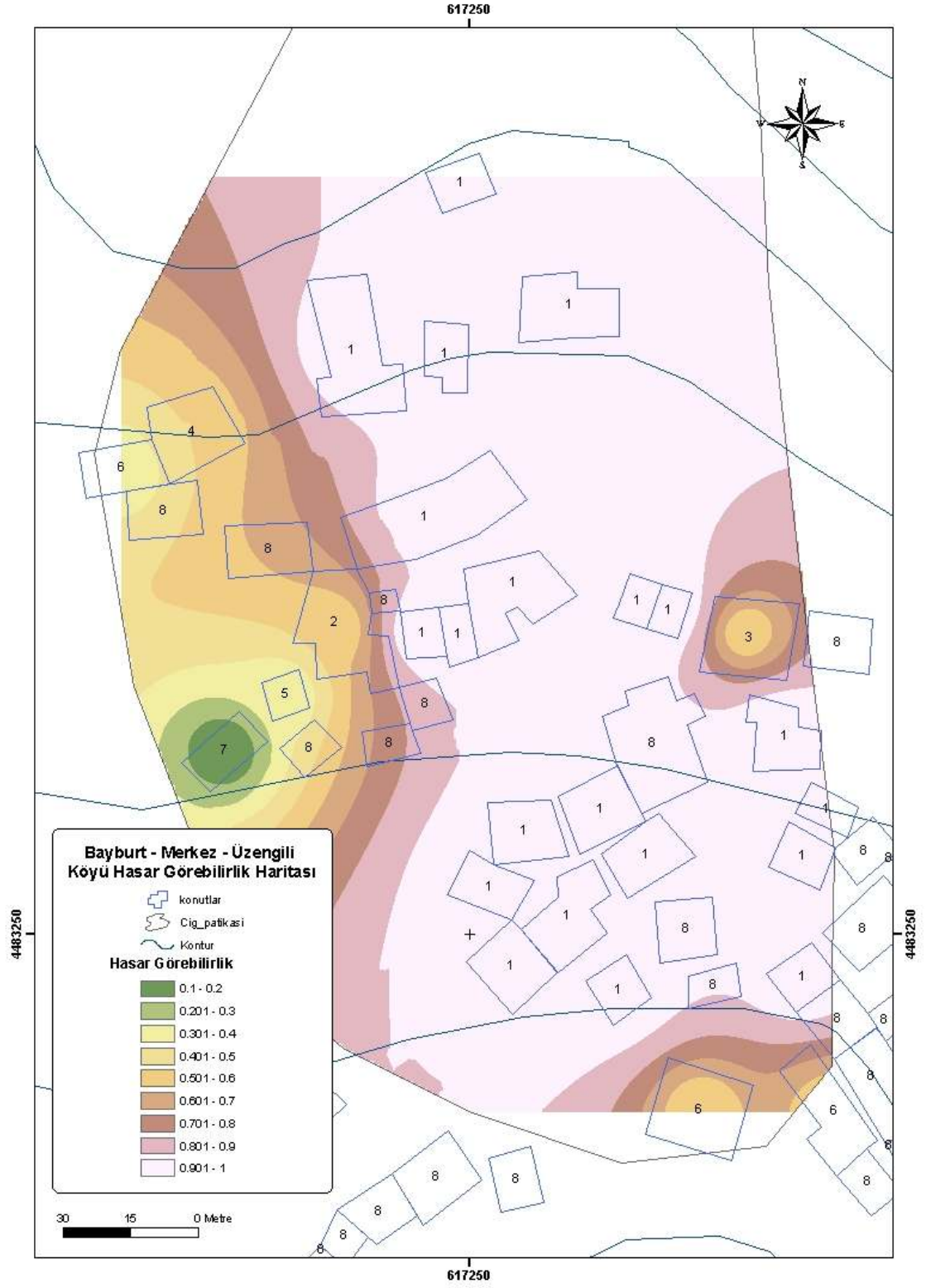
Çığ türleri	Çarpma kuvvetleri(kPa)		
	McClung-Scharer(1998) ölçülen	USDA,1975 tahmini	Akış yoğunluğu Kg/m ³
Kuru kar çığları	En fazla 800	50-300	100-150
Islak çığlar	En fazla 200	300-400	150-200
Toz çığlar	En fazla 100	2-15	10

Çığların çarpma kuvvetleri ile potansiyel hasar türü çizelge 5.5' de gösterilmiştir [McClung ve Schaerer, 1993] .

Çizelge 5.5 çarpma kuvvetleri ve potansiyel hasar türü arasında korelasyon

Çarpma kuvveti (kPa)	Potansiyel hasar
1	Camlar kırılır
5	Kapılar kırılır
30	Ahşaptan inşa edilen yapılar yıkılır.
100	Büyük ağaçlar kökünden sökülür
1000	Güçlendirilmiş betonarme binalar yıkılır.

Bu çalışmada kabul edilen 32 kPa lık çığ yıkma basıncı, Barbolini ve ark.(2004) ile Wilhelm(1998) ' in betonarme binaların yıkım sınırı olarak önerdikleri 34 kPa ile uyumluluk göstermektedir. McClung ve Schaerer (1993)' in çarpma kuvveti ile potansiyel hasar türü arasında kurdukları ilişki ile karşılaştırıldığında, 30 kPa ve üzeri basınç kuvvetlerinde ahşaptan inşa edilen yapıların yıkılacağını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada bina türü yığma yapı olduğundan, elde ettiğimiz değerle (32 kPa), yazarların önerdiği değerler (Çizelge 5.5) uyumluluk göstermemektedir. Bu durumu çığın dinamik parametreleri olan, akış hızı, akış derinliği ve çığın yayılma özelliği ile binaların yapımında kullanılan malzeme nitelikleri ve işçilik kalitesi ile açıklayabiliriz.



Şekil 5.4 Hasar dağılımı

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Üzengili Köyünde 1993 yılında yaşanmış bir çığ olayı analiz edilerek, tek boyutlu modelleme [Lang 1983] ile çığ hızları ve durma mesafesi hesaplanmıştır. Çığ hızlarını etkileyen parametrelerden sürtünme katsayıları her çığ için farklı değerler aldığından, tez kapsamında çalışılan çığ için, tahmini durma mesafesinden yola çıkılarak bu değerler tespit edilmiştir. Elde edilen hız sonuçları ile çığın binalara uyguladığı basınç kuvvetleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda, binaların gölgeleme etkisi ihmal edilmiştir. Hızlara dayalı bulunan basınçların köyün girişinde büyük olduğu, alt kısımlarda ise düştüğü görülmüştür. Programdan elde edilen çığ durma mesafesi 2105 m dir. Bu mesafenin çığ sonrası gerçek duruma ilişkin Afet İşleri Genel Müdürlüğü elemanlarınca tutulan raporda yaklaşık 2200 m olarak ölçüldüğü göz önüne alındığında, çığ davranışının hesaplamalarda karakterize edilebildiği görülmektedir.

Çığın yaşandığı yerleşim birimindeki yapı malzemesi özellikleri ve yapım tarzı ayrıntılı olarak incelenmiş, binaların hasar durumu tespit edilerek, hesaplamalarda bulunan basınç değerleri ile ilişkilendirilmiş ve bir hasar görebilirlik-basınç eğrisi elde edilmiştir. Bu eğriden:

- Binaları yıkan en düşük basınç kuvveti yaklaşık 32 kPa olarak belirlenmiştir. Bu değer, Wilhelm (1998)' in önerdiği betonarme binaların yıkım sınırı olan 34 kPa ile uyumludur.
- Yıkıcı basınç değerlerine bakıldığında, taşıyıcı duvar malzemesi olarak seçilen taş, ekonomik faktörlerin yanında, dayanım olarak da değerlendirildiğinde, 32 kPa' dan düşük çığ basınçlarının karşılanmasında etkili olmuştur. Yörede yapılan taş binaların duvar kalınlıklarının genellikle 70 cm civarında olması dayanımda avantaj oluşturmuştur.

- Patika üzerinde ı basıncını karşılayacak şekilde bina yapımı ekonomik bir çözüm şekli olmayacaktır. Akış hattı üzerinde ı nedeniyle ortaya çıkabilecek zararın azaltılmasına yönelik seçenekler değerlendirilirken, yerleşim yerlerinin bu hat dışında oluşturulması, arazi eğiminin düşürülmesi, eğimli bölgelerdeki akış hatlarının yatağının, istinat duvarları yardımı ile yerleşimi etkilemeyecek şekilde değiştirilmesi gibi düzeltici ve koruyucu önlemlerden uygun olanın değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu çalışmanın konusunu oluşturan çığın gerçekleştiği zengili Köyü ı akış hattı üzerinde bulunduğundan, mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğünce yerleşim yerinin taşınmasına karar verilmiştir. Tez kapsamında elde edilen bulgular da bu kararın doğruluğunu teyit etmektedir.
- ı patikası hattı üzerinde bulunan konutların büyük bir kısmı tamamen yıkılmıştır. şekil 5.4' te görüleceği üzere ı hattı üzerinde inşa edilen yapıların hasar görebilirlik derecesi 1 (%100) olarak bulunmuştur. ı riski bulunan yerleşim yerlerindeki yapıların hasar görebilirlik dereceleri, ı akış hattından uzaklařtıķa azalmaktadır.

KAYNAKLAR

1. AİGM, "Kar ve Çığlar", *Afet İşleri Genel Müdürlüğü Çığ Araştırma-Geliştirme, Etüt ve Önlem Şube Müdürlüğü*, Ankara, 40, (2009).
2. Afet İşleri Genel Müdürlüğü "Üzengili köyü Jeolojik Etüt Raporu", *AİGM, Ankara*, 1-3 (1993).
3. Barbolini, M., Cappabianca, F., ve Sailer, R., "Empirical estimate of vulnerability relations for use in snow avalanche risk assessment". *In: Brebbia, C. A., Editor. Risk Analysis IV. Southamton, WITPress*, 533-542, Boston (2004).
4. Bozhinskiy, A.N. ve Losev, K.S., "The Fundamentals of Avalanche Science", *Mitteilungen des Eidgenössischen Institutes für Schnee und Lawinenforschung* 55, 280 p. Translation of "Osnovy Lavinovedeniya", Leningrad, Gidrometeoizdat, 1987 by C. Bartelt, (1998).
5. Cheng, T.T. ve Perla R., "Numerical computation of avalanche motion", NHRI Paper No.5 Environment, Inland Waters Directorate. *National Hydrology Research Institute Ottawa*, Canada (1979).
6. Cappabianca, F., Barbolini, M., Natale, L., "Snow avalanche risk assessment and mapping: A new method based on a combination of statistical analysis, avalanche dynamics simulation and empirically-based vulnerability relations integrated in a GIS platform", *Cold Regions Science and Technology*, 54: 193–205 (2008).
7. Dent, J.D., Lang, T., "Basal surface layer properties in flowing snow", *J. Of Glaciology, proceedings of Applied Glaciology Conference*, N.H., in press Hanover (1983).
8. Dent, J.D., Lang, T., "Experiments on mechanics of flowing snow", *Cold Regions Science and Technology*, 5: 253-258 (1982).
9. Eckert, N., Parent, E., Naaim, M., Richard D., "Bayesian stochastic modelling for avalanche predetermination: from a general system framework to return period computations", *Stoch Environ Res Risk Assess*, 22:185–206 (2008).
10. Gauer, P., Medina-Cetina, Z., Lied, K., Kristensen, K., "Optimization and probabilistic calibration of avalanche block models", *Cold Regions Science and Technology*, 59: 251–258 (2009).
11. Gürer, İ. "Avalanche disaster in South-Eastern Turkey in the winter of 1992", *Japanese Society of Snow and Ice Symposium*, 55 (1): 41-48 (1993).

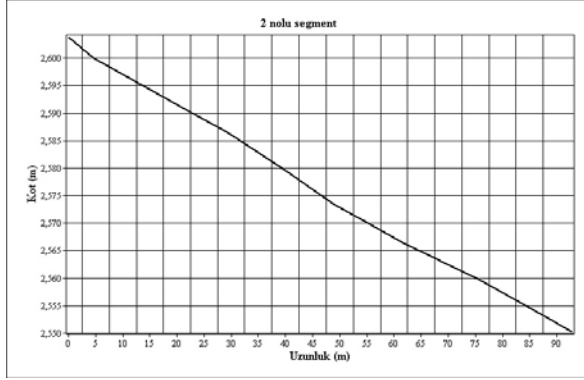
12. Gürer, İ. ve Sayın, A., **"1991-1992 ve 1992-1993 tarihleri arasında Kuzey ve Doğu Anadolu'da Çığ Felaketleri"**, Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği Genel Kurulu Bildiri Kitabı, 8-11 Haziran, 311-323, Ankara (1993).
13. Gürer, İ., **"Beyaz Tehlike Çığ"**, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü, AFEM, 36 , Ankara (1993a).
14. Gürer, İ., Naaim, M., , "18 Ocak 1993 de Kuzey Doğu Bölgesinde Bayburt-Üzengili'de Çığ Olayları", **2.Avalanche Dynamics Workshop, 3-8 October, 1993**, 15, Innsbruct, Avusturya, (1993).
15. Gürer, İ., "18 Ocak 1993 de Kuzey Doğu Bölgesinde Trabzon, Çaykara, Uzungöl de Çığ Olayları", **2. Avalanche Dynamics Workshop, 3-8 October, 1993**, 17, Innsbruck, Avusturya, (1993b).
16. Gürer, İ., Tunçel H., Yavaş, Ö. M., Erenbilge T., Sayın, A., **"Kasım 1992 de Kuzeydoğu Anadolu'da Çığ Olayları"**, Natural Hazards, 11: 1-16, 1995 Kluwer Academic Publishers, Hollanda (1995).
17. Gürer, İ., Tümer, F., Yavaş, Ö. M., Erenbilge, T., Koçyiğit, Ö., **"Türkiye'deki Çığ Probleminin Çözümünde Uluslararası İşbirliği"**, **Symposium on International Cooperation in Disasters**, Ankara (1995).
18. Gürer, İ., Tunçel, H., Yavaş, Ö. M., Y, Erenbilge, T., "Çığ Kriterleri ve Çığ Risk Alanlarının Belirlenmesi", **TÜBİTAK**, No:YBAG - 0067, S. 134, Ankara (1995c).
19. Gürer, İ., "1992-1995 döneminde Türkiye'de, Çığ Problemlerinin Çözümünde AFET-Cemagref-IFENA arasında Uluslararası İşbirliği", **Proceedings of Anatolia and Caucasus Workshop on Snow Avalanches, 16 Kasım, Cemagref**, Grenoble (1997).
20. Naaim, M., ve Gürer, İ., , **"Two-phase Numerical Model of Powder Avalanche, Theory and Application"**, Natural Hazards, 117: 129-145, Hollanda (1998).
21. Gürer, İ., **"Türkiye'de Çığ Probleminin Çözümünde Uluslararası İşbirliği"**, Natural Hazards, 18: 77-85, Hollanda (1998).
22. Gürer, İ. "Türkiyedeki Çığ Kazalarının İstatistiksel Değerlendirmesi", **II. Uluslararası Konferans "Çiğlar ve İlgili Konular "**, Kirovsk, Russia (2001).
23. Gürer, İ., Koçyiğit, Ö., "Çığ Akış Mesafesinin Tespitinde Voellmy Katsayılarının Etkisi: Uzungöl Örneği", **III.Congreso En Nieve Y Avalanchas, 1-2 Aralık**, Escuela De Montana Del Ejercito, Şili. (2005).

24. Gürer, İ., “Türkiye’de Çığ Çalışmaları (AFEM ile AIGM arasındaki Boşluğun Kapatılması”, *Seminer on Snow Researche in France, Canada and Turkey, European Natural Disasters Training Center; AFEM*, Ankara (2006).
25. Gürer, İ., “Türkiye’de Çığ Afeti Yönetimi”, *III. International Conference Avalanche And Related Subjects, 4-8 Eylül 2006*, Kirovsk, Murmansk Bölgesi, Rusya (2006).
26. Gürer, İ., Koçyiğit, O., “Trabzon-Uzungöl Çığ Bariyer Projelendirilmesinde Kullanılan Voellmy Katsayıları” *III. International Conference Avalanche And Related Subjects, 4-8 Eylül 2006*, Kirovsk, Murmansk Bölgesi, Rusya (2006).
27. Haefeli, R., “Schneemechanik mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik”, *Diss. ETH.*, Zurich, 178 pp., (1939).
28. Koçyiğit, Ö. and Gürer, İ., “Effect of the Voellmy Coefficients on Determining Run-out Distance: A Case Study at Uzungöl, Trabzon”, *G.U. Journal of Science*, 20(3): 79-85 (2007).
29. Koçyiğit, Ö., “Çığ bariyerlerinin hidrolik boyutlandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 29-33 (1997).
30. Lang, T., “Computer programs for avalanhce runout pretiction”, *National Researche centre for disaster prevention Shinjo Branche*, No:59, Japan., (1983).
31. Lang, T., ve Dent, J.D., “Basal surface layer properties in flowing snow”, *J. Of Ann. Glaciology.*, 4: 158–162. (1983).
32. McClung, D., Schaerer, P., *“The Avalanche Handbook”*, The Mountaineers Publication, USA. (1998).
33. McClung, D., ve Schaerer, P., *“ The Avalanche Handbook. ”*, The Mountaineers Publications, USA (1993).
34. Norem, H., Irgens, F., Schieldrop, B., “simulation of snow avalanche flow in run-out zones”, *Annals of glaciology*, 13: 218-225. (1989).
35. Scaerer, P.A., “Friction coefficients and speed of flowing avalanches”, *Proceedings of the International symposium on Mechanics of Snow*, Erindelwald, 425-432, Switzerland (1975).
36. Sovilla, B., “Field Experiments and Numerical Modelling of Mass Entrainment and Deposition Processes in Snow Avalanches”, PhD. Thesis, 189, *Swiss Federal Institute of Technology*, Zurich, (2004).

37. Tunçel, H. "Doğal çevre sorunu olarak çığlar ve Türkiye’de çığ olayları", *Milli Kütüphane, Yer No:1993 AD 1532*, Ankara, 53-65 (1990).
38. Thibert, E., Baroudi, D., Limam, A., Berthet-Rambaud, P., "Avalanche impact pressure on an instrumented structure", *Cold Regions Science and Technology*, 54: 206–215 (2008).
39. TKB."Kırsal Kalkınma (IPARD) Programı", *Tarım ve Köyişleri Bakanlığı*, Ankara, 37-39 (2009).
40. Voellmy, A., "Über die zerstörungskraft von Lawinen Schweizerische Bauzeitung, Jahrg ", Çeviri Editörü: *R.E. Tate*, (1964).
41. Wilhelm, C. "Quantitative risk analysis for evaluation of avalanche protection", *projects. Proc. of 25 Years of Snow Avalanche Research at NGI, Hestness, E. Ed., NGI Publications*, 203: 288-293, Oslo, (1998).

EKLER

EK-1 Segment Hesaplamaları



Şekil 2.5 2 numaralı segmenin kesiti

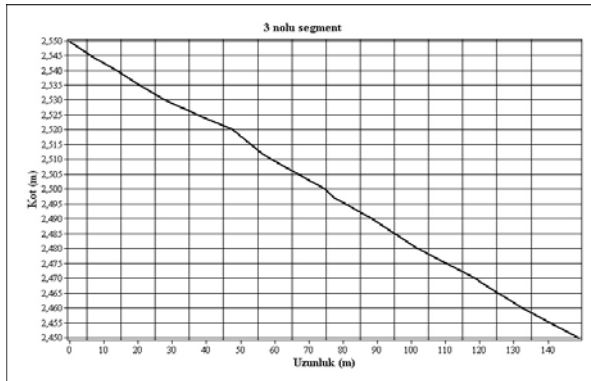
2 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

$$X(2) = 93 \text{ m}$$

$$Y(2) = 2605 - 2550 = 55 \text{ m}$$

$$\text{“Segmen Uzunluğu” } SEGL(2) = \sqrt{93^2 + 55^2} = 108.04 \text{ m}$$

$$\theta_2 = 55/93 = 0.59 \rightarrow \arctan^{-1} 0.59 = 30.60^\circ$$



Şekil 2.6 3 numaralı segmenin kesiti

3 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

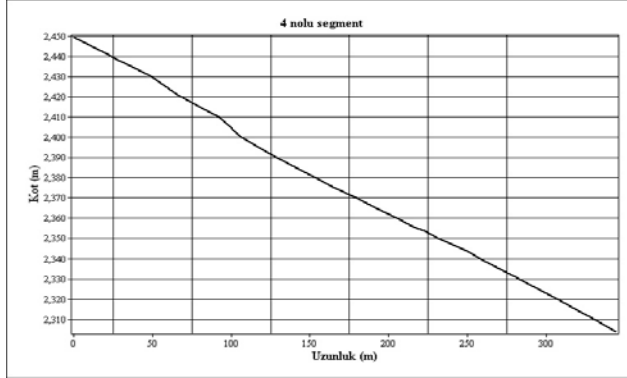
$$X(3) = 151 \text{ m}$$

$$Y(3) = 2550 - 2450 = 100 \text{ m}$$

$$\text{“Segmen Uzunluğu” } SEGL(3) = \sqrt{151^2 + 100^2} = 181.11 \text{ m}$$

$$\theta_3 = 100/151 = 0.66 \rightarrow \arctan^{-1} 0.66 = 33.70^\circ$$

EK-1 (Devamı) Segment Hesaplamaları



Şekil 2.7 4 numaralı segmenin kesiti

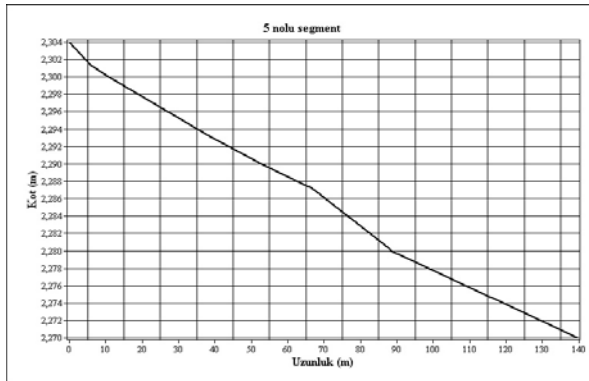
4 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

$$X(4) = 344 \text{ m}$$

$$Y(4) = 2450 - 2304 = 146 \text{ m}$$

$$\text{“Segmen Uzunluğu” } SEGL(4) = \sqrt{344^2 + 146^2} = 373.70 \text{ m}$$

$$\theta_4 = 146/344 = 0.424 \rightarrow \arctan^{-1} 0.424 = 23^\circ$$



Şekil 2.7 5 numaralı segmenin kesiti

5 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

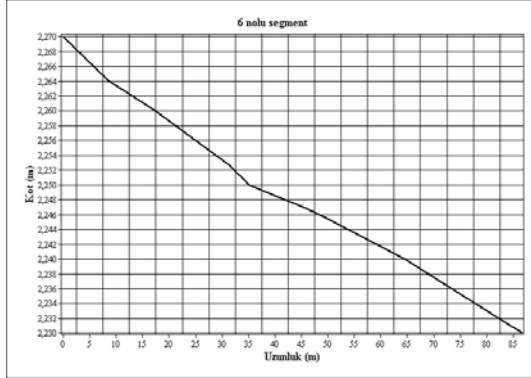
$$X(5) = 139 \text{ m}$$

$$Y(5) = 2304 - 2270 = 34 \text{ m}$$

$$\text{“Segmen Uzunluğu” } SEGL(5) = \sqrt{139^2 + 34^2} = 143.09 \text{ m}$$

$$\theta_5 = 34/139 = 0.24 \rightarrow \arctan^{-1} 0.24 = 13.74^\circ$$

EK-1 (Devamı) Segment Hesaplamaları



Şekil 2.7 6 numaralı segmenin kesiti

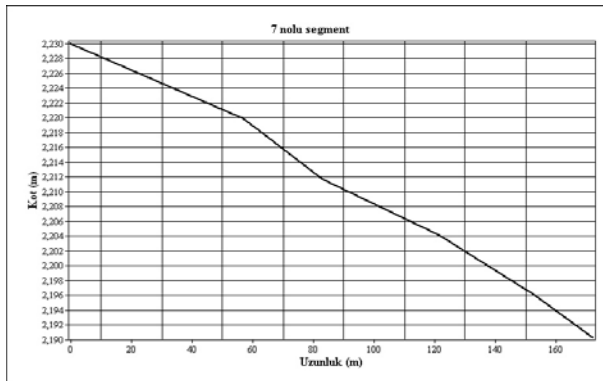
6 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

$$X(6) = 86 \text{ m}$$

$$Y(6) = 2270 - 2230 = 40 \text{ m}$$

$$\text{“Segmen Uzunluğu” } SEGL(6) = \sqrt{86^2 + 40^2} = 94.84 \text{ m}$$

$$\theta_6 = 40/86 = 0.465 \rightarrow \arctan^{-1} 0.465 = 25^\circ$$



Şekil 2.7 7 numaralı segmenin kesiti

7 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

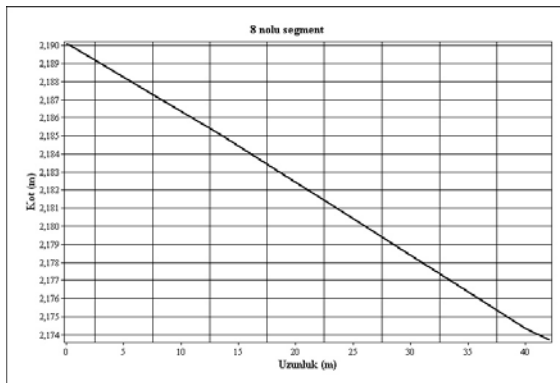
$$X(7) = 172 \text{ m}$$

$$Y(7) = 2230 - 2190 = 40 \text{ m}$$

EK-1 (Devamı) Segment Hesaplamaları

“Segmen Uzunluğu” $SEGL(7) = \sqrt{172^2 + 40^2} = 176.6\text{ m}$

$$\theta_7 = 40/172 = 0.23 \rightarrow \arctan^{-1} 0.23 = 13.09^\circ$$



Şekil 2.7 8 numaralı segmenin kesiti

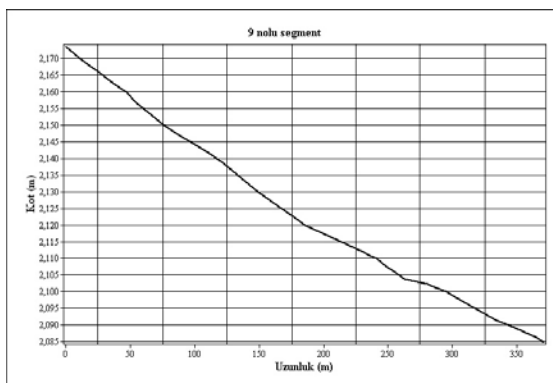
8 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

$$X(8) = 43\text{ m}$$

$$Y(8) = 2190 - 2174 = 16\text{ m}$$

“Segmen Uzunluğu” $SEGL(8) = \sqrt{43^2 + 16^2} = 45.88\text{ m}$

$$\theta_8 = 16/43 = 0.37 \rightarrow \arctan^{-1} 0.37 = 20.4^\circ$$



Şekil 2.7 9 numaralı segmenin kesiti

EK-1 (Devamı) Segment Hesaplamaları

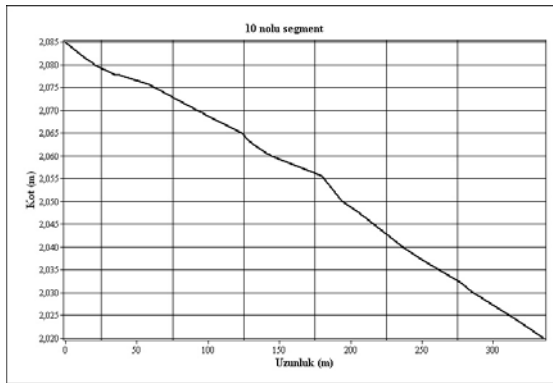
9 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

$$X(9) = 372 \text{ m}$$

$$Y(9) = 2174 - 2085 = 89 \text{ m}$$

$$\text{“Segmen Uzunluğu” } SEGL(9) = \sqrt{372^2 + 89^2} = 382.5 \text{ m}$$

$$\theta_9 = 89/372 = 0.24 \rightarrow \arctan^{-1} 0.24 = 13.45^\circ$$



Şekil 2.7 10 numaralı segmenin kesiti

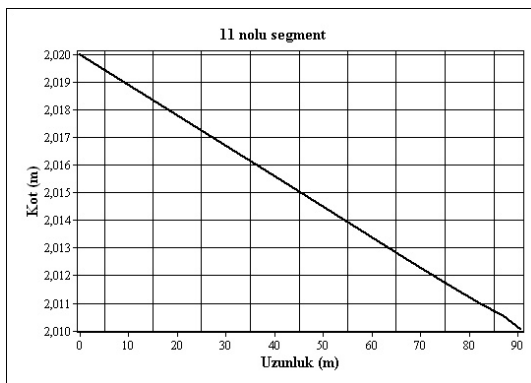
10 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

$$X(10) = 335 \text{ m}$$

$$Y(10) = 2085 - 2020 = 65 \text{ m}$$

$$\text{“Segmen Uzunluğu” } SEGL(10) = \sqrt{335^2 + 65^2} = 341.24 \text{ m}$$

$$\theta_{10} = 65/335 = 0.194 \rightarrow \arctan^{-1} 0.194 = 10.98^\circ$$



Şekil 2.7 11 numaralı segmenin kesiti

EK-1 (Devamı) Segment Hesaplamaları

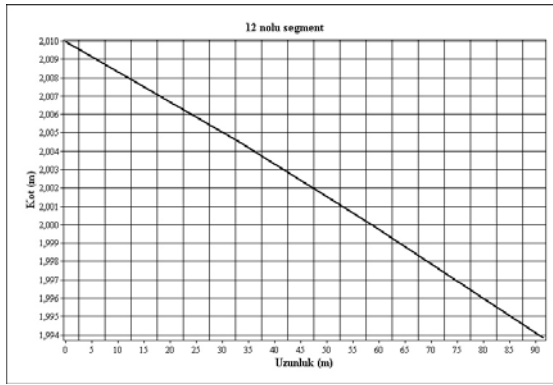
11 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

$$X(11) = 91 \text{ m}$$

$$Y(10) = 2020 - 2010 = 10 \text{ m}$$

$$\text{“Segmen Uzunluğu” } SEGL(11) = \sqrt{91^2 + 10^2} = 91.55 \text{ m}$$

$$\theta_{11} = 10/91 = 0.11 \rightarrow \arctan^{-1} 0.11 = 6.27^\circ$$



Şekil 2.7 12 numaralı segmenin kesiti

12 numaralı segmene ait uzunluk ve açı hesapları

$$X(12) = 92 \text{ m}$$

$$Y(12) = 2010 - 1994 = 16 \text{ m}$$

$$\text{“Segmen Uzunluğu” } SEGL(12) = \sqrt{92^2 + 16^2} = 93.38 \text{ m}$$

$$\theta_{12} = 16/92 = 0.174 \rightarrow \arctan^{-1} 0.174 = 9.86^\circ$$

EK-2 Program BİEQ yazılımı

PROGRAM BIEQ

```

    DIMENSION ISIM (40),SEGL(100),THETA(100),VNU(100)
    IMAX=100
    G=9.806
    open(unit=7,file="uzengili.dat")
    open(unit=6,file="sonuclar.dat")

    READ(7,9) IC
    IP=1
5   READ(7,20) ISIM
    WRITE(6,30)ISIM
    WRITE(6,40)
c   READ INPUT DATA
    READ(7,50) H,YNU,SML,YMU
    I=1
70  READ(7,10)IS,ANGLE,SEGL(I),VNU(I)
    IF(YNU.GT.0.0001) VNU(I)=YNU
    IF(IS.EQ.0) GO TO 100
    WRITE(6,80)IS,ANGLE,SEGL(I),VNU(I)
    THETA(I)=3.14159*ANGLE/180.0
    I=I+1
    IF(I.GT.IMAX) GO TO 444
    GO TO 70
9   FORMAT(I10)
10  FORMAT(I10,3F10.0)
20  FORMAT(40A2)
30  FORMAT(1H1,5X,40A2)
40  FORMAT(1H0,15X,'INPUT DATA'//10X,'SEGMT ANGLE SEGL VSCSTY')
50  FORMAT(4F10.0)
60  FORMAT(1H0,9X,'SNOW DEPTH=',F5.2/10X,'HIGT STRESS VISCSTY=',

```

EK-2 (Devamı) Program BİEQ yazılımı

```

      * F6.4/10X,'SEGMT MINI-LNGTH=' F6.2/10X,'FRICTION COEF=',F5.3)
80  FORMAT(10X,I4,2X,F8.1,1X,F6.1,2X,F6.4)
210 FORMAT(1H0,20X,'RESULTS'/10X,'SEGMT',5X,'VA',7X,'VB')
240 FORMAT(5X,I9,F10.2,F9.2)
260 FORMAT(5X,I9,F10.2,3X,'RUNOUT=',F10.2)
270 FORMAT(50X,'V=',F9.3)
334 FORMAT(10X,'AVALANCHE DOES NOT STOP')
445 FORMAT(5X,'SEGMENT NUMBER EXCEEDS SPECIFIED IMAX')
556 FORMAT(10X,'FLOW VELOCITY NEGLIGIBLE')
667 FORMAT(10X,'VISCOSITY NOT SPECIFIED')
888 FORMAT(10X,'COMPUTATIONS TERMINATED')

c
c  INITIAL COMPUTATIONS
100 WRITE(6,60)H,YNU,SML,YMU
      IF(VNU(1).LE.0.0)GO TO 666
      VA=0.0
      IT=I-1
      I=1
120  IM=1
      SUL=SML
      YUU=YMU
      IF(I.EQ.1)YUU=0.4
      IF(I.EQ.1)WRITE(6,210)
      A=G*SIN(THETA(I))-G*YUU*H*COS(THETA(I))
      B=VNU(I)*(1.0+500.*EXP(-1.25*VA))/H**3
      IF(I.EQ.1) A=G*SIN(THETA(I))-G*YUU*COS(THETA(I))
      IF(I.EQ.1) B=2.0*VNU(I)/H**3
      E=EXP(-2.0*B*SEGL(I))
      P=VA*VA*E+A*(1.0-E)/B
      IF(P.LT.64.0) GOTO 150

```

EK-2 (Devamı) Program BİEQ yazılımı

```

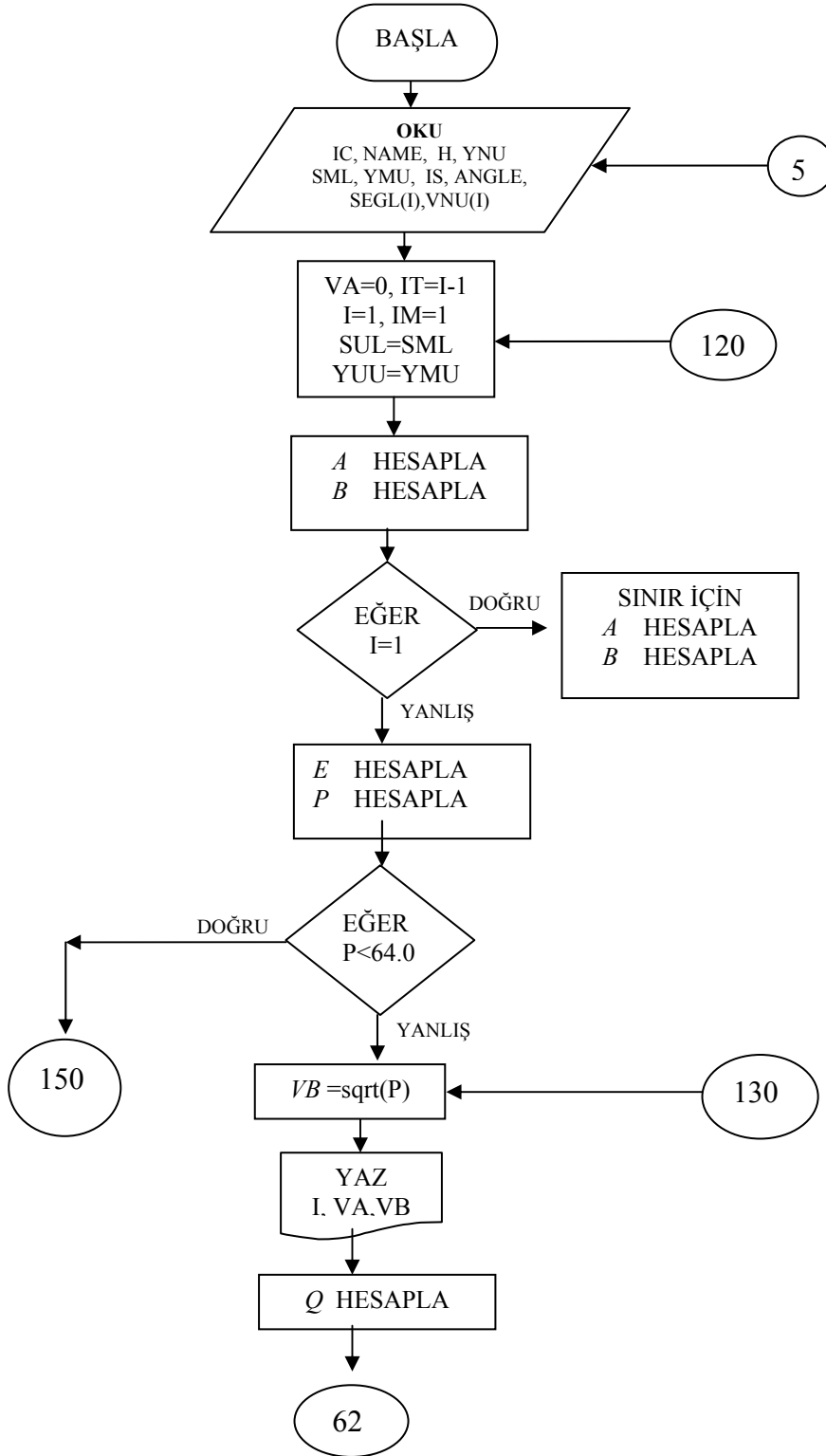
130  VB=SQRT(P)
      WRITE(6,240) I,VA,VB
      Q=THETA(I)-THETA(I+1)
      IF(VA.LT.1.0.AND.VB.LT.1.0)GO TO 555
      VA=VB*COS(Q)
      IF(Q.LE.0.0) VA=VB
      I=I+1
      IF(I.GT.IT) GOTO 333
      GOTO 120
c    SUB-SEGMENT COMPUTATIONS
150  IN=INT(SEGL(I)/SUL)
      V=VA
      SL=SEGL(I)
      SEGL(I)=0.0
      IF(IN.LE.1)GO TO 180
170  B=VNU(I)*(1.0+500.*EXP(-1.25*V))/H**3
      IF(VA.EQ.0.0) B=2.0*VNU(I)/H**3
      E=EXP(-2.0*B*SUL)
      P=V*V*E+A*(1.0-E)/B
      SEGL(I)=SEGL(I)+SUL
      IF(P.LE.0.0) GOTO 190
      IF(IM.EQ.IN+1) GOTO 130
      V=SQRT(P)
      WRITE(6,270) V
      IF(IM.EQ.IN) SUL=SL-SEGL(I)
      IM=IM+1
      GOTO 170
180  SEGL(I)=SL
      IF(P)190,190,130
190  S=0.0

```

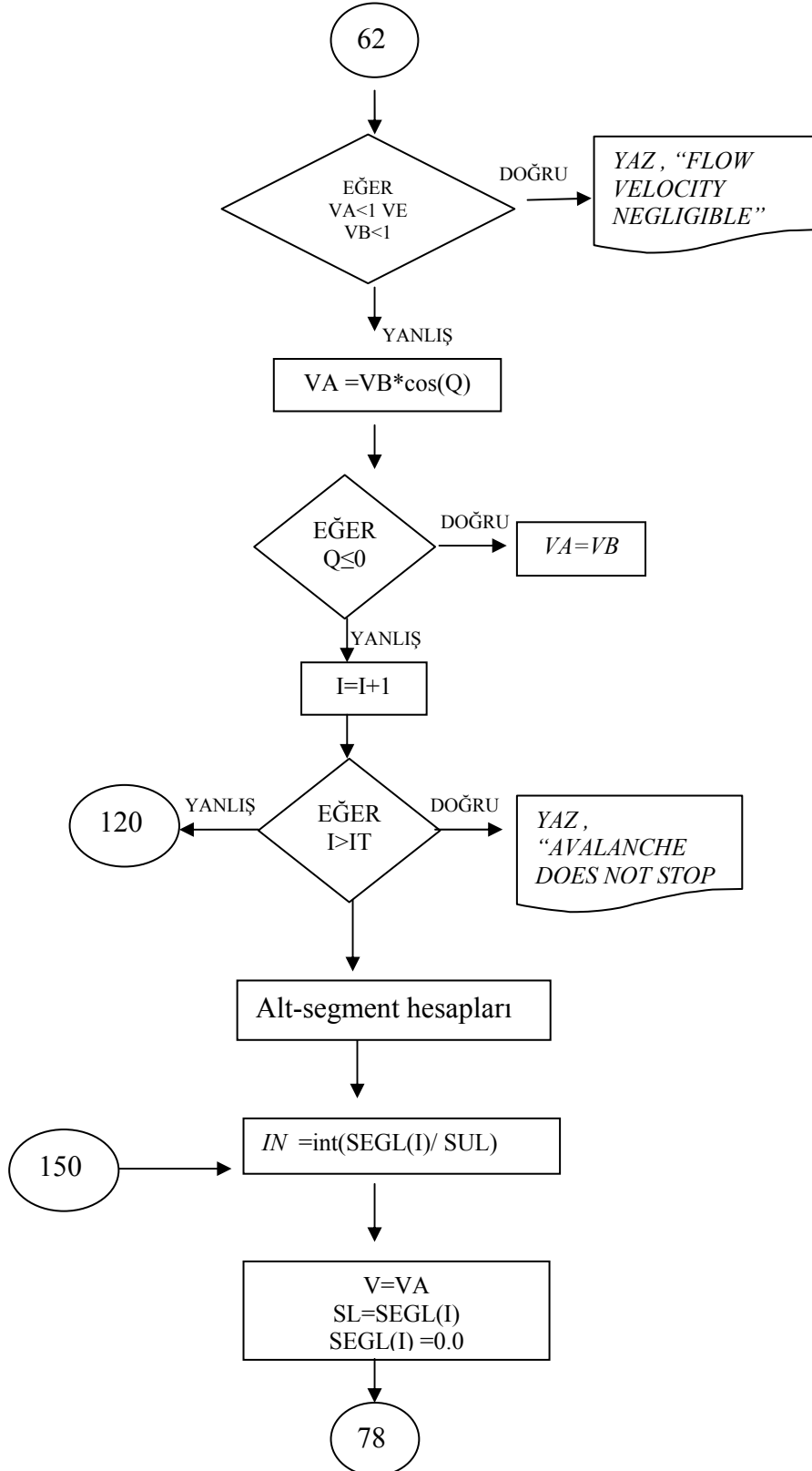
EK-2 (Devamı) Program BİEQ yazılımı

```
DO 200 J=1,I
200  S=S+SEGL(J)
      WRITE(6,260) I,VA,S
      GOTO 999
c  ERROR MESSAGES
333  WRITE(6,334)
      WRITE(6,888)
      GOTO 999
444  WRITE(6,445)
      WRITE(6,888)
      GOTO 999
555  WRITE(6,556)
      WRITE(6,888)
      GOTO 999
666  WRITE(6,667)
      WRITE(6,888)
999  CONTINUE
      IP=IP+1
      IF(IP.NE.IC+1)GOTO 5
      STOP
      END
```

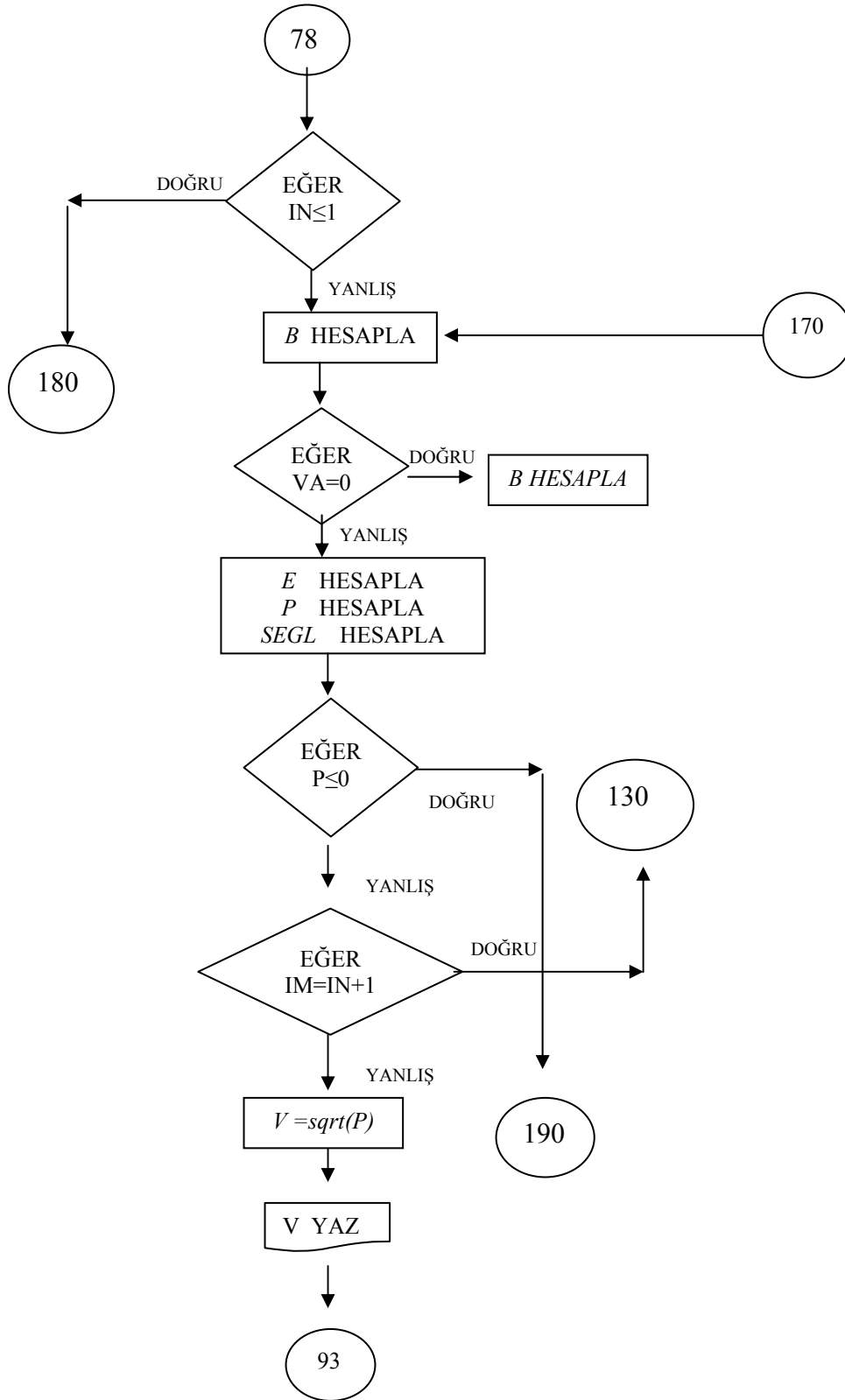
EK-3 Program BİEQ akış şeması



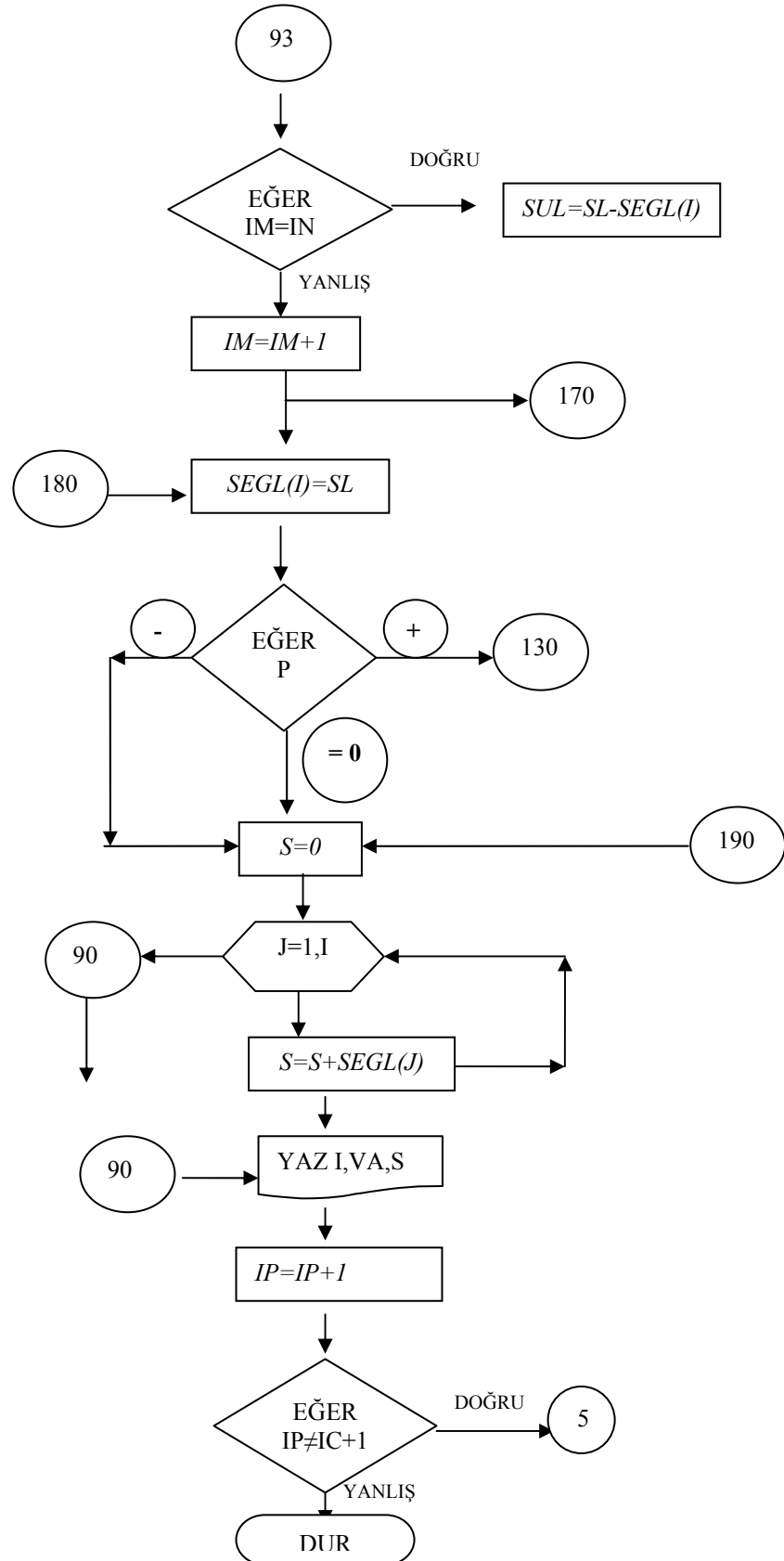
EK-3 (Devamı) Program BİEQ akış şeması devamı



EK-3 (Devamı) Program BİEQ akış şeması devamı



EK-3(Devamı) Program BİEQ akış şeması devamı



EK-4 Üzengili Çığ patikasına ait BIEQ programı sonuç dosyası

1 UZENGILI AVALANCHE CASE
0 INPUT DATA

SEGMT	ANGLE	SEGL	VSCSTY
1	30.1	189.4	0.0450
2	30.6	108.0	0.0450
3	33.7	181.1	0.0450
4	23.0	373.7	0.0450
5	13.7	143.0	0.0450
6	25.0	94.8	0.0450
7	13.0	176.6	0.0450
8	20.4	45.8	0.0450
9	13.4	382.5	0.0450
10	10.9	341.0	0.0700
11	6.2	91.5	0.0800
12	9.8	93.5	0.0900

0 SNOW DEPTH= 2.20
HIGT STRESS VISCSTY=0.0000
SEGMT MINI-LNGTH= 5.00
FRICTION COEF=0.060

0 RESULTS

SEGMT	VA	VB
1	0.00	13.15
2	13.15	24.87
3	24.87	30.71
4	30.17	25.24
5	24.90	19.02
6	19.02	23.45
7	22.94	17.07
8	17.07	19.12
9	18.97	15.64
10	15.62	9.51

V= 9.008
V= 8.546
V= 8.093
V= 7.647
V= 7.205
V= 6.763
V= 6.317
V= 5.859
V= 5.375
V= 4.844
V= 4.223
V= 3.414

EK-4 (Devamı) Üzengili Çığ patikasına ait BIEQ programı sonuç dosyası

$$V= 2.162$$

$$11 \quad 9.48 \quad \text{RUNOUT}= 2105.90$$

EK-5 Ironton park çığ hattının farklı programlar ile kıyası

ığ başlangıç kar kalınlığı (m)	Hat boyunca maksimum hız (m/s)			Hat boyunca aldığı mesafe (m)		
	AVALNCH	BIEQ	ACCEL	AVALNCH	BIEQ	ACCEL
2,0	42,0	39,2	42,9	980	970	975
1,5	27,8	27,4	-	800	810	-
1,0	13,0	15,4	-	710	720	-
0,5	-	-	-	-	-	-

EK-6. Kısmi hasarlı yapıların hasar hesabı

(1) Çatı yıkılmış, damı çökmüş, sol yan duvar yıkılmış bir yapı için hasar hesabı:

Oturma çatı yapılması = $331 \times 48,74 = 16.133,00$ TL

Dam Yapılması = $331 \times 40,44 = 13.386,00$ TL

Taş Duvar Yapılması = $10,0 \times 54,53 = 543,00$ TL

Çatı örtüsü = $331 \times 37,50 = 12.413,00$ TL

TOPLAM = 42.475,00 TL

(2) Çatı ve Dam çökmüş, arka duvarı yıkılmış bir yapı için hasar hesabı:

Oturma çatı yapılması = $285 \times 48,74 = 13.891,00$ TL

Dam Yapılması = $285 \times 40,44 = 11.525,00$ TL

Arka Duvar Yapılması = $11,0 \times 54,53 = 600,00$ TL

Çatı örtüsü = $285 \times 37,50 = 10.688,00$ TL

TOPLAM = 36.703,00 TL

(3) Çatısı yıkılmış bir yapı için hasar hesabı:

Oturma çatı yapılması = $269 \times 48,74 = 13.111,00$ TL

Çatı örtüsü = $269 \times 37,50 = 10.088,00$ TL

TOPLAM = 23.199,00 TL

(4) Çatısı ve damı yıkılmış bir yapı için hasar hesabı:

Oturma çatı yapılması = $353 \times 48,74 = 17.205,00$ TL

Dam yapılması = $353 \times 40,44 = 14.275,00$ TL

Çatı örtüsü = $353 \times 37,50 = 13.237,00$ TL

TOPLAM = 44.547,00 TL

EK-6 (Devamı) Kısmi hasarlı yapıların hasar hesabı

⁽⁵⁾ Çatısı yıkılmış bir yapı için hasar hesabı:

$$\begin{aligned}\text{Oturma çatı yapılması} &= 185 * 48,74 = 9.017,00 \text{ TL} \\ \text{Çatı örtüsü} &= 185 * 37,50 = 6.936,00 \text{ TL} \\ \textbf{TOPLAM} &= \textbf{15.953,00 TL}\end{aligned}$$

⁽⁶⁾ Üst katı yıkılmış bir yapı için hasar hesabı:

$$\begin{aligned}\text{Bir katın yapılması} &= 389 * 127 = 49.403,00 \text{ TL} \\ \textbf{TOPLAM} &= \textbf{49.403,00 TL}\end{aligned}$$

⁽⁷⁾ Çatısı ve damı yıkılmış bir yapı için hasar hesabı:

$$\begin{aligned}\text{Oturma çatı yapılması} &= 80 * 48,74 = 3.899,00 \text{ TL} \\ \text{Dam yapılması} &= 80 * 40,44 = 3.235,00 \text{ TL} \\ \text{Çatı örtüsü} &= 80 * 37,50 = 3.000,00 \text{ TL} \\ \textbf{TOPLAM} &= \textbf{10.134,00 TL}\end{aligned}$$

⁽⁸⁾ Çatısı 1/3 oranında yıkılmış bir yapı için hasar hesabı:

$$\begin{aligned}\text{Oturma çatı yapılması} &= \frac{157}{3} * 48,74 = 2.550,00 \text{ TL} \\ \text{Çatı örtüsü} &= \frac{157}{3} * 37,50 = 1.963,00 \text{ TL} \\ \textbf{TOPLAM} &= \textbf{4.513,00 TL}\end{aligned}$$

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DURAK, Ertuğrul
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 28.01.1967 Sarıkamış
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 335 00 65
e-mail : ertugruldurak @mynet.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Karadeniz Teknik Üniversitesi	1994
Lise	Atatürk Endüstri Meslek Lisesi	1984

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1994-	Bayındırlık Bakanlığı	Uzman

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Tenis, Bilgisayar teknolojileri, Basketbol