



TMMOB MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI
Madencilikte Çevre Yönetimi
Semineri

Afyonkarahisar – 12-13 Ocak 2012

Prof. Dr. Mahir VARDAR

- 1. Madencilikte Atık-Artık Sorunu
Çevresel Risk Değerlendirmesi**
- 2. Madencilikte
Çevre ve Açık Maden Ocaklarının Rehabilitasyonu**
- 3. Şevlerin Korunması ve Duraylamasında
Teknobiyolojik Uygulamalar**

Madencilik ve Çevre Girdileri

Bilgi
Görgü
Deneyim

Beceri
Yetenek
Sezgi

Yaşama bilinci ve sevinci

Yaratıcılık, yapıcılık, koruyuculuk

→ Değer, konfor, güven, keyif

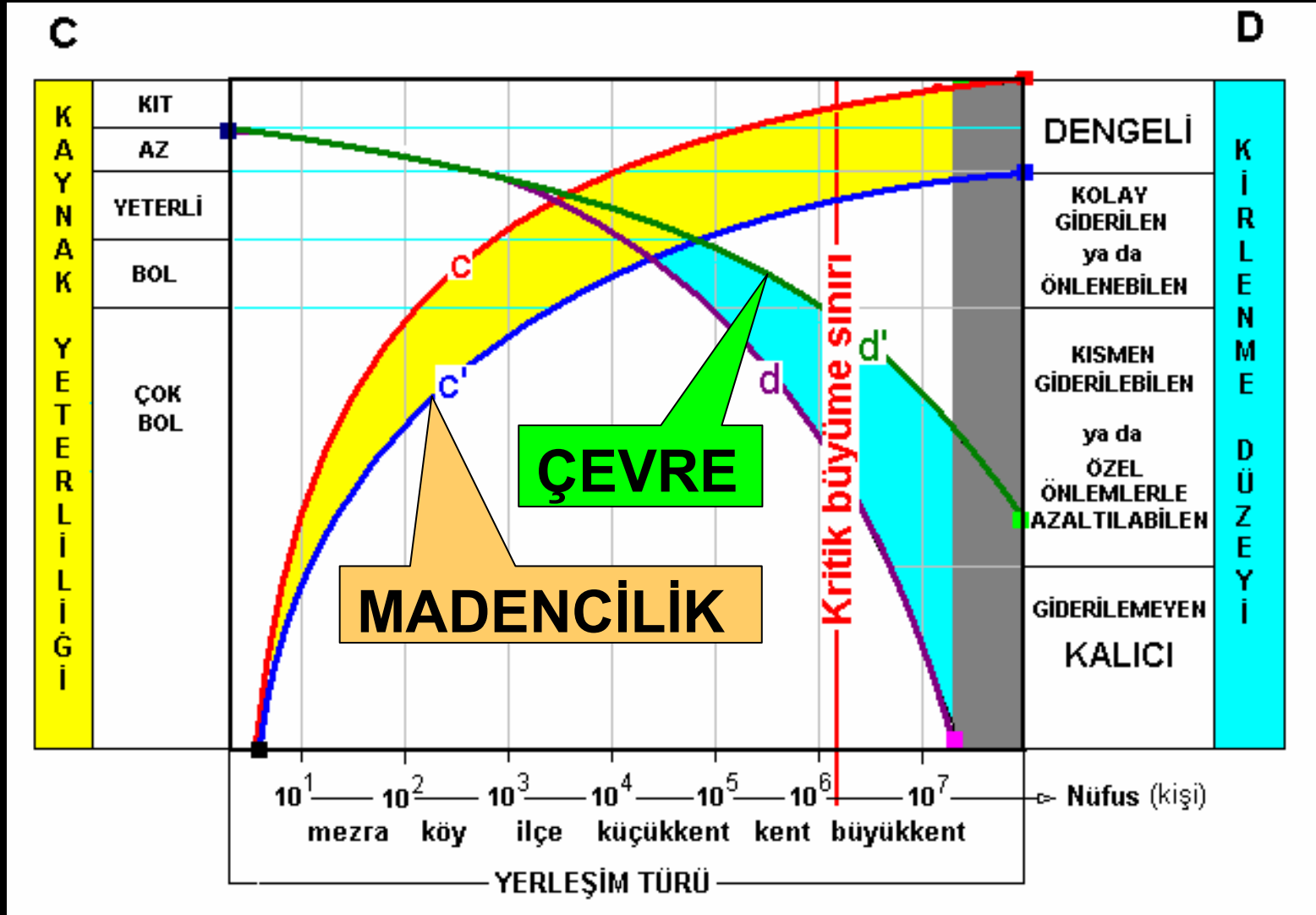


Sürdürülebilir Madencilik

- Her ögesiyle doğanın
- insanın ve insanlığın
- bulunulan ortamdaki koşul ve olanakların
- insan ve doğa yararına kullanılacak önlem, işlem, yöntem ve yönetimlerin

anlaşılmasına, tanınmasına ve bilinmesine dayalıdır.

Madencilik ve Çevre alanındaki Teknik girişimlerin hedefleri



Madencilik Faaliyetlerinde

- **ARAZİNİN KAZILMASI**
Malzeme alınması
- **MADENCİLİK ÇALIŞMALARI**
Ocaktaki işlemler
- **DEKAPAJ DOLGULARI**
Malzeme yığılması
- **TAŞIMA İŞLERİ**
Ocak dışı nakliyesi
- **ZENGİNLEŞTİRME VE İŞLEME ARTIKLARI**

Çevreyi etkiler, bozar ve değiştirir.



1. Konu



Madencilikte

Atık-Artık Sorunu

ÇEVRESEL RİSK DEĞERLENDİRMESİ



Prof. Dr. Mahir VARDAR

Madencilikte Çevre Yönetimi Semineri

Afyonkarahisar – 12-13 Ocak 2012

Konu

**Maden işletmelerini ve
Cevher Hazırlama Tesislerini
verimli ve sürdürülebilir madencilik
anlayışına göre çalıştırabilmek için
çevre kirlenmesine neden olabilen
atık ve artıkların denetimi
gerekmektedir.**



Madencilik ve Çevre Sorunu 1

Dekapaj, Pasa ve TES Külleri

Artan ihtiyaçlar ve gelişen teknoloji her geçen gün daha büyük miktarlarda madenin üretilmesine neden olmakta, bu da daha fazla dekapaj ve pasanın depolanmasını gerektirmektedir.

Termik Enerji Santrallerinin giderek büyümesi ve düşük kalorili, yüksek kül oranlı kömürlerin yakılması ile oluşan kül miktarı da hızla artmaktadır.



DÖKME ALANLARI
güvenli-çevre uyumlu depolama



Madencilik ve Çevre Sorunu 2

Cevher Hazırlama Tesisleri

Giderek daha düşük tenörlü cevherlerin işletilmesi nedeniyle daha fazla miktarda ve çok ince boyutlu atık ve artık malzeme oluşmaktadır.

Mineralojik bileşimi ve zenginleştirme sırasında kullanılan kimyasallar nedeniyle çevre sorunları yaratabilen atık malzemesi oluşmaktadır.



ATIK-ARTIK BARAJLARI
güvenli-çevre uyumlu depolama



Madencilik ve Çevre Sorunu 3

Taşocakları ve İşleme Artıkları

Giderek daha fazla bloktaş ve kırmataşın üretilmesi ve işletilmesi nedeniyle daha fazla doğa tahribatı olmakta ve pasa ve artık malzeme oluşmaktadır.

→ **RENOVASYON – İKİNCİL ÜRÜN**
güvenli-çevre uyumlu geri kazanma



Projede aranan Yeterlilikler

1. Jeoteknik Araştırmaların Yeterlilięi

Atık Barajı Projesinin geoteknik açıdan risk taşıma durumu irdelenirken, projedeki jeolojik girdilerin doğruluğu, gölet alanı ve dolayının mühendislik jeolojisi modelinin yeterliliği, ortamın geomekanik ve deprensellik parametrelerinin bulunuşu ve barajın gövde ve diğer sanat yapılarının ortama uygunluğu ayrı ayrı incelenmelidir.

Projenin önemi ve bugüne kadar olan gelişmeler dikkate alınarak işleme süreci ve sonrasındaki denetim olanaklarına bakılmalıdır.



Projede aranan Yeterlilikler

2. Göl Alanı ve Dolayının Jeolojik Modeli

Atık Barajı Projesinin risk taşıma durumu irdelenirken, projedeki jeolojik girdilerin doğruluğu, atık barajı ve gerekli sanat yapılarını etkiyebilecek tüm litolojik, yapısal ve tektonik veri ve bilgilerin güvenilirliği ve tartışılmış sonuçları kullanılarak ortamın köken, oluşum ve evrimini yansıtan genel jeolojik model kurulmuş olmalıdır.

Göl alanı ve dolayındaki anakaya, faylı, kırıklı, çatlaklı zonlar, alüviyal örtü sınırları ve malzemesi belirlenmiş olmalıdır.



Projede aranan Yeterlilikler

3. Mühendislik Jeolojisi Modeli

Tüm veri ve bilgiler Koordinat bağımlı belirlenmiş olmalıdır.

Araştırma aşamasında yamaç molozu yayılımı ve kalınlıkları, ayırık malzeme değişimi, anakaya dokunağı, ayrılmış zon kalınlıkları (sıyırma kazısı derinlikleri) yeterli duyarlıkta saptanmış olmalıdır.

Göl alanı ve gövde dolgusu dolayında heyelan, krip, kayma, göçme, erime, şişme, kabarma olayları ayrıntıda incelenmiş olmalıdır.



Projede aranan Yeterlilikler

4. Geomekanik ve Geodinamik Model

Yapı ve sızdırmazlık gereci olarak kullanılan kayaçların ve killerin davranışlarının belirlenmesi için yeterli sayıda kaya mekaniği ve malzeme deneyleri yapılmalıdır.

Dolguda kullanılan kayaçların mekanik-geoteknik parametreleri belirlenerek karşılıklı etkileşimleri dikkate alan boyutlandırmalar yapılmalıdır.

Deprem etkisi “statikçe eşdeğer deprem kuvveti” nin dikkate alınarak yapıldığı hesaplar kullanılarak irdelenmeli, gerektiğinde daha ayrıntılı hesaplar yapabilen nümerik yöntemler kullanılmalıdır.



Projede aranan Yeterlilikler

5. Geoteknik Yeterlilik

Dolgu-temel zemini, sanat yapıları, kazı, geçirimsizlik örtüsü, hesaplama ve boyutlandırma kriterleri açısından Barajın DSİ onayına uygunluğu sağlanmalıdır.

Baraj gövdesinin aşamalı olarak yükseltilmesini öngören güvenlik arttırıcı dizaynı, her aşamada duraylık sorunlarının oluşmasını engelleyici özellik, nitelikte ve risksiz olmalıdır.



Projede aranan Yeterlilikler

6. Denetlenebilirlik

Baraj gövdesinin (seddenin) duraylılığı röperlere bağlanmış özel gözlem ve okumalarla denetlenmelidir. Sızma olasılığı ise mansaptaki gözlem kuyularındaki su analizleri ile kontrol edilebilir.

Ancak atık çamuru içindeki parçacıkların tane boyutunun kil-silt mertebesinde olması prensip olarak çökeltme süreci içinde pekleşen ortamın giderek daha da geçirimsizleşmesine neden olur.

Yine de kanıt oluşturmak üzere; olası kaçakların izlenmesine dayalı denetim yöntemi en uygun olanıdır.



Atık Barajı Tasarımında Risk Etmenleri ve Gereken Çalışmalar



A. Taşkın Olasılığında Baraj Gövdesinin Hasar Görmesi

- Tesis alanına gelen yağış suyu ile maden sahasından gelen **kirlenmiş sular** doğrudan atık barajına verilir.
- Prensipte olarak beslenme havzasındaki **vadi ve yamaçlardan gelen sular** ise tesisin su ihtiyacını karşılamak üzere kullanılır ve ihtiyaç fazlası olan yüzey suları da kirlenmeden bir kuşaklama kanalı ile atık barajının mansabına aktarılarak akarsu yatağına verilir.



- 1000 yıllık yağış rejimi dikkate alınarak projelendirilen bu **kuşaklama kanalı** hidrolojik açıdan gerekli kapasitede olmalı, kusursuz hizmet verebilecek şekilde sürekli bakımı yapılmalıdır.
- Ayrıca baraj rezervuarında **2- 4 metrelik ek su depolama kapasitesinin** bulunması emniyet açısından zorunludur.
- Buna rağmen ek hacim ve kuşaklama kanalıyla birlikte ayrıca bir **dolusavak yapısı** kalıcı, güvenli bir sistem için kesinlikle gereklidir.

Baraj gövdesinin hasar görmemesi için taşkın olasılığının giderilmesi temel koşuldur.



B. Baraj Gövdesinin İnşa Kriterleri

Atık Barajları madenciliğin gerektirdiği bir inşaat işidir. Dolayısıyla tasarımı, hesabı ve yapımı su toplama yapıları kapsamındadır.

Türkiye’de, 20 metreden fazla sedde yükseklikli su toplama yapılarının idari izin ve denetimi, ilgili mevzuat gereği Devlet Su İşleri tarafından yapılmaktadır.

Atık Barajı, genelde madenin işletilmesi ve cevherin zenginleştirilmesi sırasındaki gelişmelere göre zamanla “**yükseltelen tip**”teki bir barajdır.



Atık Barajları üç farklı şekilde inşa edilebilir:

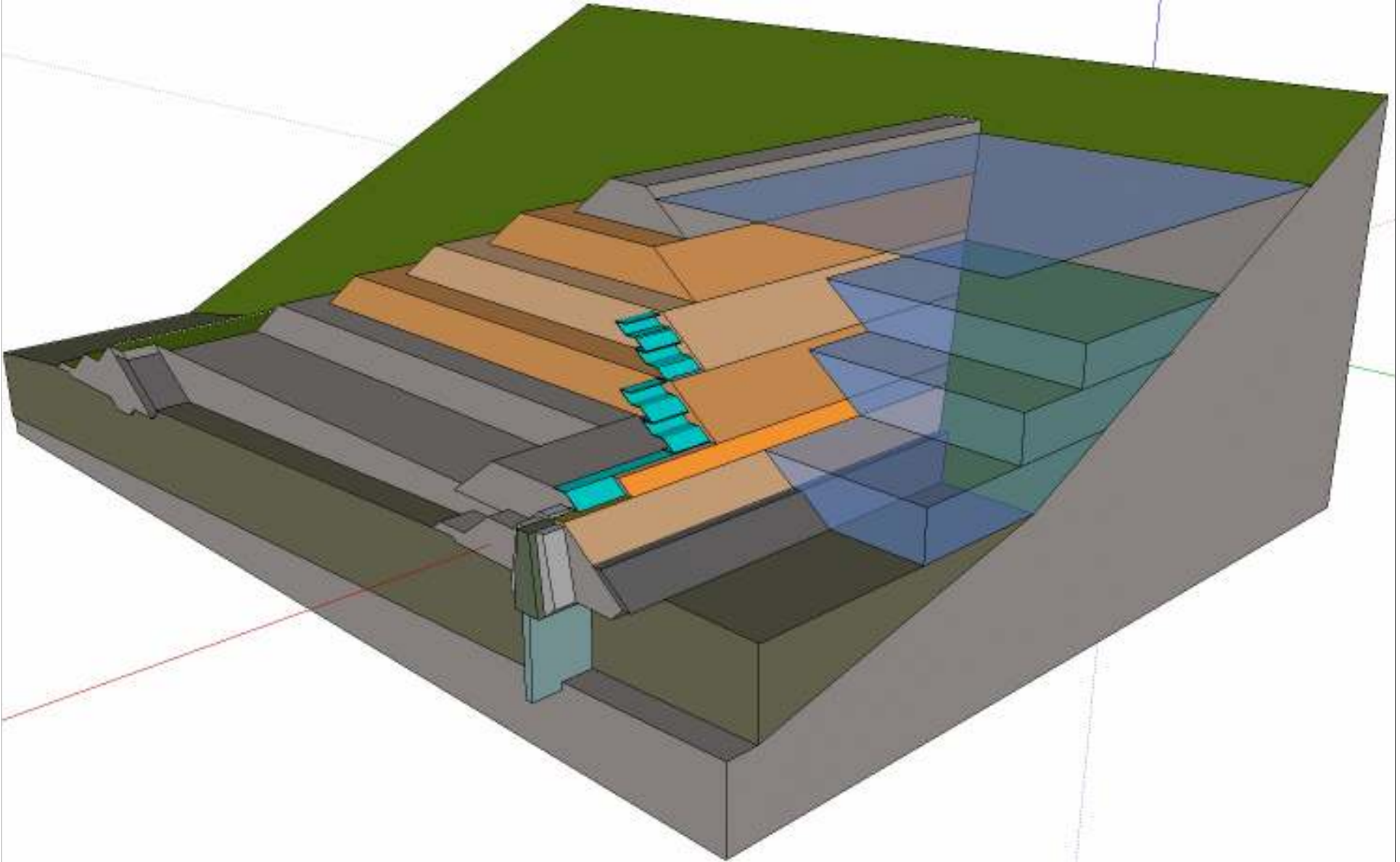
1. Önceden yapım
2. Aşamalı yapım (yükseltilen tip 1)
3. Sürekli yapım (yükseltilen tip 2)

- Atık Barajında işletme sonuna kadar su seviyesi ile baraj kreti arasında en az **2 metrelik emniyet payı** olmalıdır.
- Barajın yükseltme dolguları, geçirimsizlik kaplamaları, su alma ağızları ve kuşatma kanalı yapıları ilgili **standartlara uygun** olarak projelendirilir.

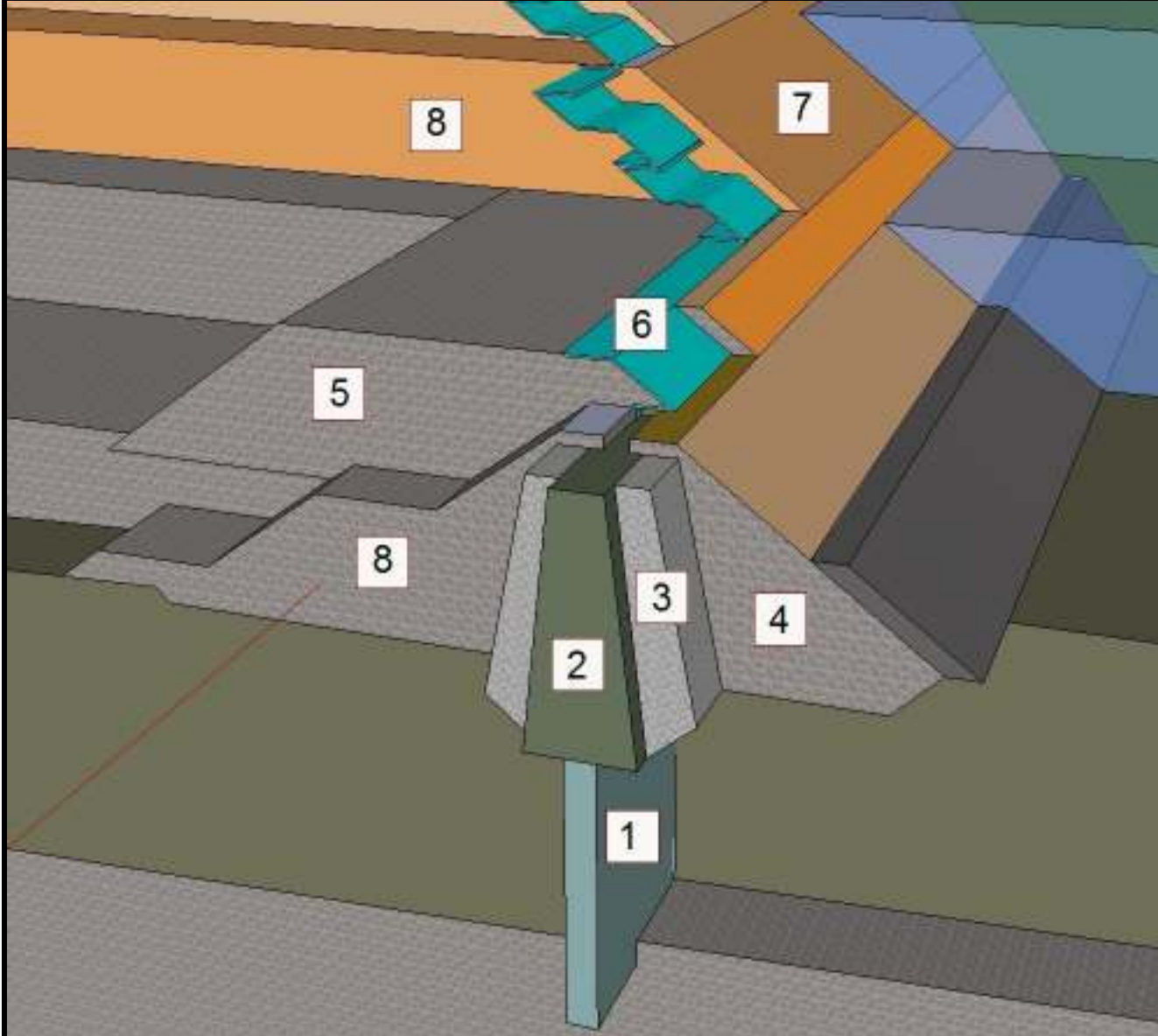
“Atık Baraj Gövdesi” yapımının her aşamasında **her koşuldaki kalıcı duraylığı sağlamak zorunda oluşuyla diğer barajlardan farklıdır.**



Yükseltlen Baraj



Yükseltilen Baraj İnşası



- 8 Dekapaj Dolgusu
- 7 Koruma Dolgusu-Toprak Dolgu
- 6 Geomembran
- 5 Yükseltilen Baraj Gövdesi
- 4 Kaya Dolgu
- 3 Filtre Dolgusu
- 2 Kil Çekirdek
- 1 Geçirimsizlik Perdesi



C. Atık Gölü Su Dengesi

Atık Gölü için hazırlanan su dengesi hesaplamaları, göle giren ve çıkan su bileşenleri ve miktarlarını dikkate alarak yapılır. Rezervuarda, tesiste kullanılmak üzere biriktirilen ve bu amaç için yeterli olan depolama hacmi oluşmalıdır.

Göl alanına yapılan tüm su beslemeleri, göl yüzeyine olan doğrudan yağışlar dışında, tümüyle denetlenir. Atık gölünden doğal ortama denetimsiz herhangi bir tehlikeli deşarj yapılamaz.

Su dengesi sürekli izlenir ve stabilitenin olumsuz etkilenmesine neden olabilecek kaçaklara izin verilmez.



D. Kapatma Sonrası Atık Barajında Su Yönetimi

Tesisin faaliyetlerinin sona ermesinden sonra, **rehabilitasyon** süreci başlar:

a.atık barajının yüzeyi buharlaşma ve alınan önlemlerle **kurutulur**,

b.atık malzemesinin üstü önce **geçirimsiz zon**, sonra da **filtre malzemesi** ile kapatılır,

c.erozyona karşı gerekli yüzey **drenaj önlemleri** alınır,

d.bitkisel **toprak** serilip **yeşillendirilir**.

Kapatma sonrasında **dolusavak yapısı ve kuşaklama kanalı bir taşkın önleme yapısı olarak görev yapacak şekilde bakımlı tutulur.**



E. Atık Barajı ve Gövde Dolgularının Dizaynı

- Atık barajı “Toprak-kaya dolgu” tipindedir.
- Gövde Dolgularında olabilirse **ocak sahasından çıkarılan malzemenin** kullanılması istenir. Bu malzemenin mekanik parametreleri ve özellikleri gövdenin tasarımını yönlendirir.
- Eğer “**Yükseltelen Baraj Tipi**” öngörülmüşse 3 farklı yapım tekniği uygulanabilir:
 - 1.Memba dolgulu (Atık Çamuru üzerinde yükseltilir)
 - 2.Mansap dolgulu (Kontrollü Dolgu üzerinde yükseltilir)
 - 3.Memba ve mansap dolgulu (Hem Atık Çamuru hem de Kontrollü Dolgu üzerinde yükseltilir)



- **Atık barajının mansap ve memba şevlerinin eğimleri dolguların membada ya da mansapta olmalarına göre de belirlenir.**
- **40 metreyi aşan yükseklikteki baraj gövdelerinin çamur üzerinde (memba) yükseltilmesi özel önlemler alınmadıkça sakıncalıdır.**
- **Atık barajının mansap dolgusunu güçlendirmek üzere, genelde etek önünde geniş palyeli düşük eğimli bir destek dolgusu yapılır.**
- **Bu dolgu, duraylılığı kanıtlanmış olan mevcut baraj gövdesini, ek yüklerle karşı güvenceye almak ve rekreasyon ve rekültivasyon çalışmalarına hazırlamak üzere tasarlanır.**



F. Gövdenin Statik ve Dinamik Duraylığı

- Barajın yükseltme dolguları DSI baraj dizayn kriterleri kapsamında, statik ve dinamik yükleme koşullarına göre projelendirilir.

Statik güvenliđin enaz 1,5
Dinamik güvenliđin enaz 1,1

olması gerekir.

•



- Barajın yapım türü ne olursa olsun, **başlangıçta temel kayacı üzerine oturtulan** tam geçirimsiz ve hiçbir noktada zemin emniyet gerilmelerinin üzerine çıkılmayan, **tam güvenli bir çekirdek barajın** imalatı zorunludur.
- İnşaat aşamasının tamamlandığı üst kota gelindiğinde, gölet içindeki çamur boşluk suyunun drenajı sonucunda büyük ölçüde konsolide olmakta ve memba destek dolgusuna dönüşerek duraylılığı arttırmaktadır.



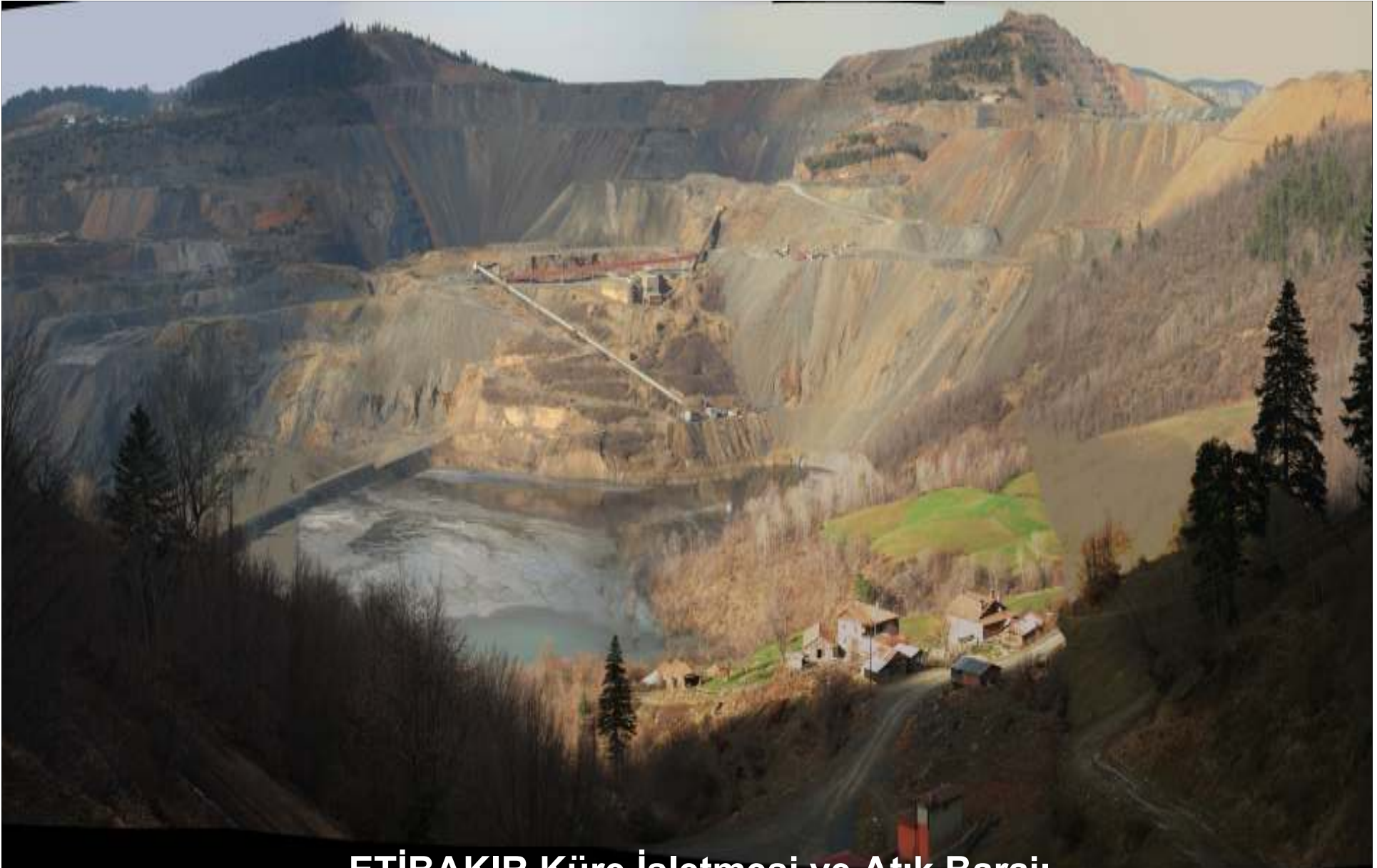
G. Atık Barajının Sızdırmazlığı

- Atık çamuru depolanmaya başlamadan önce her yönüyle geçirimsizliği sağlanmış, yamaç, akarsu yatağı ve dolgu gövdesinden kaçağı bulunmayan tam güvenli bir çekirdek barajın yapılması zorunludur.
- Daha sonra, yükseltilecek olan memba şevleri, alttan üste doğru, geçirimsizliği sağlayan kil tabakası ya da enaz 1,5 mm kalınlığında, permeabilitesi 10^{-10} cm/s mertebesinde olan yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) vbg. jeomembran ile kaplanır. Membrandaki uzamalar DIN 16726 ya göre tahkik edilir.
- Membran 20 cm kalınlığında çakıl döşeli bir filtre örtüsü ile korunur ve bunun üstüne toprak-kaya dolgu yerleştirilir.



- Barajın dolgu şevlerini zamanla örten ince taneli atık çökelleri sıkışarak bir **geçirimsizlik tabakası** oluşturur. Böylece suyun gövde içine sızmasını ve boşluk suyu basıncının oluşmasını büyük ölçüde engeller. **Dolgunun duraylılığı artar.**
- Sonuçta ocak dışında kullanılabilen yeraltı sularının yeraltından sızmaya bağlı kirletilmesi de önlenmiş olur.
- Bu durum baraj gövdesi içinde, mansap yamaçlarına ve akarsu yatağına yerleştirilen **gözlem kuyuları** ile denetlenir.



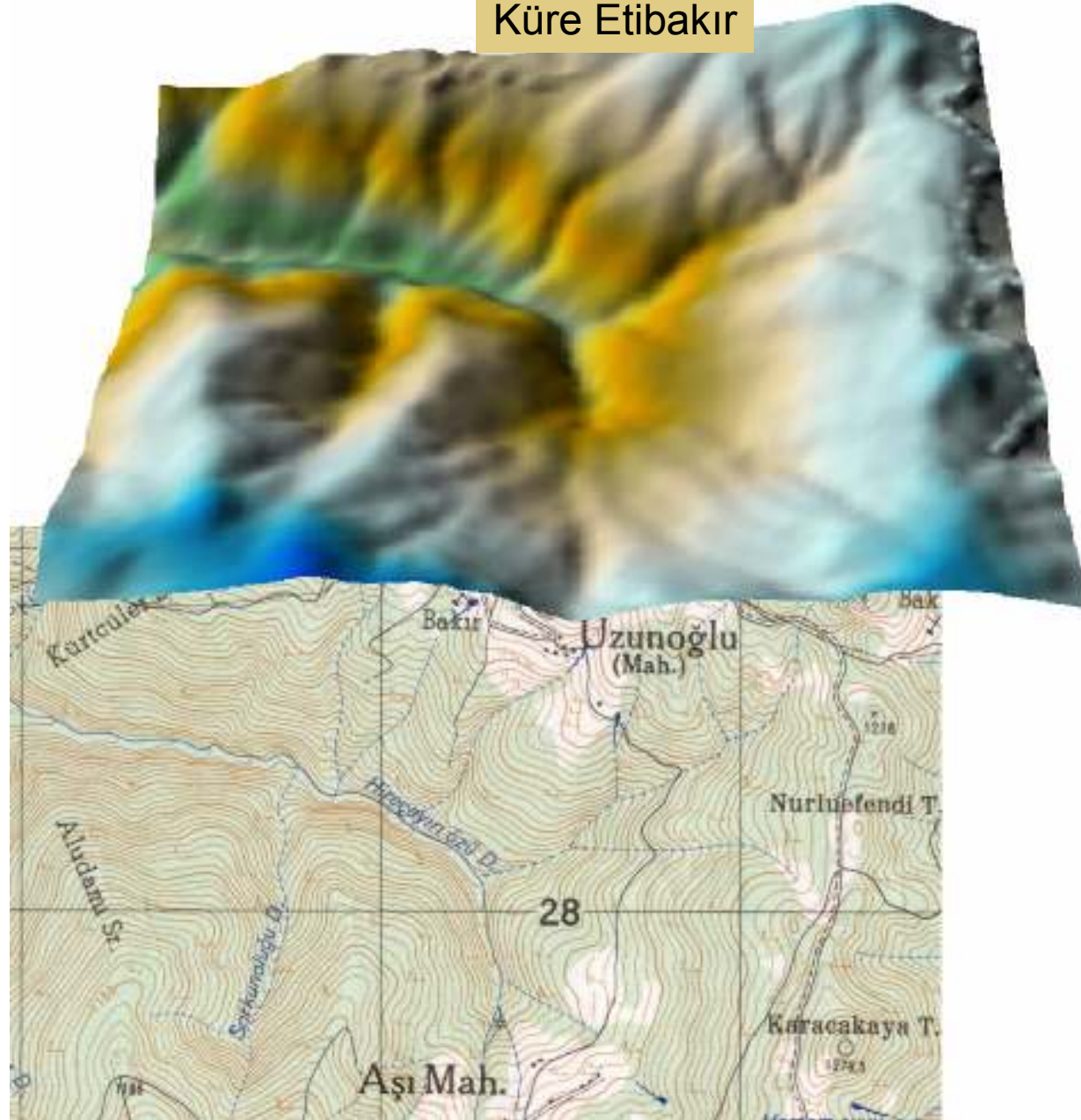


ETİBAKIR Küre İşletmesi ve Atık Barajı Genel Görünümü



Madencilikte Atık-Artık Sorunu ve Çevresel Risk Değerlendirmesi- Prof. Dr. Mahir Vardar - İTÜ MJKM – 12-13 Ocak 2012

Küre Etibakır



Problem

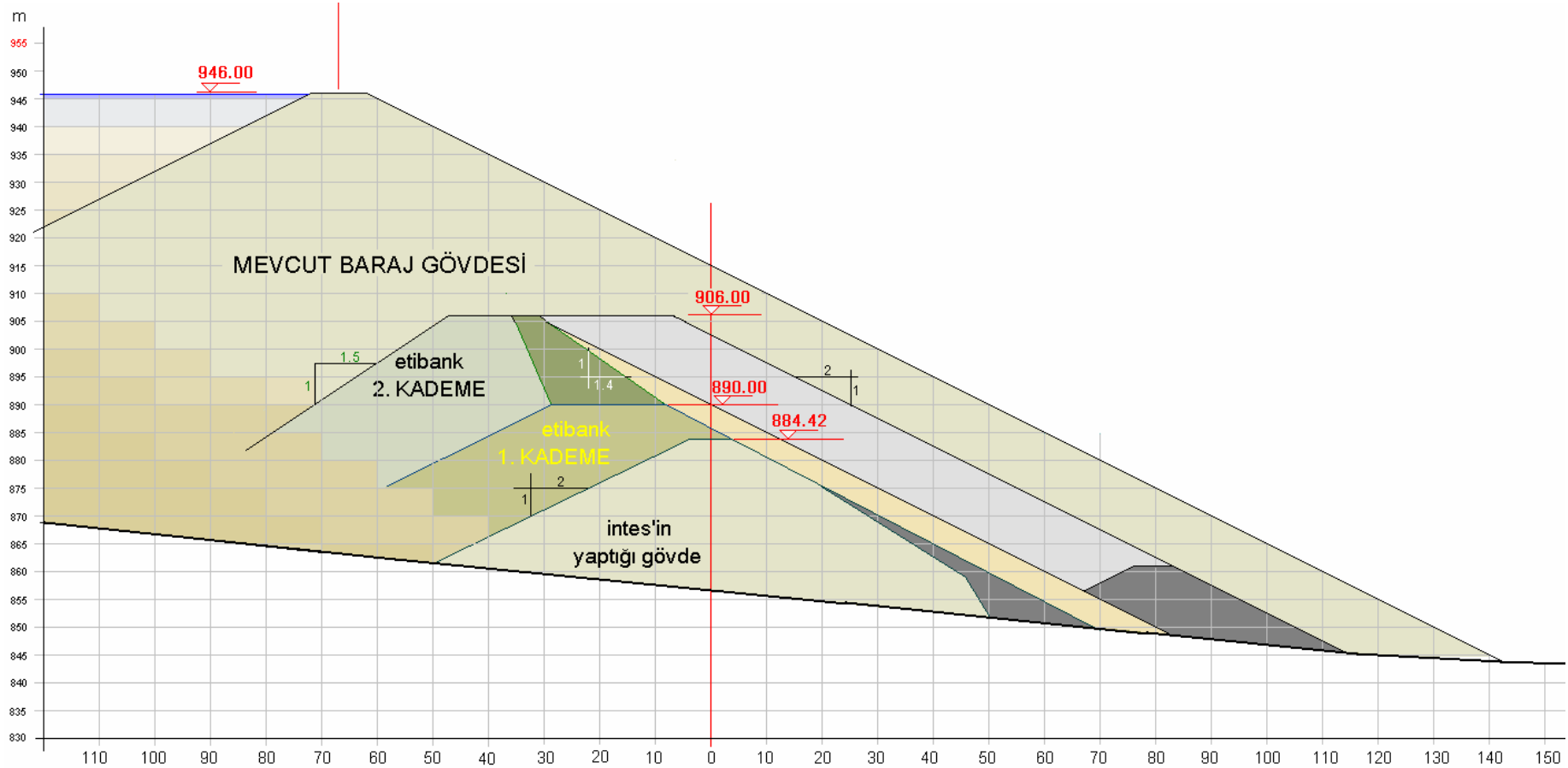
Düşük tenörlü cevherin zenginleştirilmesi sırasında fazla miktarda, çok ince boyutlu atık malzemesi oluşmaktadır.



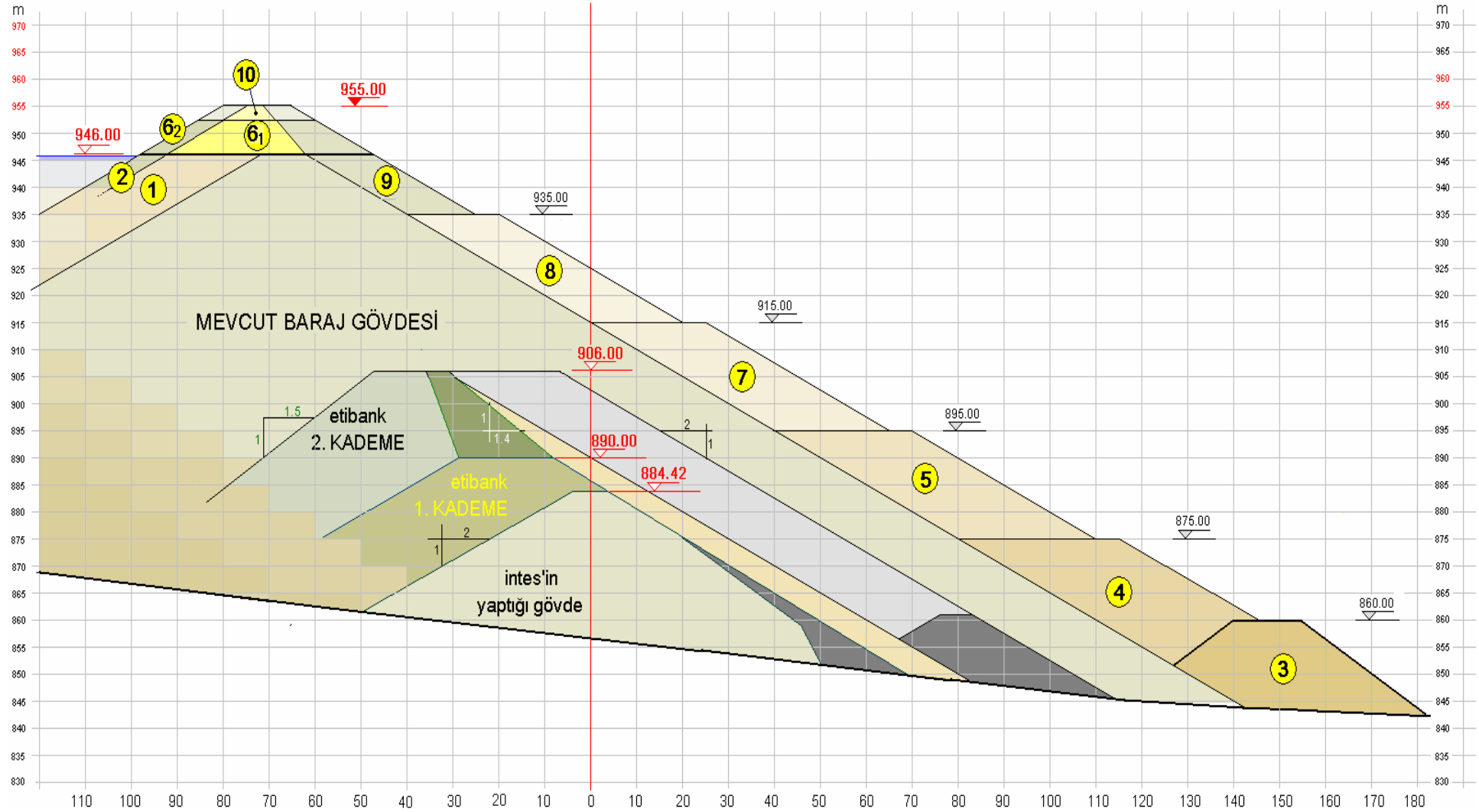
Mevcut Atık Barajı ve Atık Beslemesi



Küre Atık Barajı İşletmenin atık depolama ihtiyacını karşılayacak şekilde zaman içinde pek çok kez yükseltilmiştir.



Küre Atık Barajı son yükseltmelerle aşamalı olarak önce 955 ve son olarak da 968 kotlarına ulaşmıştır.



Problem

İşletmenin kuruluşundan bu yana atığın depolandığı baraj hacminin üretilecek olan yeni atıklar için yetersiz kalmasıdır



Amaç ve Hedef

Amaç

İstenilen atık kapasitesi için buradaki atık barajını ihtiyacı karşılamak üzere çevre uyumlu ve denetlenebilir şekilde büyütme ve geliştirmektir.

Ana Hedef

İşletmenin atık sorununa

- sürdürülebilir madencilik anlayışıyla,
- üretim hedeflerini engellemeden ve
- rehabilitasyon ve yenilenme çalışmalarına yön verecek şekilde,
- en kısa sürede,
- en güvenli ve ekonomik çözümü geliştirmektir.

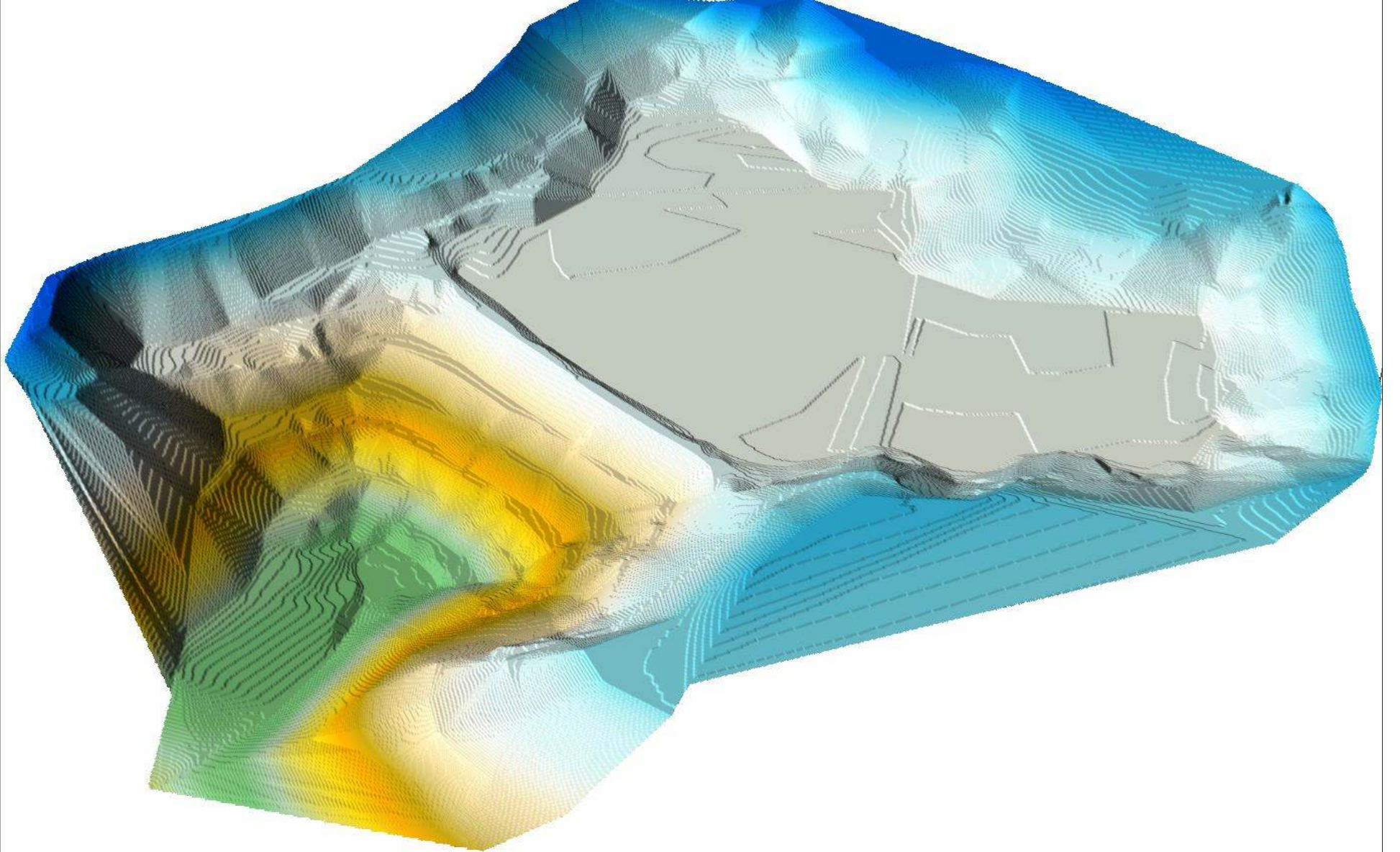


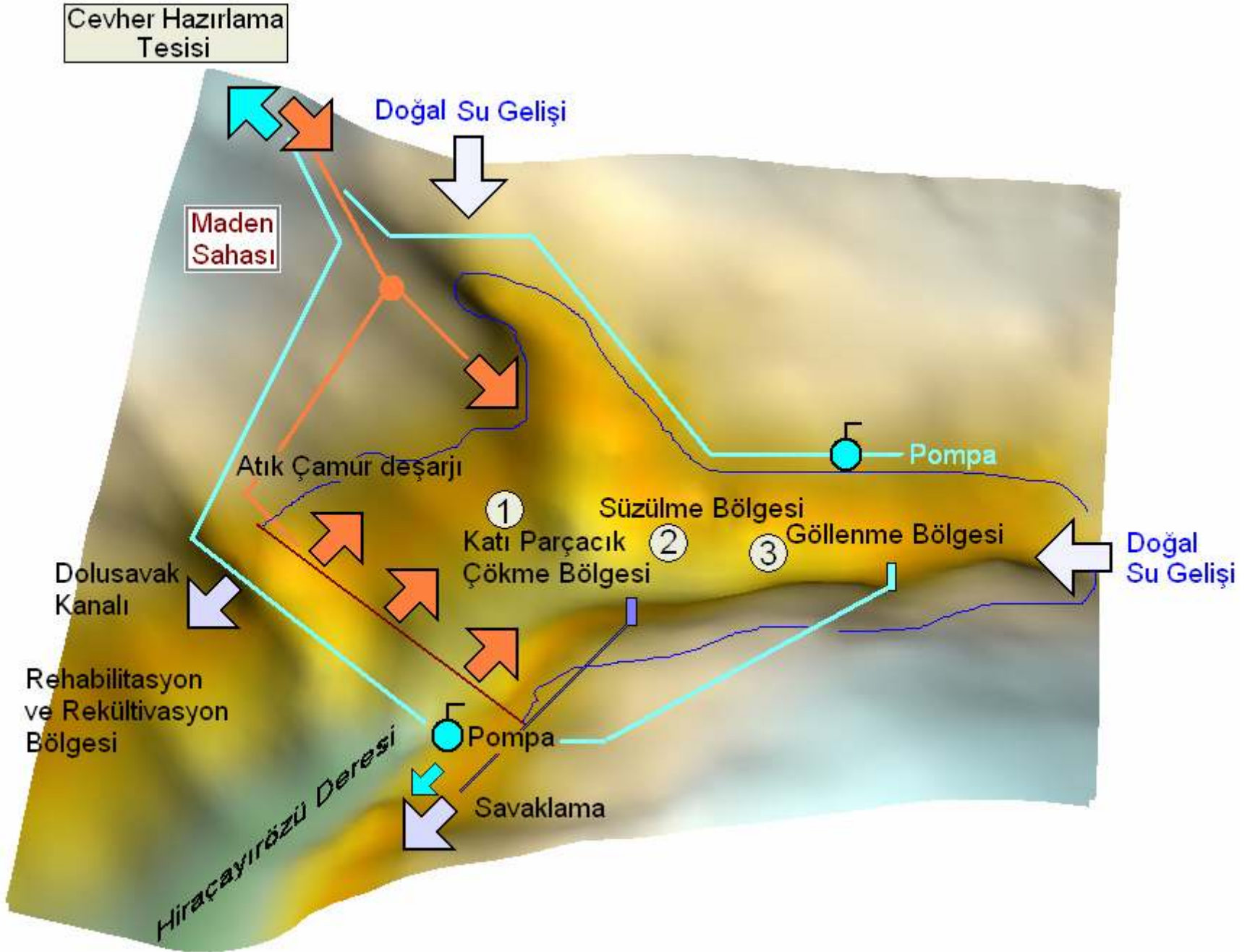
İlkeler

1. Tüm Madencilik çalışmalarının olabildiğince maden ruhsat sahası içinde gerçekleştirilmesi
2. Doğal kaynakların tutumlu ve gerektiğince kullanılması
3. Çevre uyumlu, sürdürülebilir madencilik yapılması
4. Ocak yeri ve dolayındaki rehabilitasyon çalışmalarının madencilik faaliyetleri ile birlikte programlı şekilde sürdürülmesi
5. Bölgede kalıcı ve nitelikli yeni sosyoekonomik olanakların ve koşulların yaratılması
6. Bu amaçla bilgili, görgülü ve deneyimli uzmanlardan destek alınması

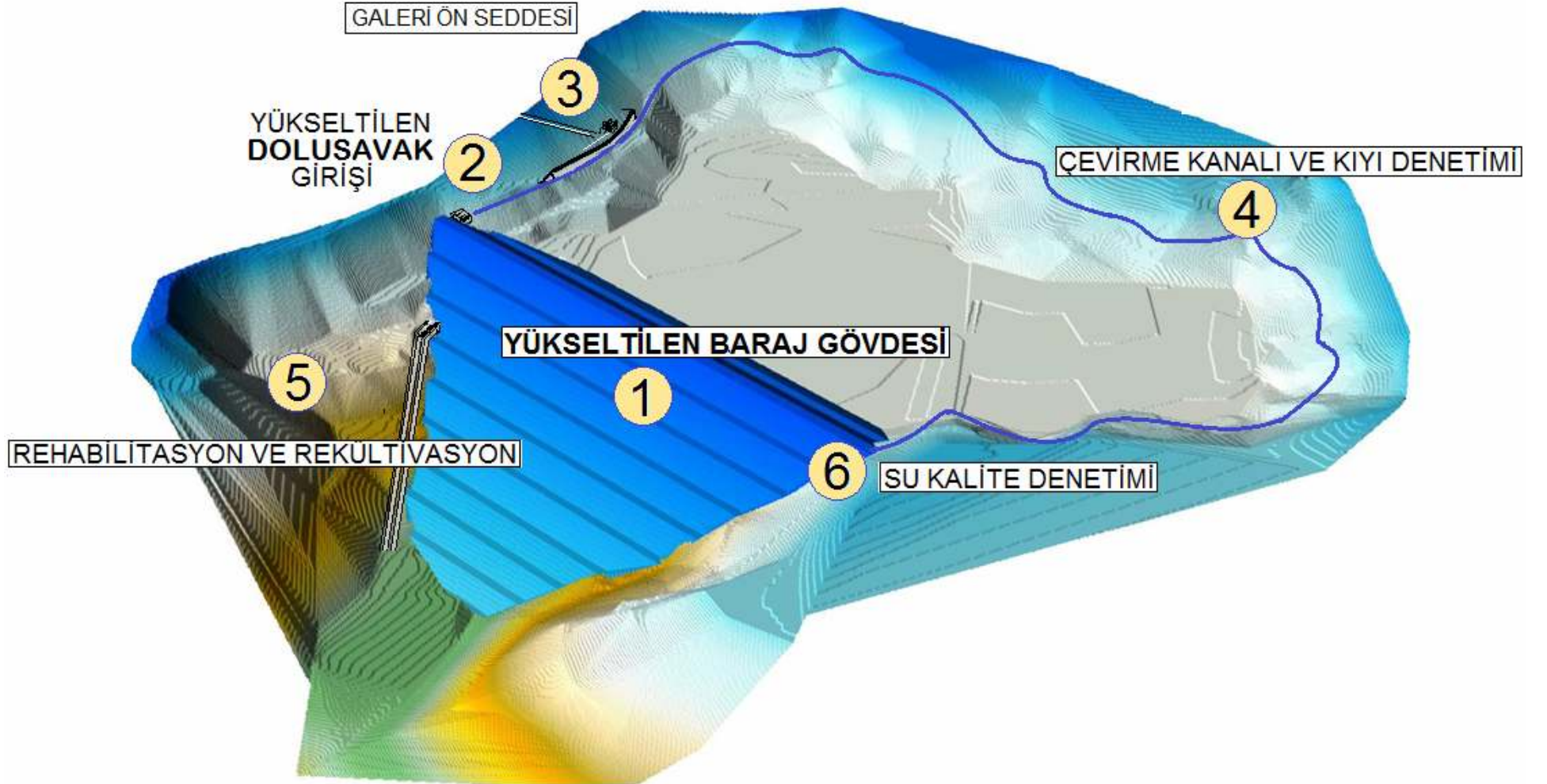


Mevcut Atık Barajı ve Göleti





+994 kotuna kadar yükseltilmiş Atık Barajı ve Göleti

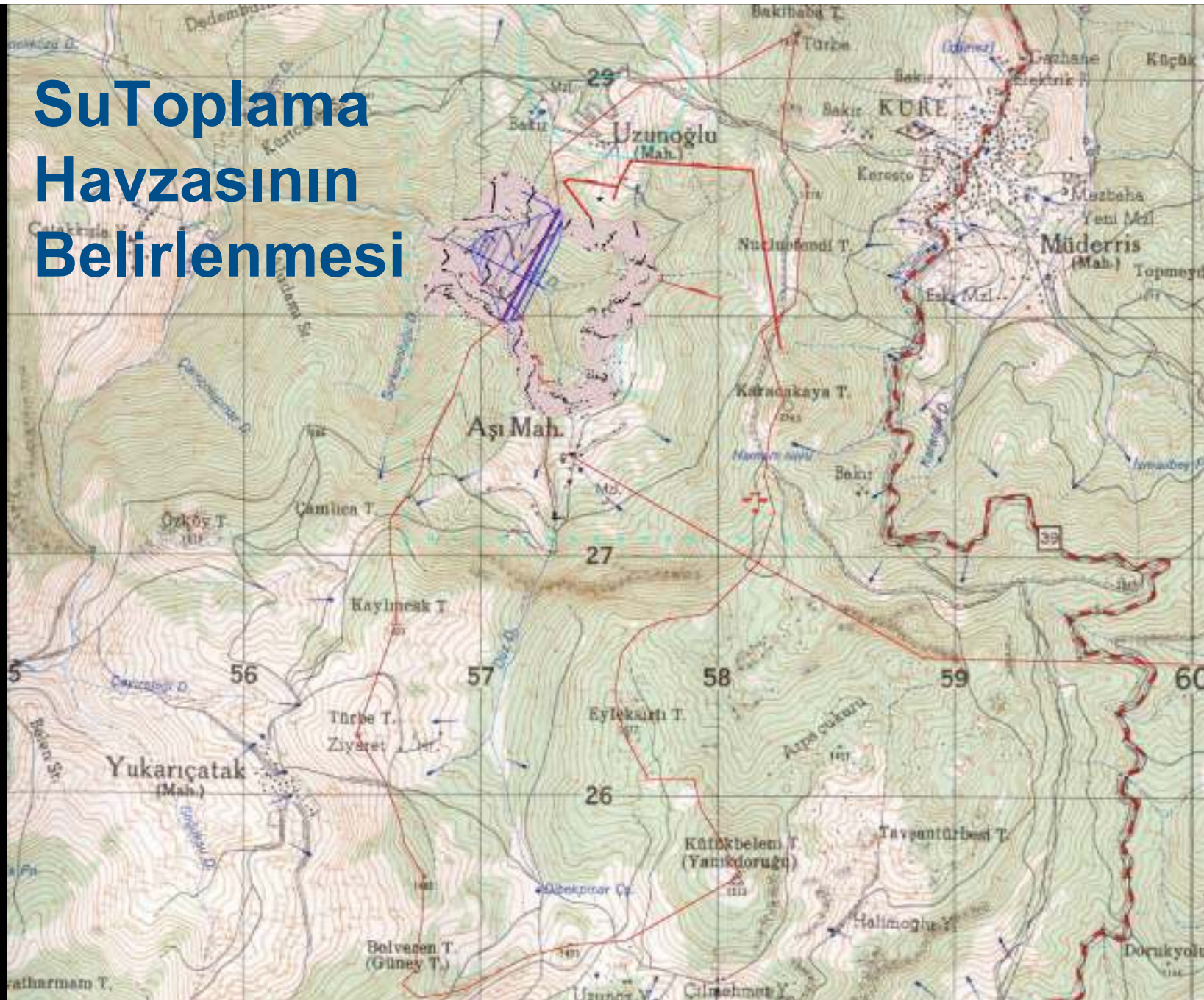


Görev ve Çalışma konuları

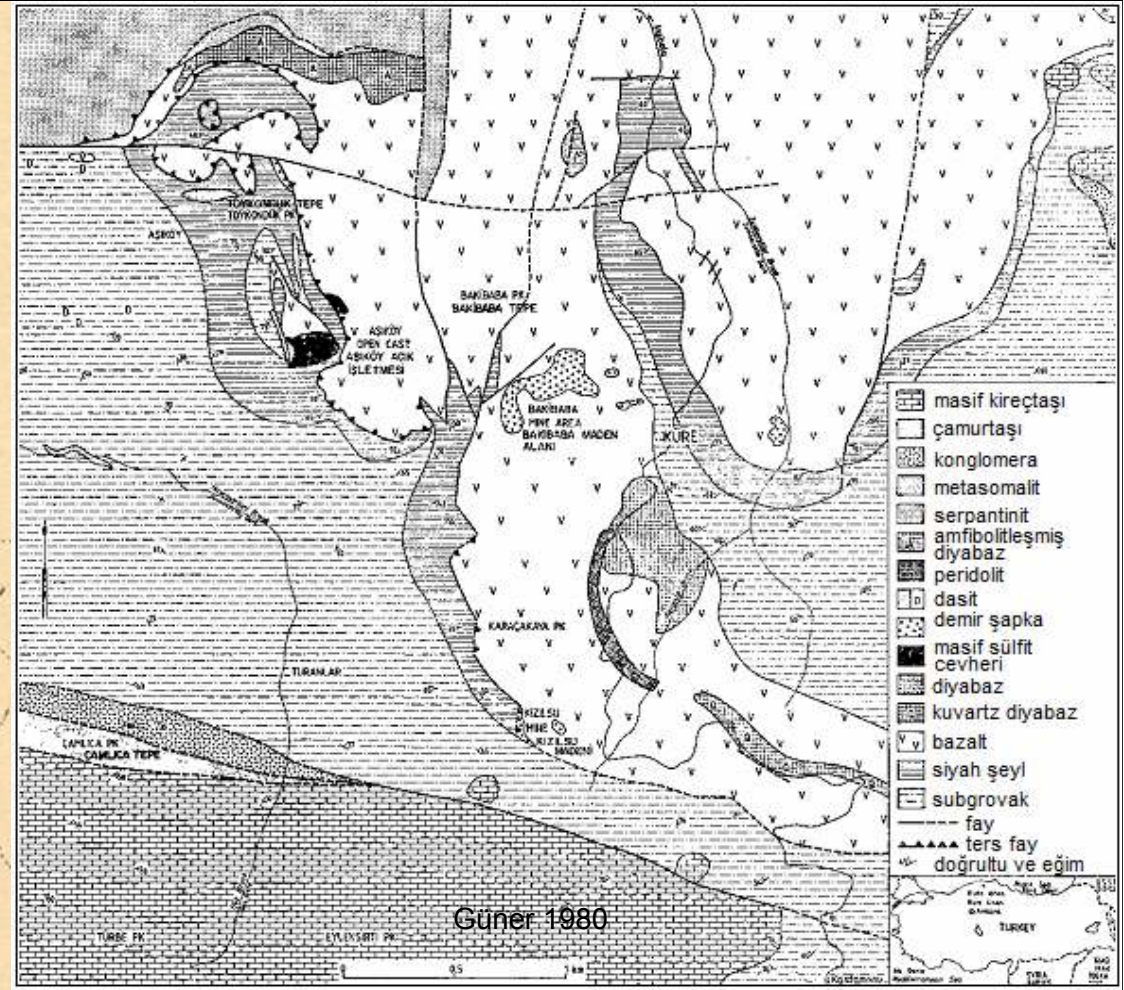
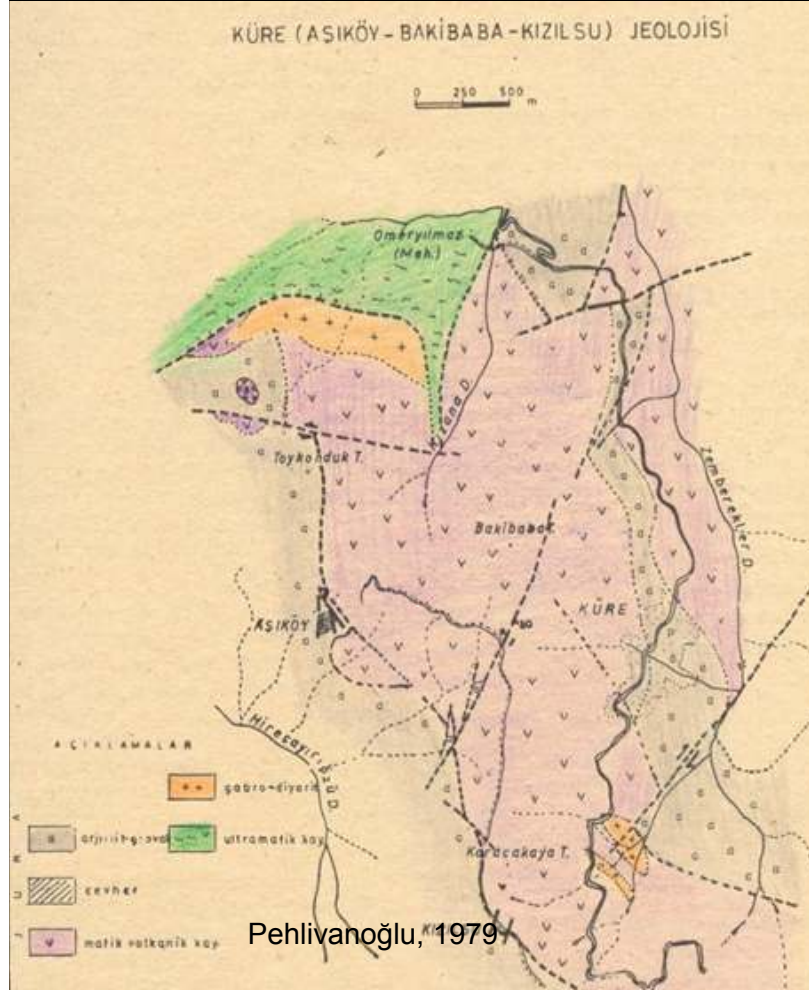
1. Mevcut atık “**barajın yükseltilerek kullanımının sürdürülmesi**” ile ilgili projelendirme önerisinin hazırlanması ve atık suyun yeraltına karışmaması konusunda önlemlerin geliştirilmesi,
2. Taşkın debisine uygun “**savaklama sisteminin geliştirilmesi**”,
3. Yeraltı **ocak girişini göl suyunun basmaması için yapısal önlemlerin belirlenmesi**, ocağa su sızmasının önlenmesi.
4. Atık göletine **temiz su girişinin denetlenmesi** ve temiz su toplama ve drenaj sisteminin kurulması,
5. Atık barajından **kirli su deşarjının önlenmesi** ve deşarj suyunun kalitesinin sürekli kontrol altında tutulacağı bir **izleme istasyonu** oluşturulması
6. İşletme sürecinde **rehabilitasyon ve rekültivasyon çalışmalarının** üretimle birlikte yürütülmesi



Su Toplama Havzasının Belirlenmesi

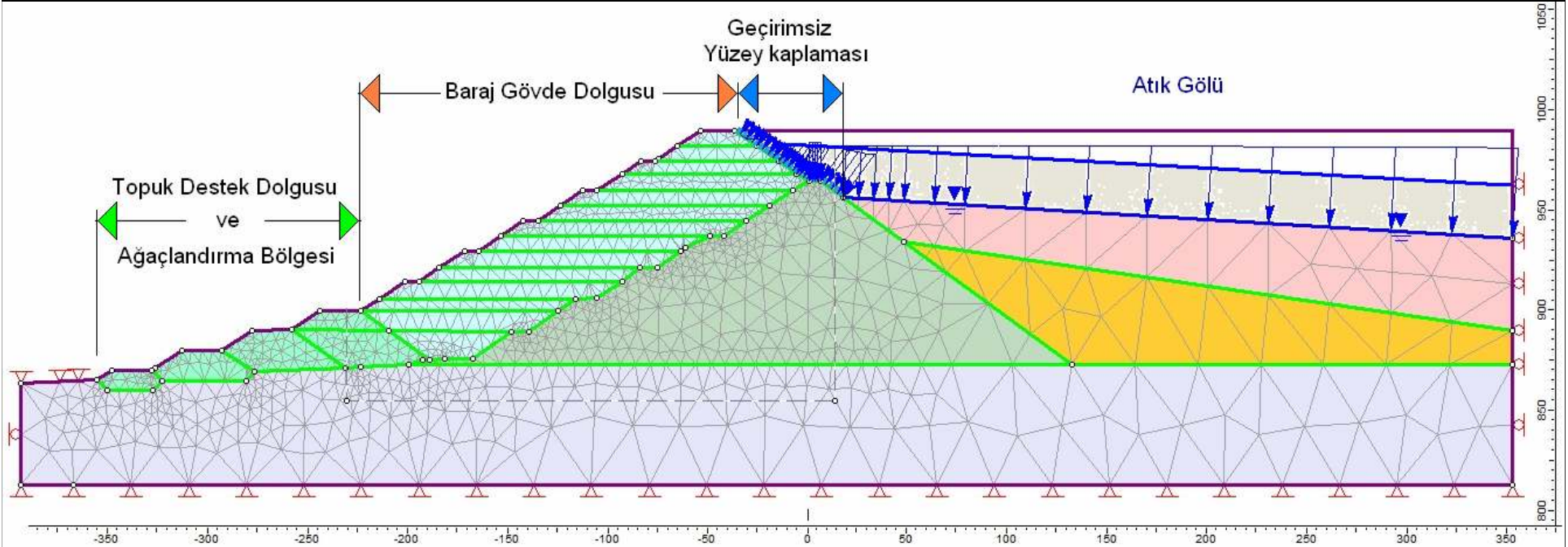


Jeolojik-Hidrojeolojik Durum ve Koşullar



Mansapta Yükselen Gövde

6,6 Mio m³



Yükselen Baraj Gövdesi İmalatı

25 m yükseltilecek olan Gövde mansap tarafında aşağıdan yukarıya doğru imal edilecektir.

Topukta sağlam bir destek yapısı gereklidir. Bunun için mansapta 9 m derinliğinde 78 m uzunluğunda topuk temel kazısı yapılacaktır.

Topuk destek yapısı 4 palyelidir. İmalat, en düşük kottan başlayacak ve aşağıdan yukarıya doğru yapılacaktır. Palye yükseklikleri 10 ar metredir.

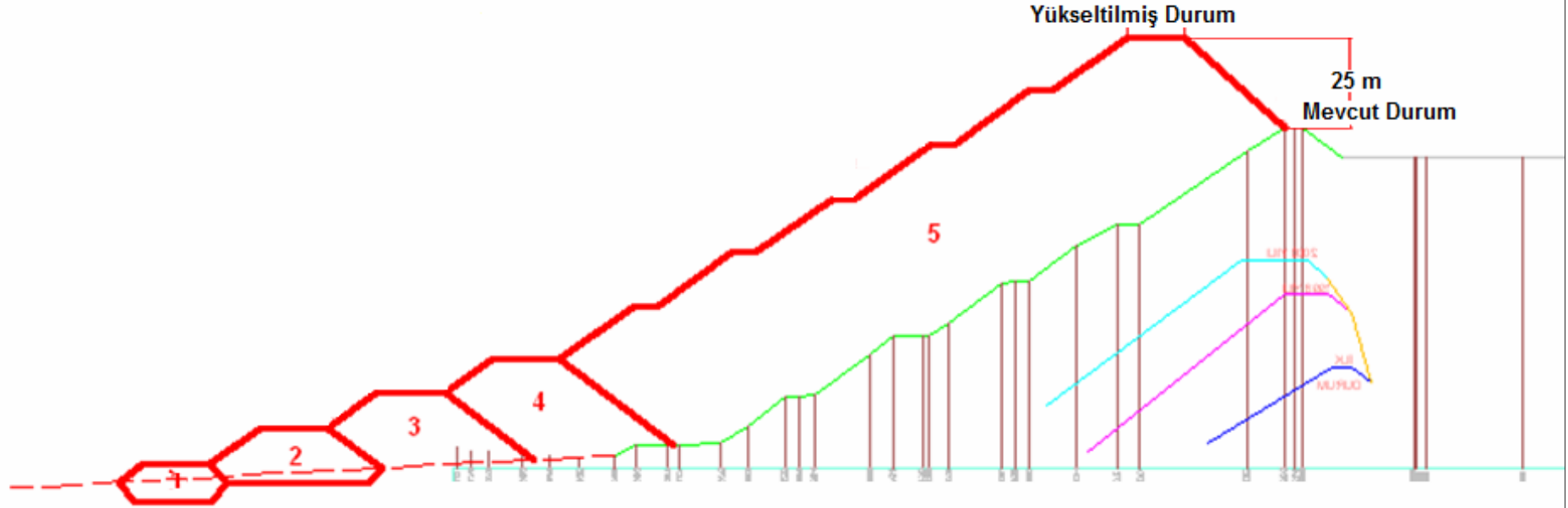
Yükseltme dolgusunun basamakları 7 m genişliğindedir. Palye şevleri 2/3 dir.

Yeni gövde eksenini, mevcut gövde ekseninin mansabındadır.

Mevcut kretin üzerinde yükselen gövdenin memba kısmı taşkın emniyeti-sızdırmazlık sağlanması için geomembran ile kaplanacaktır.



Yeni gövdenin imalatı

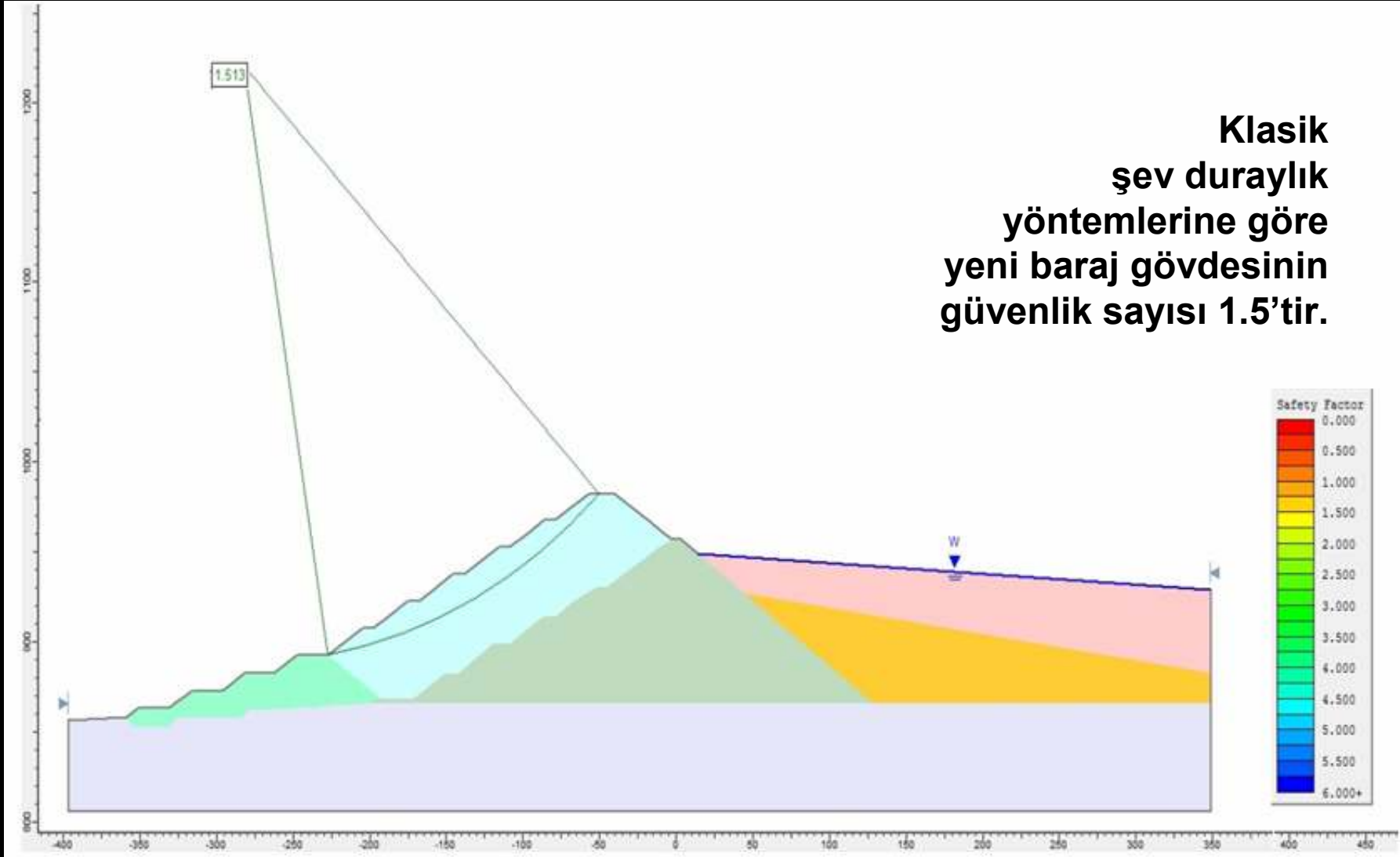


1. Tüm bu işlemler öncesinde temellendirmede sıyırma kazısı yapılacaktır.
2. Taban drenajı (sızmaya karşı tabandan itibaren drenaj) yapılacaktır.
3. Granülometresi uygun malzeme kullanılacak, sıkıştırma işlemleri denetlenecektir.
4. Dolgu malzemesi topukların yapılmasından sonra alttan üste doğru tabakalar halinde serilecektir.
5. Yapımı tamamlanan kesimler vakit geçirmeksizin bitkisel toprak ile kaplanıp ağaçlandırılacaktır.



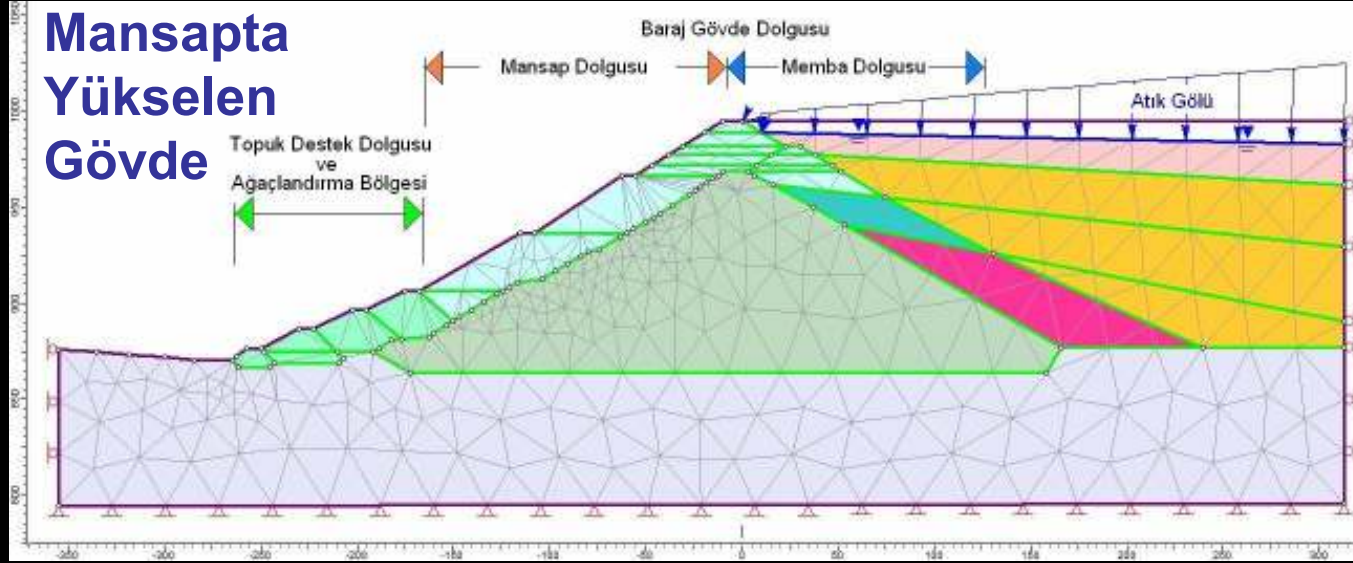
Güvenlik Sayısı

Klasik
şev duraylık
yöntemlerine göre
yeni baraj gövdesinin
güvenlik sayısı 1.5'tir.

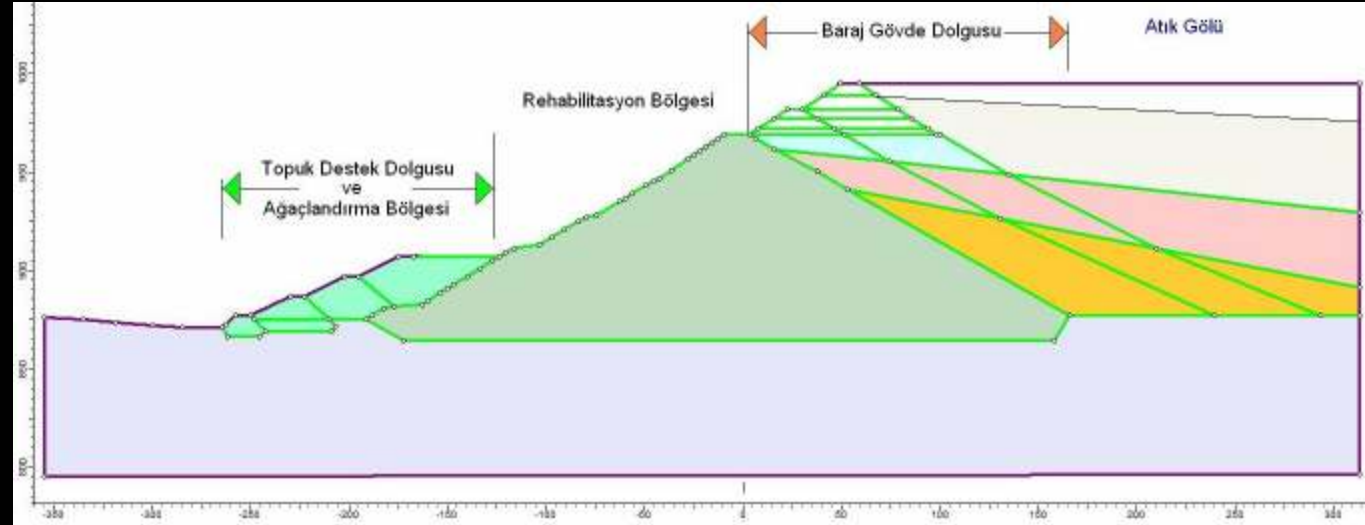


Diğer Seçenekler

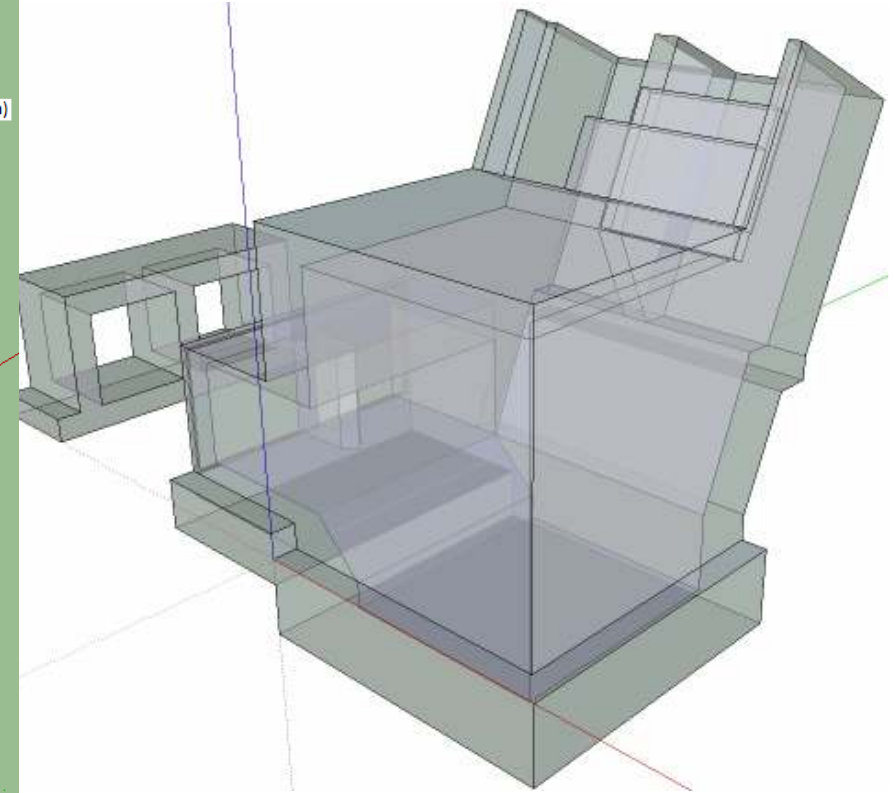
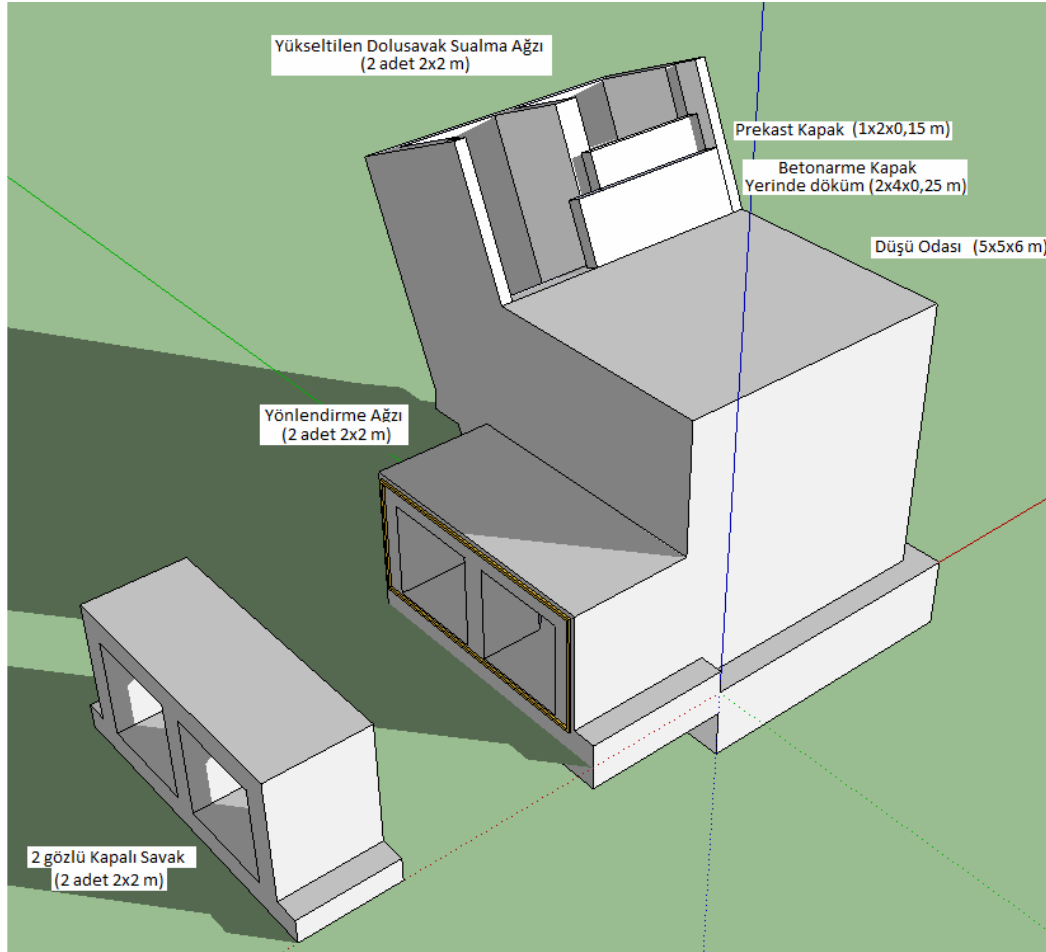
Memba ve
Mansapta
Yükselen
Gövde



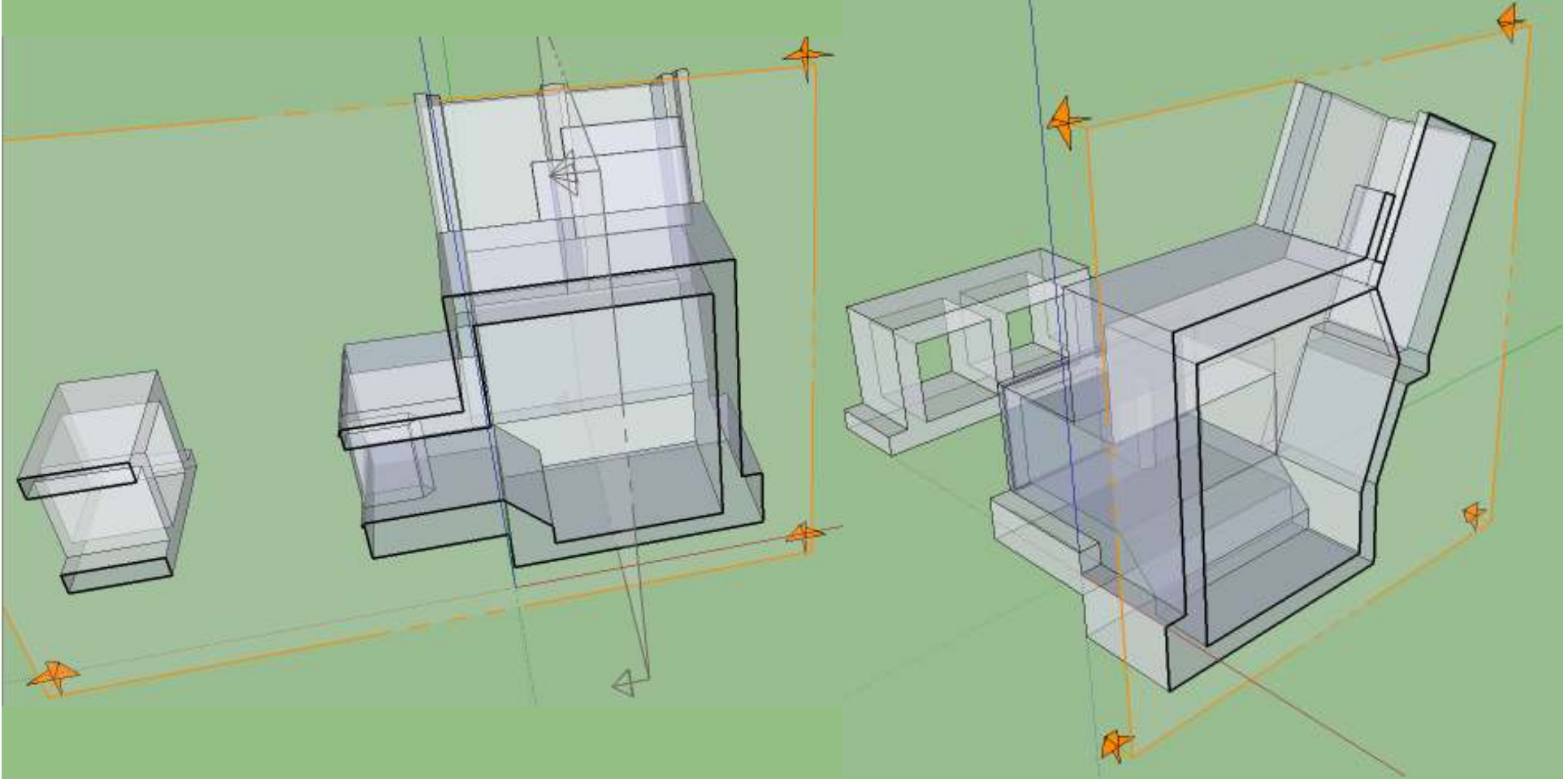
Memba
Yükselen
Gövde



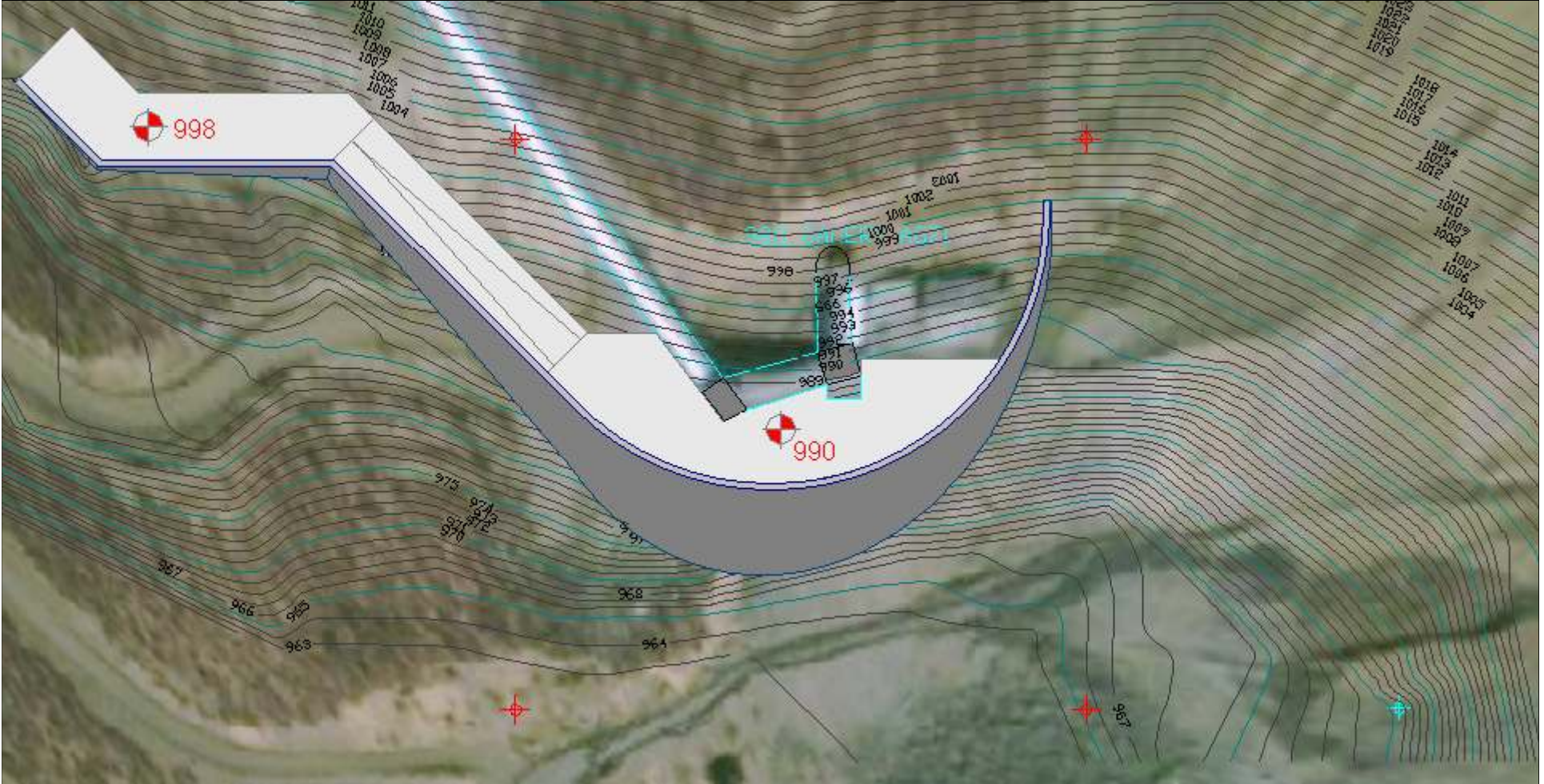
Dolusavak Yapısı

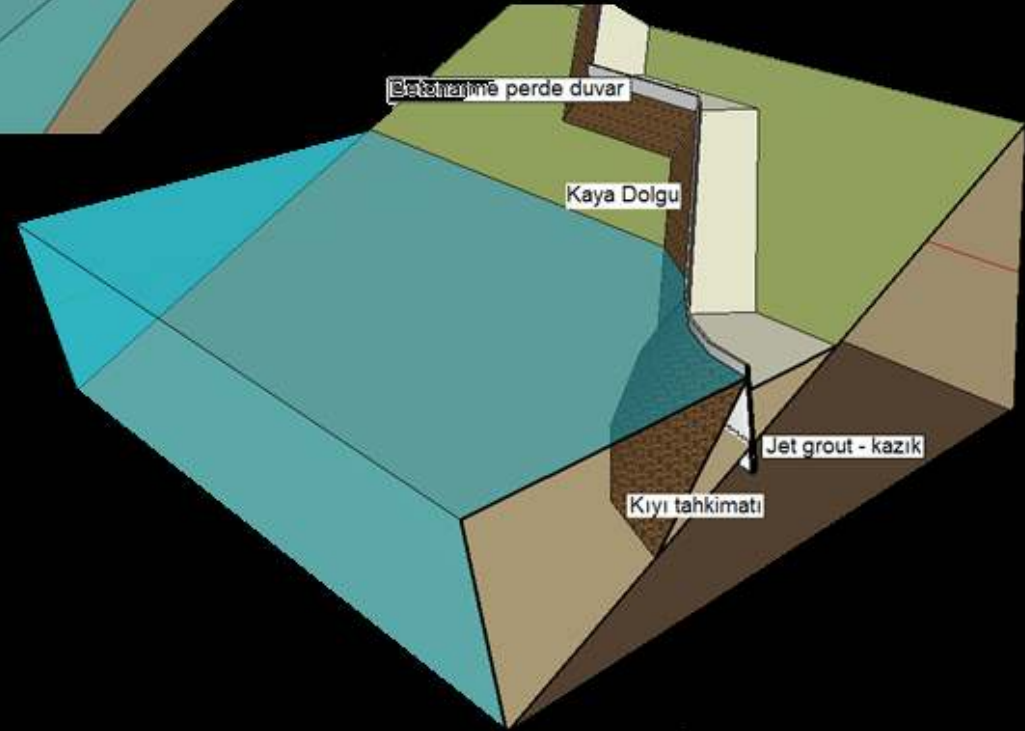
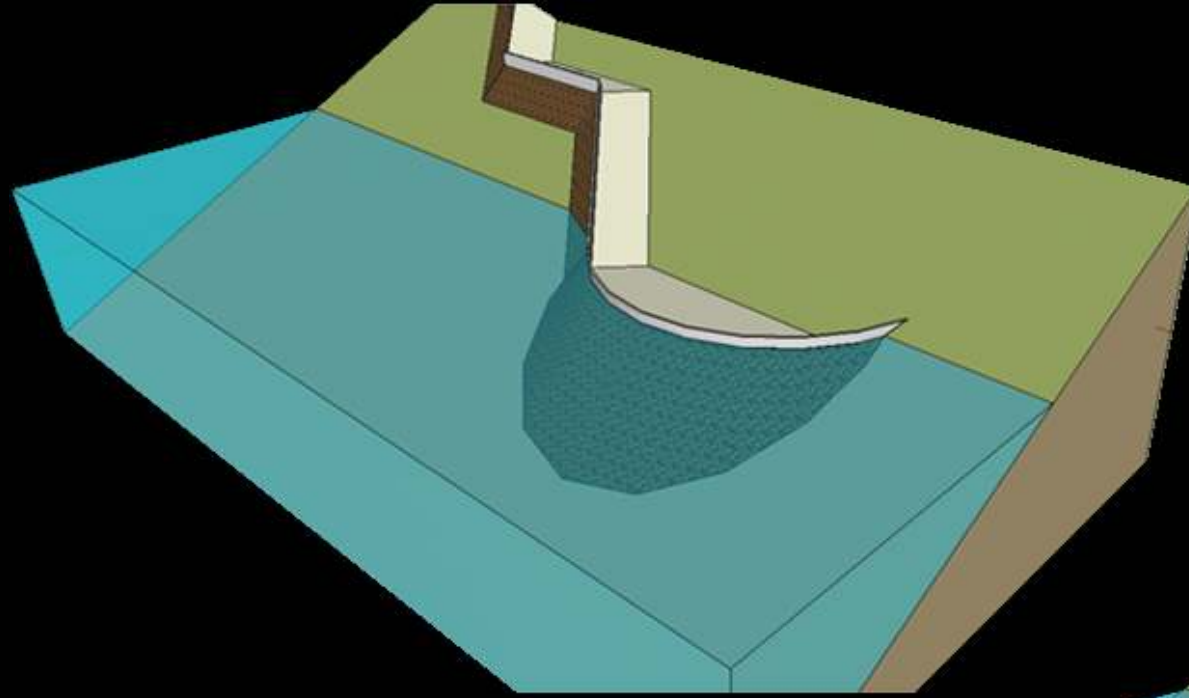


Dolusavak Yapısı Kesitleri



Yer altı Giriş Galerisi Beton Sedde Yapısı





Beton Sedde Yapısı Perspektifleri



İ.T.Ü. MADEN FAKÜLTESİ

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ VE KAYA MEKANİĞİ ÇALIŞMA GRUBU

