T. C.
SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KENTSEL PLANLAMAYA YÖNELİK YENİŞEHİR (BURSA) İLÇESİNİN JEOFİZİĞİN DES VE MASW YÖNTEMLERİ KULLANILARAK SEVİYE HARİTALARI BOYUTUNDA İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat BAYRAMOĞLU
(20179229001)

Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr.Öğr.Üyesi Sevda ÖZEL

Sivas_2020

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.

Bütün hakları saklıdır.
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

©Murat BAYRAMOĞLU, Sivas-2020

Çalışmalarımda varlığı ile bana destek olan hayat arkadaşım ve biricik yeğenime…

ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

22.07.2020

Murat BAYRAMOĞLU

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Çalışmanın tüm aşamalarında bilgi ve deneyimleri ile araştırma konusu ve yöntemlerinin belirlenmesinde, arazi ve büro çalışmalarının gerçekleştirilmesinde, veri değerlendirme ve tezin son şeklinin almasında büyük emeği geçen tez danışmanım ve değerli hocam Sayın Dr.Öğr.Üyesi Sevda ÖZEL'e, teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarımı teknik,doküman ve finans yönünden katkı sağlayarak destekleyen Bayramoğlu Jeoloji Jeoteknik Jeofizik MühendislikProje İnşaat Madencilik Enerji Üretim Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'ne ve çalışanlarına,

Arazi çalışmalarında jeolojik olarak katkılarından dolayıve tez yazım aşamasında deneyimlerinden yararlandığım kardeşim Jeoloji Yüksek Mühendisi Burak BAYRAMOĞLU'na,

Tez yazım aşamasında moral ve motivasyon yönünden desteğini esirgemeyen aileme ve yoğun çalışmalarım sırasında gösterdiği sabır ve manevi desteğini eksik etmeyen hayat arkadaşım Elçin YILDIZ'a sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

Kentsel Planlamaya Yönelik Yenişehir (Bursa) İlçesinin Jeofiziğin DES ve MASW Yöntemleri Kullanılarak Seviye Haritaları Boyutunda İncelenmesi

Murat BAYRAMOĞLU

Yüksek Lisans Tezi
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Sevda ÖZEL
2020, 151+xix sayfa

Bu tez,Yenişehir (Bursa) ilçesinin özellikle K-KB-GB tarafı ile sınırlı yaklaşık 1024 hektar bir alanda yapılan sığ arama amaçlı jeofizik çalışmaları kapsar. Jeofizik ölçümler, Mesudiye formasyonu ve alüvyon birimler üzerinde alınmıştır. Arazide uygulanan jeofizik yöntemler MASW(Multi-channel Analysis of SurfaceWave) yöntemi ve DES(VerticalElectricalSounding) ölçü alma tekniğidir. MASW verileri toplam 40 adet sismik profilde veDES verileri toplam 20 adet jeofizik sondaj noktasında toplanmıştır. Ayrıca toplam 120 yıllık zaman için UDİM verileri ile bazı depremsellik parametreleri de hesaplanmıştır. MASW uygulamasında4.5 Hz'lik 12 adet jeofon kullanılarak ve toplam iki ofset atışı (ters ve düz atış) yapılarak sismik veriler kaydedilmiştir. DES yönteminde, düşey yönde değişen, 1B elektrik sondaj ölçüleri toplanmıştır. Sismik verilerle öncelikle zeminin dinamik elastik parametreleri ve tabakalanma durumu ve sismik hızlar hesaplanmıştır. Bunun için dispersiyon eğrileri ve 1B sismik hız-derinlik grafikleri ve daha sonra 1B grafikler birleştirilerek 2B V_S ve V_P kesitleri hazırlanmıştır. 2B sismik kesitler ise üç farklı derinlik için Vs ve Vp seviye haritalarına dönüştürülerek, inceleme alanı 3B olarak da incelenmiştir. Elektriksel görünür özdirenç verilerinden ise 1B derinlik-elektrik özdirenç grafikleri ve daha sonra 2B özdirenç kesiti ve 3B özdirenç seviye haritası hazırlanmıştır. Böylece zeminin jeofiziksel özellikleri, jeolojik tabakalanma, zemin-yapı ilişkileri 1B-2B-3Bolarak ortaya konulmuştur. Sismik çalışmada iki sismik hız tabakası, elektrik çalışmada ise 2-4 arasında değişen özdirenç tabakaları belirlenmiştir. V_{S30} kayma dalgası hızlarının

yaklaşık 207 m/sn ile 342 m/sn arasında değiştiği belirlenmiştir. G_{max}, E_d, K ve σ seviye haritalarına göre -kuzeye doğru gittikçe- oldukça gevşek ve gözenekli olarak sınıflandırılan alüvyon birimlerden, daha sıkı zemin özelliğindeki Mesudiye formasyonuna geçişin başlaması ile sismik hızların yükseldiği gözlenmiştir.Bu nedenle Mesudiye formasyonunu oluşturan birimlerin alüvyon birimlerden daha sıkı olduğu vePoisson oranlarınında bu sonucu desteklediği gözlenmiştir. Çalışma alanının genel olarak yüksek poroziteli (gözenekli) ve suya doygun olduğu ve çoğunlukla güneye doğru bu özelliklerinin arttığı belirlenmiştir. Yoğunluk değerlerinin ise yaklaşık ilk 10 m için ortave 10 m'den sonra ise yüksek olduğu ve jeolojik birimlerle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Düşük özdirençli alanların 8-30 Ohm.m arasında ve yeraltısuyu seviyesi derinliklerinin ise 5-25 m arasında değiştiği belirlenmiştir. Seviye haritalarına göre ise kuzeye doğru gittikçe (oldukça daha düşük özdirençli olarak sınıflandırılan alüvyon birimlerden), daha yüksek özdirenç özelliğindeki Mesudiye formasyonuna geçişin başlaması ile özdirenç değerlerinin yükseldiği gözlenmiştir. Dolayısıyla elektriksel özdirenç sonuçlarının sismik hızlarla ve dinamik parametre sonuçlarıyla (hem yatay yönde ve hem düşey yönde) uyumludur. Ayrıca derine doğru değişen özdirenç değerlerine göre korozyon derecesi orta korozif-korozif olarak değerlendirilmiş olup, yapılacak yapılarda, uzun süreli ve sağlıklı olması için kullanılacak malzemelerin korozyona dayanıklı olarak seçilmesine dikkat edilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

Deprem verileri ise Probabilistik Deprem Tehlike Analizi (PDTA) vepik ivmelerden pik yatay yer ivmesi (PGA) değerlerini hesaplamak için kullanılmıştır. M-logN değerlerinin birbiriyle ters orantılı doğrusal bir ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Başka bir deyişle, deprem büyüklüğü arttıkça, daha büyük bir depremin olma olasılığının daha uzun bir tekrarlama yılı ile gerçekleşebildiği hesaplanmıştır.Büyüklüğü ≤5.5 olan depremlerin 10, 50, 75 ve 100 yıl içinde tekrar olma sıklıklarının daha yüksek olduğu, ≥6 olan depremlerin ise tekrar olma sıklıklarının azaldığı belirlenmiştir. POD (ProbabilistikOlasılık Dağılımı) hesaplamalarında büyüklüğü 6, 6.5, 7 ve 7.5 olan her deprem için 10, 50, 75 ve 100 yıl içinde olacak bir depremin olma olasılığı ve ortalama tekrarlanma sayısı,dört adet a_{max} değeri için hesaplanmış ve ortalama a_{max}=0.31g olarak hesaplanmıştır. ESC (EuropeanSeismologicalCommision) standartlarına göre0.31g ≥0.24 g olduğu için risk düzeyi yüksek tehlike olarak belirlenmiştir. Sıvılaşma riski, belirlenen yeraltısuyuile de ilişkilendirilmiştir. Güneyde alüvyon birimlerde yaklaşık 5-6 m'lerden başlayarak, kuzeye doğru düzenli bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Kuzeyde Mesudiye formasyonu içinde ise yaklaşık 90 m derinliğe kadar düştüğü gözlenmiştir.

Mesudiye formasyonunun ortalama yer büyütmesi=2.21 olup, A (düşük) sınıfı ve alüvyonların ortalama yer büyütmesi =2.51 olup, B (orta) sınıfı olarak sınıflandırılmıştır. Bu sonuçlar, hesaplanan ortalama a_{max} değeri ve ince çakıllı kumlardan oluşan alüvyonlar sıvılaşma riskinin oldukça yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Sonuç olarak bu çalışma, özellikle alüvyon birimler üzerinde olabilecek risk ve tehlikeleri etkili bir şekilde ortaya koymuştur. Çalışma alanı ve dolayında (çalışma alanı zemininde, mevcut yapılarda, yapılacak inşaatlarda) olası doğal veya yapay kaynaklı afet türleri ve risklerinden etkilenmenin olası olduğu belirlenmiştir. Böylece bu çalışmanın bilimsel sonuçlarının, olası olaylarda yaşanabilecek can ve mal kayıplarını en aza indirmek, gereken önlemleri önceden almak ve sağlıklı-planlı iyi bir yaşam-kent ortamları hazırlanmak için afet-risk-öngörü boyutlarında dikkate alınması gerektiği düşünülmüştür. Dolayısıyla jeofizik sonuçlar, üst-alt yapı ile zemin etkileşimini düzenlemeye bilimsel katkılar sağlarken, sağlıklı-güvenlikli kentsel gelişimin olmasına ve olası maliyetlerin azaltılmasına da etki edecektir.

Anahtar kelimeler: Kentsel planlama, Yenişehir (Bursa), MASW-DES, 1B-2B-3B, Seviye haritaları, depremsellik-risk

ABSTRACT

Investigation of Yenişehir (Bursa) Districton Level Mapsfor Urban Planning Using VES and MASW Methods of Geophysics

Murat BAYRAMOĞLU

Master of Science Thesis

Department of Geophysical Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sevda ÖZEL

2020, 151+xix pages

This thesis contains the shallow exploration geophysics studies which was performed in the area of approximately 1204 hectares, limited to especially N-NW-SW side of Yenişehir (Bursa) town. Geophysical measurements were obtained from Mesudiye formation and alluvium units. The geophysical methods used in the field are the measurement techniques of MASW (Multi-channel Analysis of SurfaceWave) and VES (VerticalElectricalSounding). While the data acquisition of MASW was performed in a total of 40 seismic profiles, the data acquisition of VES in a total of 20 geophysics sounding points. Additionally, the data of UDİM and certain seismicity parameters were calculated for 120 years' time frame in total. In the MASW application, seismic data was recorded by performing two offset shootings (reverse and forward shootings) in total and using 12 geophones with 4.5. Hz. As for the method of VES, 1D electrical sounding measures changing vertically were collected.

Above all, dynamic elastic parameters of the ground, its geological stratification and seismic velocities were estimated by using the seismic data. Therefore, firstly, dispersion curves and 1D seismic velocity-depth graphics were estimated, and then 2D V_S and V_P sections arranged by combining 1D graphics. Furthermore, 2D seismic sections were also analyzed as 3D with regard to area of investigation after transformed to the Vs and Vp level maps for three different depths. Besides, 1D electrical resistivity graphics, 2D resistivity section and 3D resistivity level map were prepared by using the data of electrical apparent resistivity. In this way, the geophysical specialties of the ground, geological stratigraphy and soil-structure relations were indicated as 1D-2D-

3D. In the seismic study, two seismic velocity layer and in the electrical study, the resistivity layers changing between 2 and 3 were determined. It was confirmed that the velocities of V_{S30} shear waves differ from approximately between 207 m/sec and 342 m/sec. According to the prepared G_{max}, E_d, K and σ level maps, it was observed that the seismic velocities increased with the start of the transition from the alluvium units which were classified as quite loose and porous to the Mesudiye formation with the more compact soil properties. For this reason, it was concluded that the units constituting Mesudiye formation are tighter than the alluvium units. Poisson ratios have been also observed to support this conclusion. Moreover, it has been determined that these properties show a tendency to increase in the study area with high porosity, saturated with water and mostly towards the south. Further,it was seen that the density values were approximately medium for the first 10 meters and high after that; additionally, these values were compatible with geological units. On the other hand, it has been designated that the low resistivity areas are changing between 8-30 Ohm.m and the depth of groundwater level between 5-25 meters. In accordance with the prepared level maps, the resistivity values were observed to increase with the start of transition to Mesudiye formation which has more resistivity, as go to northward (from the alluvium units classified as with quite lower resistivity). Consequently, it was observed that the electrical resistivity results are in accord with the seismic velocities and dynamic parameter results (both vertically and horizontally). Furthermore, according to the resistivity values changing towards the depth, the degree of corrosion was determined as medium corrosive-corrosive; therefore, it is important to pay attention to the selection of the materials to be used in the constructs to be built since these materials should be corrosion-resistant in order to be sustainable for a long time and healthy.

Additionally, the data of earthquake was used to calculate Probabilistic Earthquake Hazard Analysis and the values of peak horizontal earthquake acceleration from the peak accelerations. It has been determined that the values of M-logN show a linear relationship inversely proportional to each other. In other words, it was calculated that as the magnitude of the earthquake increases, the probability of more major earthquake could occur with a longer recurrence year. In addition to them, it has been determined that the recurrence frequency of the earthquakes with magnitude 5.5 or more is higher within 10, 50, 75 and 100 years whereas this probability for the earthquakes with magnitude 6 or more has the tendency to decrease. In the calculation of

Probabilistic Probability Distribution, the recurrence probability of an earthquake in 10, 50,75 and 100 years for each earthquake with the magnitude of 6, 6.5, 7 and 7.5 and its average number of recurrence were calculated for four a_{max} values and the average was found as a_{max}= 0,31 g. According to the standards of ESC (European Seismological Commission), since the equation is 0.31 g ≥0.24 g, the risk level has been determined as high hazard. Liquefaction was also associated with the underground water level detected in the study area. It has been seen that the alluvium units in the south show a steady increase towards north starting from 5-6 meters. On the other hand, it was founded that these units fell to a depth of approximately 90 meters within Mesudiye formation in the north. Theaveragemagnification of the Mesudiye formation = 2.21, class A (low) andaveragemagnification of thealluviums = 2.51, andclassified as class B (medium). These results, the calculated average a_{max} value and the alluvium composed of fine gravelly sand indicate that the risk of liquefaction is considerably high.

In conclusion, this study has effectively presented the risks and hazards which may occur especially on alluvium units. It has been determined that it is likely to be affected from the possible natural or unnatural disasters and risks in the field of study and its environment (the ground of the study area, existing structures, the constructions to be built). Thus, it was thought that the scientific results of this study should be paid attention in terms of disaster-risk-anticipation in order to minimize loss of life and property in the possible events, take the necessary precautions in advance and pave the way for the formation of healthy-planned and decent living space. To conclude, while geophysical results make the scientific contributions to regulate the interaction between upper-lower structure and the ground, they will also affect positively healthy-safe urban development and reduction of possible costs.

Sivas, 2020

KeyWords: Urban planning, Yenişehir (Bursa), MASW-DES, 1D-2D-3D, Level maps, seismicity-risk .

İÇİNDEKİLER

	Sayfa no
TEŞEKKÜR VE KATKI BELİRTME	vii
ÖZET	ix
ABSTRACT	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1.GİRİŞ	1
1.1.Çalışma Alanının Genel Özellikleri	3
1.2. Çalışma Alanının Jeolojisi ve Depremsellik Durum İncelemeleri	3
1.2.1. Jeoloji	4
1.2.2. Depremsellik ve Deprem Verisi Analizleri	7
2.ÇALIŞMALARDA KULLANILAN JEOFİZİK YÖNTEMLER	14
2.1. Sismik Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW) Yöntemi ve Veri İşlem	14
2.2. Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) Yöntemi ve Veri İşlem adımları	21
3. JEOFİZİK DEĞERLENDİRMELER	24
3.1 Arazi Uygulamalarında Kullanılan Cihaz-Ekipmanlar ve Ölçü Alma Düzeni	24
3.2. MASW Değerlendirme Sonuçları	26
3.3. DES Değerlendirme Sonuçları	43
3.4. Çalışma Alanının Sismik ve Elektrik Seviye Haritaları	55
3.4.1. Sismik Seviye Haritaları	55
3.4.2. Elektrik Seviye Haritaları	63
4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER	66
5. KAYNAKLAR	68
6. EKLER	75
EK 1. MASW verileri ve bu verilerin değerlendirilmiş sonuçları	76
EK 2. MASW verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (V_S)-derinlik kesitleri	117
EK 3. MASW verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (V_P)-derinlik kesitleri	132

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa no
Şekil 1.1. İnceleme konusu alanın yer bulduru haritası (Ölçek: 1/29790) ve kapsadığı paftalar	4
Şekil 1.2. İnceleme alanı genel jeoloji haritası	5
Şekil 1.3. Türkiye deprem tehlike haritası ve Yenişehir (Bursa) ilçesinin bulunduğu 0.2-0.3 g arasında renklendirilmiş risk sınıfı alanı	8
Şekil 1.4. 1900-2020 arasında Yenişehir merkezli 100 km yarıçap içindeki depremler ve büyüklükleri haritası	9
Şekil 1.5. PDTA hesaplamaları için Zemin Jeofizik Analiz© programında veri giriş bölümünün veri tablosu	10
Şekil 1.6. Deprem verisinden hesaplanan Büyüklük-Oluşum sayısı ilişkisini veren grafik	10
Şekil 1.7. Deprem verisinden hesaplanan PDTA-POD sonuçları	10
Şekil 1.8. Çeşitli formüllere göre PGA hesabı	13
Şekil 2.1. Rayleigh ve Love dalgalarının yayılımının üç boyutlu gösterimi	14
Şekil 2.2. Aktif kaynaklı MASW yöntemi verileri için yüzey dalgası analizi adımları *(Foti vd. (2011), Darıcı (2015) ve Karslı 2018)'den düzenlenerek)*. **a)** Sismik ölçü alma, **b)** Ölçülen sismik veri kaydı, **c)** Sismik kayıtların değerlendirilmesinden elde edilen dispersiyon eğrisi, **d)** Ters çözüm işlemi ile veri işlemi tamamlanmış 1B sonuç grafiği.	15
Şekil 2.3. Aktif kaynaklı MASW yöntemi için veri toplama düzeneği ve sismik *k*aynak ve civarında oluşan dalga yayılımı-yüzey dalgası oluşumu	16
Şekil 2.4.İnceleme alanı için hazırlanmış MASW veri toplama düzeneği (Özel ve Darıcı (2020)'den düzenlenerek)	17
Şekil *2.5.* Dispersiyon a) Düşük hız değişimi ve küçük dispersiyon b) Yüksek hız değişimi ve büyük dispersiyon c) Ters dispersiyon	18
Şekil 2.6. Fazhızı-frekans değişimini veren dispersiyon eğrisi	18
Şekil 2.7. Yüzey dalgalarının dispersiyon eğrilerindeki temel mod ve yüksek modların görünümü	19
Şekil 2.8. a) MASW1 ham verisi, **b)** Dispersiyon eğrisi, **c)** Frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Ters çözüm işleminden elde edilen 1B derinlik-V_S grafiği	20
Şekil 2.9. Arazide ölçü alma düzeni	21
Şekil 2.10. Schlumberger dizilimi ile DES ölçüsü almak içinölçü alma düzeneği (Özel ve Darıcı (2020)'den yeniden düzenlendi)	22
Şekil 3.1. Sara-Doremi marka sismograf	24
Şekil 3.2. Uygulama için seçilenMASW ölçü alma uzaklıkları	24
Şekil 3.3.a) MASW profil dizilimi, **b)** Vuruş öncesi kanal kontrolleri, **c)** enerji kaynağı olarak kullanılan balyozun vurulma anı, **d)** PC ekranına gelen yüzey dalgaları, **e)**Jeofonların saplanmaya uygun olmayan bölgede kullanılan jeofon altlıkları ve profil dizilimi, **f)** Sismografın PC'ye bağlanması ve arazide tercih edilen jeofon ve ofset aralıklarına göre genel MASW profil dizilimi	25
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan rezistivite cihazı	25
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan elektrik özdirenç cihazı ve çalışmalardan görüntüler	26
Şekil 3.6. Çalışma alanında MASW lokasyonları (GoogleEarthPro (2020)	27

programında hazırlandı)
Şekil 3.7. DES ölçümlerinin lokasyonları (GoogleEarthPro (2020) programında hazırlandı) 43
Şekil 3.8.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-1 özdirenç-derinlik grafiği 47
Şekil 3.9. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-2 özdirenç-derinlik grafiği 47
Şekil 3.10. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-3 özdirenç-derinlik grafiği 47
Şekil 3.11. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-4 özdirenç-derinlik grafiği 47
Şekil 3.12. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-5 özdirenç-derinlik grafiği 48
Şekil 3.13. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-6 özdirenç-derinlik grafiği 48
Şekil 3.14. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-7 özdirenç-derinlik grafiği 48
Şekil 3.15. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-8 özdirenç-derinlik grafiği 48
Şekil 3.16. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-9 özdirenç-derinlik grafiği 49
Şekil 3.17. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-10 özdirenç-derinlik grafiği 49
Şekil 3.18. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-11 özdirenç-derinlik grafiği 49
Şekil 3.19. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-12 özdirenç-derinlik grafiği 49
Şekil 3.20. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-13 özdirenç-derinlik grafiği 50
Şekil 3.21. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-14 özdirenç-derinlik grafiği 50
Şekil 3.22. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-15 özdirenç-derinlik grafiği 50
Şekil 3.23. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-16 özdirenç-derinlik grafiği 50
Şekil 3.24. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-17 özdirenç-derinlik grafiği 51
Şekil 3.25. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-18 özdirenç-derinlik grafiği 51
Şekil 3.26. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-19 özdirenç-derinlik grafiği 51
Şekil 3.27. 1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-20 özdirenç-derinlik grafiği 52
Şekil 3.28.2B BDES-1 elektrik özdirenç kesitleri (Güney bölgesi) 53
Şekil 3.29. 2B BDES-2 elektrik özdirenç kesitleri (Batı bölgesi) 53
Şekil 3.30. 2B BDES-3 elektrik özdirenç kesitleri (Doğu bölgesi) 54
Şekil 3.31. 2B BDES-4 elektrik özdirenç kesitleri (Kuzey bölgesi) 54
Şekil 3.32. 2B BDES-1 elektrik özdirenç kesitleri (Doğu-Batı geçişi) 55
Şekil 3.33.G_{max} değerlerinin derinliğe bağlı seviye haritaları 56
Şekil 3.34.$E_d$değerlerinin derinliğe bağlı seviye haritaları 57
Şekil 3.35.K değerlerinin derinliğe bağlı seviye haritaları 58
Şekil 3.36. σ değerlerinin derinliğe bağlı seviye haritaları 59

Şekil 3.37. Yoğunluk modülü seviye haritaları 60
Şekil 3.38. S dalgası hızlarının V_S-derinlik seviye haritaları 61
Şekil 3.39. P dalgası hızlarının V_P-derinlik seviye haritaları 62
Şekil 3.40. S dalgası hızlarından hesaplanan V_{S30} seviye haritaları 62
Şekil 3.41. Zemin elektrik özdirenç-derinlik seviye haritaları 64
Şekil 3.42. Özdirenç değerlerinden hazırlanan yeraltısuyu seviye haritası 64

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa no
Çizelge 2.1. Aktif kaynaklı MASW yöntemleri	14
Çizelge 3.1. MASW profil koordinatları (ITRF 96)	27
Çizelge 3.2. MASW verileriylehesaplanan yer dinamik-elastik mühendislik parametreleri	29
Çizelge 3.3. $\mathbf{G_{max}}$ değerlerine göre yer özellik sınıflaması	31
Çizelge 3.4. Hesaplanan $\mathbf{G_{max}}$ değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin/kayaç dayanım sınıfı	32
Çizelge 3.5. $\mathbf{E_d}$ değerlerine göre yer özellik sınıflaması	33
Çizelge 3.6. Hesaplanan $\mathbf{E_d}$ değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin/kayaç dayanım sınıfı	34
Çizelge 3.7.K değerlerine göre yer özellik sınıflaması	
Çizelge 3.8. Hesaplanan **K** değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin/kayaç dayanım sınıfı	36
Çizelge 3.9. Poisson oranı değerlerine göre yer özellik sınıflaması	37
Çizelge 3.10. HesaplananPoisson oranı değerleri ve bu değerlere göre yer özellik sınıfı	38
Çizelge 3.11. Yoğunluk değerlerine göre yer özellik sınıflaması	39
Çizelge 3.12. Hesaplanan yoğunluk değerleri ve bu değerlere göre zemin özellik sınıfı	40
Çizelge 3.13. Yer büyütme-tehlike düzeyi ilişkisi	41
Çizelge 3.14. Hesaplanan $\mathbf{V_{S30}}$ değerlerine göre sismik büyütmeler ve sınıflaması	42
Çizelge 3.15. DES lokasyonları koordinatları (ITRF 96)	44
Çizelge 3.16.BS1021 ve TS5141EN12954 standartlarına göre korozyon sınıflaması	45
Çizelge 3.17. DES sonuçlarının korozyon sınıflaması	46

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

V_S:S dalgası hızı (P wavevelocity), m/sn

V_P:P dalgası hızı (P wavevelocity), m/sn

G_{max}: Kayma modülü, kg/cm^2

E_d: Elastisitemodülü, kg/cm^2

K: Bulkmodülü, kg/cm^2

Σ: Poisson oranı, birimsiz

d:Yoğunluk, gr/cm^3

Ak:Zemin (yer) büyütmesi, birimsiz

ρ_a:Görünür özdirenç (apparentresistivity), Ohm.m

ρ:Özdirenç (resistivity), Ohm.m

f :frekans, Hz

a_{max}: maximum yer ivmesi, g

M:Büyüklük (Magnitude)

M_L: Lokal büyüklük (LocalMagnitude)

LogN: Depremin oluşum sayısı

N:sayıyı ifade eder

R, ilişki katsayısı (Regresyon)

Δ: Depremin episantral uzaklığı, km

H : Depremin odak derinliği, km

Λ :D*alga boyu*

V* :hız, m/sn*

T* :periyot, sn*

Z_{max}: En büyük araştırma derinliği, m

X^{I}, X^{II}: Jeofon ofset arası uzaklıklar, m

X^{III},jeofonlar arası uzaklıklar, m

I: Akım, Amper

ΔV: Gerilim (potansiyel) farkı, Volt

K: Geometrik faktörü

A ve B: Akım elektrotları

M ve N: Potansiyel elektrotları

AM, BM, AN, BN: Elektrotlar arası uzaklıklar, m

a: Bir potansiyel elektrot-bir akım elektrot arası uzaklık, m

b: İki potansiyel elektrot arası uzaklık, m

DSİ: Devlet Sular İşletmesi

MTA: Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü

KAF:Kuzey Anadolu Fay

KAFZ:Kuzey Anadolu Fay Zonu

KRDAE: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü

UDİM:Uluslararası Deprem Araştırma Enstitüsü

PDTA: ProblastikDeprem Tehlike Analizi

POD: PoissonOlasılık Dağılımı

OTP: Ortalama Tekrarlanma Periyodu, sn

PGA: Pik yatay yer ivmesi (PeakHorizontalGround Acceleration)

ITRF: Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi (International Terrestrail Reference System)

ASTM: AmericanSocietyforTestingandMaterials

ESC: EuropeanSeismologicalCommision

EKK: En Küçük Kareler

RMS: Karakök hata (Root-MeanSquare), %

MASW:Çok kanallı yüzey dalgası analizi (Multi-Channel Analysis of Surface Wave)

SASW: Yüzey Dalgalarının Spektral Analizi

SSRM: Durağan Rayleigh Dalgası Analizi

DAÖ: Doğru Akım Elektrik Özdirenç, (DurationCurrentResistivity)

DES: Düşey Elektrik Sondaj (VerticalElectricalSounding)

GÖ: Görünür Özdirenç

1B: Bir boyutlu (1D, onedimension)

2B: İki boyutlu (2D, twodimension)

3B: Üç boyutlu (3D, threedimension)

K: Kuzey

G: Güney

D: Doğu

B: Batı

1.GİRİŞ

Bu yüksek lisans çalışmasının amacı,Yenişehir (Bursa) ilçesinin özellikle K-KB-GB tarafı ile sınırlı yaklaşık 1024 hektar bir alanda yapılan sığ arama amaçlı jeofizik çalışmalarla zeminin dinamik elastik parametrelerini belirlemek ve zemin-yapı ilişkilerini seviye haritaları ve derinlik kesitleriyle birlikte 1-, 2- ve 3-Boyutlu (1B, 2B, 3B) olarak ortaya koymaktır. Bu amaçla tercih edilen veyerleşim alanında uygulanan jeofizik yöntemler sismik yöntemin tomografi uygulamalarından biri olan sismikçok kanallı yüzey dalgası analizi (MASW, Multi-channel Analysis of SurfaceWave) yöntemi (40 adet sismik profilde) ve doğru akım elektrik özdirençyöntemindeki 1B olarak düşey değişimleri inceleyen ve sondaj ölçüsü alma niteliğindeki düşey elektrik sondaj (DES, VerticalElectricalSounding)(20 adet jeofizik sondaj noktasında) ölçü alma tekniği ile jeofizik ölçümler yapılarak jeofizik veriler toplanmıştır. Bu veriler değerlendirilerek elde edilen zemin parametreleri ile zeminin (yerin) jeofizik özellikleri tanımlanmıştır. Çünkü bir yapıyeri (site) yada zemin incelemesi sürekli bir araştırma ve yorumlama sürecidir (Özçep, 2018).Bu nedenleçalışma alanı ve dolayı için insan, canlı yaşamı ve diğer yaşamsal ortamlar için çalışma alanı zeminlerinde, mevcut yapılarda, daha sonra yapılacak inşaatlarda ve bunlarla ilişkili yakın çevre ve dolayında olası doğal veya yapay kaynaklı afet türleri ve riskleri ortaya konulmuştur. Bu çalışma ile elde edilen bilimsel sonuçlarla kentsel alanlar ve diğer yapı zeminleri için öngörü niteliğinde sonuçlar da hazırlanarak olası olaylarda yaşanabilecek can ve mal kayıplarını en aza indirmek, gereken önlemleri önceden almak ve sağlıklı-planlı iyi bir yaşamsal-kentsel ortamların hazırlanması bu çalışmayla afet-risk-öngörü boyutlarında gösterilmek istenilmiştir.

Bilindiği gibi aktif deprem bölgelerinde kentsel alanlar ve diğer yapı zeminleri için, zeminin fiziksel koşullarının tanımlanması ve mühendislik yapılarının bu koşullar göz önüne alınarak tasarlanması kanunen de gerekli ve zorunludur. Çünkü bilim ve teknolojideki gelişmelere paralel olarak uzun bir zamandır insanların yaşadığı çevrenin planlanması, birçok disiplinin birbirleriyle etkileşim içinde bulunduğu çok sayıda çalışmayla bir arada yürütülen ve tamamlanan bir süreçtir. Jeofizik veriler, kentsel ve bununla birlikte kent dışı alanların da etkin kullanılması amacıyla, inşaatların ve fiziksel altyapının planlanması ve sonrasında ise yapılması ve kullanılması sürecinde de temel öneme sahiptir. Yerleşim yerlerindeki yerel özellikleri de dikkate alınarak yapılacakkentsel planlamada, jeolojik ve jeofizik inceleme çalışmaları ve sonuçları bütünüyle dikkate alınmadan jeoteknik çalışmalar tamamlanmış kabul edilmemelidir.Dolayısıyla jeofizik veriler, üst ve alt yapıların zeminle etkileşimini düzenlemeye bilimsel katkılar sağlarken,

sağlıklı-güvenlikli kentsel gelişimin olmasına ve olası maliyetlerin azaltılmasına da etki edecektir.Bu amaçla günümüze kadar yapılmış jeofizik çalışmalar incelendiğinde arazi çalışmalarında birden fazla jeofizik yöntemin birlikte uygulandığı görülür. Buna göre jeofizik sismik yöntemlerinin farklı uygulamaları kullanılarak zeminin dinamik özelliklerini belirlemede S dalgası hız bilgisinden yararlanılmaktadır ve bu bilimsel yöntemlerle birçok mühendislik sorununun çözümü yapılmaktadır(Zhao vd., 1992; Goes vd.,2000;Uyanık,2002; Sato ve Fujımoto,2009;Kanburve Kanbur,2009; Uyanık, 2019; Karslı, 2018).Mühendislik çalışmalarının kent içinde ve bazen dekısıtlı alanlarda uygulanması gerektiğinden, S dalgasını üretmek ve hedeflenen araştırma derinliğine ulaşmak için sismik kırılma yönteminin gerektirdiği serim uzunluğuna erişmekve sismik yöntemin günümüzde uygulamada sismik tomografi yöntemi olaraktercih edilmesinin zorluklarıyla birlikte önemlidir. Ancak bu tür sorunları aşmak için yüzey dalgalarının kullanılması avantaj sağlamıştır(Nazarian ve Stoke,1985; Gucunski ve Woods,1991; Tokimatsu vd.,1992;Uyanık, 2002; Acarel, 2003; Socco ve Stobbia,2004; Uyanık ve Taktak, 2009; Karslı, 2018; Özçep, 2018). Dolayısıyla yüzey dalgası yöntemleri, aktif ve pasif kaynaklı olarakiki gruba ayrılırlar. Bununla birlikte zemin çalışmalarında aktif kaynaklı yöntem uygulamaları tercih eldir.Bunun en önemli nedeni, bu yöntemlerde kaynağın yerinin bilinmesi ile birden fazla sinyalin (iz) oluşturabileceği sorunları ortadan kaldırmaktır ve aynı zamanda veri toplama-işleme aşamaları daha hızlı ve kolay olmaktadır (Xia vd., 2005). Aktif kaynaklı yüzey dalgası çalışmalarına örnek olarak, sismolojideki iki istasyon yönteminin mühendislik amaçlı kullanıma uyarlanmış hali olan yüzey dalgalarının spektral analiz yöntemi verilebilir (Bergstrom,1999).Bu teze konu olan çalışmada yüzey dalgalarından Rayleigh dalgaları kullanılarak S dalgası hızı analizi yapabilen MASW yöntemi kullanılmıştır.Yapılan çalışmalar söz konusu yöntemin mühendislik problemi oluşturabilecek sorunları tespit etmede başarılı olduğunu ortaya koymuştur (Richard,1977; Conyers ve Goldman,1997; Cardimona, vd., 1988; Cardimona, 2002; Fernando ve Afonso, 2005; Dikmen vd.,2009;Cassidy, 2009; Homan vd., 2010; Hamdan vd., 2010; Karslı, 2018; Özçep, 2018).

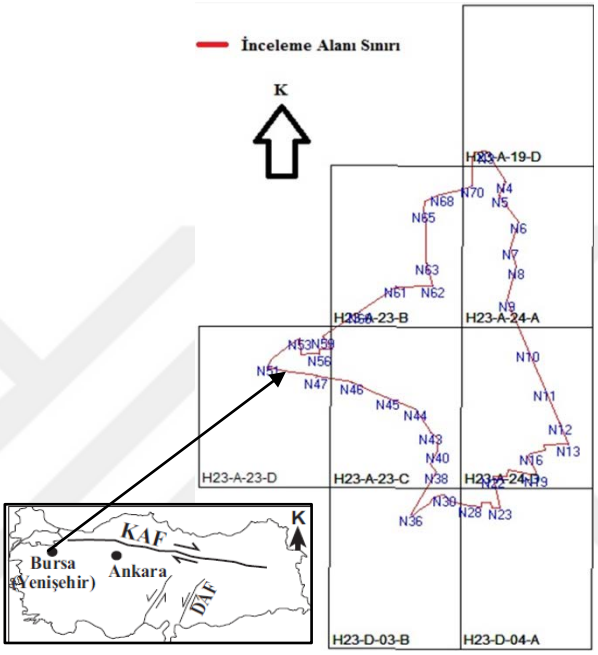
Zeminin dirençlilik ve tabakalanmadurumu özelliklerini belirlemede kullanılan bir diğer çalışma isedoğru akımın kaynak olarak kullanıldığı elektrik yöntem olan Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) yöntemidir. DAÖ yöntemi kuramı ve uygulamasının kolay olması, ölçü aletinin basit olması, yöntemin etkili sonuçlar vermesi ve arazide toplanan 1B ölçülerin olması durumunda, istenirse 2B ve 3B olarak da değerlendirilmesine olanak sağlamasından dolayı günümüzde kullanılan en yaygın jeofizik yöntemlerden biri olmuştur(Van Nostrand

ve Cook, 1966;Zohdy, 1974a-b-c;Başokur, 1984; Telford vd., 1990;Candansayar ve Başokur 2001; Dahlin, 2001;Başokur, 2003; Dahlin ve Zhou, 2004;Dahlin, 2006; Başokur, 2007; Başokur, 2010).Diğer yandan istenirse DAÖ yönteminde, uygun cihaz ve ekipman tercih edilerek doğrudan 2B ve 3B ölçüler doğrudan da toplanabilir ve bu boyuttaki ölçülerden gerektiğinde 1B ölçüler de türetilebilir. ASTM (AmericanSocietyforTestingandMaterials)'nin yüzey jeofiziği araştırma yöntemleri seçim standartlarına (ASTM D6422-99) göre yeraltı yakın yüzey profilini belirlemek için de uygun olan ve yaygın olarak kullanılan yöntemin en önemlisinin DAÖyöntemi olduğunu göstermektedir (ASTM D6429-99, 1999). Sonuç olarak, DAÖ yöntemi ile toplanan verilerden uygun yazılımlarda veriler değerlendirildikten sonra elde edilecek elektrik özdirenç sonuçlarının (ters çözüm işleminden sonra elde edilen 1B derinlik özdirenç grafiklerinin, 2B özdirenç kesitlerinin ve 3B özdirenç haritalarının) yorumlanması ile yöntem çatlaklı,boşluklu bölgeleri, birim süreksizliklerini ve bozunma alanlarını, jeolojik tabakalanmayı, yüksek ve düşük özdirençli alanları veya kanallarıve yeraltısuyu seviyesini etkili bir şekilde ortaya koymaktadır.Dolayısıyla DAÖ yönteminin Düşey Elektrik Sondaj (DES) tekniği kullanılarak çalışma alanında bulunan birimlerin düşey yöndeki süreksizlikleri araştırılabilir veelde edilen veriler sonucunda görünür özdirenç değerleri hesaplanarak, ortamdaki katmanlara ait kalınlık ve özdirenç parametreleri saptanabilir (Başokur, 1984; Başokur, 2003; Ardalı, 2005;Başokur, 2010).Buna ek olarak grid alanı veya profil standartlarında birden fazla DES noktasının sonucu birlikte değerlendirilerek yada doğrudan 1B ters çözüm sonuçları incelenerek, yanal yöndeki değişimler her yönde de gözlenebilir ve yorumlanabilir olması da önemli bir avantajdır. Bu nedenle bu tez çalışmasında elektrik özdirenç verisi elde etmede DES tekniğini kullanmak tercih sebebi olmuştur. Böylece birden fazla noktada tüm alanı temsil edecek düzende ölçüm noktası ve profil hattı tercihleri yapılacak düzende olması ile sismik sonuçlarda gözlenen düşük sismik hız zonları ve sismik tabakalanma durumu, elektriksel özdirenç sonuçlarında gözlenen elektriksel özdirenç tabakalanma durumu ve dirençli/az dirençli alanları karşılaştırarak, daha iyi bir zemin tanımlaması ve yorumlar yapılmıştır.

1.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Çalışma konusu alan 40-41 derece kuzey paralelleriyle ve 29-30 derece doğu meridyenleri arasında yer alan Bursa ili Yenişehir ilçesindedir. Bursa ilinin yaklaşık 55 km doğusunda bulunan inceleme alanı iseyaklaşık 1164 hektar olup, 52 adet 1/1000 ölçekli,8 adet 1/5000 ölçekli halihazır paftadan oluşur (Şekil 1.1).

İlçe, kendi ismini taşıyan Yenişehir ovasının doğuya yakın orta kısmında kurulmuş olup, köyleriyle birlikte 740 km^2 yüz ölçüme sahiptir ve denizden yüksekliği 250 m'dir. Kuzeyinde jeolojik olarak dördüncü zamanda oluşmuş genç dağlar olan Katırlı ve Samanlı dağları bulunmakta ve yükseklikleri 940 m'dir. Batıda Dinboz ve Kazancı, güneyde Okuf, Ayaz, Subaşı, doğuda Köprühisar, Hayriye ve İncirli tepeleri bulunmaktadır. Ova, doğu ve batı yönlü olarak uzanan bir elips şeklindedir.



Şekil 1.1. İnceleme konusu alanın yer bulduruharitası (Ölçek: 1/29790) vekapsadığı paftalar.

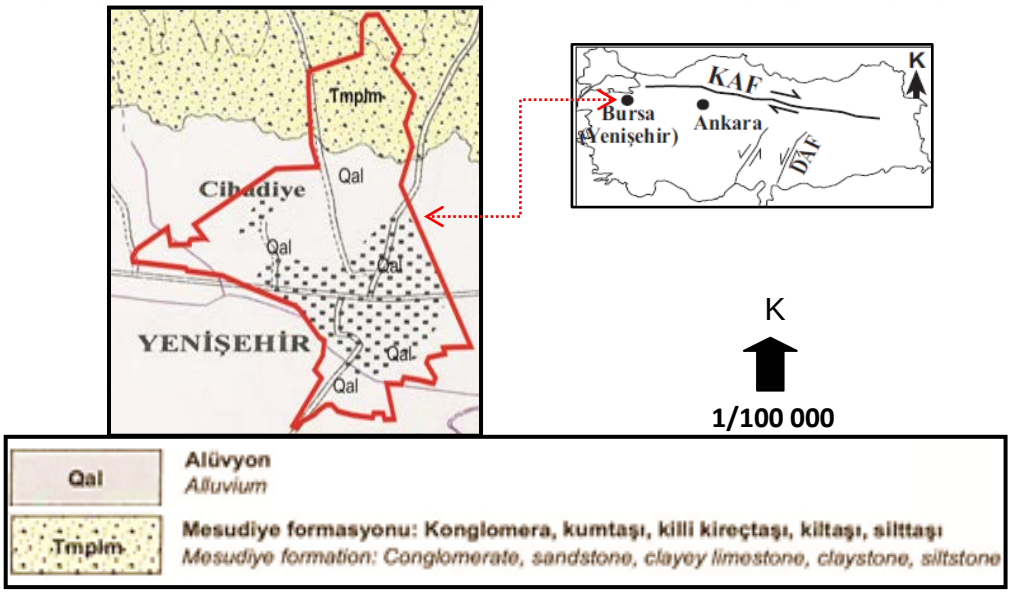
İklimsel olarak Yenişehir ilçesi, Marmara Bölgesi'nin doğusunda ve Batı Karadeniz Bölgesi'nin batısında olduğundan, Akdeniz iklimler bölgesinin Marmara iklimi etkisi altındadır ve Marmara ile Batı Karadeniz iklimi arasında bir geçiş özelliği taşır. Bu sebeple yazlar sıcak, kışlar yağışlı ve serin-ılıman geçer. Yıllık yağış ortalaması 500-600 m^3 arasında olup, egemen rüzgarlar genellikle kuzey-güneydoğu (poyraz) ve bahar aylarında lodos ve güneydoğu rüzgarlarıdır.

1.2Çalışma AlanınınJeolojisi ve Depremsellik Durum İncelemeleri

1.2.1. Jeoloji

Yenişehir havzası kuzeyde İznik ve güneyde İnegöl havzaları arasında yer alır. Bu havzalar, KAFZ'nun aktivitelerinin bir sonucu olarak oluşmuştur (Doyuran vd.,2000). Yenişehir yerleşim alanı ile sınırlı olan çalışma alanında, temel üç jeolojik birim gözlenmektedir. Bunlardan ilki, çakıl, kum,silt ve kil karışımından oluşan Kuvaterner serisidir. Bu tür alüvyon gereç çalışma alanının her yerinde gözlenmektedir. İkinci birim,

çakıltaşı, kumtaşı ve kiltaşı içeren Neojen birimidir. Bu birimler daha çok havzanın güney ve kuzey sınırlarında mostra vermektedir. Üçüncü birim, şist, mermer, kireçtaşı, andezit ve trakit'in oluşturduğu erken neojen dönemini temsil eden birimdir (Doyuran vd.,2000; Hasancebi ve Ulusay, 2007). İnceleme alanı ise genel olarak Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Mesudiye formasyonu (Tmpl) ve Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) örtü birimlerinden oluşmaktadır (MTA-H23, 2014). Bu formasyonların yayılışı Şekil 1.2'de gösterilmiştir. Mesudiye formasyonu Mudanya ilçesi dolayında konglomera, kumtaşıyla başlayıp,gölsel marn ve kiltaşı ara katkılı killi kireçtaşlarıyla devam eden birimdir (Pehlivan vd., 2011). İnceleme alanında bu birimlerin yanal devamı niteliğindeki benzer kaya toplulukları da aynı ad altında ele alınmıştır. Yenişehir ovasının kuzeyinde geniş bir alanda yayılım gösterirler. Sarımsı, boz, grimsi, kızıl, kahve renkli, orta-kalın tabakalı, kötü boylanmalı, polijenik çakıllı konglomera, kumtaşından oluşan birim; kiltaşı, marn, killi kireçtaşları ara seviyeleri içerir. Kireçtaşları beyaz-sarı renkli, ince-orta tabakalıdır. Konglomera, kumtaşı ağırlıklı seviyelerde çapraz tabakalanma, kanal dolgusu yapıları yaygın olarak görülür. Mesudiye formasyonu temel birimler üzerine açılı uyumsuz olarak gelir. Birim üzerine ise onunla yanalda ve düşeyde tedrici geçişli, gölsel birimlerden oluşan Çamlık formasyonu gelir (MTA-H23, 2014).



Şekil 1.2. İnceleme alanı genel jeoloji haritası (MTA-H23, 2014).

Çalışma alanı dışında birimin yayılım gösterdiği alanlarda birim içindeki gölsel kireçtaşlarının Geç Miyosen yaşta olduğu gözlemlenir (Varol vd.,1997). Birimin genel stratigrafisi göz önüne alındığında birim için Geç Miyosen-Pliyosen yaşı uygun görülür.

Bu bilgilerden hareketle birimin yaşı Geç Miyosen-Pliyosen olarak kabul edilmiştir (Pehlivan vd., 2011). Mesudiye formasyonu Geç Miyosen-Pliyosen'deki akarsu-göl ortamını temsil eder.Alüvyonlar ise akarsu yataklarında, vadi tabanlarında ve ovalarda gelişmiş çakıl, kum, silt ve çamurdan oluşan çökellerdir. İnegöl ve Yenişehir ovaları boyunca geniş yayılım gösteren, ovayı dolduran tutturulmamış yer yer az tutturulmuş çakıl, kum, silt ve çamurdan oluşur.Kendinden önceki birimler üzerinde uyumsuzlukla yer alan birim,kalın bir akarsu tortul istifi oluşturur (MTA-H23, 2014).

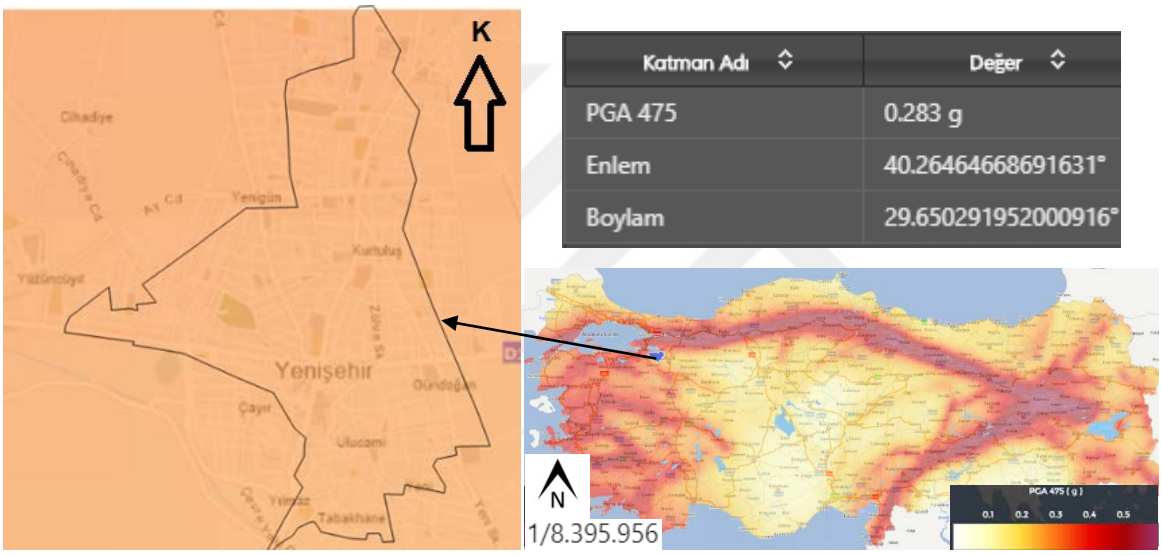
Marmara Bölgesi'ndeki faylar çok büyük depremler üretmeye aday faylar olup, inceleme alanını etkileyen en önemli fay KAF'dır. Bu fay dünyanın en hızlı hareket eden ve en aktif sağ yönlü doğrultu atımlı faylarından biridir. Bölge, tektonik olarak doğrultu atımlı fayların etkin olduğu aktif bir alan olduğundan,Yenişehir ve civarı sağ yanal atımlı fay sistemleri tarafından kontrol edilmektedir. Dolayısıyla bu bölgenin sismik aktivitesinin yüksek olması nedeniyle bölgede 5 ve üzeri büyüklükte (M: Magnitude) çok sayıda yıkıcı deprem kaydedilmiştir. Örneğin, bölgeyi etkilemiş olan 1999 depremi de Marmara bölgesi için diğer yıkıcı depremlerdendir ve dönüş periyotları yaklaşık 180-250 yıl arasıdır (Doyuran vd., 2000). Buna göre çalışma alanı tektonik açıdan incelendiğinde, inceleme alanını da içine alan Güney Marmara Bölgesi, Marmara Bölgesi'nde üç kola ayrılan sağ yanal atımlı Kuzey Anadolu Fay (KAF)'ının orta ve güney kollarını içermektedir. Bölge normal bileşen içeren doğrultu atımlı faylarla temsil edilmekte olup, Batı Anadolu'nun K-G yönlü açılma rejimi etkisindedir (McKenzie, 1972; Barka 1992; Straub ve Kahle, 1995). Güney Marmara'daki sismik aktiviteye neden olan fay kuşakları ve kırıklar, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'nun güney koluna ait faylardan kaynaklanmaktadır. Güney kol üzerinde meydana gelen tarihsel ve aletsel dönemlerdeki depremler,Yenice-Gönen fayı, Manyas-Mustafakemalpaşa fayı, Uluabat fayı ve Bursa fayları üzerinde yoğunlaşmakta ve kuzey-güney olmak üzere iki kola ayrılanYenice-Gönen fayının kuzey kolu morfolojik, sismolojik ve jeolojik özellikleri ile bindirme bileşenli sağ yanal atımlı bir faydır (Selim, 2004). Güney kolu ise morfolojik, sismolojik ve jeolojik özellikleri ile normal bileşenli sağ yanal atımlı bir fay olup, Yenice-Gönen fay zonu inceleme alanında sıkışma bölgesi olan Gönen havzası içerisinde yer alır. KAF'ın güney koluna ait diğer faylardan Manyas-Mustafakemalpaşa fayı ve Uluabat fayı normal bileşenli sağ yanal atımlı, Bursa fayı ise normal faydır (Selim, 2004).Deprem aktivitesine neden olan bu fayların günümüzde de etkinliğini sürdürdüğü bilinmektedir (Selim vd., 2005). Diğer yandan bölgede yer alan doğu-batı uzanımlı çöküntü alanı, kuzeyde Edincik, Kapıdağ, Bandırma, Mudanya yükselimleri, güneyde Uludağ ve Söğütalan platosu ile sınırlıdır (Selim vd., 2006).

Bölgede temel kaya, Paleozoik-Paleojen metamorfik, magmatik ve sedimanter kayaçlardan oluşan karmaşık bir jeoloji sunmaktadır. Neojen ve daha genç yaşlı sediman kayaçlar, kompleks temel kaya üzerine uyumsuz yerleşirler veKuvaterner yaşlı birimler ise denizel ve nehirsel çökellerden oluşur (Gürer vd., 2003). Kuvaterner yaşlı çökellerin kalınlıklarının 300 m'yi geçtiği Neojen yaşlı çökellerin ise 50-200 m arasında değiştiği belirtilmiştir (Gürer vd., 2003).

1.2.2. Depremsellik ve deprem verisi analizleri

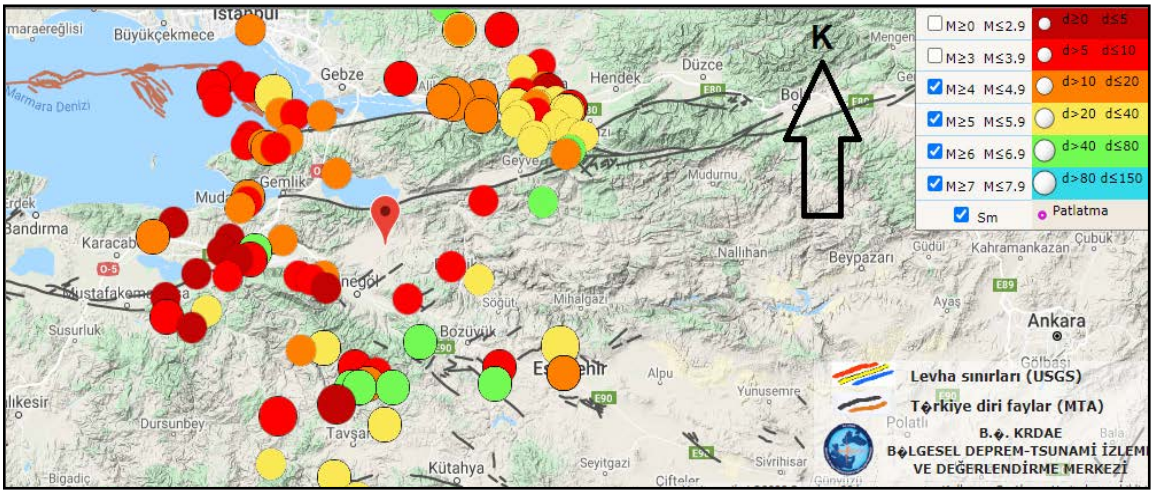
Çalışma alanını da içine alan Güney Marmara Bölgesi'ndeki sismolojik veriler bölgedeki depremlerin, KAFZ'na ait güney kol üzerinde meydana geldiğini göstermektedir. Bölgede tarihsel dönem depremleri Mustafakemalpaşa ilçesi ile Bursa arasında oluşmuştur. Aletsel dönemde oluşan hasar yapıcı ve yıkıcı depremler ise genellikle Gönen havzası içerisinde yer alan Yenice-Gönen fayı üzerinde meydana gelmiştir. Gönen havzasında yer alan Yenice-Gönen fayının jeolojik özelliklerine göre, havza bir sıkışma rejimi etkisi altındadır.Selim vd. (2005),inceleme alanında aletsel döneme ait depremlerin sismolojik ve jeolojik özelliklerine göre hasar yapıcı ve yıkıcı depremlerin hem doğrultu atımlı hem de eğim atımlı faylar üzerinde meydana geldiğini, Yenişehir baseninin yaklaşık DB doğrultulu ve elipsoide benzer geometrik yapı gösterdiğini ve yaklaşık 35 km uzunlukta ve 12-13 km genişlikte olduğunu belirtmiştir.İnceleme alanını etkileyen diğer faylar ise Manyas Fayı, Ulubat Fayı ve Edincik Fayı'dır ve bu fayların deprem üretme açısından hala aktif oldukları gözlenmektedir. Bunlardan Manyas Fayı ve Uluabat Fayı, normal bileşenli sağ yanal atımlı faylardır. Yanal atımlı faylarGölcük depremini oluşturan faylar gibi büyük hasar yaratan faylardır ve normal veya bindirme faylara göre etkileri daha fazladır. Manyas Fayı 1964'te kırılmış ve 7 büyüklüğünde bir depreme yol açmıştır. Manyas gibi bir normal fay olan Uluabat Fayı ise yakın dönemde henüz kırılmamıştır (Manyas ve Uluabat gölleri bu fayların kırılmasıyla oluşmuştur)Ulubat Fayı aktif bir fay olduğundan, iki parçalı bu fayın 30 km'lik uzun parçası kırılırsa, büyüklüğü (M, Magnitude) 6 civarında değişecek bir deprem üretebilir (Taymaz, ve Dağıstanlı, 2001). 1 Şubat 2001'de meydana gelen 4 büyüklüğündeki Gönen depremi de bu bölgede sismik hareketliliğin var olduğunu gösteren bir kanıttır. Daha öncesinde ise 4 Ocak 1935'te Çan-Biga Fayı ve Edincik Fayı kırılmış ve sırasıyla 6.3 ve 6.2 büyüklüğünde iki deprem olmuştur. Aslında Marmara'nın güneyinin deprem bölgesi olduğu bu bölgedeki kaplıcaların yaygınlığından da bellidir.

Deprem tarihi incelendiğinde çalışma alanı ve dolayının inceleme dairesi içerisinde kalan en büyük ve en hasar yapıcı depremin, 17.08.1999 yılında olduğu ve büyüklüğünün Richter ölçeğine göre 7.4 olduğu bu deprem, çalışma alanının kuzey doğusunda yaklaşık 70 km uzağında Başiskele (Kocaeli) merkezli olmuştur. Deprem özellikle Marmara Denizi'nin güney kıyıları yakınındaki yerleşim bölgelerinde etkili olmuş, kimi yerlerde yüzeysel bozulmalar ve yeraltısuyu çıkışları gözlenmiştir(KRDAE,2020).Türkiye'nin aktif deprem bölgesi sınırları içindeki ilçe deprem parametreleri açısından incelendiğinde, çalışma alanının bulunduğu Bursa ili Yenişehir ilçesi Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası'nda 0.2-0.3 g ivme değerleri arasındayer almaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Türkiye deprem tehlike haritası ve Yenişehir (Bursa) ilçesinin bulunduğu 0.2-0.3 g arasında renklendirilmiş risk sınıfı alanı (AFAD, 2018).

Bu çalışma kapsamında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE)'nün Ulusal Deprem Merkezi (UDİM)'nden alınan 1900-2020 yılları arasına ait Bursa ili Yenişehir ilçesi merkezli 100 km yarıçaplı alanda meydana gelen 4.5 ve üzeri büyüklükteki (M, Magnitude) deprem verileri ile hesaplamalar yapılmıştır (UDİM, 2020). Bu verilere göre hesaplanan büyüklük olarak $M_L$olup, bölgede 100 km yarıçaplı alanda aletsel dönemde meydana gelen deprem büyüklükleri 7.4'e kadar ulaşmaktadır. Dolayısıyla bu tez çalışmasında inceleme alanı ve yakın çevresinin Magnitüd-Frekans ilişkisinin belirlenmesinde,bu alan için hesaplanan ortam sabitleri a ve b parametreleri olup, bunların hesaplanmasında En Küçük Kareler (EKK) yöntemi kullanılmıştır. Hesaplamalar için 1900-2020 yılları arasında bölgede oluşmuş büyüklüğü(M_L) 4.5 ve 9 arasında olan depremler taranmış ve 1900-2020 arasında Yenişehir merkez olacak şekilde 100 km'lik yarıçap içinde oluşan depremler ve büyüklükleri incelenmiştir (Şekil 1.4).



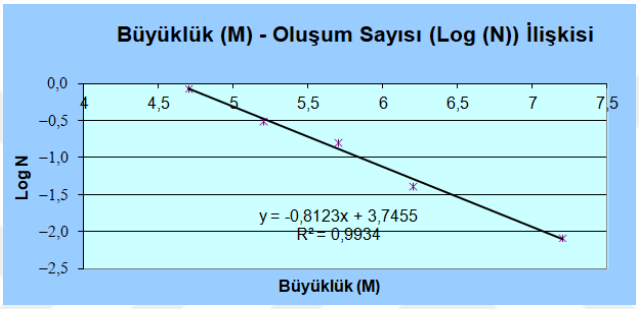
Şekil 1.4. 1900-2020 arasında Yenişehir merkezli100 km'lik yarıçap içindeki depremler ve büyüklükleri haritası(Ölçek: 1/42105) (UDİM, 2020).

Şekil 1.4 incelenirse, Yenişehir merkez olacak şekilde 100 km yarı çapında,büyüklüğü(M_L) 4.5 ve 9 arasında oluşmuş depremlerin oluşum odakları ve derinlikleri görülmektedir. Buna göre inceleme alanını olumsuz etkileyecek büyük depremler oldukça fazladır ve deprem büyüklüğüne paralel olarak inceleme alanı ve dolayında hem sığ hem de daha derin depremlerin etkin olduğu gözlenmektedir.

KRDAE'den alınan deprem verilerininÖzçep(2010) tarafından hazırlanan Excel tabanlı Zemin Jeofizik Analiz© programında Probabilistik Deprem Tehlike Analizi (PDTA) yapılmıştır. Bu programda, Poisson Olasılık Dağılımı (POD) ile deprem risk analizi yapılmıştır. Buna göre Şekil 1.5 incelenirse, 1900-2020 yılları arasında toplam 120 yıllık süreç içinde büyüklüğü (M_L) 4.5 ve 7.5 arasındaki depremler sınıflandırılarak oluşum sayıları veri olarak girilmiştir. Buna göre girilen verilerle büyüklük (M)-oluşum sayısı (logN ve N ise sayıyı ifade eder) arasındaki ilişki(R, Regresyon) hesaplanarak,Şekil 1.6'da istatistiksel bir grafikolarak gösterilmiştir. Bu grafik incelenirse, M-logN değerleri birbiriyle ters orantılı olarak doğrusal bir ilişki göstermektedir. Yine bu grafiğe dikkat edilirse, bu ters orantıya göre inceleme konusu alanı da içine alan 100 km'lik yarıçaplı bu alanda depremin büyüklüğü arttıkça, depremin olma olasılığı da o kadar (doğrusal olarak) azalmaktadır.

PROBABİLİSTİK DEPREM TEHLİKE ANALİZİ						
		YIL	120			
Poison Olasılık Dağılımı ile Deprem Risk Analizi						
Regresyon için Veri Sayısı	5					
Büyüklük (M) Aralıkları	4.5 ≤ M <5.0	5.0 ≤ M < 5.5	5.5 ≤ M <6.0	6.0 ≤ M <6.5	6.5 ≤ M <7.0	7.0 ≤ M <7.5
Ni (Oluşum Sayıları)	64	19	14	4		1
Ortalama Büyüklük(M) yada (Xi)	4,7	5,2	5,7	6,2		7,2
ΣNi (Kümülatif Oluş Sayıları	102	38	19	5	0	1
ΣNi/t	0,85	0,316666667	0,158333333	0,041666667	0	0,00833333
Log ΣNi/t yada (Yi)	-0,070581074	-0,499397649	-0,800427645	-1,380211242	0	-2,07918125
ΣXi	29,0000000		a	3,745549064		
ΣYi	-4,8297989		b	-0,812329110		
ΣXi^2	171,9000000					
ΣXiYi	-31,0184511		Log (N) = a - b* M			
$(\Sigma xi)^2$	841,0000000					

Şekil 1.5. PDTA hesaplamaları içinZemin Jeofizik Analiz© programında veri giriş bölümünün veri tablosu.



Şekil 1.6. Deprem verisinden hesaplanan Büyüklük-Oluşum sayısı ilişkisini veren grafik.

Son olarak büyüklük-oluşum sayısı grafiğinden elde edilen sonuçlar diğer deprem parametrelerini hesaplamak için kullanılmıştır. Şekil 1.6'daki sonuç değerleri POD'na göre dağıtılarak oluşabilecek depremler, bu depremlerin büyüklükleri (M) ve ortalama tekrarlanma periyotları (OTP) da hesaplanarak Şekil 1.7'de sunulmuştur. Şekil 1.7'deki sonuçlara göre deprem büyüklüğü arttıkça, OTP değerleri de artmaktadır. Başka bir deyişle deprem büyüklüğü arttıkça, daha büyük bir depremin olma olasılığı daha uzun bir tekrarlama yılı ile gerçekleşebilir. Diğer bir sonuç ise büyüklüğü 5.5 ve bu değerden daha az olan depremlerin 10, 50, 75 ve 100 yıl içinde tekrar olma sıklıkları daha yüksek iken, 6 ve daha büyük depremlerin tekrar olma sıklıkları azalmaktadır.

				Rm = 1- e-(N(M) *D)		Ortalama
		D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	D (Yıl) için Olasılık (%)	Tekrarlama Periyodu
N(M)	Büyüklük (M)	10	50	75	100	(Yıl)
1,230462	4,5	100,0	100,0	100,0	100,0	1
0,482951	5	99,2	100,0	100,0	100,0	2
0,189557	5,5	85,0	100,0	100,0	100,0	5
0,074400	6	52,5	97,6	99,6	99,9	13
0,029202	6,5	25,3	76,8	88,8	94,6	34
0,011462	7	10,8	43,6	57,7	68,2	87
0,004499	7,5	4,4	20,1	28,6	36,2	222

D (yıl)	% Aşılma Olasılığı	M (büyüklük)
50	23	7,4

Şekil 1.7. Deprem verisinden hesaplanan PDTA-POD sonuçları.

Sonuç olarak Şekil 1.7'ye göre,Zemin Jeofizik Analiz© programı kullanılarakPOD'na göre yapılan hesaplamalarda büyüklüğü 6, 6.5, 7 ve 7.5 olan her deprem için 10, 50, 75 ve 100 yıl içinde olacak bir depremin olma olasılığı ve ortalama tekrarlanma sayısı hesaplanarak sonuçları aşağıda sırasıyla her deprem büyüklüğü için ayrı ayrı sunulmuştur. Buna göre,

M=6.0 büyüklüğündeki bir deprem için

10 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 52.5,

50 yıl içinde olma olasılığı yüzde 97.6,

75 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 99.6 ve

100 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 99.9

olarak ve OTP=13 yıl olarak hesaplanmıştır.

M=6.5 büyüklüğündeki bir deprem için

10 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 25.3,

50 yıl içinde olma olasılığı yüzde 76.8,

75 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 88.8 ve

100 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 94.6

olarak ve OTP=34 yılolarak hesaplanmıştır.

M=7.0 büyüklüğündeki bir deprem için

10 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 10.8,

50 yıl içinde olma olasılığı yüzde 43.6,

75 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 57.7 ve

100 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 68.2

olarak ve OTP=87 yıl olarak hesaplanmıştır.

M=7.5 büyüklüğündeki bir deprem için

10 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 4.4,

50 yıl içinde olma olasılığı yüzde 20.1,

75 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 28.6 ve

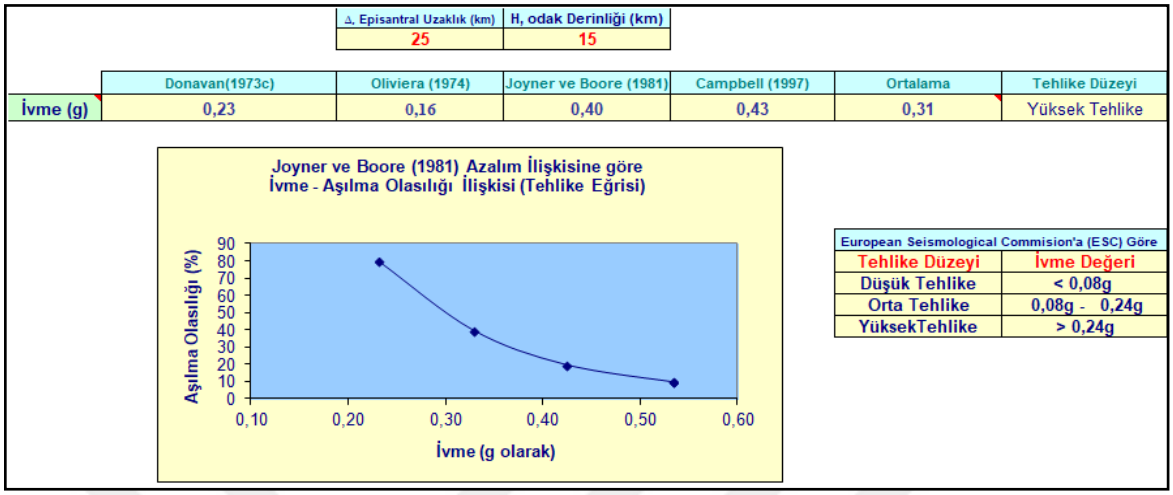
100 yıl içerisinde olma olasılığı yüzde 36.2

olarak ve OTP=222 yıl olarak hesaplanmıştır.

İnceleme alanı için AFAD'ın 2018/11275 tarih ve sayılı yönetmeliğince Türkiye Deprem Tehlikesi Haritası'ndaivmesi 0.2-0.3 g arasındayer aldığından yapılaşma esnasında Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik ile Deprem Bina Tehlikesi Yönetmelik esaslarına uyulmalıdır. Bu nedenle depremsellik araştırmasında ivme-uzaklık azalım ilişkileri kullanılarak, pik yatay yer ivmesi (PGA, PeakHorizontalGround Acceleration) hesabı da yapılarakçalışma alanı ve dolayının depremsellik durumukonusundaki araştırma tamamlanmıştır (Şekil 1.8). Buna göre depreme dayanıklı yapı ve tesislerin uygun şekilde tasarlanması için bu yapıları etkileyecek yer sarsıntısı düzeyinin hesaplanmasında bir bölgedeki deprem tehlikesini ve buna bağlı olarak deprem riskini gösteren yer hareketi ivmesi olarak tanımlanan deprem etkisi en önemli parametrelerden biridir. Diğer yandan depremin büyüklük (M) parametresi ise bir bölgede deprem tehlikesini belirlemede ve o bölgede depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde tek başına yeterli olmayacağından, bir depremin yeryüzünün herhangi bir noktasında yaratacağı en büyük ivme değerini veren zemin hareketi azalım ilişkilerine gerek vardır. Bu tür çalışmalar, deprem kaynağının incelenecek alana olan uzaklığına bağlı olduğu için ivme-uzaklık azalım ilişkisi olarak adlandırılırlar (Ulutaş vd., 2003).

Yukarıda sunulan bilgiler ışığında, 120 yıllık zaman aralığında, çalışma alanı ve çevresinde oluşmuş orta ve büyük ölçekli depremler nokta kaynak ve yine saha çevresindeki aktif kırıklar çizgisel kaynak gibi düşünülerek, bu depremlerin çalışma alanında meydana getirebileceği pik ivmelerden pik yatay yer ivmesi (PGA) değerleri hesaplanmıştır (Şekil 1.8). UDİM (2020)verileri Zemin Jeofizik Analiz© programıdeğerlendirilerek, inceleme alanını etkileyebileceği düşünülen en yakın ve aktif sismik kaynağa olan uzaklık hesaplanmıştır. İnceleme alanını içine alan kaynak zonu içerisinde geçmişten günümüze oluşmuş en büyük M'lü deprem veya saha üzerinde amaçlanan mühendislik hedefi için belirlenen tasarım deprem büyüklüğü (uygulama örneği deprem büyüklüğü) seçilir. Ardından belirlenen giriş, azalım denklemlerinde yerine konularak çalışma alanında olası PGA değeri (a_{max}) hesaplanır.Buna göre Zemin Jeofizik Analiz© programında a_{max}'ı hesaplamak için giriş verisi olarak UDİM (2020)'den alınan ve inceleme alanını içine alan 100 km yarıçaplı alan içerisinde geçmişten günümüze oluşmuş en büyük deprem büyüklüğü olan M=7.4, bu depremin episantral uzaklığı Δ=25 km ve odak derinliği H=15 km olan deprem verileri tercih edilmiştir.Bu büyüklükte bir depremin inceleme alanını etkileyebileceği düşünülen en yakın ve aktif sismik kaynağa olan sonuçları ise Şekil 1.8'de sunulmuştur. Ek olarak a_{max} değerlerini hesaplamada,Şekil 1.8'de sunulan araştırmacıların formülleritercih edilmiştir. Buna göre dört adet a_{max} değeri hesaplanmıştır.

Daha sonra bu değerlerin ortalaması alınarak ortalama a_{max}=0.31g olarak hesaplanmış ve bu a_{max} değeri ile sıvılaşma ve risk analizi yorumu yapılabilmiştir.



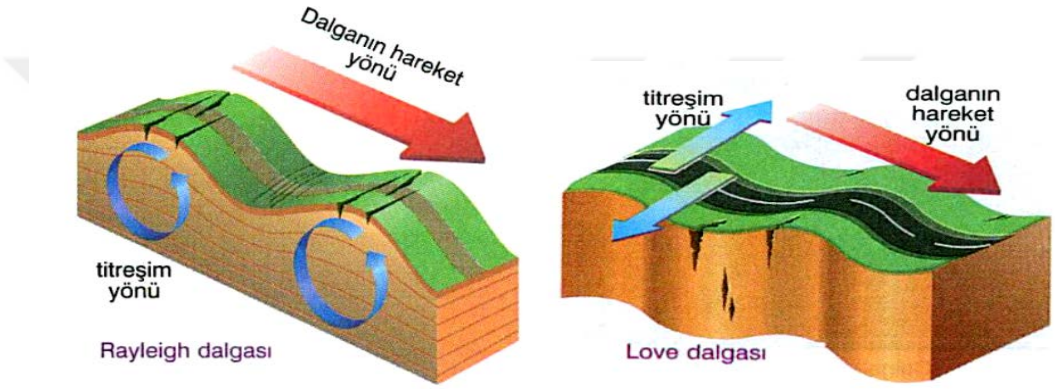
Şekil 1.8.Çeşitli formüllere göre PGA hesabı.

Sonuç olarak Şekil 1.8 içindeki hesaplanan grafik ve tablo sonuçlarıincelendiğinde, inceleme alanı ve çevresi için probabilistik ve determenistik deprem tehlike analizi ile bulunan sonuçlara veESC (EuropeanSeismologicalCommision) standartlarına göre ivme değeri>0.24g'den büyük olduğu için tehlike düzeyi yüksek tehlike olarak belirlenmiştir. Sıvılaşma durumu ise bu tezin devamında 2. ve 3. bölümlerinde sunulan sonuçlara göre inceleme alanında belirlenen yeraltısuyu seviyesinin güneyde alüvyon birimlerde yaklaşık 5-6 m'lerden başlayarak, kuzeye doğru düzenli bir artışla kuzeyde Mesudiye formasyonu içinde yaklaşık 90 m derinliğe kadar değiştiği veS dalgası hızlarından hazırlanan V_{30} haritasında gözlenen düşük hızlı alanlar dikkate alındığında,hesaplanan ortalama a_{max} değerinin 0.31g olması ve alüvyonların ince çakıllı kumlardan oluştuğu da bilindiğinden,özellikle alüvyon birimlerin yaygın ve derin doğru devam ettiği alanlarda sıvılaşma riskinin oldukça yüksek olduğunu göstermiştir.Sıvılaşmanın yüksek olmasının bu alanların yerleşime uygunluk açısından da tehlikeli olduğunu ve yapılaşmada da bu ayrıntıya dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir.Dolayısıyla bu sonuçlar inceleme alanının risk durumunun yüksek olduğunu gösterdiğinden, kentsel yapılaşmalarda gereken önemin verilmesine de dikkat çekecek çok önemli bir bulgu olmuştur. Buna göre çalışma alanının özellikle sıvılaşma riskinin en yüksek gözlendiği güneybatı-güney kenarları boyunca ve yakınında,sismolojik geçmişinin günümüzde de aktifliğini sürdürdüğü dikkate alınırsa, yerleşime uygun olmayan riskli alan ilan edilmesi gerektiği önerilmektedir.

2.ÇALIŞMALARDA KULLANILAN JEOFİZİK YÖNTEMLER

2.1.Sismik Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW) Yöntemi ve Veri İşlem

Yüzey dalgaları, yer-hava ara yüzeyinde yayılan dalgalardır(Shearer,1999).Rayleigh ve Love dalgaları olarak adlandırılan yüzey dalgaları çok uzak mesafelerde bile kaydedilebilen dalgalar olduğu için, bu dalgaların faz hızı ve dispersiyon eğrilerininkarakterisk özellikleri kullanılarak incelemeler yapılmaktadır (Aki ve Richards,1980). Şekil 2.1'de bu dalgaların yerin yüzeyinin hemen altındaki ortamlardaki yayılımını gösterilmiştir. Bu dalgalar depremde S dalgasından sonra kayıtçıya gelen en son dalgalardır ve yıkıcı hasar bu dalgaların yayılımı ile gerçekleşir.



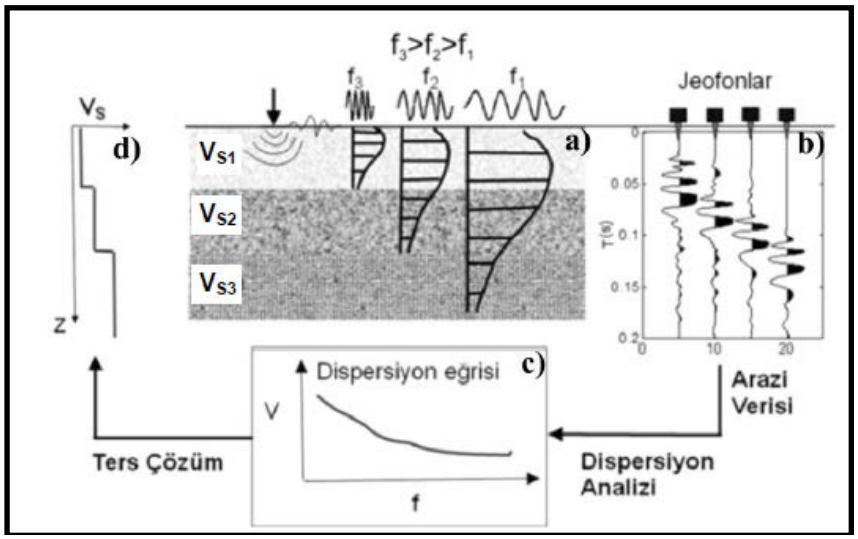
Şekil 2.1. Rayleigh ve Love dalgalarının yayılımının üç boyutlu gösterimi (KDRAE, 2020).

Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW-Multichannel Analysis of SurfaceWave) yöntemi doğrusal bir hat boyunca dizilen çoklu alıcı sistemine dayanan klasik sismik arama yönteminden türetilmiştir. Bu yöntem, kayma dalgası (Shearwave, S dalgası) hızını elde etmede önemli bir teknik olup, hız ve sönüm gibi dalga yayınım karakteristiklerine dayanan faklı türde sismik dalgaları tanıma özelliği vardır. Yöntem, iki tür kaynaklı olarak uygulanabilir. Bunlar aktif ve pasif kaynaklı yüzey dalgası yöntemleri olup, yerin S dalga hız (V_S) yapısını belirlerler (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Aktif kaynaklı MASW yöntemleri (Dikmen, 2006; Darıcı, 2015).

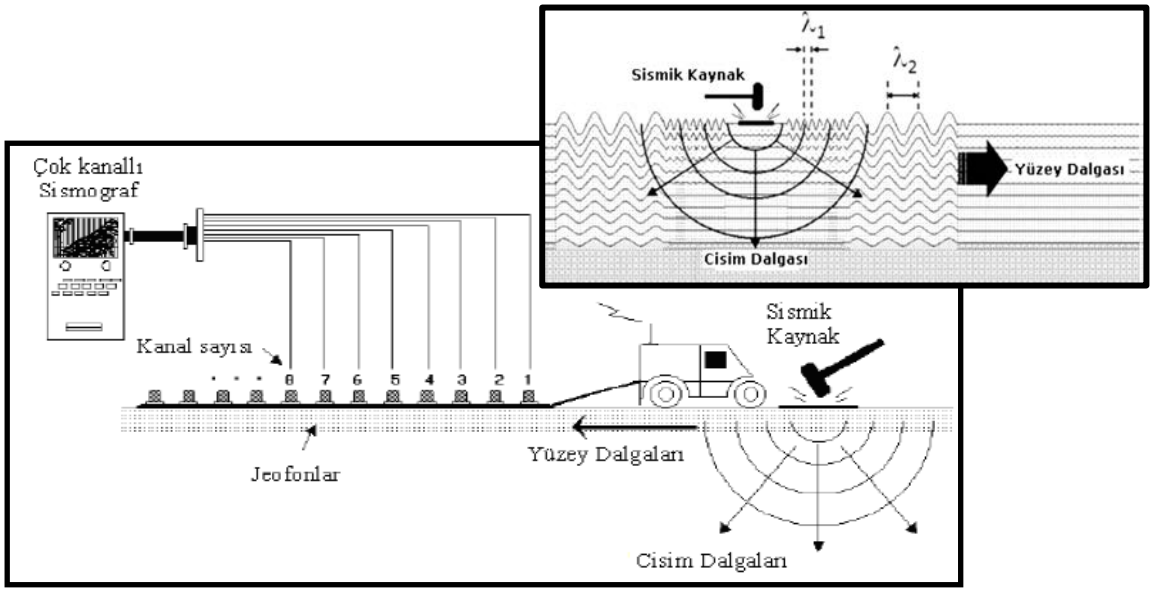
Kaynak	Yöntem	Kullanılan Jeofon	İlgilenilen Faz	Hesaplanan Parametre
Aktif	Durağan Rayleigh Dalgası Analizi (SSRM)	Düşey	Rayleigh	Vs
	Yüzey Dalgalarının Spektral Analizi (SASW)	Düşey	Rayleigh	Vs
	Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW)	**Düşey**	**Rayleigh**	**Vs**

Arazide ise jeofizik çalışmalarda yüzey dalgası hızlarını belirlenmeye yönelik olarak MASW-aktif kaynak hat ölçümü tercih edilmiştir. Diğer yöntemlere göre en büyük avantajı kaynağın kontrollü olmasıdır ve veri toplama ve işleme aşamaları daha hızlı ve kolaydır (Xia vd., 1999). Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW) yönteminde S dalga hız tespiti için yüzey dalgalarından Rayleigh dalgası kullanılmaktadır.Rayleigh dalgası, serbest yüzey boyunca, yarı sonsuz bir ortamda ilerleyen parçacıkların eliptik ve saat yönünün tersine hareket gösteren yüzey dalgasıdır (Shearer, 1999).MASW yöntemi SASW yöntemine göre Rayleigh verilerinin kayıt edilmesinde daha etkilidir ve bu nedenle uygulamalarda daha fazla kullanılır.Uygulamada iseMASW yöntemi,doğrusal bir dizilim boyunca yerleştirilen çoklu (12 veya daha fazla) alıcıların (jeofonlar) çalıştırıldığı klasik sismik arama yaklaşımından türetilmiştir. Aktif bir sismik enerji kaynağı kullanılarak gerçekleştirilen MASW temelde üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar veri alınması, dispersiyon eğrisinin elde edilmesi ve ters çözüm işlemleridir (Şekil 2.2) (Foti vd., 2011). Buna göre Şekil 2.2abc incelenirse, kaynaktan uzaklaştıkça, yüzey dalgası frekansları ($f_1>f_2>f_3$) azalmakta ve dalgaboyları uzamaktadır ve böylece nüfuz derinlikleri de artmakta, başka bir deyişle dalgalar daha derine ulaşmaktadırlar (Karslı, 2018). Dolayısıyla uygun bir yazılımda sismik veri işlemede, ters çözüm işleminin tamamlanması ile dispersiyon eğrisinden S dalgası hızına geçiş yapılarak, yorumlamada kullanılan 1B derinlik (z) -V_S grafiği elde edilmektedir (Şekil 2.2d, Şekil 2.2d).



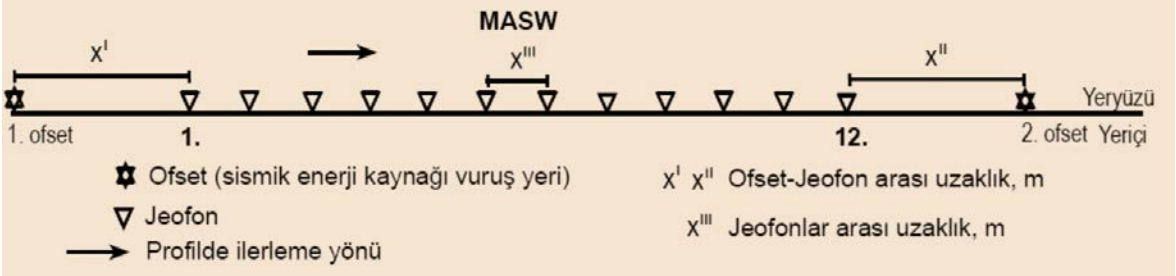
Şekil 2.2. Aktif kaynaklı MASW yöntemi verileri için yüzey dalgası analizi adımları *(*Foti vd. (2011), Darıcı (2015) ve Karslı 2018)'den düzenlenerek).**a)** Sismik ölçü alma, **b)** Ölçülen sismik veri kaydı,**c)**Sismik kayıtların değerlendirilmesinden elde edilen dispersiyon eğrisi,**d)**Ters çözüm işlemi ile veri işlemi tamamlanmış 1B sonuç grafiği.

Veri alınması esnasında kullanılan ekipman esasen sismik kırılma ekipmanı ile benzerdir. Ancak yüzey dalgalarını iyi kaydedebilmek için düşük frekanslı jeofonlar (4.5 Hz) tercih edilir (Park vd., 1999). Veri alınmasında dikkat edilmesi gereken bir diğer husus alıcı aralığı ve ofset seçimidir. Dalga boyu ile ilgili olan bu seçimde, profil uzunluğu kayıt edilebilecek en büyük dalga boyu ile ilişkili araştırma derinliğini, jeofon aralığı ise en küçük dalga boyu ili ilişkili çözünürlüğü belirlemektedir (Dikmenvd., 2009).Jeofon aralığının (dx), en büyük araştırma derinliğinin (Z_{max})ve ilk jeofonla son jeofon arasındaki mesafenin (X) olması durumunda; jeofon aralığının en büyük araştırma derinliğinin onda birinden küçük olması önerilir ($dx \leq 0.1*Z_{max}$). Yakın alandan kaynaklı etkilerden kaçınmak için ise yakın ofset, en büyük araştırma derinliğinin yarısı olmalıdır.Toplamserim uzunluğu ise en büyük araştırma derinliğine eşit veya büyük olarak ($X \geq Z_{max}$) hesaplanmalıdır (Nazarian vd., 1983).MASW yönteminin arazi düzeneği Şekil 2.3'de verilmiştir.Bu düzeneğe göre alıcı jeofonlar düz bir hat üzerinde doğrusal olarak dizilir.Budizlim sismograma bağlıdır.Sismik kaynak kullanılarak (balyoz, ağırlık düşürme, vb.) yüzey dalgaları üretilir ve her bir jeofon ona ulaşan yüzey dalgalarını sismografa iletir.Alıcılardansismografa gelen dalgaların yolculuk zamanları farklıdır.Sismik kaynağa daha yakın olan jeofona yüzey dalgası daha önce geleceği için yolculuk süresi kaynakla arasındaki mesafeyle doğru orantılı artmaktadır.Buyüzden sismografa ulaşan ham veriler eğimli şekilde görünürler.



Şekil 2.3. Aktif kaynaklı MASW yöntemi için veri toplama düzeneğive sismik kaynak ve civarında oluşan dalga yayılımı-yüzey dalgası oluşumu (λ=V.T=V/f'dir veλ: dalga boyu (λ_1, λ_2), V: hız, T: periyot, f: frekans) (Darıcı (2015) ve Karslı (2018)'den düzenlenerek).

Bu tez çalışması için inceleme konusu alanda ise MASW profilleri boyunca sismik veri toplamada Şekil 2.4'te verilen düzende sismik ölçü alma işlemi gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla sismik araştırmalarda profil başı ve sonunda yer alan iki ofsette atış yapılmıştır ve jeofon aralıklarında ise atış yapılmamıştır. Bunun nedeni inceleme sahasının büyük ve profil sayısının fazla olması ve farklı jeofizik yöntemlerin de kullanılmasıdır.Diğer amaç bu alanda zemin dinamik parametrelerinin hesaplanmasının asıl hedef olmasıdır.

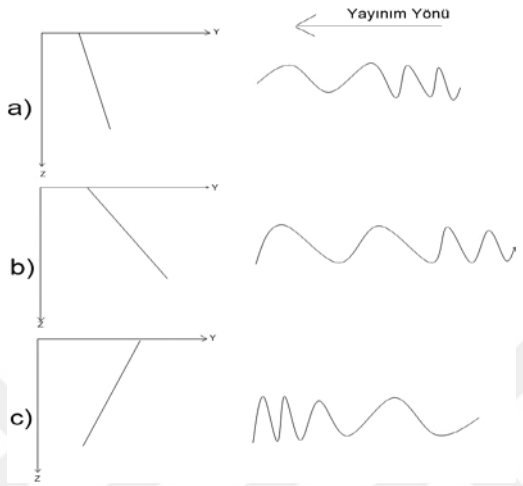


Şekil 2.4. İnceleme alanı için hazırlanmış MASW veri toplama düzeneği (Özel ve Darıcı (2020)'den düzenlenerek).

Veri toplamanın ardından her bir atış topluluğunun ground-roll dalgası faz hızları hesaplanır. Ground-roll dalgasının frekans ve faz hız dizileri başlangıç doğrusu boyunca verinin analiz edilerek hesaplanır. Bu iki dizi, her bir atış topluluğundan frekans bağımlı faz hızı eğrilerini tam olarak çıkarmak için çok önemli bir sınırlamadır (Park vd., 1999). Kullanılan serim uzunluğu, kayıt edilebilecek en büyük dalga boyu ile ilişkili olduğundan araştırma derinliğini belirler. Jeofon aralığı ise kayıt edilebilecek en küçük dalga boyu ile ilişkili olduğu için sığ araştırma derinliğinin çözünürlüğünü etkileyen bir değişkendir. Yöntemde, yüzey dalgasının yaratılmasında balyoz, çekiç, patlatma veya ağırlık düşürme gibi enerji kaynakları kullanılabilir. Genellikle veriler 1 ms örnekleme aralığı ve 1 sn'lik kayıt uzunluğu ile toplanmaktadır. Eğer sismik kırılma ya da yansıma verisi de toplanacaksa, örnekleme aralığının 0.5 ms olması önerilmektedir. Çalışılan ortam hızı düşük ise (örneğin derin alüvyon ortamlarda, V_S<100 m/s) bu durumda daha büyük bir kayıt uzunluğu seçilmesi gerekmektedir (Dikmen, 2006: Dikmen vd., 2009). Ayrıca Sinyal/Gürültü oranını arttırmak için atış noktasında ardı ardına birkaç vuruş yapılarak yığma (stack) ölçüsü alınması önerilmektedir.

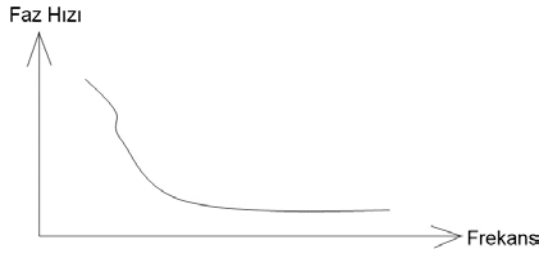
MASW yönteminin bir diğer aşaması ise dispersiyon eğrilerinin oluşturulmasıdır (Şekil 2.5).Yüzey dalgaları, homojen ve izotrop (yön bağımsız) yerin sonsuz ortamdaki Rayleigh dalgaları hariç, frekansa bağlı olarak yüzey boyunca belirli bir hız dağılımı gösterirler. Bu hız dağılımındaki dalga paketinin farklı faz hızlarıyla hareket etmesine dispersiyon denir

(Aki ve Richards, 1980). Sonuç olarak yüzey boyunca dispersiyona uğrayan yüzey dalgalarının hızları frekans ya da periyoda bağlıdır. Dispersiyon kuramı, sığ yer yapısının bir fonksiyonu olduğundan, sığ yer ile ilgili bilgiler, dispersiyon eğrisinden elde edilir (Okada, 2003). Şekil 2.5a-b-c incelenirse, derinliğe göre sismik hızdaki değişme miktarı arttıkça dispersiyonda artacaktır.



Şekil 2.5. Dispersiyon a)Düşük hız değişimi ve küçük dispersiyon b)Yüksek hız değişimi ve büyük dispersiyon c)Ters dispersiyon (Bath, 1973).

Dispersiyon eğrisinde gözlenen parametrelerden faz hızı ise yüzey dalgalarının frekansa bağlı hızlarına denir. Frekansa karşılık faz hızları çizildiğinde, o yüzey dalga türüne ait dispersiyon eğrisi elde edilir (Şekil 2.6).Dolayısıyla bir kaynaktan çıkan sinyal, bulunulan yerden daha uzaklarda kaydedildiğinde, sinyal üzerindeki dispersiyonun etkisi daha belirgindir.

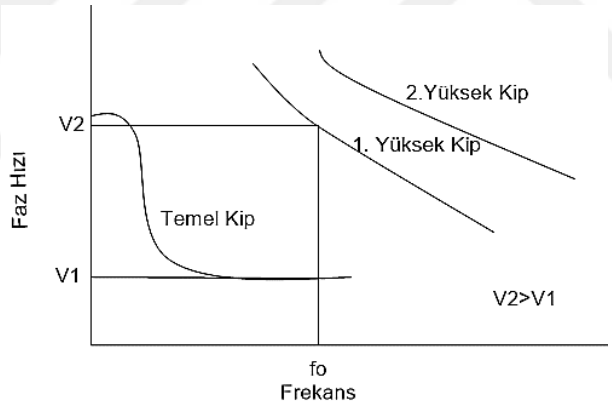


Şekil 2.6. Faz hızı-frekans değişimini veren dispersiyon eğrisi(Strobbia, 2005).

Şekil 2.6 incelenirse, sismik profil boyunca zaman-uzaklık (x-t) ortamında kaydedilen veriye uygulanacak diğer işlem Xia vd. (1999)'da tanımlandığı gibi frekans-dalga sayısı (f-k) dönüşümü ile verinin frekans-faz hızı (f-Cf) ortamına aktarılmasıdır. Bu dönüşüm kaydedilen yüzey dalgalarındaki frekans-faz hızı ilişkisini gözlemlemeye olanak sağlar.

Buradaki amaç faz hızının frekansla değiştiği, Rayleigh dalgası dispersiyon eğrisinin elde edilmesidir.

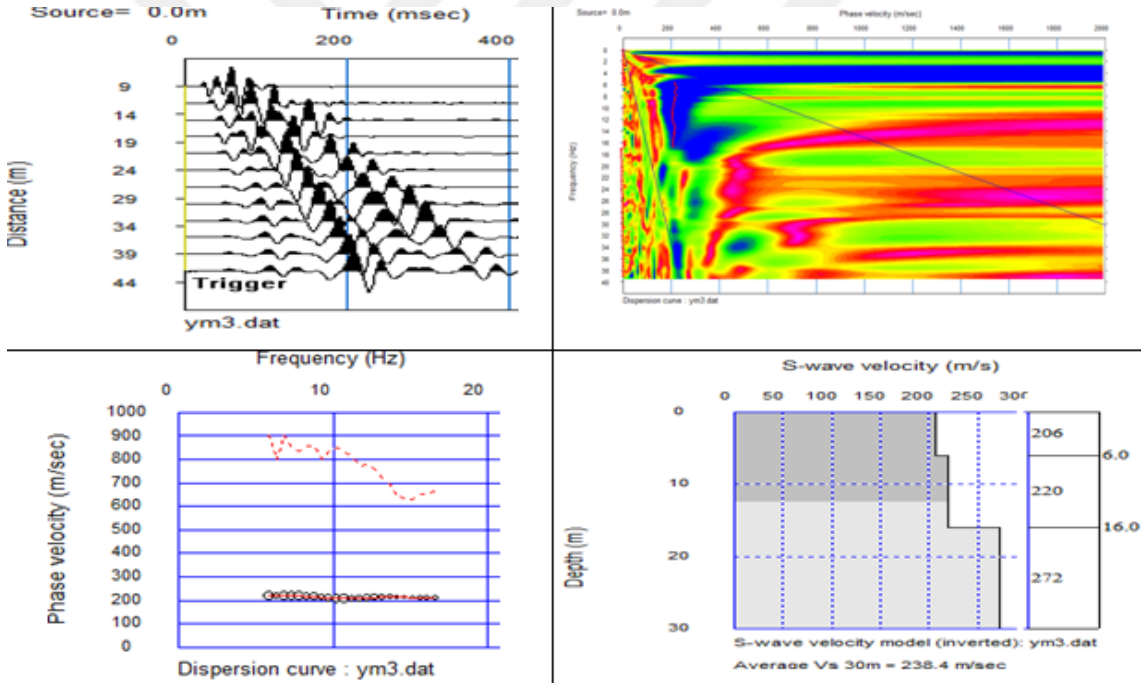
Sonuç olarak dispersiyon eğrisi seçimi kesme frekansındaki kesme dalgası hızının elde edilmesinde en önemli adımlardan biridir. Bu adımda her bir veri kazanım noktasındaki kayıtların frekans ortamındaki eğimlerinden ground-roll dalgasının faz hızları hesaplanır (Park vd., 1999). Buna göre dispersiyon eğrisi deneysel olarak ölçülebilir ve bu eğrinin yorumlanması ile yeraltının özellikleri belirlenebilir. Bu nedenle faz hızı (V)-frekans (f) ilişkisi ve temel mod(kip) ile ilişkisi iyi analiz edilmelidir (Şekil 2.7). Çünkü Rayleigh dalgasının yer yayılımı çok modlu bir olgudur. Herhangi bir frekans değeri için, Rayleigh dalgasının en düşük faz hızındaki yayılımı temel mod olarak adlandırılır. Temel moddan daha büyük hız değerine sahip modlar ise yüksek mod olarak adlandırılır (Strobbia, 2005).Rayleigh analizi için temel mod kullanılmalıdır. Eğer yüksek modlar kullanılırsa, gerçek hız değerlerinden çok daha yüksek bir hızın elde edilerek yanlış yorumlanmaya neden olmaktadır.



Şekil 2.7.Yüzey dalgalarının dispersiyon eğrilerindeki temel mod ve yüksek modların görünümü (Dikmen vd., 2009).

Yöntemin son aşaması Rayleigh dalgası faz hızı-frekans çiftlerinden oluşmuş dispersiyon eğrisinin ters çözüm işlemidir (Şekil 2.8). S dalga hızının (V_S, m/sn),Rayleigh dalgası faz hızı üzerindeki baskın etkisi, ters çözüm işlemi tamamlanınca derinlik profiline karşılık V_S bilgisinin elde edilmesinisağlar. $V_S$bilgisinin hesaplanması dispersiyon eğrisinin belirli bir yoğunluk ve poisson değerinin tahminini gerektiren yinelemeli ters çözüm ile hesaplanır. Bu süreci en küçük kareler (EKK) yaklaşımı otomatik olarak gerçekleştirir. EKK yaklaşımında her bir yineleme adımında bu parametrelerden yoğunluk ve poisson oranı sabit kalırken,Vsbilgisi güvenilir olarak yakınsar. Ters çözüm işlemi hata oranının

minumum olduğu değerde sonlandırılır (Park vd., 1999). Ayrıca istenirse, Vp hızları da hesaplanarak,Vs ve Vp sismik hızlarından diğer zemin dinamik elastik parametreleri de hesaplanabilmektedir.Sonuç olarak çalışma alanından alınan gerçek bir sismik veri kaydı (MASW1) için ters çözüm adımları örneği Şekil 2.8'de verilmiştir. Şekil 2.8'de incelenirse, zaman-uzaklık (x-t) ortamındaki bu veri (f-k) dönüşümü ile faz hızı, frekans (f-Cf) ortamına dönüştürülmüştür. Her bir frekans değerine karşılık gelen faz hızı değerlerinden meydana gelen dispersiyon eğrisi seçimi, S dalgası hız yapısının doğru ve güvenilir bir şekilde elde edilmesinde son derece önemlidir (Şekil 2.8b). Dispersiyon eğrisi seçiminin ardından V_S ve tabaka kalınlığı bilgisi için ters çözüm işlemi uygulanmıştır (Şekil 2.8c-d). Belirli bir başlangıç modeli kullanılarak gerçekleştirilen ters çözüm işlemi, %5'den daha az hata oranları ile kesiştirilerek veri değerlendirme işlemleri tamamlanmış ve 1B sismik grafik sonuçları elde edilmiştir.



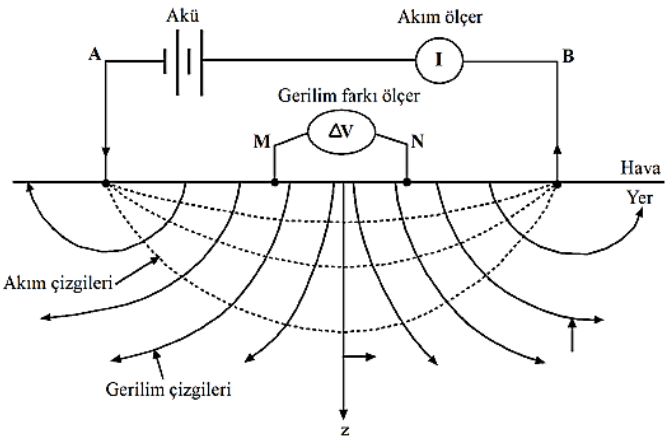
Şekil2.8.a)MASW1 ham verisi,**b)**Dispersiyon eğrisi,**c)** Frekans-hız ilişkisi ters çözüm,**d)**Ters çözüm işleminden elde edilen 1B derinlik-$V_S$grafiği.

Böylece bu aşamada inceleme alanı sismik MASW verilerinin 1B veri değerlendirmesi tamamlandıktan sonra, 1B sismik grafikler uygun yazılımda (SeisImager) birleştirilerek değerlendirilmiş ve 2B sismik hız-derinlik kesitleri de elde edilmiştir. Bu kesitler her profil boyunca yeraltı tabakalarının sınırlarındaki topoğrafik eğimlerini gözlemlemeyi kolaylaştırırken,tabakalara ait hesaplanan ortalama sismik hızlar isehazırlanan sismik

kesitlerin daha kolay yorumlanmasını sağlamıştır. Son aşamada ise sismik P dalgası hızları (V_P, m/sn) da SeisImager yazılımında değerlendirilerek hesaplanmış ve sismik P dalgası 2B hız kesitleri de elde edilmiştir. Böylece yerin dinamik elastik parametrelerini hesaplamada kullanılacak V_P ve V_S hızları elde edilmiştir. Son aşamada ise üç farklı derinlik için V_P ve V_S hızlarının seviye haritaları elde edilerek, 3B yoruma hazır hale dönüştürülmüştür. Bu seviye haritaları dinamik elastik zemin parametreleri (G, K, E, d, σ) için de Surfer2013 yazılımında hazırlanarak sismik veri değerlendirme işlemleri tamamlanmıştır.

2.2.Doğru Akım Özdirenç (DAÖ)Yöntemi ve Veri İşlem Adımları

DAÖ (DurationCurrentResistivity) yöntemi olarak adlandırılan bu yöntemde yeraltındaki yapıların elektriksel özelliklerinin farklı olmasından yararlanarak, yüzeyden iki ayrı noktadan bir çift elektrot ile yer içine gönderilen akımın (I, Amper) diğer iki elektrotta meydana getireceği potansiyel farkın (ΔV, Volt) ölçülmesi ilkesine dayanan yapay kaynaklı bir yöntemdir. Ölçülen bu potansiyel farklardan yaralanarak yeraltı yapısı ortaya çıkarılabilir. Ayrıca ölçümlerde kullanılan cihaz ve ekipmanların ekonomik olması, yöntemin arazide kolay uygulanabilirliği, verilerin hızlı değerlendirilebilmesi ve bilgi ve deneyim birikiminin fazla olması ise bu yöntemin yaygın kullanımının önemli sebeplerindendir (Van Nostrand ve Cook 1966; Zohdy 1974; Telford vd., 1990; Candansayar ve Başokur 2001). Yöntem ilk kez ConradSchlumberger tarafından uygulanmış olup, 1920'lerden beri bilinmektedir.DAÖ yönteminde ölçü düzeneği için bir güç kaynağı (akü), bir akım ölçer ve bir gerilim farkı ölçer gereklidir. İki noktada yere çakılmış elektrotlar(A ve B) yardımı ile akım uygulanır ve diğer iki noktada çakılmış elektrotlar (M ve N) arasında oluşan gerilim farkı ölçülür (Şekil 2.9).



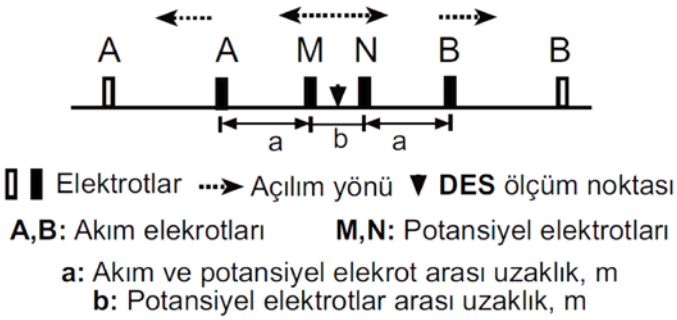
Şekil 2.9. Arazide ölçü alma düzeni (Candansayar, 2007).

Ölçülen bu gerilim farkı, tüm elektrotlar arasındaki uzaklığa ve ortamın jeolojik yapısına bağlıdır. Ayrıca elektrotların çakıldığı yer de ölçülen gerilim farkını etkiler.Ölçülengerilim farkı kullanılarak görünür özdirenç (GÖ) (Ohm-m) aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$\rho_a = \frac{2\pi}{\frac{1}{\overline{AM}} - \frac{1}{\overline{BM}} - \frac{1}{\overline{AN}} + \frac{1}{\overline{BN}}} \frac{\Delta V}{I} = k\frac{\Delta V}{I}$$

Bu denklemde I akım (Amper), ΔV gerilim farkı (Volt) ve k geometrik faktörü ifade eder. DAÖ yönteminde gerilim farkı ölçülmektedir. Fakat veri yorumunda fiziksel bir büyüklüğe ihtiyaç vardır. Bu fiziksel büyüklük görünür özdirençtir (q_a) ve ölçülen bu gerilim farkından (ΔV) hesaplanır (Van Nostrand ve Cook 1966).DAÖ yöntemi, uygulamalı jeofiziğin birçok alanında başarıyla kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında DAÖ yönteminin sondaj ölçüm tekniklerinden olan Düşey Elektrik Sondaj (DES)tekniği ile dizilim türü olarak ise Schulumberger dizilimi kullanılarak 1B (1 Boyutlu) olarak arazi uygulamasında planlanan çok sayıda noktada elektriksel veriler toplanmıştır(Şekil 2.10).Şekil 2.10'da görüldüğü gibi Schulumbergerdizliminde dışta A ve B elektrotları akım vermek için için içteki M ve N elektrotları potansiyel farkı ölçmek için kullanılır. DES yönteminde, M ve N elektrotları sabit tutularak, A ve B elektrotları açılır ve her açılımdan alınan veriler logaritmik kağıt üzerine işlenerek, derinlik-görünür özdirenç eğrilerini sağlanır.



Şekil 2.10. Schlumberger dizilimi ile DES ölçüsü almak içinölçü alma düzeneği (Özel ve Darıcı (2020)'den yeniden düzenlendi).

Kayaçların düşey yöndeki elektriksel iletkenlik farklarından yararlanarak jeolojik yapının ortaya konması elektrik yöntemlerinuygulamasındaki temel amaçtır. Bu amaç doğrultusunda arazide gerçekleştirilen ölçümler sonucu elde edilen görünür özdirenç

değerleri, çeşitli değerlendirme yöntemleri (abak çakıştırma, veri değerlendirme programları) yardımıyla değerlendirilerek ortamdaki katmanlara ait kalınlık ve gerçek özdirenç parametreleri 1B olarak saptanır. Saptanan bu parametrelerden yararlanarak ortama ilişkin jeolojik model ortaya konur. Bu yöntemlerden biri elektrik yöntemlerde tek kanallı ölçüm sistemleri kullanılarak uygulanan DES yöntemidir.

Bu tez çalışmasında jeofizik ölçüm arazi planında da olduğu gibi arazide bir grid alanı oluşturacak şekilde seçilen DES noktalarında, Schlumbergerdizilim türü tercih edilerek 1B olarak ölçülen potansiyel farklardan 1B görünür özdirenç verileri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar her DES noktasına ait bu veriler IPI2WIN+IPprogramında işlenerek ters çözüm işlemi ile 1B derinlik-özdirenç grafiklerine dönüştürüldüler. Daha sonra ise IPI2WIN+IP programında bu grafikler birleştirilerek 2B yorumlama için 2B elektrik özdirenç yapı kesitleri ve daha sonra ise 2B sonuçlar ise Surfer2013 programında 3B yorumlamaya katkı sağlamak amacıyla seviye haritalarına dadönüştürülmüştür. Böylece farklı boyutlarda grafikler, kesitler veözdirenç haritaları hazırlanarak yorumlamaya hazır hale getirildiler. Bunlara ek olarak hesaplanan özdirençlerden de bir yeraltısuyu seviyesi de hazırlanarak zeminin özellikleri hakkında yorum yapılması daha kolaylaştırılmıştır. Böylece teze konu olan çalışma alanında DES sonuçlarından jeolojik birimler ve bu birimlerdeki yeraltısuyu bilgisi yorumlanmıştır. Bu sonuçlar ise V_{S30} haritası ile karşılaştırılarak da dikkate alınarak birlikte de irdelenmiş ve yorum yapılmıştır.

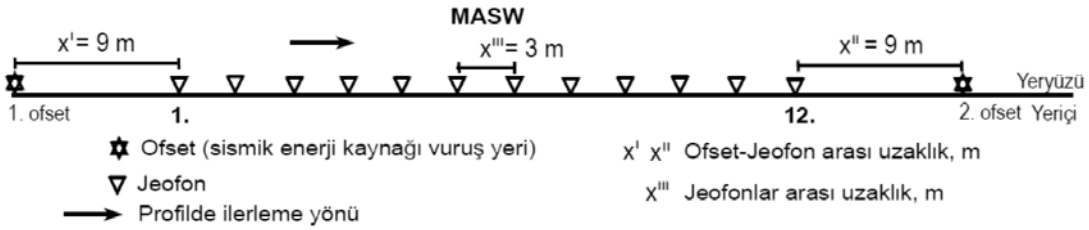
3.JEOFİZİK DEĞERLENDİRMELER

3.1. Arazi UygulamalarındaKullanılan Cihaz-Ekipmanlar ve Ölçü Alma Düzeni

Bu çalışmada inceleme alanının daha doğru tanımlanabilmesi için DES ve MASW yöntemleri beraber kullanılmıştır.Birden fazla jeofizik yöntemlerin uygulanmasıyla elde edilen sonuçların birlikte yorumlanması, incelenen ortamın daha doğru tanımlanmasını sağlamaktadır. Buna göre çalışmalarda jeofizik yöntemler iki aşamada uygulanmıştır. İlk aşamada, MASW verileri toplanarak değerlendirilmiştir. Daha sonra DES verileri toplanarak sonuçlar birbirleriyle karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.MASW ölçümleri için12 kanallı sinyal biriktirmeli SARA-DOREMİ marka mühendislik sismografı kullanılmıştır (Şekil 3.1).MASW uygulamalarıölçü alma düzeneğinde 3 m jeofon aralığı, 9 m ofset aralığı seçilerek vetoplam 42 m serimyapılarakgerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2, Şekil 3.3).Güç kaynağı olarak ise 12 V'luk akü ve sismik sinyal üretmek için ise balyoz vurma metodu seçilmiş ve bu amaçla 9 kg ağırlığında balyoz ve alıcı olarak 4.5 Hz olan doğal frekanslı düşey jeofon setleri kullanılmıştır (Şekil 3.3c, Şekil 3.3e). Kayıtlarda kayıt uzunluğu 2 sn ve örnekleme aralığı 1000 Hz seçilerek, sismik MASW verileri SEG2 formatında kaydedilmiştir (Şekil 3.3d). Şekil 3.3 incelenirse, sahada sismik veri toplamak için serim alanı, serim düzeni, ölçü alma ve kullanılan sismik ekipman arazi görüntüleri ile birlikte sunulmaktadır.



Şekil 3.1. Sara-Doremi marka sismograf.



Şekil 3.2. Uygulama için seçilenMASW ölçü alma uzaklıkları.



(a) (b) (c)



(d) (e) (f)

Şekil 3.3. a) MASW profil dizilimi,**b)**Vuruş öncesi kanal kontrolleri, **c)** enerji kaynağı olarak kullanılan balyozun vurulma anı, **d)** PC ekranına gelen yüzey dalgaları, **e)**Jeofonların saplanmaya uygun olmayan bölgede kullanılan jeofon altlıkları ve profil dizilimi, **f)** Sismografın PC'ye bağlanması ve arazide tercih edilen jeofon ve ofset aralıklarına göre genel MASW profil dizlimi.

DES uygulamalarında ise DSİ (Devlet Sular İşletmesi) yapımı elektrik özdirenç cihazı ve güç kaynağı olarak da 12 V'luk akü kullanılmıştır (Şekil 3.4). Potansiyel elektrotları ve akım elektrotları dairesel kesitli paslanmaz çelikten yapılmış elektrotlardır. Ölçümler için uygulamada Schlumberger elektrot dizilimi kullanılarak, AB/2= 50 m olacak şekilde açılım yapılmış olup, 20 adet DES ölçüsü alınmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.4.Çalışmada kullanılan rezistivite cihazı.

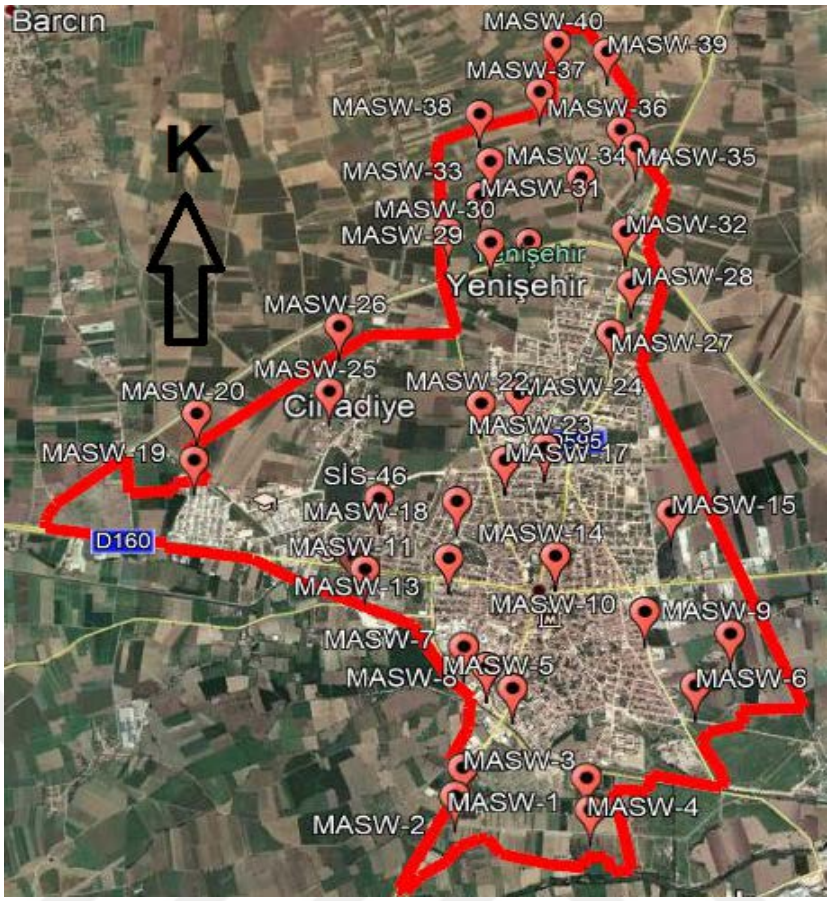


Şekil 3.5.Çalışmada kullanılan elektrik özdirenç cihazı ve çalışmalardan görüntüler.

Elektrik özdirenç çalışmasında toplanan potansiyel fark ölçüleri görünür özdirenç denkleminde seçilen elektrot uzaklıklarına göre her ölçüm noktası için ayrı ayrı hesaplanan schlumberger dizilim katsayısı ile çarpılarak, 1B görünür özdirenç (Ohm.m)-uzaklık(m) değerleri hesaplanmıştır. Arazide alınan ölçülerden hesaplanan görünür özdirenç değerleri ters çözüm işlemi yapmak için logaritmik ölçekli 1B görünür özdirenç (ρ_a,Ohm.m)-uzaklık (ab/2, m) grafiklerine dönüştürülmüştür. Bu ham veri grafikleri IPI2WIN+IP programında 1B ters çözüm işleminde değerlendirilerek en iyi çakışma sağlanınca ters çözüm işlemi sonlandırılarak, 1B elektrik özdirenç-derinlik grafikleri elde edilmiştir. Aynı işlemler tüm DES noktalarının ölçülerine yapılarak bu grafikler ve tabakalanma durumunu gösteren derinlik, kalınlık ve gerçek özdirenç değerleri tablosu ile birlikte her bir DES noktası için ayrı ayrı sunulmuştur. Ayrıca bazı DES noktaları için 1B sonuçlar birleştirilerek, 2B elektrik özdirenç kesitlerinevedaha sonra 2B kesitler de birleştirilerek 0-5, 5-10 ve>10 m'ler için özdirenç seviye haritalarına dönüştürülmüştür. Bu elektrik özdirenç tomografi görünümleri ve seviye haritaları yorumlanarak, diğer tüm sonuçlarla ilişkilendirilmiştir.

3.2. MASW Değerlendirme Sonuçları

MASW ölçümleri tamamen çalışma alanını temsil edecek şekilde belirlenmiş olup, toplam 40 profil ölçüm yapılmıştır.Çalışma lokasyonlarınınŞekil 3.6'dayerleri ve Çizelge3.1'de koordinatları verilmiştir.Sismik veri değerlendirmede sismik profil sayısının çok fazla olması nedeniyle elde edilen 1Bsismik kayıtların ters çözüme hazırlanmış hali ve 1B ve 2B ters çözüm sonuçları EK-1, EK-2, EK-3'te sunulmuştur. Daha sonra sismik hızlardan (V_{S30}, V_S, V_P) hesaplanan sismik dinamik elastik parametrelerin ve sismik hızların seviye haritaları (0-5, 5-10 ve>10 m'ler için) da hazırlanarak bu bölümde sunulmuş ve sismik yorumlamalar yapılmıştır. Son olarak ise deprem verilerinin analiz sonuçları ve DES sonuçları ile birlikte karşılaştırılarak ilişkilendirmeler yapılmıştır.



Şekil 3.6.Çalışma alanında MASW lokasyonları(GoogleEarthPro (2020) programında hazırlandı).

Çizelge3.1.MASW profil koordinatları(ITRF 96).

SİSMİK PROFİLLER	X	Y	SİSMİK PROFİLLER	X	Y
MASW-1	4457144	470640	MASW-21	4458814	469225
MASW-2	4457244	469796	MASW-22	4458902	469147
MASW-3	4457427	469845	MASW-23	4458896	469745
MASW-4	4457357	470624	MASW-24	4458911	470439
MASW-5	4457978	470160	MASW-25	4459217	471184
MASW-6	4457996	471318	MASW-26	4459363	470514
MASW-7	4458273	469857	MASW-27	4459602	470120
MASW-8	4458239	470817	MASW-28	4459314	469814
MASW-9	4458355	471546	MASW-29	4459616	468110
MASW-10	4458514	471009	MASW-30	4459986	468095
MASW-11	4457144	470640	MASW-31	4458814	469225
MASW-12	4457244	469796	MASW-32	4458902	469147
MASW-13	4457427	469845	MASW-33	4458896	469745
MASW-14	4457357	470624	MASW-34	4458911	470439
MASW-15	4457978	470160	MASW-35	4459217	471184
MASW-16	4457996	471318	MASW-36	4459363	470514
MASW-17	4458273	469857	MASW-37	4459602	470120
MASW-18	4458239	470817	MASW-38	4459314	469814
MASW-19	4458355	471546	MASW-39	4459616	468110
MASW-20	4458514	471009	MASW-40	4459986	468095

Bilindiği gibi sismik hızlar zeminin yoğunluğuna ve dinamik elastik parametrelerine, bu parametreler ise kayaçların ve zeminlerin litolojisine bağlı olarak değişirler. Buna göre yerin dinamik-esneklik özelliklerini ortaya koymak amacıyla çalışma alanında kaydedilen sismik ölçüm verilerinden hesaplanan sismik hızlarla, her bir tabaka için maksimum kayma modülü (G_{max}), young (E_d) modülü, bulk modülü (K),poisson oranı (σ) ve yoğunluk (**d**) ve zemin büyütmesi (A_k) değerleri hesaplanmıştır. Bunların sonuçları ise sırasıyla Çizelge 3.2, Çizelge 3.4, Çizelge 3.6, Çizelge 3.8, Çizelge 3.10, Çizelge 3.12, Çizelge 3.14'de ve hesaplamaların sınıflamalarında kullanılan referans çizelgeleri ise sırasıyla Çizelge 3.3, Çizelge 3.5, Çizelge 3.7, Çizelge 3.9, Çizelge 3.11 'de sunulmuştur.

Çizelge3.2. MASWverileriylehesaplanan yer dinamik-elastik mühendislik parametreleri.

SERİM NO	TABAKALAR	Vp	Vs	h	d	Vp/Vs	σ	Gmax	Ed	K	To	VS30	FM	LİTOLOJİ
MASW-1	1.TABAKA	491	156	5	1,46	3,15	0,44	355	1026	3044	0,50	217.6	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	639	215	10	1,56	2,97	0,44	720	2069	5404				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1366	252	-	1,88	5,42	0,48	1197	3548	33570				İnce çakıllı killi kum
MASW-2	1.TABAKA	499	157	3	1,47	3,18	0,49	361	1044	3167	0,67	218.9	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	621	183	8	1,55	3,39	0,45	518	1505	5277				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1454	255	-	1,91	5,70	0,48	1245	3695	38810				İnce çakıllı killi kum
MASW-3	1.TABAKA	509	206	6	1,47	2,47	0,15	625	1752	2982	0,55	238.4	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	611	220	10	1,54	2,78	0,43	746	2127	4759				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1430	272	-	1,91	5,26	0,48	1410	4178	37102				İnce çakıllı killi kum
MASW-4	1.TABAKA	521	175	7	1,48	2,98	0,21	454	1303	3415	0,57	229,0	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	721	225	9	1,61	3,20	0,45	813	2352	7266				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1487	273	-	1,93	5,45	0,48	1435	4254	40653				İnce çakıllı killi kum
MASW-5	1.TABAKA	481	178	4	1,45	2,70	0,04	460	1307	2746	0,56	237.8	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	609	221	9	1,54	2,76	0,42	752	2142	4709				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1444	269	-	1,91	5,37	0,48	1383	4099	38003				İnce çakıllı killi kum
MASW-6	1.TABAKA	455	160	5	1,43	2,84	0,12	367	1048	2475	0,58	229.4	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	610	218	10	1,54	2,80	0,43	732	2089	4756				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1467	279	-	1,92	5,26	0,48	1493	4424	39297				İnce çakıllı killi kum
MASW-7	1.TABAKA	451	165	4	1,43	2,73	0,42	389	1107	2387	0,65	293.5	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	613	189	10	1,54	3,24	0,45	551	1595	5062				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1271	227	-	1,85	5,60	0,48	954	2830	28630				İnce çakıllı killi kum
MASW-8	1.TABAKA	458	171	6	1,43	2,68	0,42	419	1190	2449	0,58	227.9	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	585	216	8	1,52	2,71	0,42	711	2022	4269				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1221	267	-	1,83	4,57	0,47	1306	3853	25578				İnce çakıllı killi kum
MASW-9	1.TABAKA	466	158	4	1,44	2,95	0,45	360	1032	2648	0,57	234.7	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	604	220	7	1,54	2,75	0,42	744	2118	4615				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1276	268	-	1,85	4,76	0,48	1331	3931	28392				İnce çakıllı killi kum
MASW-10	1.TABAKA	478	169	7	1,45	2,83	0,41	414	1183	2760	0,58	223.7	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	583	220	8	1,52	2,65	0,42	737	2089	4194				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1230	265	-	1,84	4,64	0,48	1289	3805	26056				İnce çakıllı killi kum
MASW-11	1.TABAKA	470	162	6	1,44	2,90	0,43	379	1085	2683	0,61	211.8	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	565	209	11	1,51	2,70	0,42	660	1876	3944				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1219	248	-	1,83	4,92	0,48	1127	3331	25717				İnce çakıllı killi kum
MASW-12	1.TABAKA	496	184	7	1,46	2,70	0,42	495	1407	2939	0,57	229.5	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	591	218	10	1,53	2,71	0,42	726	2065	4370				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1257	276	-	1,85	4,55	0,47	1406	4147	27290				İnce çakıllı killi kum
MASW-13	1.TABAKA	480	171	6	1,45	2,81	0,23	424	1211	2777	0,58	228.1	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	584	220	8	1,52	2,65	0,42	738	2091	4214				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1234	265	-	1,84	4,66	0,48	1290	3808	26258				İnce çakıllı killi kum
MASW-14	1.TABAKA	467	189	6	1,44	2,47	0,45	515	1443	2456	0,57	239.4	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	531	217	11	1,49	2,45	0,40	701	1962	3262				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1269	300	-	1,85	4,23	0,47	1665	4897	27575				İnce çakıllı killi kum
MASW-15	1.TABAKA	475	166	3	1,45	2,86	0,21	399	1141	2734	0,53	251.2	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	550	234	10	1,50	2,35	0,39	822	2284	3445				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1231	289	-	1,84	4,26	0,47	1534	4511	25781				İnce çakıllı killi kum
MASW-16	1.TABAKA	479	169	3	1,45	2,83	0,43	414	1184	2775	0,55	264.6	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	647	227	10	1,56	2,85	0,43	806	2304	5471				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1228	328	-	1,84	3,74	0,46	1974	5771	25041				İnce çakıllı killi kum
MASW-17	1.TABAKA	450	173	5	1,43	2,60	0,41	427	1208	2322	0,59	235.4	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	589	209	7	1,53	2,82	0,43	667	1905	4409				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1222	275	-	1,83	4,44	0,47	1386	4084	25522				İnce çakıllı killi kum
MASW-18	1.TABAKA	441	184	6	1,42	2,40	0,39	481	1341	2122	0,56	228.1	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	568	223	14	1,51	2,55	0,41	753	2121	3879				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1236	273	-	1,84	4,53	0,47	1370	4039	26254				İnce çakıllı killi kum
MASW-19	1.TABAKA	478	169	6	1,45	2,83	0,43	414	1183	2760	0,62	207.3	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	551	199	11	1,50	2,77	0,42	595	1695	3767				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1240	240	-	1,84	5,17	0,48	1060	3138	26872				İnce çakıllı killi kum
MASW-20	1.TABAKA	455	198	3	1,43	2,30	0,38	561	1553	2216	0,50	265.7	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	661	245	9	1,57	2,70	0,42	944	2680	5610				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1210	294	-	1,83	4,12	0,47	1580	4642	24662				İnce çakıllı killi kum

Çizelge3.2.MASWverileriylehesaplanan yer dinamik-elastik mühendislik parametreleri(Devam)

SERİM NO	TABAKALAR	Vp	Vs	h	d	Vp/Vs	σ	Gmax	Ed	K	To	VS30	FM	LİTOLOJİ
MASW-21	1.TABAKA	486	176	5	1,46	2,76	0,42	451	1285	2837	0,51	251.1	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	600	253	10	1,53	2,37	0,39	982	2734	4214				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1240	290	-	1,84	4,28	0,47	1547	4552	26223				İnce çakıllı killi kum
MASW-22	1.TABAKA	546	231	7	1,50	2,36	0,39	800	2225	3401	0,42	293.8	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	652	308	8	1,57	2,12	0,36	1486	4031	4678				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1230	326	-	1,84	3,77	0,46	1951	5706	25173				İnce çakıllı killi kum
MASW-23	1.TABAKA	532	218	7	1,49	2,44	0,40	708	1980	3270	0,47	278.1	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	730	267	8	1,61	2,73	0,42	1149	3269	7055				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1321	326	-	1,87	4,05	0,47	1986	5830	29965				İnce çakıllı killi kum
MASW-24	1.TABAKA	520	197	6	1,48	2,64	0,42	575	1627	3237	0,54	246.6	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	648	227	10	1,56	2,85	0,43	806	2305	5493				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1235	235	-	1,84	5,26	0,48	1015	3007	26676				İnce çakıllı killi kum
MASW-25	1.TABAKA	510	196	5	1,47	2,60	0,41	566	1600	3077	0,44	287.8	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	657	293	10	1,57	2,24	0,38	1347	3708	4978				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1241	335	-	1,84	3,70	0,46	2065	6032	25583				İnce çakıllı killi kum
MASW-26	1.TABAKA	498	183	6	1,46	2,72	0,42	490	1395	2978	0,49	275.6	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	732	265	10	1,61	2,76	0,42	1132	3226	7130				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1336	364	-	1,87	3,67	0,46	2483	7251	30141				İnce çakıllı killi kum
MASW-27	1.TABAKA	508	193	4	1,47	2,63	0,42	548	1552	3067	0,48	272.5	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	671	261	9	1,58	2,57	0,41	1075	3033	5671				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1303	309	-	1,86	4,22	0,47	1778	5229	29251				İnce çakıllı killi kum
MASW-28	1.TABAKA	524	184	7	1,48	2,85	0,43	502	1436	3403	0,48	261.8	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	642	280	10	1,56	2,29	0,38	1223	3383	4800				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1346	317	-	1,88	4,25	0,47	1887	5550	31503				İnce çakıllı killi kum
MASW-29	1.TABAKA	482	170	6	1,45	2,84	0,43	420	1200	2815	0,49	257.7	Qal	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	639	278	7	1,56	2,30	0,38	1205	3332	4758				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1371	318	-	1,89	4,31	0,47	1908	5614	32913				İnce çakıllı killi kum
MASW-30	1.TABAKA	569	211	6	1,51	2,70	0,42	674	1915	4003	0,46	296.3	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	770	281	10	1,63	2,74	0,42	1289	3670	7963				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1417	375	-	1,90	3,78	0,46	2675	7823	34623				İnce çakıllı killi kum
MASW-31	1.TABAKA	544	226	4	1,50	2,41	0,40	765	2135	3411	0,43	302.9	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	741	292	8	1,62	2,54	0,41	1379	3884	7042				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1436	333	-	1,91	4,31	0,47	2116	6228	36530				Sıkı ince çakıllı killi kum
MASW-32	1.TABAKA	571	224	7	1,52	2,55	0,41	760	2143	3927	0,43	282.1	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	769	298	14	1,63	2,58	0,41	1450	4093	7721				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1400	318	-	1,90	4,40	0,47	1918	5648	34610				Sıkı ince çakıllı killi kum
MASW-33	1.TABAKA	573	255	5	1,52	2,25	0,38	986	2715	3665	0,39	322.4	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	680	316	9	1,58	2,15	0,36	1581	4307	5212				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1397	354	-	1,90	3,95	0,47	2375	6962	33821				Sıkı ince çakıllı killi kum
MASW-34	1.TABAKA	569	248	5	1,51	2,29	0,38	931	2575	3660	0,38	342.4	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	728	335	10	1,61	2,17	0,37	1807	4936	6125				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1391	398	-	1,89	3,49	0,46	2999	8729	32632				Sıkı ince çakıllı killi kum
MASW-35	1.TABAKA	530	250	6	1,49	2,12	0,36	930	2523	2939	0,40	323,0	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	710	317	10	1,60	2,24	0,38	1608	4424	5923				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1360	373	-	1,88	3,65	0,46	2619	7644	31327				Sıkı ince çakıllı killi kum
MASW-36	1.TABAKA	497	185	7	1,46	2,69	0,42	501	1422	2948	0,51	258.9	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	651	259	18	1,57	2,51	0,41	1050	2954	5236				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1444	334	-	1,91	4,32	0,47	2132	6275	37004				Sıkı ince çakıllı killi kum
MASW-37	1.TABAKA	549	231	4	1,50	2,38	0,39	801	2230	3455	0,41	308.7	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	635	303	10	1,56	2,10	0,35	1429	3865	4370				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1490	340	-	1,93	4,38	0,47	2226	6557	39791				Sıkı ince çakıllı killi kum
MASW-38	1.TABAKA	654	229	4	1,57	2,86	0,43	822	2351	5609	0,43	294,0	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	739	285	9	1,62	2,59	0,41	1313	3709	7077				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1554	324	-	1,95	4,80	0,48	2043	6037	44279				Sıkı ince çakıllı killi kum
MASW-39	1.TABAKA	546	227	6	1,50	2,41	0,40	772	2155	3438	0,43	303.7	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	681	300	12	1,58	2,27	0,38	1425	3933	5444				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1589	369	-	1,96	4,31	0,47	2665	7843	45865				Sıkı ince çakıllı killi kum
MASW-40	1.TABAKA	586	256	6	1,53	2,29	0,38	1000	2763	3905	0,41	319.1	Tmplm	Gevşek killi kum
	2.TABAKA	720	303	10	1,61	2,38	0,39	1474	4106	6359				İnce çakıllı kum
	3.TABAKA	1577	372	-	1,95	4,24	0,47	2703	7951	44978				Sıkı ince çakıllı killi kum

Kayma modülü (G_{max}, kg/cm^2), zeminin katılık ve makaslamaya karşı direncinin bir göstergesidir. Zeminin kayma mukavemeti dayanabileceği en büyük makaslama (kayma) gerilmesi olarak tanımlanır ve zemininin neden olabileceği deprem hasarlarını tahmin etmede önemli bir elastik parametredir.$G_{max}=d*V_S^2/100$ formülüyle hesaplanır(Çizelge 3.3).Çizelge 3.3'te verilen sınıflandırmalar gerçek veri sonuçları için yorumlandığında ise yapılan çalışmalarda Çizelge 3.4'te sunulduğu gibihesaplanan G_{max} değerlerine göre MASW 1-4-5-6-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-20-24-25-26-27-28-29-36 numaralı sismik profiller için ortalama ilk 5 m gevşek zemin(ortalama 455 kg/cm^2),ortalama 5 m'den sonra orta gevşek zemin (ortalama 856 kg/cm^2), MASW 2-7-19-21 numaralı sismik profiller için ortalama ilk 10 m gevşek zemin (ortalama 404 kg/cm^2), daha sonraki birimler orta gevşek zemin (ortalama 931 kg/cm^2),MASW 3-22-23-30-31-32-33-34-35-37-38-39-40 numaralı sismik profillerde ise zemin tamamen orta gevşek zemin (ortalama 1478 kg/cm^2) sınıfında oldukları gözlenmiş ve yorumlanmıştır. Dolayısıyla alanın sismik S dalgası hızlarının düşük hızlı (genel ortalaması<249 m/sn) olması nedeniyle alanın derine doğru da gevşek zemin özelliğinin azalarak devam ettiği ve zeminin katılık ve makaslamaya karşı direncinin zayıf olduğu belirlenmiştir. Çalışma alanının jeolojisi dikkate alındığında ise kuzeye doğru gittikçe alüvyon birimlerin azaldığı, Mesudiye formasyonuna girildiği ve bu nedenleG_{max}değerlerininortalama >1428kg/cm^2 vesismik S dalgası hızlarının ortalama <347 m/sn olduğu, alüvyon birimlerde ise G_{max} değerlerinin ortalama >455kg/cm^2 olduğu ve sismik S dalgası hızlarının ortalama <229 m/snolduğubelirlenmiştir.Benzer şekilde bu değerlere karşılık gelen özdirenç değerleri ise Mesudiye formasyonunda 73 Ohm.m'den yüksek ve alüvyonda ise 30 Ohm.m'den daha düşük olup, sonuçlar birbiriyle uyumludur.

Çizelge3.3.G_{max}değerlerine göre yer özellik sınıflaması (Bowles, 1988).

G_{max} (kg/cm^2)	**Yer Özelliği**
0-600	Gevşek
600-3000	Orta Gevşek
3000 – 10000	Sağlam
>10000	Çok Sağlam

Çizelge 3.4. Hesaplanan G_{max}değerleri vebu değerlere karşılık gelen zemin/kayaç dayanım sınıfı.

SİSMİK PROFİL	DERİNLİK	KAYMA MODÜLÜ	DAYANIM	SİSMİK PROFİL	DERİNLİK	KAYMA MODÜLÜ	DAYANIM
MASW-1	5	355	Gevşek	MASW-21	5	451	Gevşek
	10	720	OrtaGevşek		10	982	OrtaGevşek
	-	1197	OrtaGevşek		-	1547	OrtaGevşek
MASW-2	3	361	Gevşek	MASW-22	7	800	OrtaGevşek
	8	518	Gevşek		8	1486	OrtaGevşek
	-	1245	OrtaGevşek		-	1951	OrtaGevşek
MASW-3	6	625	OrtaGevşek	MASW-23	7	708	OrtaGevşek
	10	746	OrtaGevşek		8	1149	OrtaGevşek
	-	1410	OrtaGevşek		-	1986	OrtaGevşek
MASW-4	7	454	Gevşek	MASW-24	6	575	Gevşek
	9	813	OrtaGevşek		10	806	OrtaGevşek
	-	1435	OrtaGevşek		-	1015	OrtaGevşek
MASW-5	4	460	Gevşek	MASW-25	5	566	Gevşek
	9	752	OrtaGevşek		10	1347	OrtaGevşek
	-	1383	OrtaGevşek		-	2065	OrtaGevşek
MASW-6	5	367	Gevşek	MASW-26	6	490	Gevşek
	10	732	OrtaGevşek		10	1132	OrtaGevşek
	-	1493	OrtaGevşek		-	2483	OrtaGevşek
MASW-7	4	389	Gevşek	MASW-27	4	548	Gevşek
	10	551	Gevşek		9	1075	OrtaGevşek
	-	954	OrtaGevşek		-	1778	OrtaGevşek
MASW-8	6	419	Gevşek	MASW-28	7	502	Gevşek
	8	711	OrtaGevşek		10	1223	OrtaGevşek
	-	1306	OrtaGevşek		-	1887	OrtaGevşek
MASW-9	4	360	Gevşek	MASW-29	6	420	Gevşek
	7	744	OrtaGevşek		7	1205	OrtaGevşek
	-	1331	OrtaGevşek		-	1908	OrtaGevşek
MASW-10	7	414	Gevşek	MASW-30	6	674	OrtaGevşek
	8	737	OrtaGevşek		10	1289	OrtaGevşek
	-	1289	OrtaGevşek		-	2675	OrtaGevşek
MASW-11	6	379	Gevşek	MASW-31	4	765	OrtaGevşek
	11	660	OrtaGevşek		8	1379	OrtaGevşek
	-	1127	OrtaGevşek		-	2116	OrtaGevşek
MASW-12	7	495	Gevşek	MASW-32	7	760	OrtaGevşek
	10	726	OrtaGevşek		14	1450	OrtaGevşek
	-	1406	OrtaGevşek		-	1918	OrtaGevşek
MASW-13	6	424	Gevşek	MASW-33	5	986	OrtaGevşek
	8	738	OrtaGevşek		9	1581	OrtaGevşek
	-	1290	OrtaGevşek		-	2375	OrtaGevşek
MASW-14	6	515	Gevşek	MASW-34	5	931	OrtaGevşek
	11	701	OrtaGevşek		10	1807	OrtaGevşek
	-	1665	OrtaGevşek		-	2999	OrtaGevşek
MASW-15	3	399	Gevşek	MASW-35	6	930	OrtaGevşek
	10	822	OrtaGevşek		10	1608	OrtaGevşek
	-	1534	OrtaGevşek		-	2619	OrtaGevşek
MASW-16	3	414	Gevşek	MASW-36	7	501	Gevşek
	10	806	OrtaGevşek		18	1050	OrtaGevşek
	-	1974	OrtaGevşek		-	2132	OrtaGevşek
MASW-17	5	427	Gevşek	MASW-37	4	801	OrtaGevşek
	7	667	OrtaGevşek		10	1429	OrtaGevşek
	-	1386	OrtaGevşek		-	2226	OrtaGevşek
MASW-18	6	481	Gevşek	MASW-38	4	822	OrtaGevşek
	14	753	OrtaGevşek		9	1313	OrtaGevşek
	-	1370	OrtaGevşek		-	2043	OrtaGevşek
MASW-19	6	414	Gevşek	MASW-39	6	772	OrtaGevşek
	11	595	Gevşek		12	1425	OrtaGevşek
	-	1060	OrtaGevşek		-	2665	OrtaGevşek
MASW-20	3	561	Gevşek	MASW-40	6	1000	OrtaGevşek
	9	944	OrtaGevşek		10	1474	OrtaGevşek
	-	1580	OrtaGevşek		-	2703	OrtaGevşek

Elastisite modülü(E_d, kg/cm²),dinamik Young Modülü olarak da bilinen vebir doğrultuda streslerin strainlere oranı olarak tanımlanan bu parametre, inşaat mühendisleri tarafındanyapılan hesaplamalarda kullanılır. $E_d=G_{max}*(3V_P^2-4V_S^2)/(V_P^2-V_S^2)$ formülüyle hesaplanır. Zeminlerin dayanımı, sağlamlığı hakkında bilgi verir(Çizelge 3.5). bu çizelgede yer alan standartlar, Çizelge 3.6'da sunulduğu gibi **y**apılan çalışmalarda hesaplanan E_d değerlerine göre MASW 1-3-4-5-6-8-9-10-12-13-15-16-18 ve 18-30 arası,36 numaralı profiller için ortalama ilk 5 m gevşek zemin (ortalama 1404 kg/cm^2), ortalama 5 m'den sonra ise orta gevşek zemin(ortalama 3710 kg/cm^2), MASW 2-7-11-14-17-19 numaralı profiller için ortalama ilk 10 m gevşek zemin (ortalama 1467 kg/cm^2), daha sonraki birimler ise orta gevşek zemin (ortalama 3662 kg/cm^2), MASW 31-40 arasındaki numaralı profillerde ise zemin tamamen orta gevşek zemin (ortalama 4437 kg/cm^2) olarak sınıflandırılmıştır.Yine açıkça çalışma alanının kuzeyine doğru gittikçe alüvyon birimlerin azaldığı Mesudiye formasyonuna girildiği,E_d değerlerinin arttığı (ortalama >1404 m/sn) görülmektedir.Dolayısıyla Mesudiye formasyonunda E_d değerlerinin ortalama >4381kg/cm^2 ve sismik S dalgası hızlarının ortalama <347 m/sn olduğu, alüvyon birimlerde ise E_d değerlerinin ortalama >2623kg/cm^2 olduğu ve sismik S dalgası hızlarının ortalama <229 m/sn olduğu söylenebilir. Benzer şekilde bu değerlere karşılık gelen özdirenç değerleri Mesudiye formasyonunda 73 Ohm.m'den yüksek ve alüvyonda ise 30 Ohm.m'den daha düşük olup, sonuçlar uyumludur.

Çizelge 3.5. E_d değerlerine göre yer özellik sınıflaması (Bowles,1988)

E_d(kg/cm^2)	**Yer Özelliği**
0-2000	Gevşek
2000 – 10000	Orta Gevşek
10000 – 30000	Sağlam
> 30000	Çok Sağlam

Çizelge 3.6. Hesaplanan $\mathbf{E_d}$ değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin/kayaç dayanım sınıfı.

SİSMİK PROFİL	DERİNLİK	ED MODÜLÜ	DAYANIM	SİSMİK PROFİL	DERİNLİK	ED MODÜLÜ	DAYANIM
MASW-1	5	1026	Gevşek	MASW-21	5	1285	Gevşek
	10	2069	OrtaGevşek		10	2734	OrtaGevşek
	-	3548	OrtaGevşek		-	4552	OrtaGevşek
MASW-2	3	1044	Gevşek	MASW-22	7	2225	OrtaGevşek
	8	1505	Gevşek		8	4031	OrtaGevşek
	-	3695	OrtaGevşek		-	5706	OrtaGevşek
MASW-3	6	1752	Gevşek	MASW-23	7	1980	Gevşek
	10	2127	OrtaGevşek		8	3269	OrtaGevşek
	-	4178	OrtaGevşek		-	5830	OrtaGevşek
MASW-4	7	1303	Gevşek	MASW-24	6	1627	Gevşek
	9	2352	OrtaGevşek		10	2305	OrtaGevşek
	-	4254	OrtaGevşek		-	3007	OrtaGevşek
MASW-5	4	1307	Gevşek	MASW-25	5	1600	Gevşek
	9	2142	OrtaGevşek		10	3708	OrtaGevşek
	-	4099	OrtaGevşek		-	6032	OrtaGevşek
MASW-6	5	1048	Gevşek	MASW-26	6	1395	Gevşek
	10	2089	OrtaGevşek		10	3226	OrtaGevşek
	-	4424	OrtaGevşek		-	7251	OrtaGevşek
MASW-7	4	1107	Gevşek	MASW-27	4	1552	Gevşek
	10	1595	Gevşek		9	3033	OrtaGevşek
	-	2830	OrtaGevşek		-	5229	OrtaGevşek
MASW-8	6	1190	Gevşek	MASW-28	7	1436	Gevşek
	8	2022	OrtaGevşek		10	3383	OrtaGevşek
	-	3853	OrtaGevşek		-	5550	OrtaGevşek
MASW-9	4	1032	Gevşek	MASW-29	6	1200	Gevşek
	7	2118	OrtaGevşek		7	3332	OrtaGevşek
	-	3931	OrtaGevşek		-	5614	OrtaGevşek
MASW-10	7	1183	Gevşek	MASW-30	6	1915	Gevşek
	8	2089	OrtaGevşek		10	3670	OrtaGevşek
	-	3805	OrtaGevşek		-	7823	OrtaGevşek
MASW-11	6	1085	Gevşek	MASW-31	4	2135	OrtaGevşek
	11	1876	Gevşek		8	3884	OrtaGevşek
	-	3331	OrtaGevşek		-	6228	OrtaGevşek
MASW-12	7	1407	Gevşek	MASW-32	7	2143	OrtaGevşek
	10	2065	OrtaGevşek		14	4093	OrtaGevşek
	-	4147	OrtaGevşek		-	5648	OrtaGevşek
MASW-13	6	1211	Gevşek	MASW-33	5	2715	OrtaGevşek
	8	2091	OrtaGevşek		9	4307	OrtaGevşek
	-	3808	OrtaGevşek		-	6962	OrtaGevşek
MASW-14	6	1443	Gevşek	MASW-34	5	2575	OrtaGevşek
	11	1962	Gevşek		10	4936	OrtaGevşek
	-	4897	OrtaGevşek		-	8729	OrtaGevşek
MASW-15	3	1141	Gevşek	MASW-35	6	2523	OrtaGevşek
	10	2284	OrtaGevşek		10	4424	OrtaGevşek
	-	4511	OrtaGevşek		-	7644	OrtaGevşek
MASW-16	3	1184	Gevşek	MASW-36	7	1422	Gevşek
	10	2304	OrtaGevşek		18	2954	OrtaGevşek
	-	5771	OrtaGevşek		-	6275	OrtaGevşek
MASW-17	5	1208	Gevşek	MASW-37	4	2230	OrtaGevşek
	7	1905	Gevşek		10	3865	OrtaGevşek
	-	4084	OrtaGevşek		-	6557	OrtaGevşek
MASW-18	6	1341	Gevşek	MASW-38	4	2351	OrtaGevşek
	14	2121	OrtaGevşek		9	3709	OrtaGevşek
	-	4039	OrtaGevşek		-	6037	OrtaGevşek
MASW-19	6	1183	Gevşek	MASW-39	6	2155	OrtaGevşek
	11	1695	Gevşek		12	3933	OrtaGevşek
	-	3138	OrtaGevşek		-	7843	OrtaGevşek
MASW-20	3	1553	Gevşek	MASW-40	6	2763	OrtaGevşek
	9	2680	OrtaGevşek		10	4106	OrtaGevşek
	-	4642	OrtaGevşek		-	7951	OrtaGevşek

Bulk modülü (K, kg/cm^2),sıkışmazlık modülü olarak da bilinir. Ortamın sıkışmazlığını gösterir. Belli bir basınç altında sıkışmaya karşı olan dirençtir. Zeminlerde sıkışma değeri düşük, kayalarda ise yüksektir. Bu parametre $K=d*(V_P^2–4/3V_S^2)/100$ formülüyle hesaplanır (Çizelge 3.7). Çizelge 3.7'deki standartlar, Çizelge 3.8'de sunulduğu gibi yapılan çalışmalarda hesaplanan K değerlerine göre tüm profiller için ortalama ilk 10 m sıkışma oranı **az (ortalama 4160 kg/cm^2),** 10 m'den sonra MASW 4-38-39-40 numaralı sismik profiller haricindeki profillerde sıkışmanın **orta (ortalama 30394 kg/cm^2),**söz konusu profillerde ise sıkışmanın **yüksek (ortalama43944 kg/cm^2),**olduğu belirlenmiştir.Bu da çalışma alanının kuzeyindeki birimlerin daha sıkışmış olduğunu göstermektedir.Dolayısıyla Mesudiye formasyonunda K değerlerinin ortalama >15515kg/cm^2 ve sismik S dalgası hızlarının ortalama <347 m/sn olduğu, alüvyon birimlerde ise K değerlerinin ortalama >12317kg/cm^2 olduğu ve sismik S dalgası hızlarının ortalama <229 m/sn olduğu söylenebilir. Bu ortalama K değerlerinin birbirine yakın olmasının nedeni ilk 10 m'de zeminde sıkışmanın az olmasıdır. Ayrıca derine doğru zemin sıkılığı daha da arttığı gözlenmiştir. Benzer şekilde bu değerlere karşılık gelen özdirenç değerleri Mesudiye formasyonunda 73 Ohm.m'den yüksek ve alüvyonda ise 30 Ohm.m'den daha düşük olup, sonuçlar uyumludur.

Çizelge 3.7.K değerlerine göre yer özellik sınıflaması(Keçeli, 1990)

Bulk Modülü (K, kg/cm^2)	**Sıkışma**
<400	Çok Az
400-10000	Az
10000-40000	Orta
40000-100000	Yüksek
>1000000	Çok Yüksek

Çizelge 3.8. Hesaplanan **K** değerleri ve bu değerlere karşılık gelen zemin/kayaç dayanım sınıfı.

SİSMİK PROFİL	DERİNLİK	KD MODÜLÜ	DAYANIM	SİSMİK PROFİL	DERİNLİK	KD MODÜLÜ	DAYANIM
MASW-1	5	3044	Az	MASW-21	5	2837	Az
	10	5404	Az		10	4214	Az
	-	33570	Orta		-	26223	Orta
MASW-2	3	3167	Az	MASW-22	7	3401	Az
	8	5277	Az		8	4678	Az
	-	38810	Orta		-	25173	Orta
MASW-3	6	2982	Az	MASW-23	7	3270	Az
	10	4759	Az		8	7055	Az
	-	37102	Orta		-	29965	Orta
MASW-4	7	3415	Az	MASW-24	6	3237	Az
	9	7266	Az		10	5493	Az
	-	40653	Yüksek		-	26676	Orta
MASW-5	4	2746	Az	MASW-25	5	3077	Az
	9	4709	Az		10	4978	Az
	-	38003	Orta		-	25583	Orta
MASW-6	5	2475	Az	MASW-26	6	2978	Az
	10	4756	Az		10	7130	Az
	-	39297	Orta		-	30141	Orta
MASW-7	4	2387	Az	MASW-27	4	3067	Az
	10	5062	Az		9	5671	Az
	-	28630	Orta		-	29251	Orta
MASW-8	6	2449	Az	MASW-28	7	3403	Az
	8	4269	Az		10	4800	Az
	-	25578	Orta		-	31503	Orta
MASW-9	4	2648	Az	MASW-29	6	2815	Az
	7	4615	Az		7	4758	Az
	-	28392	Orta		-	32913	Orta
MASW-10	7	2760	Az	MASW-30	6	4003	Az
	8	4194	Az		10	7963	Az
	-	26056	Orta		-	34623	Orta
MASW-11	6	2683	Az	MASW-31	4	3411	Az
	11	3944	Az		8	7042	Az
	-	25717	Orta		-	36530	Orta
MASW-12	7	2939	Az	MASW-32	7	3927	Az
	10	4370	Az		14	7721	Az
	-	27290	Orta		-	34610	Orta
MASW-13	6	2777	Az	MASW-33	5	3665	Az
	8	4214	Az		9	5212	Az
	-	26258	Orta		-	33821	Orta
MASW-14	6	2456	Az	MASW-34	5	3660	Az
	11	3262	Az		10	6125	Az
	-	27575	Orta		-	32632	Orta
MASW-15	3	2734	Az	MASW-35	6	2939	Az
	10	3445	Az		10	5923	Az
	-	25781	Orta		-	31327	Orta
MASW-16	3	2775	Az	MASW-36	7	2948	Az
	10	5471	Az		18	5236	Az
	-	25041	Orta		-	37004	Orta
MASW-17	5	2322	Az	MASW-37	4	3455	Az
	7	4409	Az		10	4370	Az
	-	25522	Orta		-	39791	Orta
MASW-18	6	2122	Az	MASW-38	4	5609	Az
	14	3879	Az		9	7077	Az
	-	26254	Orta		-	44279	Yüksek
MASW-19	6	2760	Az	MASW-39	6	3438	Az
	11	3767	Az		12	5444	Az
	-	26872	Orta		-	45865	Yüksek
MASW-20	3	2216	Az	MASW-40	6	3905	Az
	9	5610	Az		10	6359	Az
	-	24662	Orta		-	44978	Yüksek

Poisson oranı (birimsiz, σ),enine sıkışmanın boyuna uzamaya oranı olarak tanımlanır. Katılar için ortalama teorik değeri 0.25 olarak kabul edilir. Sıvı ortamlarda ise 0.5 değerine ulaşır. Bu oran değeri, gevşek kayaçlar, yüksek gözenekli(porozite) ve kırıklı çatlaklı ortamlarda ise 0-0.5 arasında değişir. Ancak kayaçların sertliği arttıkça bu oran değeri düşer ve örneğin granit ve bazalt gibi sert birimlerde değeri 0.05'e kadar düşer. Bu oran $\sigma=(V_P/V_S)^2-2)/(2*(V_P/V_S)^2)-2$ formülüyle hesaplanır (Çizelge 3.9).Çizelge 3.9'daki standartlar, Çizelge 3.10'da sunulduğu gibi yapılan çalışmalardan hesaplanan poisson oranı değerlerine göre karşılaştırma yapılarak yorumlanırsa, çalışma sahasının genel olarak porozitesi yüksek (0.42) ve suya doygun olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu sonuçların,E_d ve K sonuçlarında belirlenen gevşek zemin sınıflamasıyla ve jeolojik birimlerle de uyumlu olduğu gözlenmiştir. Benzer şekilde yüksek porozite değerine karşılık gelen özdirenç değerleri Mesudiye formasyonunda 73 Ohm.m'den yüksek ve alüvyonda ise 30 Ohm.m'den daha düşük değerli olup, diğer sonuçlarla uyumludur.

Çizelge 3.9. Poissonoranı değerlerine göreyer özellik sınıflaması(Bowles, 1988)

Poisson Oranı	Zemin Özelliği
0 – 0.25	Gözeneksiz
0.25 – 0.40	Gözenekli
0.40 – 0.45	Gözenekli – Suya doygun

Çizelge 3.10. HesaplananPoissonoranı değerleri ve bu değerlere göre yer özellik sınıfı.

SİSMİK PROFİL	DERİNLİK	POİSSON MOD.	DAYANIM	SİSMİK PROFİL	DERİNLİK	POİSSON MOD.	DAYANIM
MASW-1	5	0,44	GözenekliSuyadoygun	MASW-21	5	0,42	GözenekliSuyadoygun
	10	0,44	GözenekliSuyadoygun		10	0,39	GözenekliPorozlu
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-2	3	0,45	GözenekliSuyadoygun	MASW-22	7	0,39	GözenekliPorozlu
	8	0,45	GözenekliSuyadoygun		8	0,36	GözenekliPorozlu
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,46	GözenekliSuyadoygun
MASW-3	6	0,40	GözenekliSuyadoygun	MASW-23	7	0,40	GözenekliPorozlu
	10	0,43	GözenekliSuyadoygun		8	0,42	GözenekliSuyadoygun
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-4	7	0,44	GözenekliSuyadoygun	MASW-24	6	0,42	GözenekliSuyadoygun
	9	0,45	GözenekliSuyadoygun		10	0,43	GözenekliSuyadoygun
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,48	GözenekliSuyadoygun
MASW-5	4	0,42	GözenekliSuyadoygun	MASW-25	5	0,41	GözenekliSuyadoygun
	9	0,42	GözenekliSuyadoygun		10	0,38	GözenekliPorozlu
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,46	GözenekliSuyadoygun
MASW-6	5	0,43	GözenekliSuyadoygun	MASW-26	6	0,42	GözenekliSuyadoygun
	10	0,43	GözenekliSuyadoygun		10	0,42	GözenekliSuyadoygun
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,46	GözenekliSuyadoygun
MASW-7	4	0,42	GözenekliSuyadoygun	MASW-27	4	0,42	GözenekliSuyadoygun
	10	0,45	GözenekliSuyadoygun		9	0,41	GözenekliSuyadoygun
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-8	6	0,42	GözenekliSuyadoygun	MASW-28	7	0,43	GözenekliSuyadoygun
	8	0,42	GözenekliSuyadoygun		10	0,38	GözenekliPorozlu
	-	0,47	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-9	4	0,44	GözenekliSuyadoygun	MASW-29	6	0,43	GözenekliSuyadoygun
	7	0,42	GözenekliSuyadoygun		7	0,38	GözenekliPorozlu
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-10	7	0,43	GözenekliSuyadoygun	MASW-30	6	0,42	GözenekliSuyadoygun
	8	0,42	GözenekliSuyadoygun		10	0,42	GözenekliSuyadoygun
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,46	GözenekliSuyadoygun
MASW-11	6	0,43	GözenekliSuyadoygun	MASW-31	4	0,40	GözenekliPorozlu
	11	0,42	GözenekliSuyadoygun		8	0,41	GözenekliSuyadoygun
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-12	7	0,42	GözenekliSuyadoygun	MASW-32	7	0,41	GözenekliSuyadoygun
	10	0,42	GözenekliSuyadoygun		14	0,41	GözenekliSuyadoygun
	-	0,47	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-13	6	0,43	GözenekliSuyadoygun	MASW-33	5	0,38	GözenekliPorozlu
	8	0,42	GözenekliSuyadoygun		9	0,36	GözenekliPorozlu
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-14	6	0,40	GözenekliSuyadoygun	MASW-34	5	0,38	GözenekliPorozlu
	11	0,40	GözenekliPorozlu		10	0,37	GözenekliPorozlu
	-	0,47	GözenekliSuyadoygun		-	0,46	GözenekliSuyadoygun
MASW-15	3	0,43	GözenekliSuyadoygun	MASW-35	6	0,36	GözenekliPorozlu
	10	0,39	GözenekliPorozlu		10	0,38	GözenekliPorozlu
	-	0,47	GözenekliSuyadoygun		-	0,46	GözenekliSuyadoygun
MASW-16	3	0,43	GözenekliSuyadoygun	MASW-36	7	0,42	GözenekliSuyadoygun
	10	0,43	GözenekliSuyadoygun		18	0,41	GözenekliSuyadoygun
	-	0,46	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-17	5	0,41	GözenekliSuyadoygun	MASW-37	4	0,39	GözenekliPorozlu
	7	0,43	GözenekliSuyadoygun		10	0,35	GözenekliPorozlu
	-	0,47	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-18	6	0,39	GözenekliPorozlu	MASW-38	4	0,43	GözenekliSuyadoygun
	14	0,41	GözenekliSuyadoygun		9	0,41	GözenekliSuyadoygun
	-	0,47	GözenekliSuyadoygun		-	0,48	GözenekliSuyadoygun
MASW-19	6	0,43	GözenekliSuyadoygun	MASW-39	6	0,40	GözenekliPorozlu
	11	0,42	GözenekliSuyadoygun		12	0,38	GözenekliPorozlu
	-	0,48	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun
MASW-20	3	0,38	GözenekliPorozlu	MASW-40	6	0,38	GözenekliPorozlu
	9	0,42	GözenekliSuyadoygun		10	0,39	GözenekliPorozlu
	-	0,47	GözenekliSuyadoygun		-	0,47	GözenekliSuyadoygun

Yoğunluk (d, gr/cm^3),boyuna dalga hızına göre amprik olarak Telford (1976) tarafından verilen yoğunluk d=0.31*$V_p^{0.25}$(gr/cm^3) formülünden hesaplanır(Çizelge 3.11).Çizelge 3.11'deki standartlara göre Çizelge 3.12'de sunulduğu gibi yapılan çalışmalarda hesaplanan yoğunluk değerleri incelenirse, tüm profillerde ortalama ilk 10 m için yoğunluk değerleri **orta (ortalama 1.52 gr/cm^3),**10 m'den sonra MASW 2-3-4-5-6 ve 30-40 arasındaki numaralı profiller haricindeki profillerde yoğunluk değerlerinin **orta (ortalama 1.85 gr/cm^3),** devam ettiği gözlenirken,söz konusu profillerde ise ilk 10 m'den sonra **yüksek (ortalama 1.92 gr/cm^3),** yoğunluklu olduğu belirlenmiştir.Yoğunluk değerleri jeoteknik çalışmalarda çok sık kullanılan önemli bir parametredir. Çünkü yoğunluk değerleri ile birçok parametre (zemin büyütme analizi,taşıma gücü hesabı,kayma modülü gibi) hesabında doğrudan kullanılmaktadır.Çalışmasahasındaki birimlerin yoğunluğu da formasyonlarla uyumlu olarak dağıldığı ve yoğunluğa bağlı yapılan yoğunluk değerlerinin de diğer elastik parametrelerle uyum içinde olduğu gözlenmiştir.Dolayısıyla Mesudiye formasyonunda yoğunluk değerlerinin ortalama >1.90g/cm^3 ve sismik S dalgası hızlarının ortalama <347 m/sn olduğu, alüvyon birimlerde ise yoğunluk değerlerinin ortalama >1.51 g/cm^3 olduğu ve sismik S dalgası hızlarının ortalama <229 m/sn'dir.

Çizelge 3.11. Yoğunluk değerlerine göre yer özellik sınıflaması (Keçeli, 1990)

Yoğunluk (ρ, gr/cm^3)	**Tanımlama**
<1.20	Çok Düşük
1.20-1.40	Düşük
1.40-1.90	Orta
1.90-2.20	Yüksek
>2.20	Çok Yüksek

Çizelge3.12. Hesaplanan yoğunluk değerleri ve bu değerlere görezemin özellik sınıfı.

SİSMİK PROFİL	DERİNLİK	YOĞUNLUK	DAYANIM	SİSMİK PROFİL	DERİNLİK	YOĞUNLUK	DAYANIM
MASW-1	5	1,46	Orta	MASW-21	5	1,46	Orta
	10	1,56	Orta		10	1,53	Orta
	-	1,88	Orta		-	1,84	Orta
MASW-2	3	1,47	Orta	MASW-22	7	1,50	Orta
	8	1,55	Orta		8	1,57	Orta
	-	1,91	Yüksek		-	1,84	Orta
MASW-3	6	1,47	Orta	MASW-23	7	1,49	Orta
	10	1,54	Orta		8	1,61	Orta
	-	1,91	Yüksek		-	1,87	Orta
MASW-4	7	1,48	Orta	MASW-24	6	1,48	Orta
	9	1,61	Orta		10	1,56	Orta
	-	1,93	Yüksek		-	1,84	Orta
MASW-5	4	1,45	Orta	MASW-25	5	1,47	Orta
	9	1,54	Orta		10	1,57	Orta
	-	1,91	Yüksek		-	1,84	Orta
MASW-6	5	1,43	Orta	MASW-26	6	1,46	Orta
	10	1,54	Orta		10	1,61	Orta
	-	1,92	Yüksek		-	1,87	Orta
MASW-7	4	1,43	Orta	MASW-27	4	1,47	Orta
	10	1,54	Orta		9	1,58	Orta
	-	1,85	Orta		-	1,86	Orta
MASW-8	6	1,43	Orta	MASW-28	7	1,48	Orta
	8	1,52	Orta		10	1,56	Orta
	-	1,83	Orta		-	1,88	Orta
MASW-9	4	1,44	Orta	MASW-29	6	1,45	Orta
	7	1,54	Orta		7	1,56	Orta
	-	1,85	Orta		-	1,89	Orta
MASW-10	7	1,45	Orta	MASW-30	6	1,51	Orta
	8	1,52	Orta		10	1,63	Orta
	-	1,84	Orta		-	1,90	Yüksek
MASW-11	6	1,44	Orta	MASW-31	4	1,50	Orta
	11	1,51	Orta		8	1,62	Orta
	-	1,83	Orta		-	1,91	Yüksek
MASW-12	7	1,46	Orta	MASW-32	7	1,52	Orta
	10	1,53	Orta		14	1,63	Orta
	-	1,85	Orta		-	1,90	Yüksek
MASW-13	6	1,45	Orta	MASW-33	5	1,52	Orta
	8	1,52	Orta		9	1,58	Orta
	-	1,84	Orta		-	1,90	Yüksek
MASW-14	6	1,44	Orta	MASW-34	5	1,51	Orta
	11	1,49	Orta		10	1,61	Orta
	-	1,85	Orta		-	1,89	Yüksek
MASW-15	3	1,45	Orta	MASW-35	6	1,49	Orta
	10	1,50	Orta		10	1,60	Orta
	-	1,84	Orta		-	1,88	Orta
MASW-16	3	1,45	Orta	MASW-36	7	1,46	Orta
	10	1,56	Orta		18	1,57	Orta
	-	1,84	Orta		-	1,91	Yüksek
MASW-17	5	1,43	Orta	MASW-37	4	1,50	Orta
	7	1,53	Orta		10	1,56	Orta
	-	1,83	Orta		-	1,93	Yüksek
MASW-18	6	1,42	Orta	MASW-38	4	1,57	Orta
	14	1,51	Orta		9	1,62	Orta
	-	1,84	Orta		-	1,95	Yüksek
MASW-19	6	1,45	Orta	MASW-39	6	1,50	Orta
	11	1,50	Orta		12	1,58	Orta
	-	1,84	Orta		-	1,96	Yüksek
MASW-20	3	1,43	Orta	MASW-40	6	1,53	Orta
	9	1,57	Orta		10	1,61	Orta
	-	1,83	Orta		-	1,95	Yüksek

Zemin (Yer) Büyütmesi (birimsiz, A_k), yerin tehlike düzeyi ile ilişkisini veren en önemli depremsellik parametrelerinden biridir.Taban kayasına ulaşan deprem dalgaları, tabakalı bir yerortamında yukarıya doğru yayılırken, yer titreşimin hakim periyodu ve titreşimin genlikleri önemli ölçüde değişikliğe uğrayabilir. Ardışık yer tabakalarının birbirlerine göre göreceli olarak yoğunluk, rijitlik, kalınlık, kayma dalgası hızı, sönüm oranı ve diğer fiziksel ve kinematik özellikleri ve yayılan deprem dalgalarının yer büyütmesinin nicelik ve niteliğini etkileyen en önemli parametrelerdir.Kayma dalgası hızından yer büyütmesi $A_k=68V_{S30}^{-0,6}$ bağıntısıyla bulunur ve büyütmeler boyutsuzdur (Midorikawa,1987).

İnceleme alanında yapılan 40 adet sismik çalışmalarından elde edilen kayma dalgası V_{S30}hızları kullanılarak,Midorikawa (1987) tarafından önerilen bağıntı ile spektral zemin büyütme değerleri hesaplanmıştır. Hesaplamaların sonuçlarıAnsal vd. (2004) tarafından verilen ve yer sismik büyütmeleri-tehlike düzeyi değerlendirme tablosuna göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.13).Çizelge 3.13'te verilen standartlar, Çizelge 3.14'de incelenirse,kayma dalgası hızına bağlı olarak inceleme alanındaki yoğunluk değerlerinin 1.85-1.92 g/cm^{3}arasındadeğiştiği veŞekil 3.5 ile de karşılaştırılırsa,kuzeye gidildikçe kayma dalgası hızının V_{S30} değerlerinin217.6-319.1m/sn arasında değişerekarttığı ve büyütme oranlarının 2.69'dan 2.14'e kadar değişerekdüştüğü belirlenmiştir. Bulunan sonuçlara bağlı olarak ve Şekil 1.2. incelenirse,inceleme alanının Mesudiye formasyonuna denk gelen kuzey kesimlerinin büyütme sınıflaması A(düşük)ve yer büyütmesi ortalama değeri 2.21'dir. Diğer bölgelerin ise B (orta) olup, yer büyütmesi ortalama değeri 2.51 olarak sınıflandırılmıştır. Özellikle alüvyon alanlarının büyütme değerlerinin B-orta olması, alan için hesaplanan sıvılaşma riskinin de yüksek olması nedeniyle dikkat edilmesi gereken bir tehlike öngörüsüdür (Şekil 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8). Bu nedenle büyütme değerinin B olması beklenen sıvılaşma riskinin ve etkilerinin daha da arttıracağını düşündürmektedir.

Çizelge 3.13. Yer büyütme-tehlike düzeyi ilişkisi (Ansal vd,, 2004)

Yer Sismik Büyütme	Tehlike Düzeyi
$1.1<A_k<2.5$	A (Düşük)
$2.5<A_k<4.0$	**B (Orta)**
$4<A_k$	C (Yüksek)

Çizelge 3.14. Hesaplanan$\mathbf{V_{S30}}$değerlerine göre sismik büyütmeler ve sınıflaması.

MASW No	VS30 (m/sn)	Zemin büyütmesi	Sınıflama
MASW-1	217,6	2,69	B (Orta)
MASW-2	218,9	2,68	B (Orta)
MASW-3	238,4	2,55	B (Orta)
MASW-4	229	2,61	B (Orta)
MASW-5	237,8	2,55	B (Orta)
MASW-6	229,4	2,61	B (Orta)
MASW-7	293,5	2,25	B (Orta)
MASW-8	227,9	2,62	B (Orta)
MASW-9	234,7	2,57	B (Orta)
MASW-10	223,7	2,65	B (Orta)
MASW-11	211,8	2,73	B (Orta)
MASW-12	229,5	2,61	B (Orta)
MASW-13	228,1	2,62	B (Orta)
MASW-14	239,4	2,54	B (Orta)
MASW-15	251,2	2,47	A (Düşük)
MASW-16	264,6	2,39	A (Düşük)
MASW-17	235,4	2,57	B (Orta)
MASW-18	228,1	2,62	B (Orta)
MASW-19	207,3	2,77	B (Orta)
MASW-20	265,7	2,39	A (Düşük)
MASW-21	251,1	2,47	A (Düşük)
MASW-22	293,8	2,25	A (Düşük)
MASW-23	278,1	2,32	A (Düşük)
MASW-24	246,6	2,50	A (Düşük)
MASW-25	287,8	2,28	A (Düşük)
MASW-26	275,6	2,34	A (Düşük)
MASW-27	272,5	2,35	A (Düşük)
MASW-28	261,8	2,41	A (Düşük)
MASW-29	257,7	2,43	A (Düşük)
MASW-30	296,3	2,24	A (Düşük)
MASW-31	302,9	2,21	A (Düşük)
MASW-32	282,1	2,30	A (Düşük)
MASW-33	322,4	2,13	A (Düşük)
MASW-34	342,4	2,05	A (Düşük)
MASW-35	323	2,12	A (Düşük)
MASW-36	258,9	2,42	A (Düşük)
MASW-37	308,7	2,18	A (Düşük)
MASW-38	294	2,25	A (Düşük)
MASW-39	303,7	2,20	A (Düşük)
MASW-40	319,1	2,14	A (Düşük)

3.3. DES Değerlendirme Sonuçları

Yenişehir (Bursa) ilçesinin genel birimlerin süreksizliklerini,su içeriklerini,kırık, çatlak vb. gibi özelliklerini saptamak amacıyla çalışma alanında sismik MASW ölçülerinin değerlendirilme sonuçlarına göre seçilen 20 noktada DES çalışması yapılmıştır (Şekil 3.7).Şekil 3.7'de DES lokasyonlarını gösteren harita üzerine Çizelge 3.15'deki koordinatlara (ITRF(International TerrestrailReference System-Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi) 96) göre yerleştirilen jeofizik DES ölçüm noktaları incelenirse, DES noktalarının yer seçimleriilçenin çoğunlukla kuzey-kuzeybatısında ve az sayıda da güney-güneydoğu tarafında olmak üzere seçimler yapılmıştır. Bunun başlıca en büyük nedeni yerleşim yerleri içinde çalışma alanlarının son derece kısıtlı olması ve yer altı yapılarının (elektrik hatları,su,kanalizasyon,doğalgaz hatları) ölçümlere etki etmesidir.Ölçü almada formasyon değişiminin kuzey-güney yönlü olması nedeniyle açılım doğrultusu genel olarak kuzey-güney yönlü tercih edilerek ölçüler toplanmıştır.



Şekil 3.7.DES ölçümlerinin lokasyonları (GoogleEarthPro (2020) programında hazırlandı).

Çizelge 3.15.DES lokasyonları koordinatları(ITRF 96).

DESNO	X	Y	DES NO	X	Y
DES-1	4457169	470191	**DES-11**	4460424	469648
DES-2	4457625	469983	**DES-12**	4460512	469431
DES-3	4457715	470120	**DES-13**	4460539	469855
DES-4	4458416	471283	**DES-14**	4460991	469958
DES-5	4458536	471261	**DES-15**	4461807	470146
DES-6	4459050	468867	**DES-16**	4462088	470020
DES-7	4459286	471176	**DES-17**	4461478	470528
DES-8	4459391	469561	**DES-18**	4461282	470431
DES-9	4459813	470311	**DES-19**	4461578	470216
DES-10	4459719	469559	**DES-20**	4461183	469811

Arazi çalışmalarından sonra DES eğrileri IPI2WIN+IP programında önce 1B olarak daha sonra ise yorumlamaya katkısı olması için 2B olarak değerlendirilmiştir.Bu değerlendirmeler sonucunda tabakaların hesaplanan gerçek özdirenç değerleri, derinlik ve kalınlıkları 1B olarak her DES noktası için belirlenmiş ve yorumlanmıştır (Şekil 3.8-3.27). 1B sonuçların birleştirilmesiyle elde edilen 2B elektrik özdirenç kesitleri ise Şekil 3.28, 3.29, 3.30, 3.31, 3.32 ve 3.33'te sunulmuşlardır.

Çalışma alanının görünür özdirenç eğrileri incelendiğinde DES-1, DES-3, DES-4, DES-5, DES-7, DES-8, DES-10, DES-11numaralı ölçümlerde benzer eğriler elde edilmiş olup, belli bir seviyeye kadar azalan daha sonra tekrar yükselen eğriler görülmektedir (Şekil 3.8, 3.10, 3.11, 3.12, 3.14, 3.15, 3.17, 3.18). Başka bir deyişle bu DES noktaları için hazırlanan şekiller incelenirse, DES noktalarında ölçülen eğri tiplerinin benzer olduğu gözlenir. Bu eğri tipleri ise genel olarak H, QH ve QQ tipi eğrileri göstermektedir. Bunun sebebi söz konusu DES noktalarında yeraltısuyu seviyesinin yaklaşık 5 ile 15 m arasında değişirken, bu derinliğe paralel olarak elektrik özdirenç değerlerininde yaklaşık 6 ile 46 Ohm.m'ler arasında değişmesi ve hesaplanan tabaka sayılarının da çoğunlukla 3-tabakalı ortamlar olmasından kaynaklanır.Yine bu lokasyonlardaki DES sonuçları incelenirse, su tutan tabakadan sonraki elektrik özdirenç değerlerinin yükselmesinin sebebi, bu tabakanınalüvyon birimlerin daha sıkı olmasından kaynaklandığını göstermiştir (96-3300 Ohm.m).Benzer şekilde Şekil 3.9, 3.13 ve 3.16'da sunulan DES-2, DES-6 ve DES-9 noktalarınınelektrik özdirenç değerlerindeki değişimlerin de başlangıç seviyesinden direk düşmeye başladığı ve genel olarak düşüşün sürdüğünüve eğrinin yükselmediğini göstermiştir. Bunun sebebi ise bu noktalarda jeolojik birimin killi kumlu çakıllı olması ve aralarındaki boşluklarda suyun sıkışması olarak yorumlanabilir.

DES-13,DES-14,DES-15,DES-16,DES-17,DES-19 ve DES-20 numaralı ölçüm sonuçlarında ise özdirenç eğrilerinin yukarı hareket ederek özdirenç değerlerinin derinlikle arttığı (30 Ohm.m'den 215 Ohm.m'lere kadar) ve genel olarak 2 veya 3-tabakalı ortamlar olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24, 3.26 ve 3.27). Bunun sebebi ise geçirimsiz ara birimlerin (killi) olduğu ve diğer ölçümlerden farklı olarak bu birimlerin su içermediği olasılıkla kil bantları geçişi olduğu ve derinliklegeçirimsiz birimlerin kalınlığının da arttığı olarak yorumlanabilir. Şekil 3.19 ve 3.25'deki DES-12 ve DES-18 numaralı ölçüm sonuçlarına göre ise eğrilerin düze yakın olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi ise inceleme alanındaki birimlerin süreksizliklerinin devam ettiği ve bu nedenle elektrik özdirenç değerlerini bozacak herhangi bir anomalinin (farklı jeolojik birimin) olmamasıdır.

Bilindiği gibi korozyon, metalik malzemelerin aşındırılması ve metalik özelliklerinikaybetmesive kullanılamaz hale gelmesi olarak tanımlanabilir. Hesaplanan elektrik özdirenç değerlerine göre çalışma sahasının korozyon sınıflaması BS1021 ve TS5141EN12954 standartları kullanılarak yapılmıştır (Çizelge 3.14).Çizelge 3.16'da ise DES sonuçlarına göre korozyonlu olduğu belirlenen alanların hesaplanan özdirenç (genel olarak 10ile 30Ohm.m'ler arasında değişen) değerleriolduğundan Çizelge 3.17'deki standartlarla karşılaştırıldığındabölgenin korozyon derecesi değerlendirilerek,5 ile 25 m arasında değişen derinlikler için zemin orta korozif ve korozif olarak sınıflandırılmıştır. Bu sonuç aynı zamanda su tutan tabakanın olduğu jeolojik birime de karşılık gelmektedir. Çünkü genel olarak inceleme alanın özellikle alüvyon birimlerinin gözlendiği güney kesiminde yeraltısuyu seviyesinin yaklaşık 5 ile 15 m arasında değiştiği belirlendiğinden, sonuçların uyumlu olduğu gözlenmiştir. Buna göre özellikle inceleme alanının güneyinde yapılacak yapılarda, uzun süreli ve sağlıklı olması için kullanılacak malzemelerin korozyona dayanıklı olarak seçilmesine dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Çizelge 3.16.BS1021 ve TS5141EN12954 standartlarına göre korozyon sınıflaması.

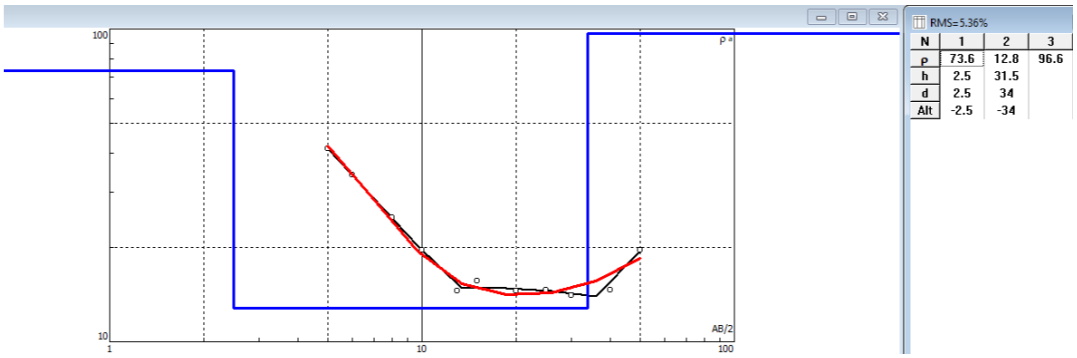
BS 1021 Standartı		**TS 5141 EN 12954 Standartı**	
Zemin Özdirenci (Ωm)	**Korozyon Derecesi**	**Zemin Özdirenci (Ωm)**	**Korozyon Derecesi**
<10	Yüksek Korozif	ρ<10 ohm.m	Çok Korozif
10-100	Orta Korozif	10 <ρ< 30 ohm.m	Korozif
>100	Hafif Korozif	30 <ρ< 100 ohm.m	Orta Korozif
		100 ohm.m< ρ	Korozif değil

Çizelge 3.17. DES sonuçlarının korozyon sınıflaması.

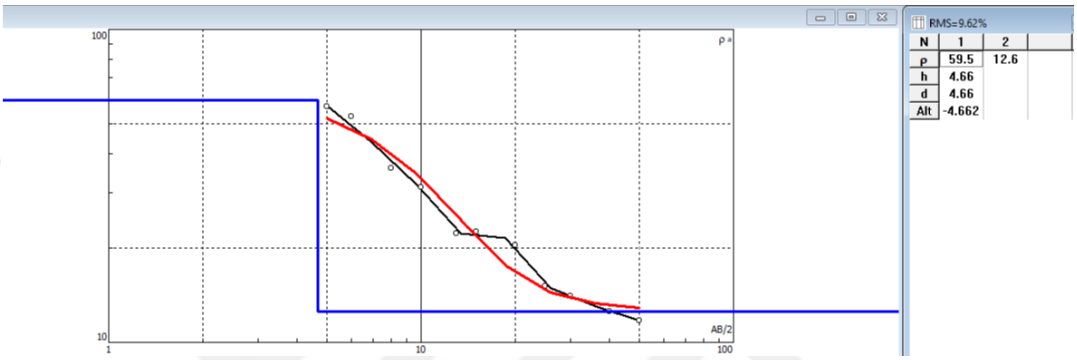
DES No	Korozyon Derecesi		DES No	Korozyon Derecesi	
	BS1021	**TS5141 EN 12954**		**BS1021**	**TS5141 EN 12954**
DES-1	Orta Korozif	Korozif	**DES-11**	Orta Korozif	Korozif
DES-2	Orta Korozif	Korozif	**DES-12**	Orta Korozif	Korozif
DES-3	Orta Korozif	Korozif	**DES-13**	Orta Korozif	Korozif
DES-4	Orta Korozif	Korozif	**DES-14**	Orta Korozif	Korozif
DES-5	Orta Korozif	Korozif	**DES-15**	Orta Korozif	Korozif
DES-6	Orta Korozif	Korozif	**DES-16**	Orta Korozif	Korozif
DES-7	Orta Korozif	Korozif	**DES-17**	Orta Korozif	Korozif
DES-8	Orta Korozif	Korozif	**DES-18**	Orta Korozif	Korozif
DES-9	Orta Korozif	Korozif	**DES-19**	Orta Korozif	Korozif
DES-10	Orta Korozif	Korozif	**DES-20**	Orta Korozif	Korozif

Çalışma alanında yapılan öncel jeolojik çalışmalar incelendiğinde genel olarak alanın litolojik olarak killi-kumlu çakıllı birimlerden oluştuğu bilinmektedir.DES verilerinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilen noktasal ölçekteki tabakalanma durumunu gösteren 1B ortam derinlik-özdirenç grafikleri incelendiğinde, genel olarak 50m'lik araştırma derinliği için iki ayrı alüvyon birim ayırt edilmiş olup, bu birimler içerisinde yer yer derecelenme durumunun farklılık gösterdiği de belirlenmiştir (Şekil 3.8-3.27). Bu birimlerden üstteki birimin ortalama özdirenç aralığı 12-40 Ohm.marasında ve derinlikleri ise yüzeyden derine doğru 20 m'ye kadar devam edenalüvyon birimler olduğu belirlenmiştir.Alttaki birimiseözdirenç aralığı 30Ohm.m ile Mesudiyeformasyonu'na doğru 3300 Ohm.m'ye kadarartarak değişen kumtaşı-kiltaşı birimidir.

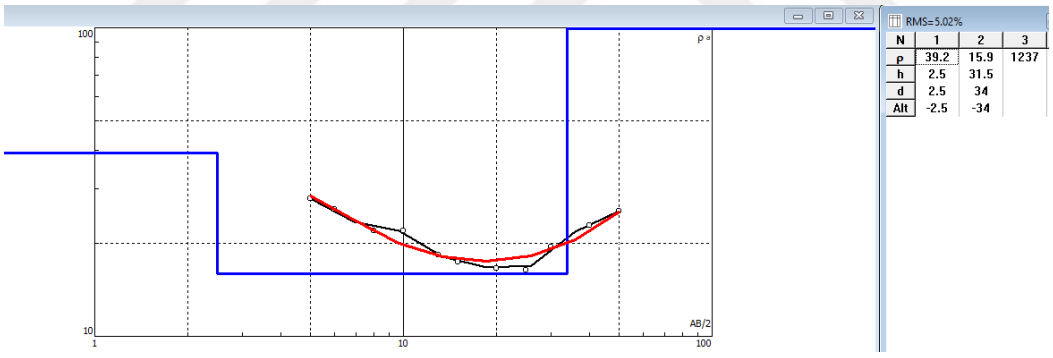
Sonuç olarak tüm DES ölçülen ve hesaplanan eğrilerinin 1B ters çözüm işleminde çakıştırılması,çoğunlukla % 5-6 arasında değişen RMS hataları ile çakışma sağlanıncasonlandırılmıştır. Çalışma alanında özellikle güney ucuna doğru ilerledikçeyüzeye en yakın yeraltısuyu seviyesinin çoğunlukla bu alanda olduğu ve yaklaşık 5 m'ye kadar düşen yeraltısuyu seviyesine rastlanıldığı belirlenmiştir.Çalışma alanının kuzeyine doğru ilerledikçe ise yeraltısuyu seviyesinin daha derinlere indiği gözlenmiştir.



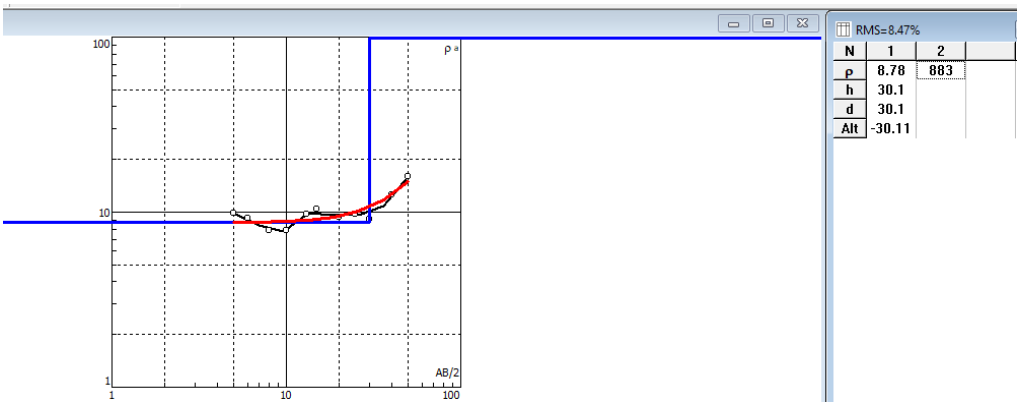
Şekil 3.8.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-1 özdirenç-derinlikgrafiği.



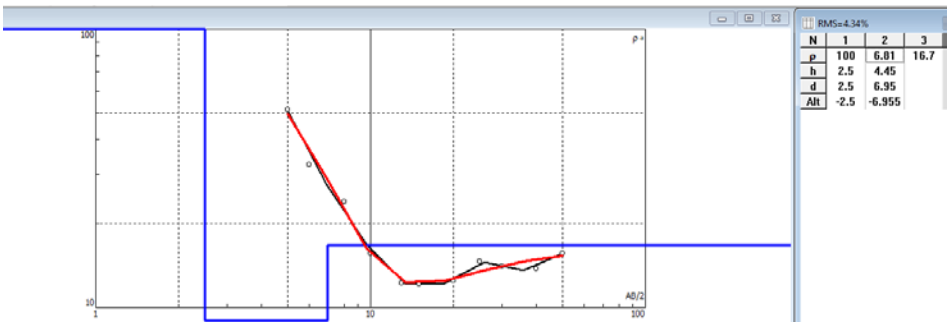
Şekil 3.9.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-2 özdirenç-derinlik grafiği.



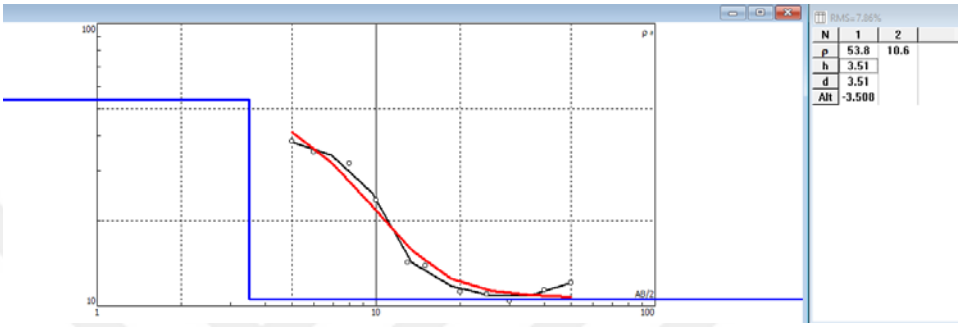
Şekil 3.10.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-3 özdirenç-derinlik grafiği.



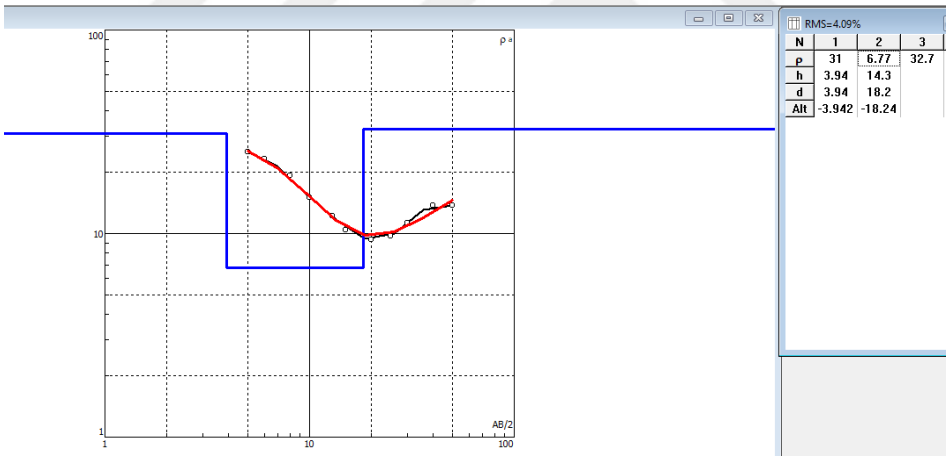
Şekil 3.11.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-4 özdirenç-derinlik grafiği.



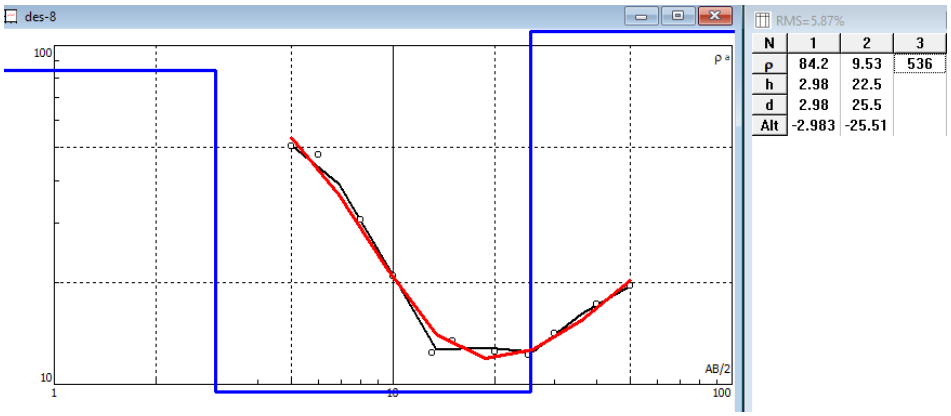
Şekil 3.12.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-5 özdirenç-derinlik grafiği.



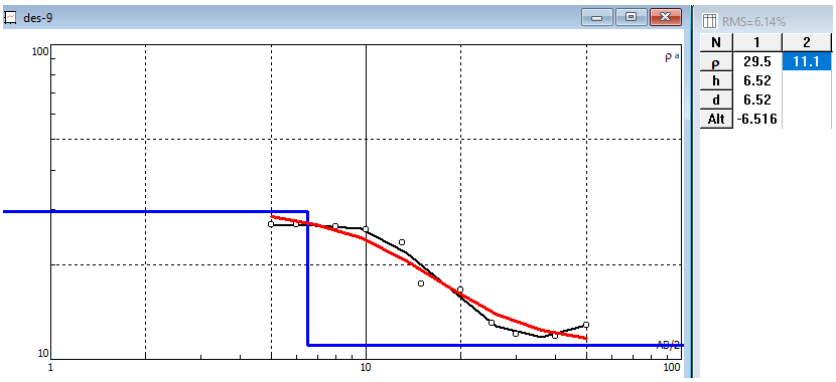
Şekil 3.13.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-6 özdirenç-derinlik grafiği.



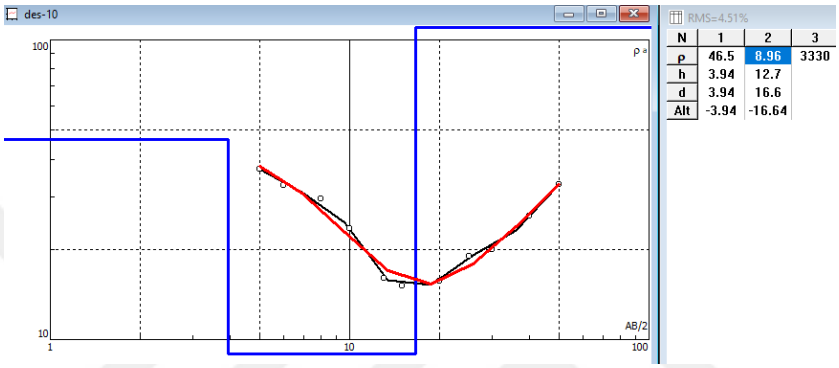
Şekil 3.14.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-7 özdirenç-derinlik grafiği.



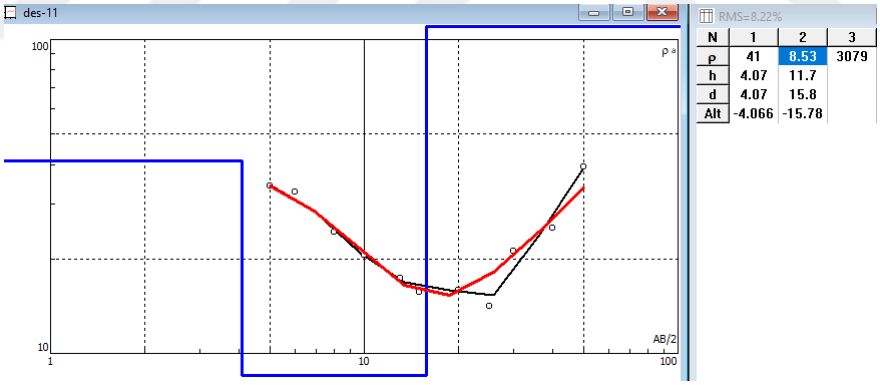
Şekil 3.15.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-8 özdirenç-derinlik grafiği.



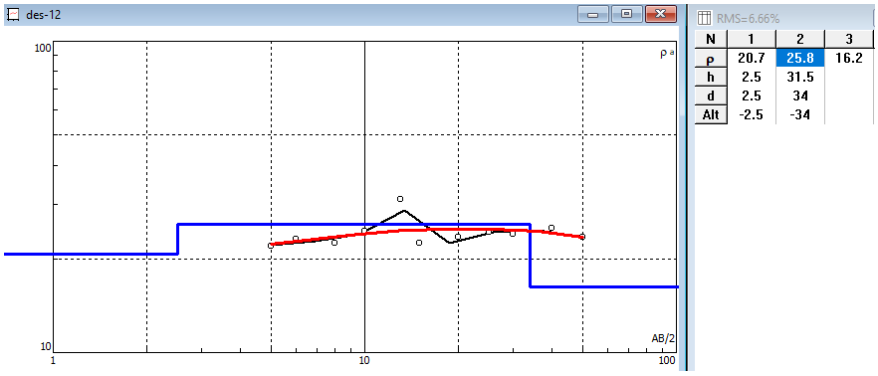
Şekil 3.16.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-9 özdirenç-derinlik grafiği.



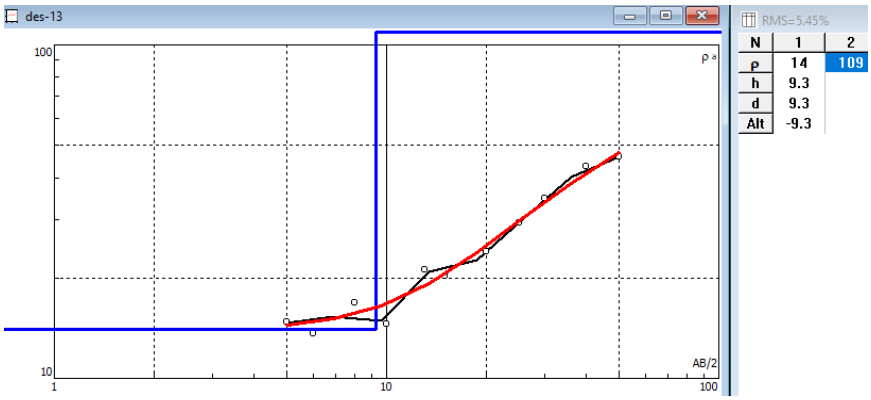
Şekil 3.17.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-10 özdirenç-derinlik grafiği.



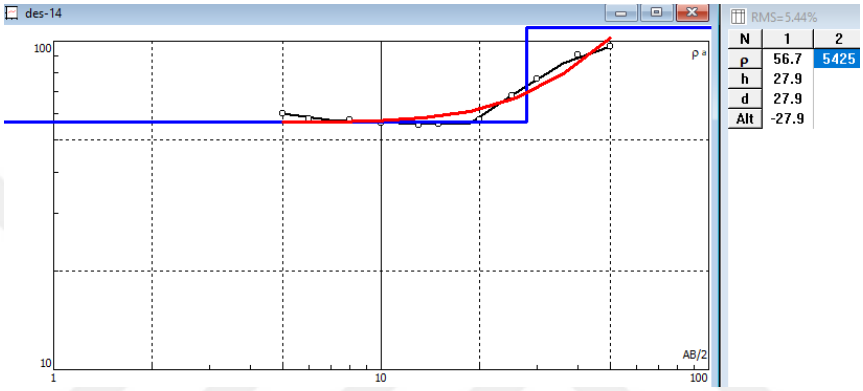
Şekil 3.18.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-11 özdirenç-derinlik grafiği.



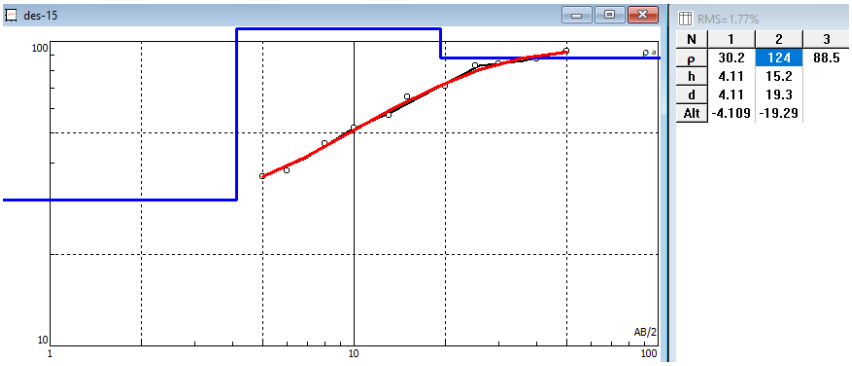
Şekil 3.19.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-12 özdirenç-derinlik grafiği.



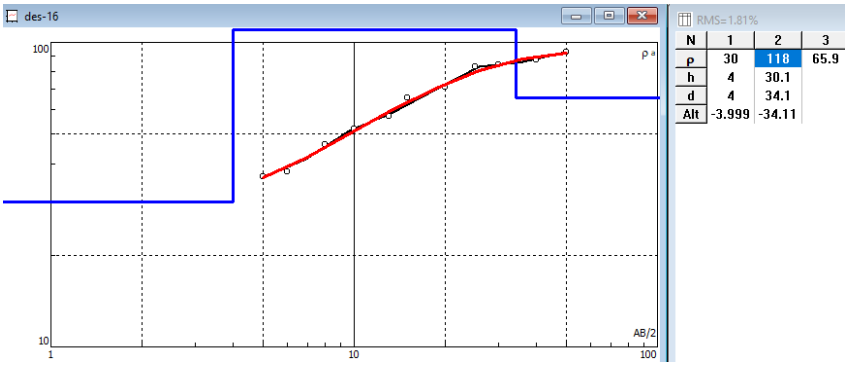
Şekil 3.20.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-13 özdirenç-derinlik grafiği.



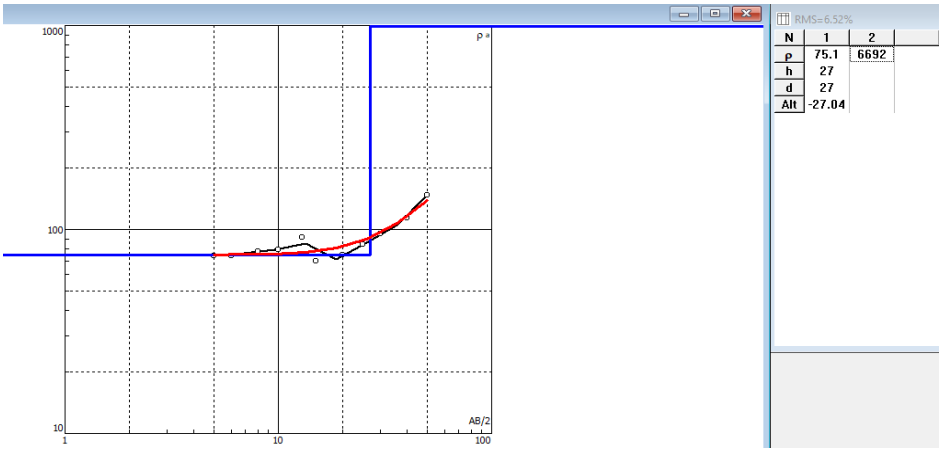
Şekil 3.21.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-14 özdirenç-derinlik grafiği.



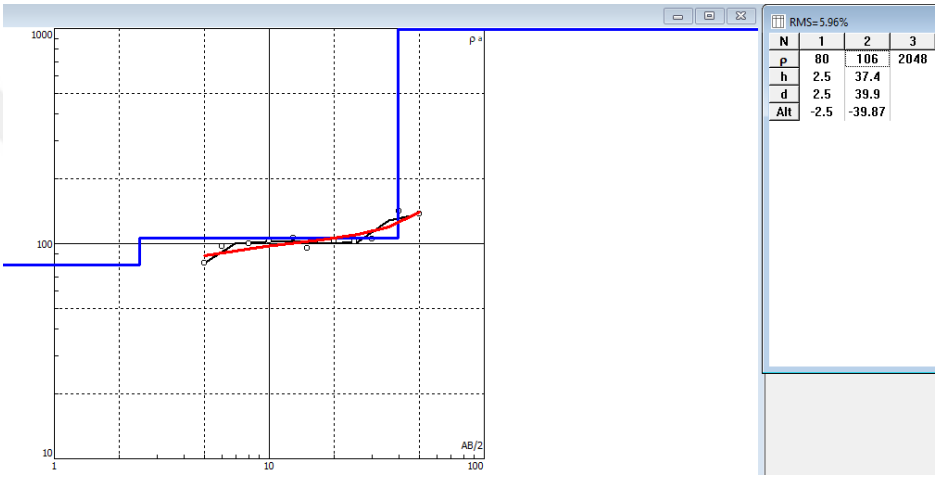
Şekil 3.22.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-15 özdirenç-derinlik grafiği.



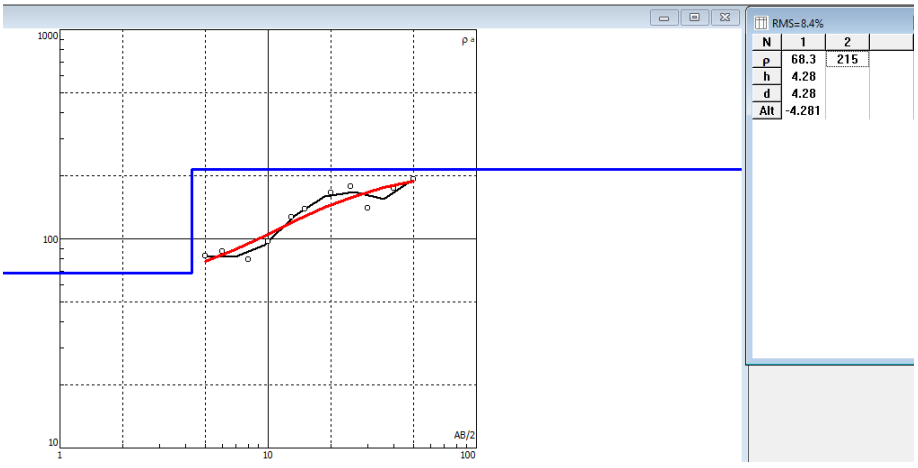
Şekil 3.23.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-16 özdirenç-derinlik grafiği.



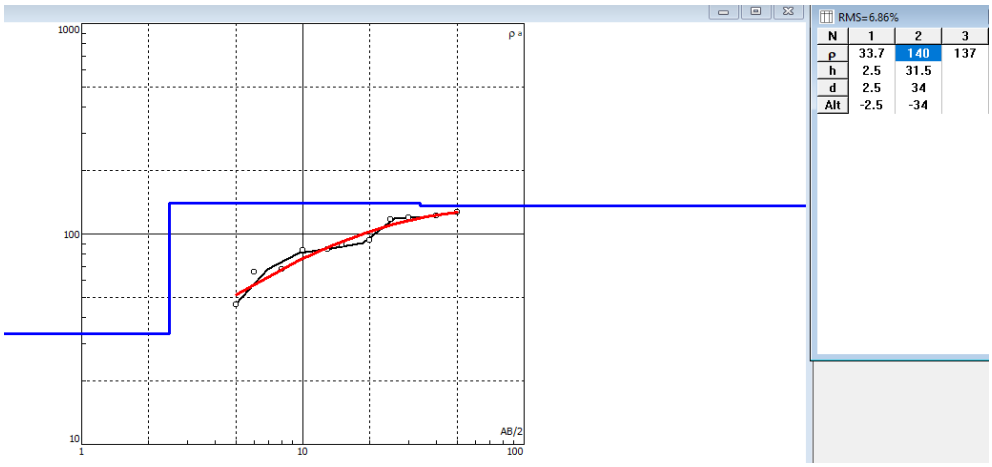
Şekil 3.24.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-17 özdirenç-derinlik grafiği.



Şekil 3.25.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-18 özdirenç-derinlik grafiği.



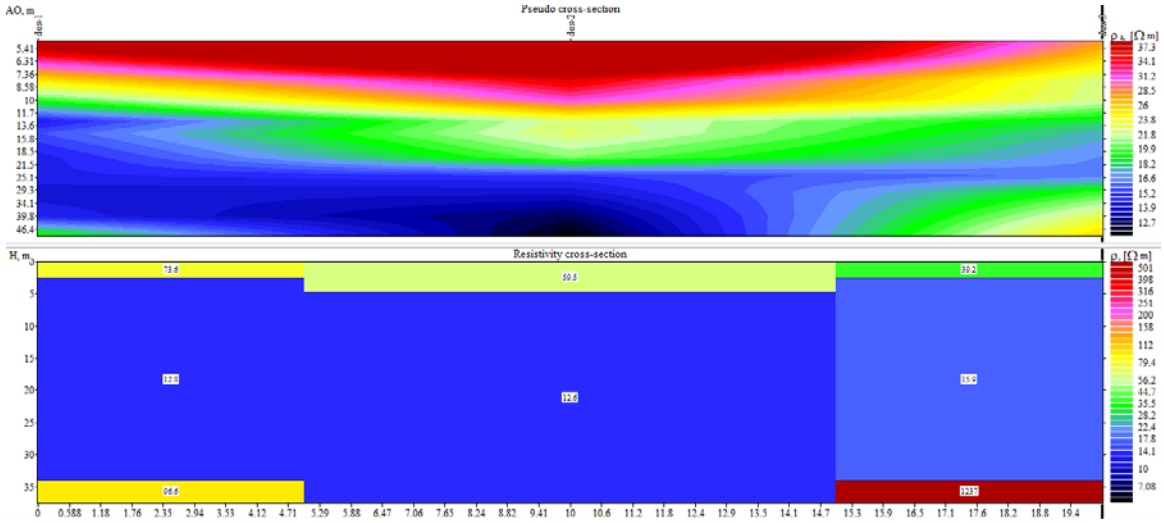
Şekil 3.26.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-9 özdirenç-derinlik grafiği.



Şekil 3.27.1B ters çözüm işlemi ile hesaplanan DES-20 özdirenç-derinlik grafiği.

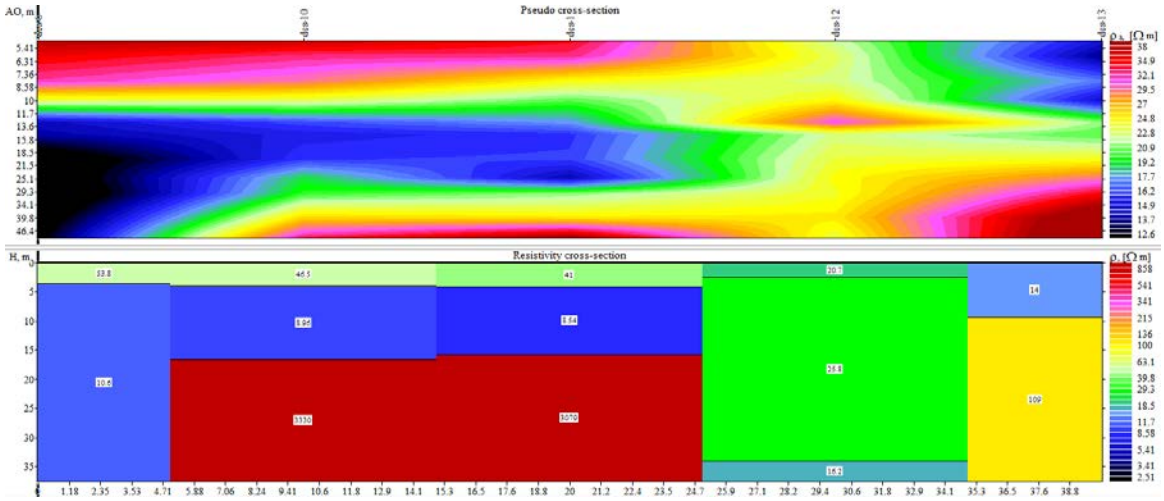
Şekil 3.28-3.32 arasındaki2B elektrik özdirenç kesitleri ise yorumlamaya katkısı olması amacıyla inceleme alanındaki belirlenen alanlar için en az üç adet DES noktası verisi olması koşuluyla birleştirilip değerlendirilmesi ile toplam 5 adet 2B elektrik özdirenç kesiti hazırlanmıştır. Buna göreinceleme alanının en güneyinde yer alan ve Şekil 3.28'de sunulan, DES-1, DES-2 ve DES-3 noktalarının birleştirilmiş elektrik özdirenç kesiti BDES-1 olarak adlandırılmışolup, bu profilin2B elektrik özdirenç kesitidir. İnceleme alanının batısında yer alan Şekil 3.29'daki DES-6, DES-10, DES-11, DES-12 ve DES-13 noktalarının birleştirilmiş elektrik özdirenç kesitiBDES-2 olarak,inceleme alanının doğusunda yer alan Şekil 3.30'daki DES-4, DES-5 ve DES-7 noktalarının birleştirilmiş elektrik özdirenç kesitiBDES-3 olarak,inceleme alanının en kuzeyinde ve Mesudiye formasyonu üzerine yer alan Şekil 3.31'deki DES-14, DES-15, DES-16, DES-17, DES-18, DES-19 ve DES-20 noktalarının birleştirilmiş elektrik özdirenç kesiti BDES-4 olarak veinceleme alanının orta kesiminde doğu-patı gidişli yer alan Şekil 3.32'deki DES-7, DES-9, ve DES-10 noktalarının birleştirilmiş elektrik özdirenç kesiti ise BDES-5 olarak adlandırılmıştır.

Şekil 3.28'de çalışma alanının en güneyini temsil eden ve güney-kuzey yönlü BDES-1 kesitine göre yaklaşık 2.5 m derinliğe kadar 39-73 Ohm.marasında değişen özdirenç değerlerinin bu derinlikten daha derine doğruyeraltısuyunun etkisiyle 12-16 Ohm.m'ye kadar düştüğü gözlenmektedir. Ortalama 35 m'ye kadar devam eden yeraltısuyuseviyesi daha sonra daha geçirimsiz tabakanın başlamasıyla olağan litolojiden kaynaklı özdirenç değerlerinin (>96 ve 1237Ohm.m yüksek değerlere) yeniden arttığı gözlenmiştir.



Şekil 3.28.2B BDES-1 elektrik özdirenç kesitleri (Güney bölgesi).

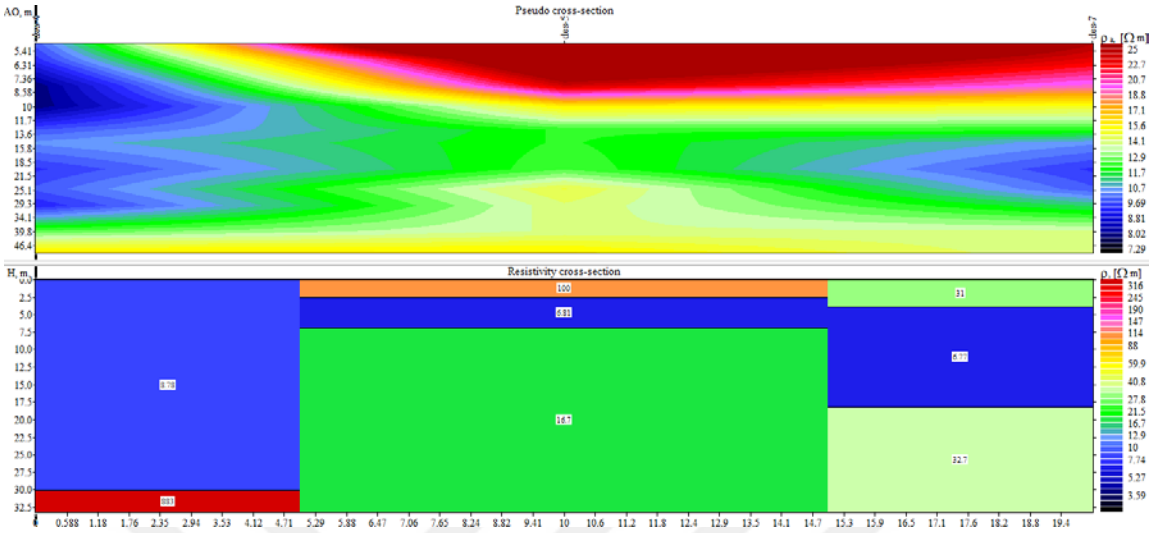
Şekil 3.29'da çalışma alanının batısını temsil eden güney-kuzey yönlü BDES-2 kesitine göre DES-11 ve DES-12 arasında geçirimsiz birimler 25-109 Ohmm özdirenç aralığında veyeraltısuyu seviyesinin ise yaklaşık 11 m'den başlayarak, 30 m'ye kadar devam ettiği gözlenmektedir. Ancak kuzeybatıya doğru gidildikçe geçirimsiz birim kalınlığının (yaklaşık 35 m) arttığı ve yaklaşık 45 m derinliğe kadar yeraltısuyuna rastlanılmadığı gözlenmiştir.



Şekil 3.29.2B BDES-2 elektrik özdirenç kesiti (Batı bölgesi).

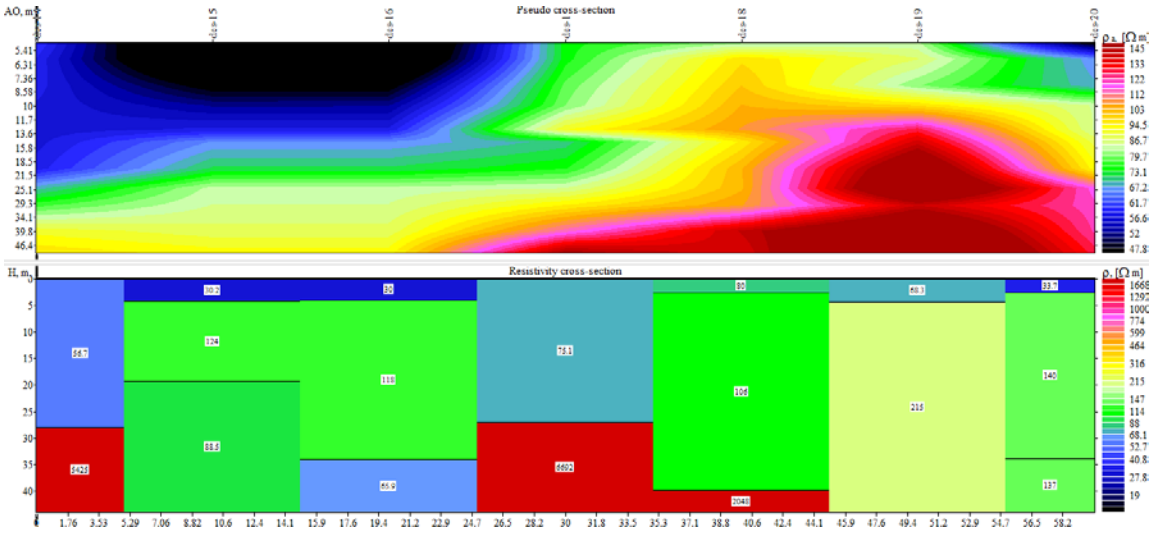
Şekil 3.30'da çalışma alanı doğusunu temsil eden güney-kuzey yönlü BDES-3 kesitine göre yaklaşık ilk 5 m'deyeraltısuyu seviyesi gözlenmeyen ve özdirenci 30-100 Ohm.m arasında değişen birimlerden oluşurken,5 m'den sonra yeraltısuyu seviyesi ile birlikte kumlu çakıllı birimlerin başladığı gözlenmiştir.

Bu birimlerin yer yer geçirimsiz ve olasılıkla kil bantları ile kesildiği, ancak genel anlamda derine doğru devam ettiği belirlenmiştir.



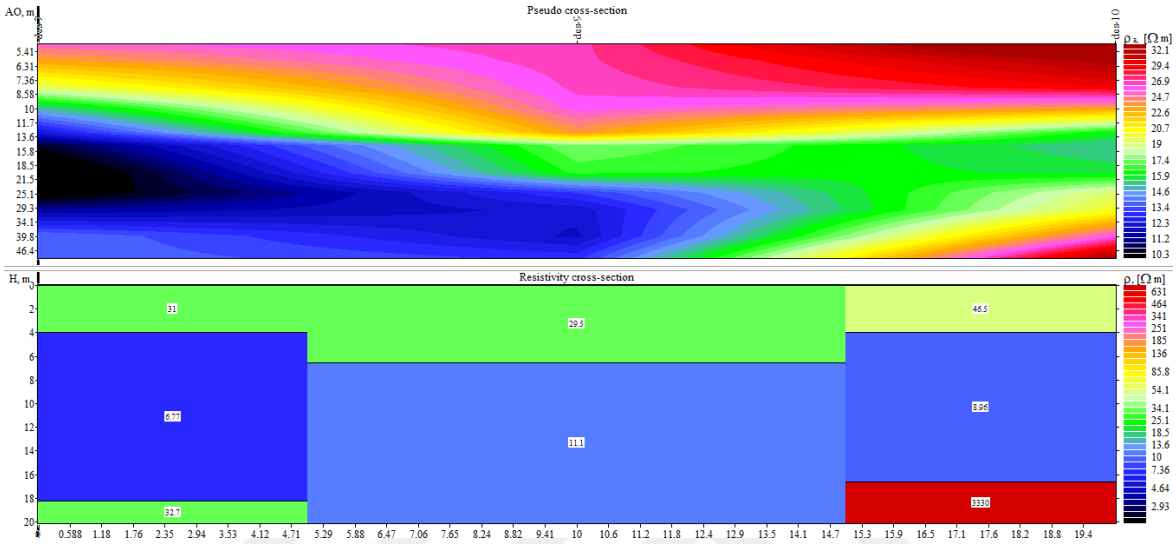
Şekil 3.30.2B BDES-3 elektrik özdirenç kesiti (Doğu bölgesi).

Şekil 3.31'de çalışma alanının kuzeyini temsil eden güney-kuzey yönlü BDES-4 kesitine göre çalışma alanında en yüksek özdirenç değerleri yaklaşık 6692 Ohm.m'ye kadar artanbu bölgede belirlenmiştir.Bunun başlıca nedeni, kuzeye doğru alüvyon birimlerden Mesudiye formasyonuna geçilmiş olmasıdır.Kesitte de gözlendiği gibi bu formasyon kumtaşı,kiltaşı, kireçtaşı gibi birimlerin ardalanmalarından oluşmaktadır ve ortalama özdirençleri 88.5 ile 6692 Ohm.m'ler arasında değişmektedir. Burada bu birimlerin ardalanmaları arasındaki geçiş sınırları ise kesitte net olarak görülmektedir.



Şekil 3.31.2B BDES-4 elektrik özdirenç kesiti (Kuzey bölgesi).

Şekil 3.32'de çalışma alanının doğusundan batısına geçişini temsil eden doğu-batı yönlü BDES-5 kesiti sunulmuştur bu kesit incelenirse, çalışma alanının doğusunda alüvyon birimlerin daha az pekişmiş olduğu ve yeraltısuyuseviyesinin (>4 m) de yüzeye yaklaştığı gözlenmektedir. Batıya gittikçe ise yeraltısu seviyesinin daha derine devam ettiği ve alüvyon birimlerin doğuya göre daha çok pekiştiği gözlenmektedir.



Şekil 3.32.2B BDES-1 elektrik özdirenç kesiti (Doğu-Batı geçişi).

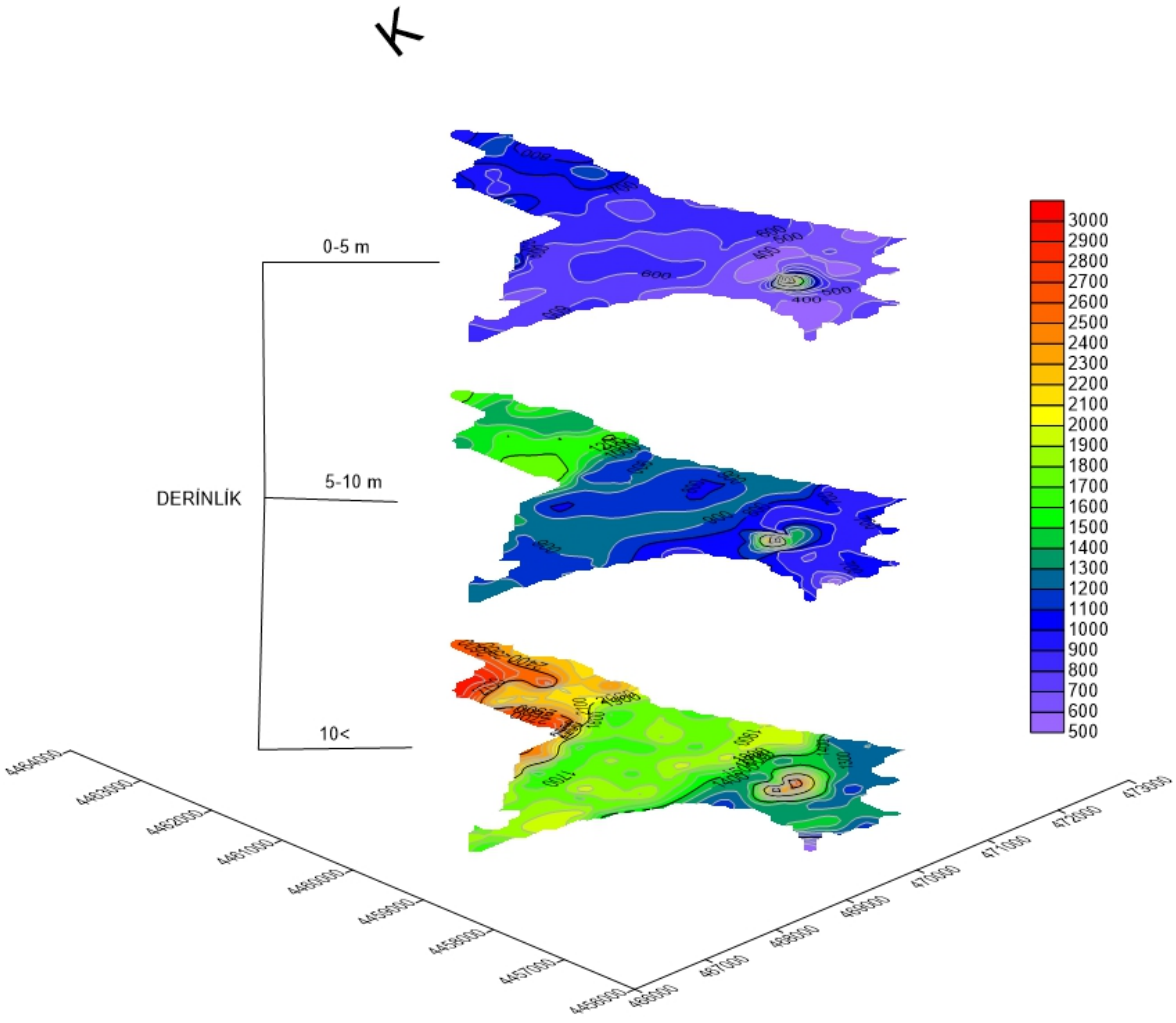
Sonuç olarak 2B elektrik özdirenç kesitleri, bu elektrik profil hatlarına yakın 2B sismik S dalgası hız kesitleriyle karşılaştırılırsa, düşük özdirençli alanların düşük sismik hızlı alanlara karşılık geldiği ve özdirenç grafik ve kesitlerindeki tabaka kalınlık ve derinliklerinin ise sismik hızlardan hesaplanan tabaka sınırlarıyla yaklaşık uyumlu oldukları gözlenmiştir.

3.4. Çalışma Alanının Sismik ve Elektrik Seviye Haritaları

3.4.1. Sismik Seviye Haritaları

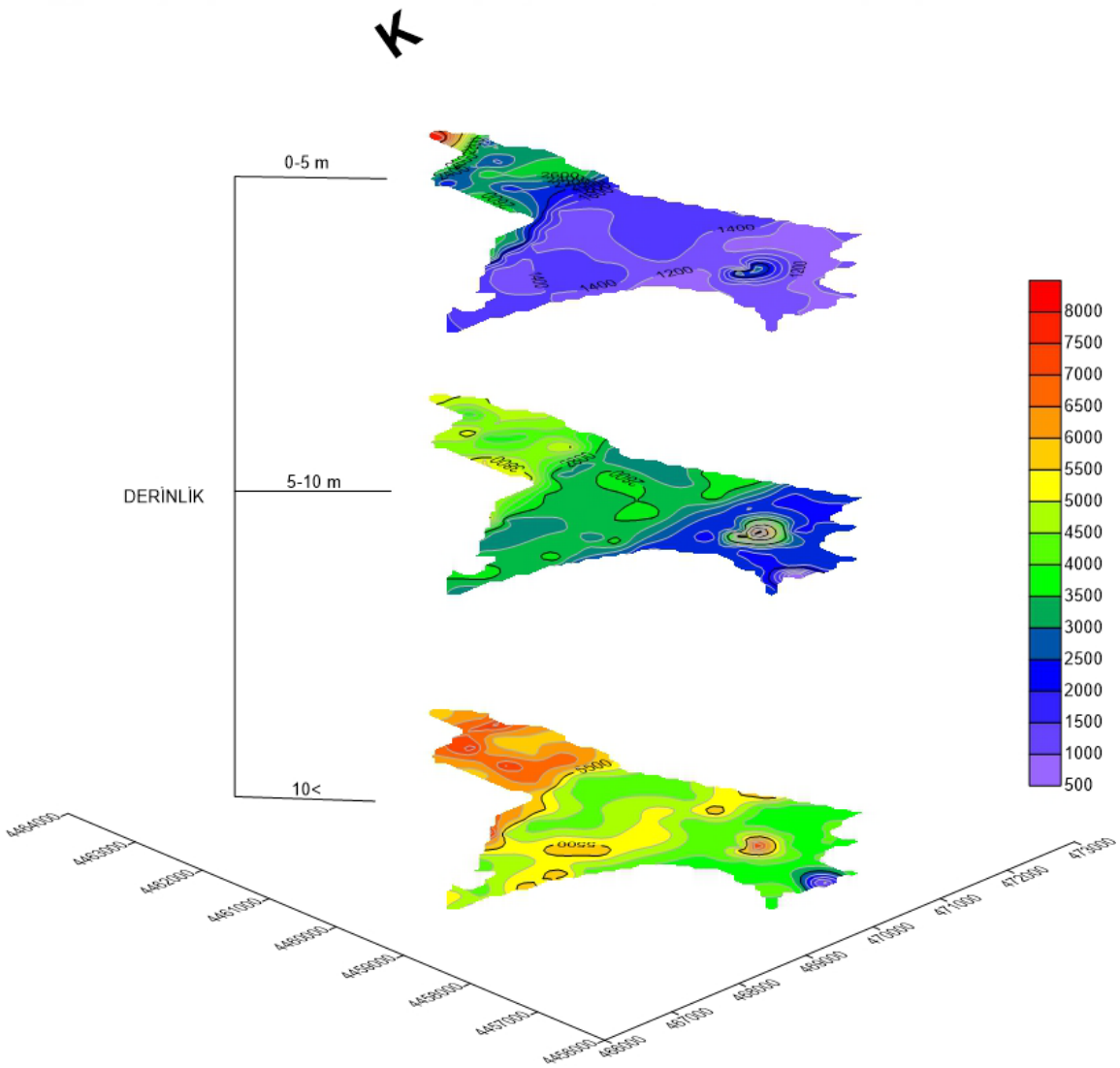
Teze konu olan çalışma alanı MASW verilerinin değerlendirilmesi ile elde edilensismik hızlardan hesaplanmış toplam 6 adet zemin dinamik parametrelerinin 3 farklı derinlik (0-5 m, 5-10 m ve 10 m) için dinamik parametre seviye haritaları, P ve S dalgası hızlarının seviye haritalarıda hazırlanarak,zeminler 3B olarak da incelenmiştir (Şekil 3.33, Şekil 3.34, Şekil 3.35, Şekil 3.36, Şekil 3.37, Şekil 3.38 ve Şekil 3.39). Bu dinamik parametre-derinlik seviye haritaları sismik S ve P dalgası hızları için ayrı ayrı hazırlanan 2B sismik kesitler ve yine aynı üç farklı derinlik için hazırlanan sismik hız seviye haritaları ilekarşılaştırılmış ve yorumlanmıştır (EK1, EK2, EK3, Şekil 3.38 ve Şekil 3.39).

Kayma modülü için hazırlanan ve Şekil 3.33'de sunulan seviye haritaları incelenirse, arazideki birimlerin ortalama değişim gösterdiği 0-5 m, 5-10 m ve 10 m'den sonra olmak üzere sismik G_{max} seviye haritaları hazırlanmıştır. Şekil 3.33 incelenirse, en üsteki harita 0-5 m'yi, ortadaki 5-10 m'yi ve son harita >10 m'den daha sonraki derine devam eden G_{max} değerlerini temsil etmektedir. Çalışma alanında kuzeye ve daha derine gidildikçe G_{max} değerlerinin arttığı gözlenmektedir. Buna göre zemin kuzeye doğru daha sağlamve derinlikle doğru orantılı olarak da zeminin sağlamlığının arttığı gözlenmektedir.Güneye doğru ise alüvyondan dolayı yatayda ve düşeyde değişen gevşek zemin özellikleri gözlenmektedir.



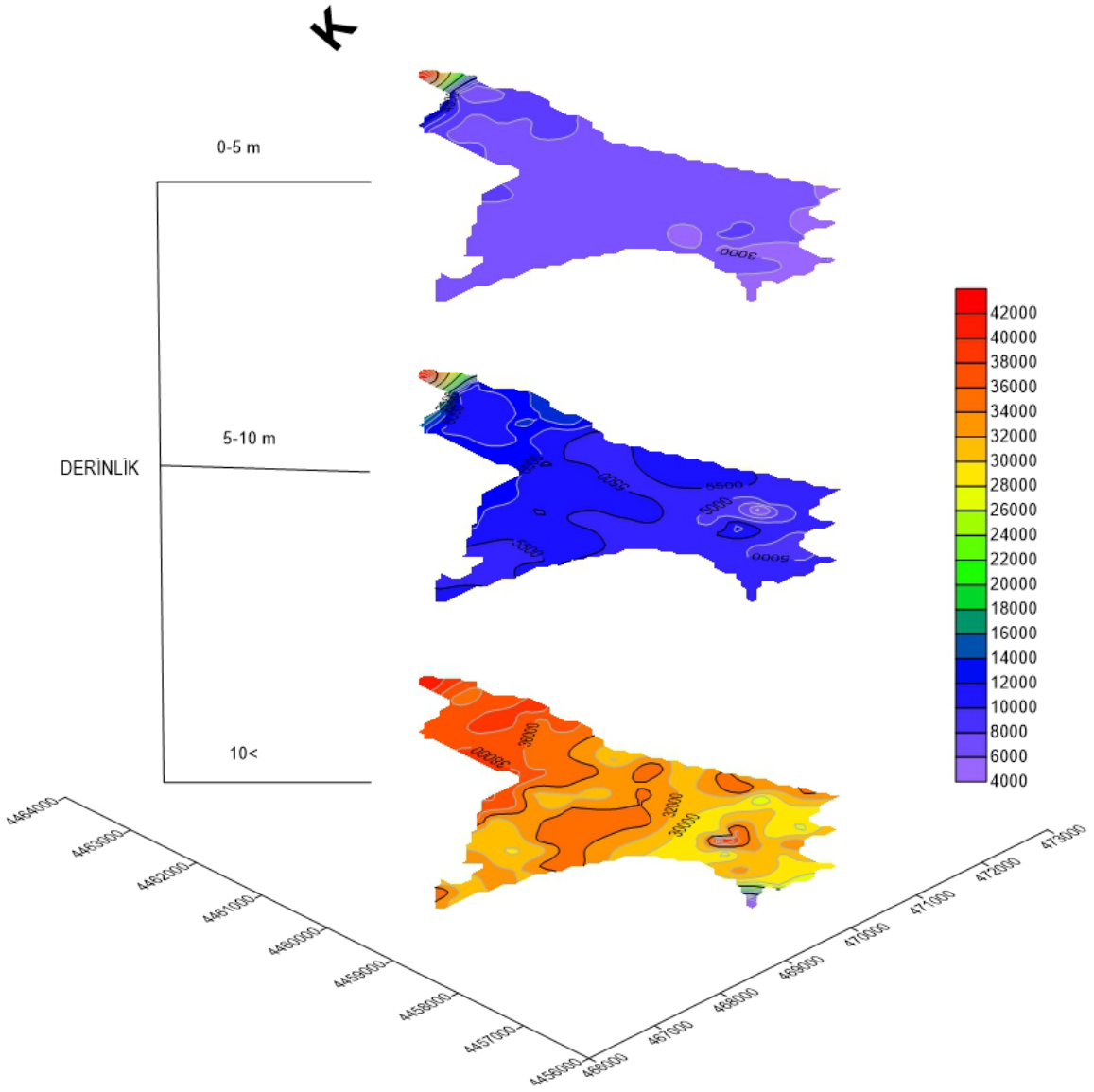
Şekil 3.33. G_{max}değerlerinin derinliğe bağlı seviye haritaları.

Elastisite modülü için hazırlanan ve Şekil 3.34'de sunulan seviye haritaları incelenirse, arazideki birimlerin ortalama değişim gösterdiği 0-5 m, 5-10 m ve 10 m'den sonra olmak üzere sismik E_d seviye haritaları hazırlanmıştır. En üsteki harita 0-5 m'yi,ortadaki 5-10 m'yi ve son harita >10 m ve daha derindeki$E_d$değerlerini temsil etmektedir. Çalışma alanında kuzeye ve daha derine gidildikçe E_d değerlerinin arttığı, benzer şekilde alüvyon birimlerden kuzeye gittikçe Mesudiye formasyonuna geçilmesi ile değerlerin yükseldiği görülmektedir. Buna göre zemin kuzeye doğru daha sıkı ve sağlam, güneye doğru ise daha gevşek ve değişen zemin özellikleri göstermektedir. Derine doğru ise zeminin daha sıkı olduğu ancak güney bölgesindeki yeraltısuyunun etkisiyle yer yer E_d değerlerinin düştüğü de gözlenmektedir.



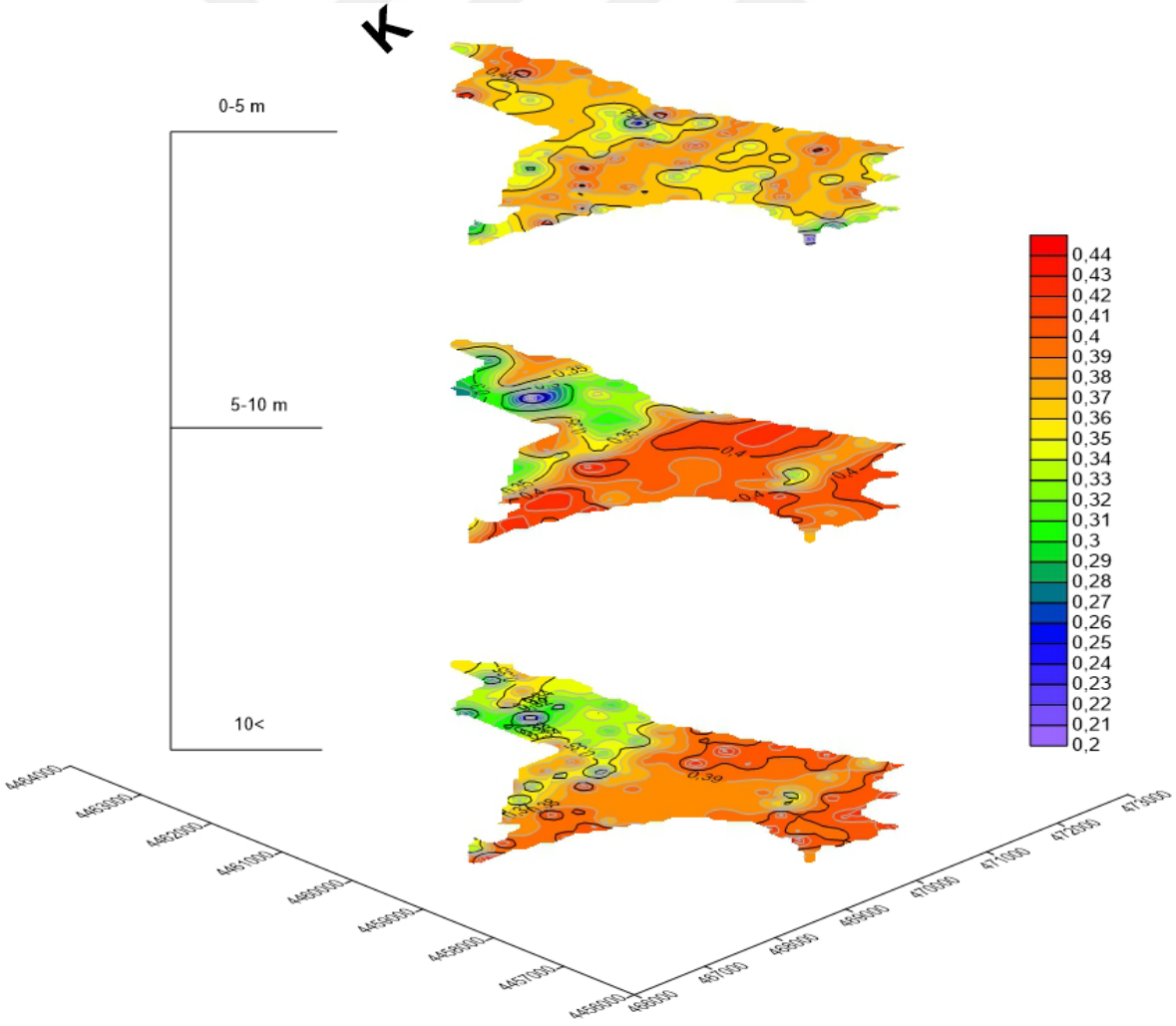
Şekil 3.34.$E_d$değerlerinin derinliğe bağlı seviye haritaları.

Bulk modülü için hazırlanan ve Şekil 3.35'de sunulan seviye haritaları incelenirse, arazideki birimlerin ortalama değişim gösterdiği 0-5 m, 5-10 m ve >10 m'den sonra olmak üzere sismik K seviye haritaları hazırlanmıştır. En üsteki harita 0-5 m'yi, ortadaki 5-10 m'yi ve son harita 10 m ve daha derine devam eden K değerlerini temsil etmektedir. Çalışma alanında kuzeye ve daha derine gidildikçe K değerlerininarttığı gözlenmektedir. Buna göre zemin kuzeye doğru daha sıkışmış ve güneye doğru ise daha az sıkışmış gevşeklik durumu değişen zemin özellikleri göstermektedir. Derine doğru ise sıkışmanın arttığı gözlenmektedir.



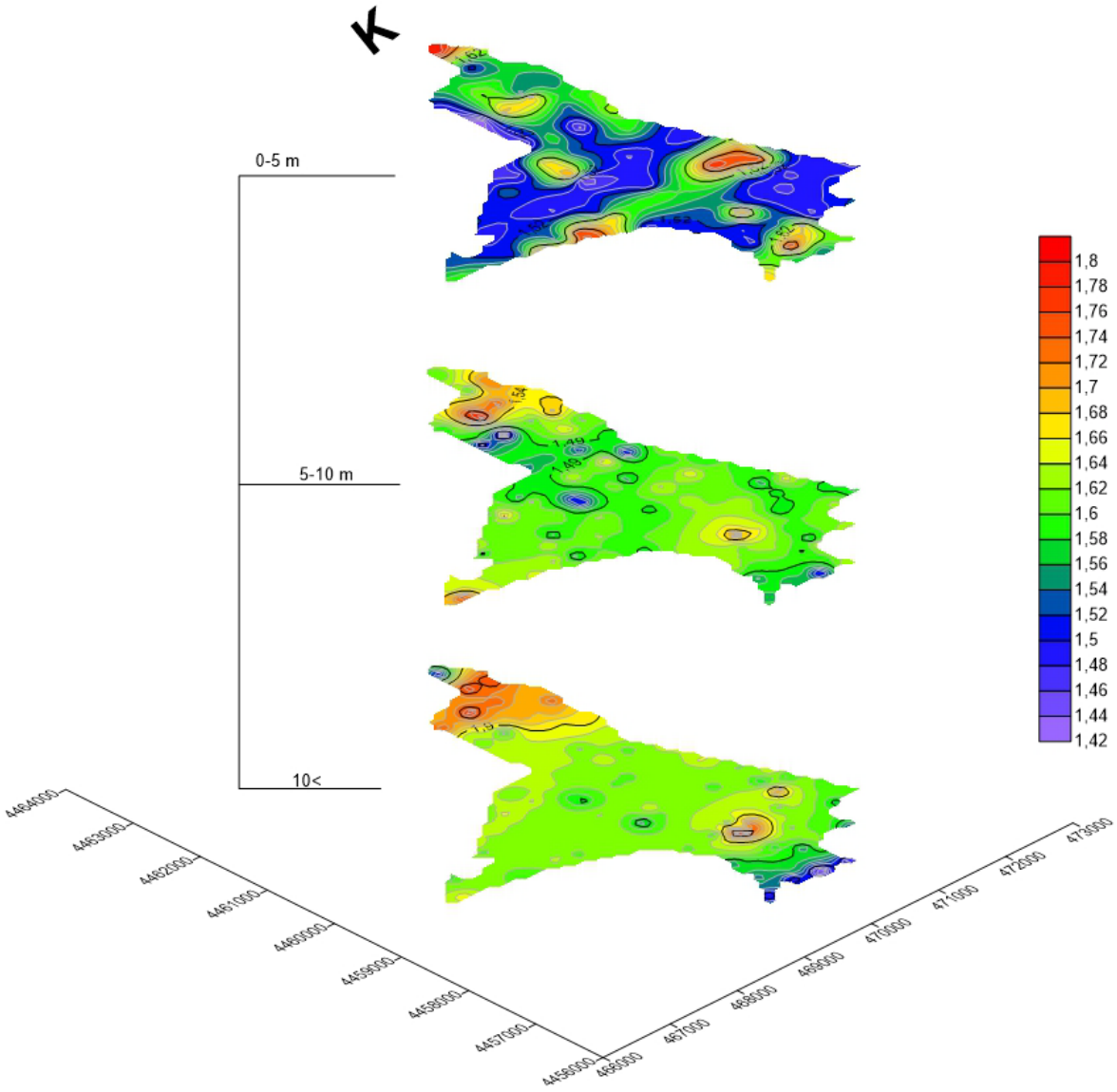
Şekil 3.35.K değerlerinin derinliğe bağlı seviye haritaları.

Poissonoranı (σ)için hazırlanan ve Şekil 3.36'da sunulan seviye haritaları incelenirse, arazideki birimlerin ortalama değişim gösterdiği 0-5 m, 5-10 m ve 10 m'den sonra olmak üzere sismik **σ** seviye haritaları hazırlanmıştır. En üsteki harita 0-5 m'yi, ortadaki 5-10 m'yi ve son harita 10 m ve daha derine devam eden**σ** değerlerini temsil etmektedir. Çalışma alanında kuzeye ve daha derine gidildikçe **σ** değerlerinin düştüğü gözlenmektedir. Buna göre zeminde kuzeye doğru gözeneklilik ve suya doygunluk oranlarıdüşerken, güneye doğru ise gözeneklilik ve suya doygunluk oranları artmaktadır. Çalışma alanındaki birimler genel olarak aynı **σ** değerlerini vermektedir. Bunun nedeni ise çalışma alanındaki birimlerin genelinin gözeneklive bu gözeneklerin (boşlukların) su ile dolu olmasıdır (bkz. Şekil 3.42). Ancak kuzeye ve derine gittikçe,gözeneklerdeki su içeriği miktarı düşmüş ve gözlenen gözeneklilik durumundasabitlikolsa bile,derine devam ettikçe **σ**değerlerinin daha da azalarak daha sıkı zemin koşullarının oluşmaya başladığı haritalar üzerinde takip edilerek de gözlenmiştir.



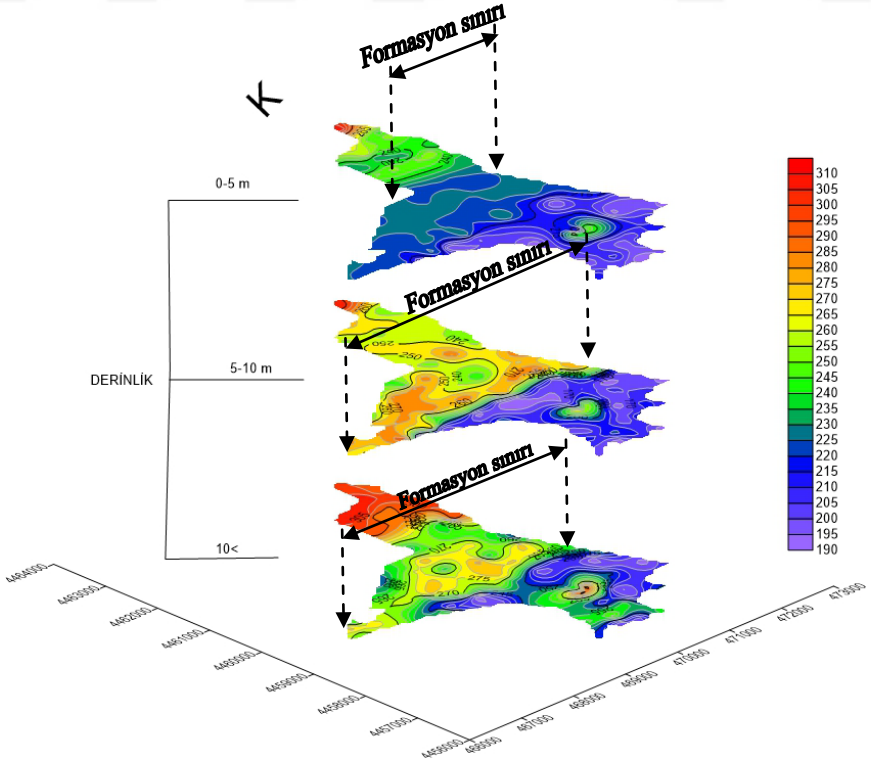
Şekil 3.36. σ değerlerinin derinliğe bağlı seviye haritaları.

Yoğunluk modülü için hazırlanan ve Şekil 3.37'da sunulan seviye haritaları incelenirse, arazideki birimlerin ortalama değişim gösterdiği 0-5 m, 5-10 m ve 10 m'den sonra olmak üzere sismik **yoğunluk** seviye haritası hazırlanmıştır. En üsteki harita 0-5 m'yi ortadaki 5-10 m'yi ve son harita 10 m'deki **yoğunluk** değerlerini temsil etmektedir. Çalışma alanında kuzeye doğru (>1.66 gr/cm^3) ve daha derine doğru(>1.90 gr/cm^3) gidildikçe **yoğunluk** değerlerinin arttığı gözlenmektedir. Buna göre zemindeki jeolojik birimler kuzeye doğru daha yoğunluklu ve güneye doğru daha az yoğunluklu olan özellikler göstermektedir. Çünkü çalışma alanında kuzeye ve daha derine gidildikçe yoğunluk değerlerinin arttığı, seviye haritalarında kolayca gözlenebilmektedir.

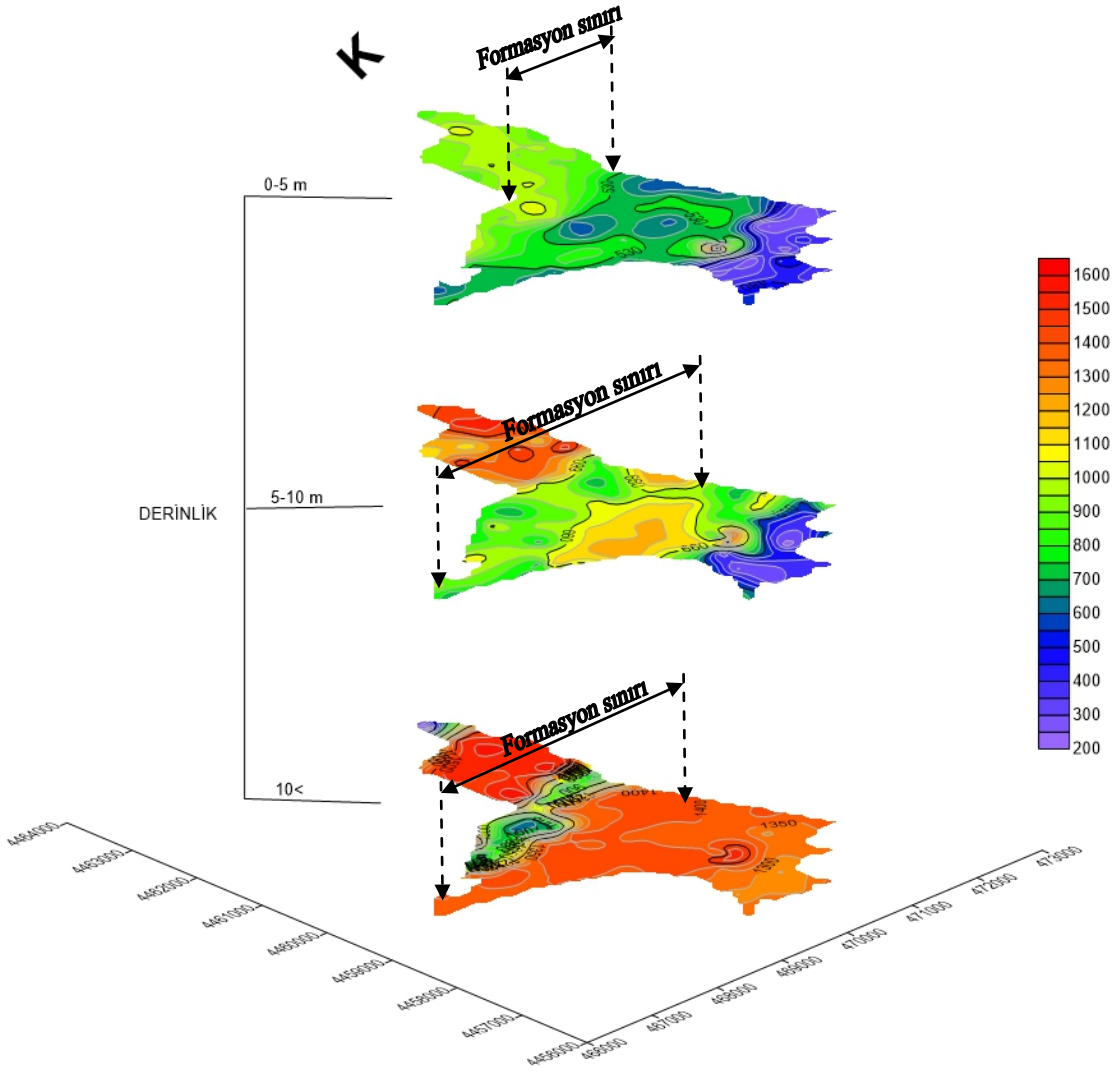


Şekil 3.37. Yoğunluk modülü seviye haritaları.

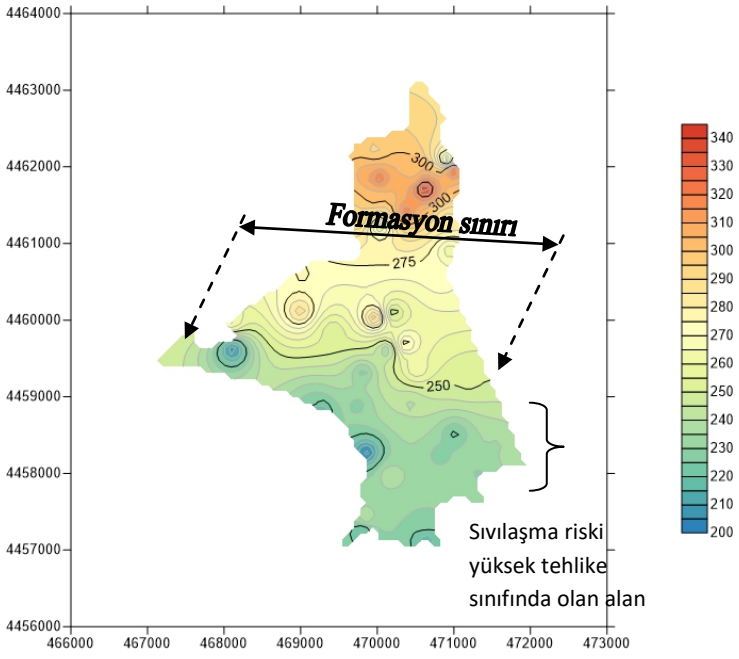
Şekil 3.38'de 2B sismik S dalgası hız-derinlik kesitleri birleştirilerek ve Şekil 3.39'da ise 2B sismik P dalgası hız-derinlik kesitleri birleştirilerek 0-5 m, 5-10m ve 10 m derinlikler için hazırlanan sismik V_S ve V_P seviye haritaları sunularak zeminler 3B olarak değerlendirilmiştir. Son olarak ise dinamik parametre seviye haritaları, derinlik seviyeleri arasındaki sismik hız değişimleri ve elektrik özdirenç değişimleri sonuçları dikkate alınarak, dirençli-dirençsiz alanlar ile düşük sismik hızların olduğu alanlar karşılaştırılarak birlikte irdelenmiştir. Bu nedenle ister yatayda yönde ister düşey yönde olsun sıkı ve daha sıkı yada gözeneklilik miktarı azalan bölgeye doğru gittikçe, sismik hızlarda (V_S>270 ve V_P>1300 m/sn) (Şekil 3.38, Şekil 3.39,Şekil 3.40) ve elektrik özdirenç değerlerinde (>52 Ohm.m) (Şekil 3.41) de -özellikle Mesudiye formasyonuna geçişin başlamasıyla birlikte- artış gözlenmektedir. Bu artışlar,düşeyde yaklaşık 5-10 m arasında azalırken, yaklaşık 10 m'den derine doğru ve yatayda-kuzeye doğru Mesudiye formasyonuna geçişin başlamasıyla arttığı gözlenmektedir. Formasyon sınırı isekuzeyde batı-doğu yönünde yaklaşık yüzeyde **yaklaşık 1050 m** iken, 2. ve 3. seviye haritaları incelenirse, derine doğru aynı şartlarda bu sınırındaha güneye doğru kaydığı ve artarak 3. seviye haritasında **yaklaşık 2679 m'ye** ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 3.38, 3.39, 3.40, 3.41). V_{S30} kayma dalgası hızlarının ise yaklaşık 207-342 m/sn arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 3.40). Dolayısıyla, sismik hız ve elektrik özdirenç sonuçları birbiriyle uyumludur.



Şekil 3.38. S dalgası hızlarının V_S-derinlik seviye haritaları.



Şekil 3.39.P dalgası hızlarının V_P-derinlik seviye haritaları.



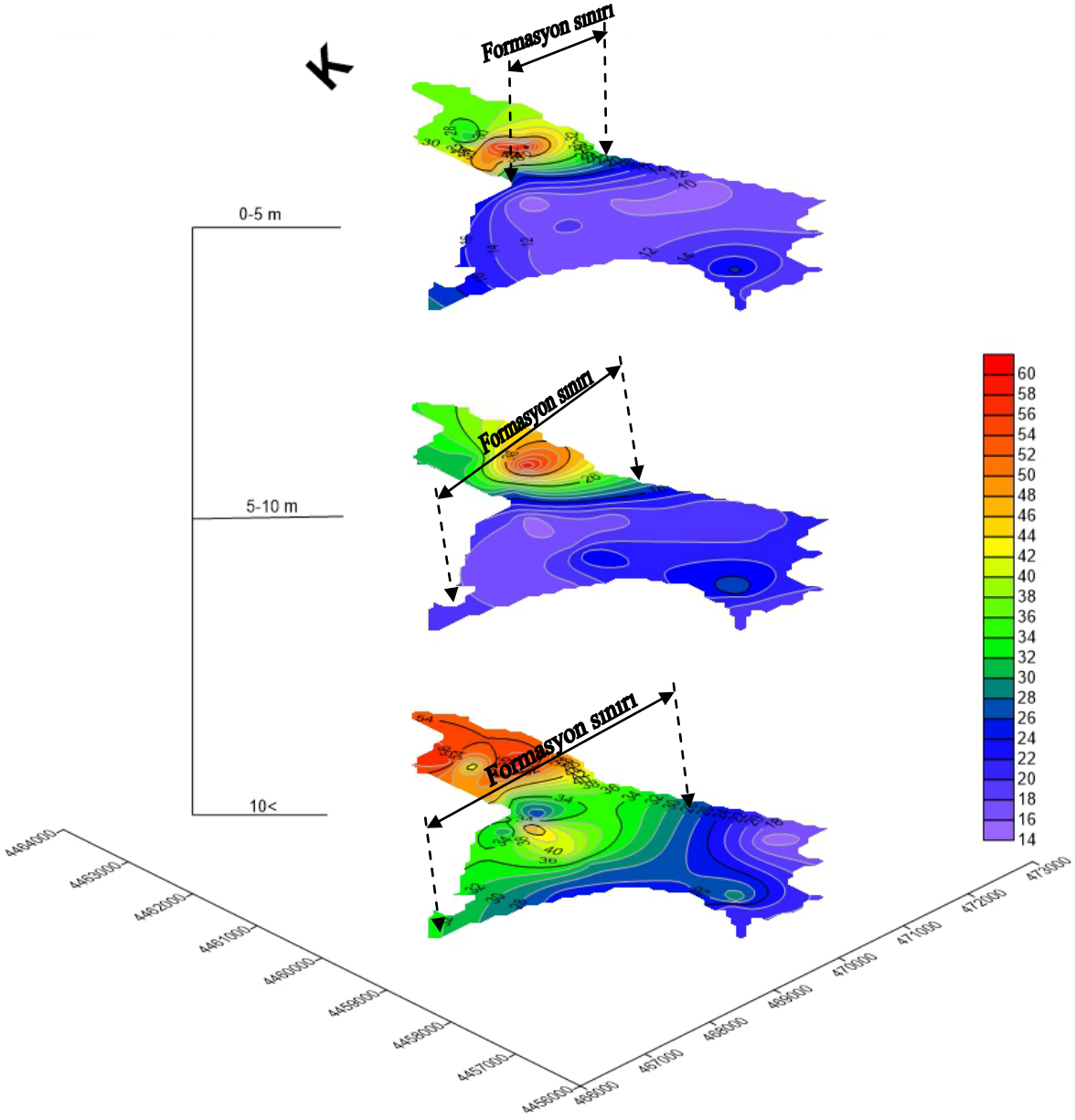
Şekil 3.40. S dalgası hızlarından hesaplanan V_{S30} seviye haritaları.

3.4.2. Elektrik Seviye Haritaları

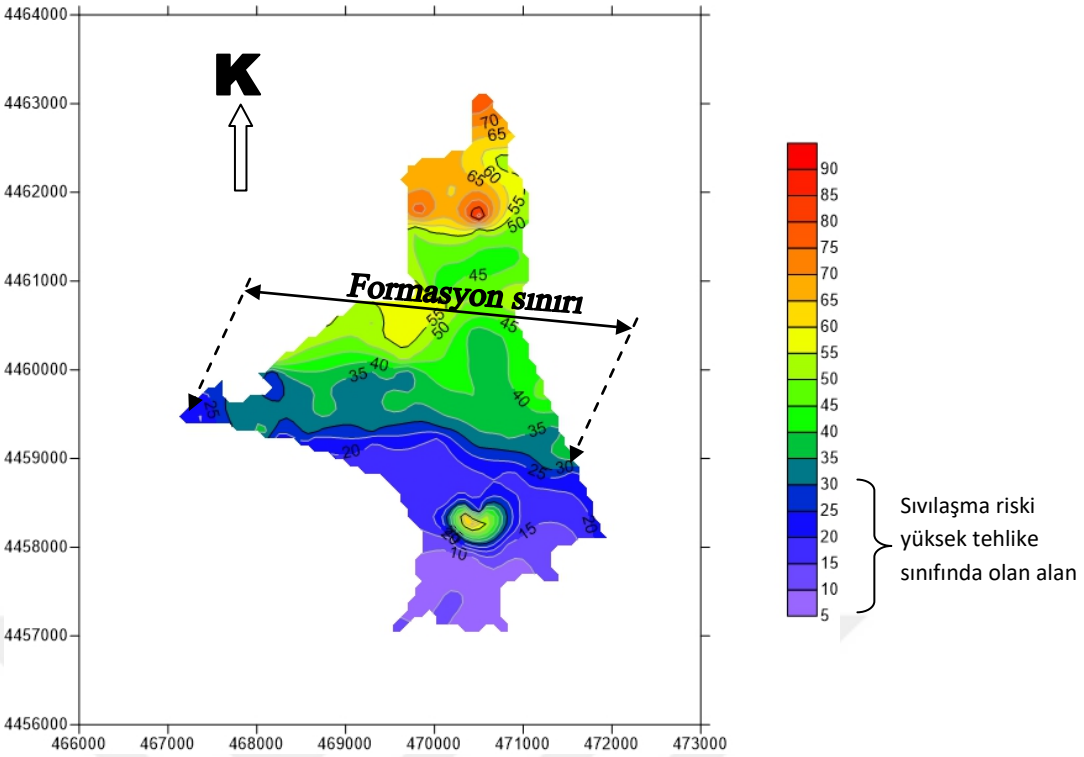
Seviye haritaları arazideki birimlerin ortalama değişim gösterdiği 0-5 m,5-10 m ve 10 m'den sonra olmak üzere 3 seviyede özdirenç ve yeraltısuyu seviye haritaları hazırlanmıştır (Şekil 3.41, 3.42). Şekil 3.41'deki seviye haritalarının yatay yönlerdeki ve düşey yöndeki özdirenç değişimleri incelenirse, genel olarak özdirençlerin zemin kuzeye doğru arttığı görülmektedir. En üsteki harita 0-5 m'yi temsil eden haritada elektrik özdirençdeğerleri 14 Ohm.m ile 60 Ohm.m arasında değişmekte, ortadaki 5-10 m'yi temsil eden haritada elektrik özdirenç değerleri 6 Ohm.m ile 46 Ohm.m arasında değişmekte ve üst seviyeye göre azaldığı görülmektedir.Bunun nedeni ise 5-10 m arasındaki seviyelerin su içerikli olmasıdır.Son harita 10 ve daha sonraki metrelerdeki birimlerin elektrik özdirenç değerleri 8 Ohm.m ve 50 Ohm.m arasında değişmekte olup, üst seviyedeki değerlere yakın değerler olarak gözükmektedir. Bunun nedeni ise hemen hemen aynı birimlerin devam etmesi ve bu birimlerin su içerikli olmasıdır.Şekil 3.41'deki düşük özdirençli alanlar yatay ve düşey yönde izlenirse, bu birimlerin derinlikleri içinde değişen yeraltısuyu seviye derinlikleri ise Şekil 3.42'de kolayca gözlenebilirler. Ayrıca bu haritalarda, alüvyon birimlerden Mesudiye formasyonuna geçiş sınırınıda net olarakgözlenmektedir. Bu haritalarda formasyon sınırı ise kuzeyde batı-doğu yönünde yaklaşık yüzeyde **yaklaşık 1050 m iken,** 2. ve 3. seviye haritaları incelenirse, derine doğru aynı şartlarda bu sınırın daha güneye doğru kaydığı ve artarak 3. Seviye haritasında **yaklaşık 2679 m'ye** ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 3.41, 3.42). Dolayısıyla, sismik hız ve elektrik özdirenç sonuçları birbiriyle uyumludur.

Elektrik özdirenç değerlerinden hazırlanan Şekil 3.42'deki yeraltısuyu seviye haritası da incelenirse, yeraltısuyu seviyelerinin jeolojik formasyon içinde değişen derinlikleri kolayca gözlenebilir. Dolayısıyla elektrik seviye haritaları ve yeraltısuyu seviye haritaları karşılaştırıldığında, haritaların uyum içinde olduğu, zeminin kuzeye doğru daha sıkı masif ve yüksek özdirençli olan Mesudiye formasyonuna geçişin başlamasıyla yeraltısuyu derinliğinin daha derinlere (yaklaşık 90 m'lere) doğru devam ettiği ve iki formasyon sınırının net olarak ortaya çıktığı da gözlenmiştir. Ayrıca inceleme alanında Mesudiye formasyonuna doğru kot farkının düşük bir eğimle artarak yaklaşık 40 m kot seviyelerine kadar yükseldiği de gözlenmiştir. Bu nedenle bu durum Mesudiye formasyonu içerisinde yeraltısuyu derinliğinin daha derinlerde belirlenmesine de bir sebeptir. (Şekil 3.42). Dolayısıyla depremsellik, sismik ve elektrik uygulamaların sonuçları, risk alanlarının çoğunlukla güneydeki yeraltısuyu seviyesinin daha yüzeye yakın olduğu (yaklaşık 5 m'ler) alüvyon birimlerde olduğunu ortaya koymuştur.

Başka bir deyişle, elektrik seviye haritaları (ρ)ile sismik S dalgası seviye haritalarının(V_S, V_{S30}) uyumlu olduğu, zeminin kuzeye doğru daha sıkı masif ve özdirenci daha yüksek birimlerin olduğu, Mesudiye formasyonunun olağan özelliklerinin görüldüğü, formasyon sınırının net olarak ortaya çıktığı,yeraltısuyunun bulunduğu bölge ve metrajları gözlenmiş ve belirlenmiştir. Ayrıca deprem verisi sonuçları ve sismik aktivite açısından ise zemin kuzeye doğru daha sağlam ve duyarlı olması zemin büyütme etkisinin de elastik parametreler ile ters orantılı şekilde kuzeyde daha düşük olması ve güneye doğru yeraltısuyu seviyesinin yüzeye yakın olması,siltli-killi kum birimlerin oluşabilecek bir sismik aktivite sırasında sıvılaşma tehlikesi yaratmasından dolayı, yerleşim bölgelerinin kuzey bölgelere doğru kaymalıdır.



Şekil 3.41. Zemin elektrik özdirenç-derinlik seviye haritaları.



Şekil 3.42.Özdirenç değerlerinden hazırlanan yeraltısuyu seviye haritası.

Sonuç olarak 3 farklı derinlik seviyesi için hazırlanan ve 3B olarak sunulan dinamik parametreler, sismik hız ve elektrik özdirenç seviye haritaları birlikte dirençli-dirençsiz alanlar düşük sismik hızların olduğu alanlarla karşılaştırılarak irdelenmiştir. Buna göre ister yatay yönde ister düşey yönde olsun düşük dirençli (<52 Ohm.m) alanlarda sismik hızların da (V_S<270 ve V_P<1300 m/sn) düşük olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde yüksek dirençli alanlarda ise tersine bu değerlerin arttığı belirlenmiştir. Dolayısıyla depremsellik, sismik ve elektrik uygulamalarının sonuçlarının uyumlu olması ise risk alanlarının belirlenmesinde etkili olmuştur ve riskli alanlar kesin sınırlarla belirlenebilmiştir (Şekil 3.40, Şekil 3.42). Bu sınırlara göre düşük tehlike sınıfı alanlarında yapılaşmanın tercih edilmesiyle yaşamsal tehlike ve ekonomik kayıplar azalacaktır.

4.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma, son yıllarda artan yapılaşmalara bağlı olarak zemin-yapı arasındaki ilişkilerin doğru kurulması ve olası afet durumunda maddi-manevi kayıpların önüne geçilmesi için yerleşime uygunluk açısından zemin parametrelerinin jeofizik yöntemlerle belirlenerek yeraltı seviye haritalarının çıkarılması ve bu tür çalışmalarda jeofizik yöntemlerin öneminin, başarısının, çok boyutlu jeofizik sonuçların sağladığı kolaylıkların ve özellikle zemin incelemeleri için sismik ve elektrik yöntemlerin seçilmesinin sebeplerini ve avantajlarını vurgulamak ve uluslararası seviyede bilimsel veri tabanıyla çalışmanın önemini göstermek amacıyla yapılmıştır.Yenişehir (Bursa)ilçe merkezini kapsayan bu çalışma alanında iki jeofizik (MASW, DES) yöntemin arazide ölçülen verilerive 120 yıllık deprem verileri (KRDAE) kullanılarak çalışma alanı 1B, 2B ve 3B olarak incelenmiştir.Tezin hedeflerini ortaya koyan jeofizik çalışmalarla zeminlerin V_{S30} değerleri, V_S ve V_P hızlarından jeolojik tabakalanma, tabakaların dinamik-elastik parametre(G_{max}, E_d, K, σ, d,A_k, ortalama A_k) değerleri, beklenen olası deprem büyüklükleri ve tekrarlanma olasılıkları, ortalama a_{max},tabakaların özdirençleri,yeraltısuyu seviyelerivesıvılaşma-depremsellik açısındanrisk-tehlike durumları belirlenmiştir. 0-5 m, 5-10 m ve >10 m derinlikler için hazırlanan seviye haritalarınınise hem yatay hem düşey yönde 3B olarak formasyon geçiş sınırlarını, düşük sismik hızlı-düşük özdirençli alanlara karşılık gelen gevşek-gözenekli alanlarınve bu alanlardaki sıvılaşma risk-tehlike durumunu yorumlamada önemli katkısı olmuştur.Bunlara göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Jeofizik çalışmada ilk aşamada, aletsel dönem deprem verileri kullanılarakyapılan PDTA, PGA vePODhesaplamalarıyla,M-logN değerlerinin birbiriyle ters orantılı olarak doğrusal bir ilişki gösterdiği belirlenmiştir. Başka bir deyişle deprem büyüklüğü arttıkça, daha büyük bir depremin olma olasılığının daha uzun bir tekrarlama yılı ile gerçekleşebildiği hesaplanmıştır.10, 50, 75 ve 100 yıl içinde $M \leq 5.5$ olan depremlerin tekrar olma sıklıklarının daha yüksek olduğu, $M \geq 6$ olan depremlerin ise tekrar olma sıklıklarının azaldığı belirlenmiştir. POD hesaplamalarında büyüklüğü 6, 6.5, 7 ve 7.5 olan her deprem için 10, 50, 75 ve 100 yıl içinde olacak bir depremin olma olasılığı ve ortalama tekrarlanma sayısı,dört adet a_{max} değeri içinelde edilmiş ve ortalama a_{max}=0.31g olarak hesaplanmıştır. ESC standartlarına görea_{max} değeri0.31g ≥0.24g olduğu için risk düzeyi yüksek tehlike olarak belirlenmiştir.

2.Jeofizik çalışmadakisismik verilerle öncelikle dispersiyon eğrileri ve 1B sismik hız-derinlik grafikleri ile V_{S30}, Vs ve Vp değerleri, daha sonra 1B grafikler birleştirilerek 2B hız-derinlik kesitleri ile tabakaların V_S ve V_P değerleri ve eğim durumubelirlenmiştir. Son olarak ise2B sismik kesitler üç farklı derinlik (0-5, 5-10 ve >10 m) için Vs ve Vp seviye haritalarına dönüştürülerek inceleme alanı 3B olarak daincelenmiştir. V_{S30} kayma dalgası hızlarının yaklaşık 207 m/sn ile 342 m/sn arasında değiştiği belirlenmiştir.Çalışma sahasının kuzeyine gittikçe hesaplanan G_{max}, E_d, K,σ, A_k, V_{S30}, V_P ve $V_S$değerlerineve seviye haritalarına göre oldukça gevşek ve gözenekli olarak sınıflandırılan alüvyon birimlerden,daha sıkı zemin özelliğindeki Mesudiye formasyonuna geçişin başlaması ile sismik hızlarınyükseldiği belirlenmiştir.Düşeyde ise derine doğru ilerledikçe, **G_{max}**değerlerine göre yaklaşık ilk 5 m'de**gevşek zemin (ortalama 455kg/sn^2)**,yaklaşık 5-10 m arasında**gevşek-orta gevşek zemin(ortalama 893 kg/sn^2)ve**yaklaşık 10 m'den sonra ise zemin tamamen o**rta gevşek zemin (ortalama 1478 kg/sn^2)**olarak belirlenmiştir.**E_d**değerlerine göre yaklaşık ilk 5 m'de g**evşek zemin (ortalama 1404 kg/sn^2)**, yaklaşık 5-10 m arasında **orta gevşek zemin (ortalama 3662 kg/sn^2)ve** yaklaşık 10 m'den sonra ise zemin tamamen o**rta gevşek zemin (ortalama 4437 kg/sn^2)** olarak belirlenmiştir. **K**değerlerine göre ise ortalama ilk 10 m'debirimlerde sıkışmanın**az (ortalama 4160 kg/sn^2)**, 10 m'den sonra birimlerde sıkışmanın **orta(ortalama 30394 kg/sn^2)** vekuzeye gittikçe Mesudiye formasyonuna bağlı olarak birimlerde sıkışmanın **yüksek (ortalama 43944 kg/sn^2)**olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla Mesudiye formasyonunu oluşturan birimlerin alüvyon birimlerden daha sıkı olduğu, hesaplanan **σ değerlerinin**bu sonucu desteklediği, çalışma alanının genel olarak yüksek gözenekli (0.42) ve suya doygun olduğu ve çoğunlukla güneye doğru bu özelliklerinin arttığı gözlenmiştir. Yoğunluk (**d**) değerlerinin ise yaklaşık ilk 10 m için orta(ortalama 1.85 gr/cm^3)ve 10 m'den sonra ise yüksek (ortalama 1.92 gr/cm^3) yoğunluklu olduğu belirlenmiştir. Tüm bu bulguların alandaki iki jeolojik birimle uyumlu olduğu, jeolojik birim sınırlarının yatay-düşey yönde ayırt edilebildiğive bu uyumluluğun V_{S30} değerlerine karşılık gelen yer ivmesi değerleri hesaplandıktan sonra alanda egemen iki jeolojik birim için hesaplanan ortalama yer ivmeleri ve zemin sınıfları ile de uyumlu olduğu gözlenmiştir.Alüvyonlu alanlarda sıvılaşma riskinin yüksek belirlenmesinin nedeni,V_S hızlarının ve diğer hesaplanan parametrelerin değerlerinin de düşük olmasıyla ilişkili olduğu gözlenmiştir.

3.Jeofizik çalışmadaki elektriksel görünür özdirenç verilerinden ise 1B derinlik-özdirenç grafikleri ve daha sonra 2B derinlik-özdirenç kesiti ve 3B derinlik-özdirenç seviye haritaları hazırlanarak zeminin jeofiziksel elektrik özdirenç özellikleri, jeolojik

tabakalanma, zemin-yapı ilişkileri 1B-2B-3Bolarak ortaya konulmuştur. Sismik çalışmada kaydedilen sinyal ve hesaplanan fiziksel büyüklüklerin farklı olmasından dolayı araştırma derinliğiyaklaşık 20 ile 40 m'lerde olan iki sismik hız tabakası hesaplanırken, elektrik çalışmada ise aynı nedenlerle ters çözümde belirlenen yaklaşık 50m'lik araştırma derinliği içinde 2 ya da 3 adet özdirenç tabakası hesaplanmış olup, alüvyon birimler içinde derecelenme durumunun yer yer farklılık gösterdiği de belirlenmiştir.1B özdirenç-derinlik grafiklerine ve az sayıdaki 2B özdirenç-derinlik kesitlerine göre güneyde alüvyon birimlerde düşük özdirençlialanların 8-30 Ohm.m arasında değiştiği ve yeraltısuyu seviyesininyaklaşık 5-6 m'lerden başlayarakderinliklerinin 5-25 m arasında değiştiği belirlenmiştir. Kuzeyde Mesudiye formasyonu içinde ise düzenli bir artış göstererekyaklaşık 90 m derinliğe kadar düştüğü gözlenmiştir. Dolayısıyla kuzeye doğruilerledikçe,daha yüksek özdirençli(yaklaşık 3300 Ohm.m) Mesudiye formasyonuna geçişin başlaması ile özdirenç değerlerinin yükseldiği ve yeraltısuyu seviyesinin de derinleştiği gözlenmiştir.

4.İnceleme alanında düşey yönde derine doğru değişen özdirenç değerleri incelendiğinde tabakaların korozyon dereceleri ise orta korozif-korozifsınıfında değerlendirilmiş ve yapılacak yapılarda uzun süreli ve sağlıklı olması için kullanılacak malzemelerin korozyona dayanıklı seçilmesine dikkat edilmesi gerektiği düşünülmüştür.

5.Mesudiye formasyonunda sismik S dalgası hızlarının ortalama <347 m/sn ve >73 Ohm.m'den daha yüksek, alüvyon birimlerde ortalama <229 m/snve <30 Ohm.m'den daha az olduğu ve bu sonuçların birbiriyle ve depremsellik verilerinden hesaplanan sonuçlarla da uyumlu olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan 0-5 m, 5-10 m ve 10 m derinliklerinin sismik V_S-V_P seviye haritalarından zeminler 3B olarak yorumlandığında ise ister yatay yönde ister düşey yönde olsun sağlam bölgeye doğru gittikçe sismik hızların(yaklaşıkV_S>270 ve V_P>1300 m/sn) ve elektrik özdirenç değerlerinin (yaklaşık>52 Ohm.m) arttığıve bu durumuntüm sismik hız ve elektrik özdirenç sonuçlarıyla uyumlu olduğu gözlenmiştir. Özellikle Mesudiye formasyonuna geçişin başlamasıyla birlikte gözlenen bu artışların, düşeyde yaklaşık 5-10 m arasında azalırken, yaklaşık 10 m'den derine doğru tekrar artmaya başladığı gözlenmiştir. Yatayda ise kuzeye doğru Mesudiye formasyonu sınırına geçişin başlamasıyla bu değerler yine artar. Formasyon sınırı ise kuzeyde batı-doğu yönünde yaklaşık yüzeyde yaklaşık 1050 m iken, 2. ve 3. seviye haritaları incelenirse, derine doğru aynı şartlarda bu sınırın daha güneye doğru kaydığı ve artarak 3. Seviye haritasında yaklaşık 2679 m'ye ulaştığı belirlenmiştir (Şekil 3.41, 3.42). Dolayısıyla, sismik hız ve elektrik özdirenç sonuçları birbiriyle uyumludur.

Benzer olarak düşük dirençli alanlarda ise tersine bu değerlerin düştüğü belirlenmiştir. Dolayısıyladepremsellik, sismik ve elektrik uygulamalarının sonuçlarının uyumlu olması, risk alanlarının belirlenmesinde etkili olmuştur ve riskli alanlar kesin sınırlarla belirlenebilmiştir. Bu sınırlara göre yapılaşma yerlerinin yer seçiminin yapılması gerektiği düşünülmüş olup, bu değerlere dikkat edilmesi önerilir.

6.Kuzeye gittikçe V_{S30} değerlerinin 217.6-319.1 m/sn arasında değişerek arttığı ve büyütme oranlarının 2.69'dan 2.14'e kadar değişerek düştüğü belirlenmiştir. Bu nedenle Mesudiye formasyonunu içeren kuzey kesimlerinin büyütme sınıflaması A (düşük) ve yer büyütmesi ortalama değeri 2.21 ve alüvyonlu bölgelerin ise B (orta) olup, yer büyütmesi ortalama değeri 2.51 olarak sınıflandırılmıştır. Özellikle alüvyonlu alanlarının zemin büyütme değerlerinin B-orta olması, alan için hesaplanan sıvılaşma riskinin de yüksek olması nedeniyle dikkat edilmesi gereken bir tehlike öngörüsü olarak kabul edilmiş olup, büyütme değerinin B olması beklenen sıvılaşma riskini ve etkilerini daha da arttıracağını düşündürmüştür. Bu sonuçlar, yeraltısuyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu ve ince çakıllı kumlardan oluştuğu bilinenalüvyonlar, inceleme alanındaki alüvyonlu alanlarda sıvılaşma riskinin oldukça yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Sonuç olarak bu çalışma, özellikle alüvyon birimler üzerinde olabilecek risk vetehlikeleriortaya koymuştur. Çalışma alanı ve dolayında(çalışma alanı zemininde, mevcut yapılarda, yapılacak inşaatlarda) olası doğal veya yapay kaynaklı afet türleri ve risklerinden etkilenmenin olası olduğu belirlenmiştir. Böylece bu çalışmanın bilimsel sonuçlarının afet-risk-öngörü boyutlarında dikkate alınması gerektiği düşünülmüştür. Jeofizik sonuçlar, üst-alt yapı-zemin etkileşimini düzenlemeye bilimsel katkılar sağlarken, belirlenen riskli-alüvyon alanlar için doğru yapı malzemesi ve kat sayısı seçimi yapılmasına, sağlıklı-güvenlikli kentsel gelişimin olmasına ve olası maliyetlerin azaltılmasına etki edecektir. Diğer yandan olası bir afet, zemin-yapı ilişkisi için ön bilgi sağlayacak olan bu ve benzeri çalışmalardan sağlanan bilgiler dikkate alındığı takdirde, güvenli yapılaşma alanı sınırlarının belirlenmesine ve gelecekte olabilecek bir doğal afette,önceden belirlenen sınırlar dışında yapılaşmaya izin verilmemesi ile ekonomik açıdan gereksiz harcamaların önüne geçilmesine katkı sağlayacaktır.Son olarak bu tez çalışması, Yenişehir ilçe merkezinin zemin özelliklerinin sığ arama amaçlı ayrıntılı jeofizik verilerleincelenmesinin avantajları ile diğer yer bilimsel ve yerüstü çalışmalara ya da daha sonrakibenzer veya farklı jeofizik yöntemler kullanılarak yapılacak jeofizik veya diğer yer bilimsel çalışmalara,araştırmacılar için faydalı bir kaynak olacağınıda düşündürmüştür.

5. KAYNAKLAR

Acarel, D.,2003. Mühendislik sismolojisinde yüzey dalgası yöntemleri. *İstanbul Teknik Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s.*

AFAD, 2020.Türkiye Deprem Tehlike Haritaları. İnteraktif web uygulaması tdth.afad.gov.tr/TDTH/main.xhtml.

Aki, K., Richards, **P.G., 2002.**QuantitativeSeismology.*University ScienceBooks, Sousalito, California, 685.*

Ansal, A., Laue, J., Buchheister, J., Erdik, M., Springman, S., Studer, J., Koksal, D., 2004b. Site characterizationand site amplificationfor a seismicmicrozonationstudy in Turkey. 11th Int. Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering and 3rd Earthquake Geotechnical Engineering, San Francisco.

Ardalı, A., 2005. İstanbul-Tuzla bölgesinin yerelektrik süreksizliklerinin elektrik ve elektromanyetik yöntemlerle araştırılması.*İstanbul Teknik Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 47s.*

ASTM D6429-99, 1999. Standard guide forselecting surface geophysical methods. *ASTM International, West Conshohocken, PA.*

Barka, A.A., 1992. The North AnatolianFaultZone. *AnnalesTectonicae, 6, 164-195.*

Başokur, A.T., 1984. Düşey elektrik sondajı. *Türkiye Petrolleri A.Ş. (TPAO) Arama Grubu Başkanlığı İç Eğitim Programı'nın Arama Grubu Personeli Eğitim kitabı, Ankara, 261s*.

Başokur, A.T., 2003. Doğrusal ve Doğrusal olmayan Problemlerin Ters Çözümü. *TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası yayın no: 4, 166s.*

Başokur, A. T., 2007. Türev tabanlı parametre kestirim yöntemleri. *Harita Dergisi, 138, 1-21.*

Başokur, A.T.,2010. Düşey elektrik sondajı verilerinin yorumu. *TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları No: 15, Ankara.*

Bath, M., 1973. IntroductiontoSeismology.Verlag 1973, 395pp.

Bergstorm, J., 1999. Non-Destructivetesting of groundstrentghtusingthe SASW method. TheSymposium on the Application of GeophysicstoEngineeringandEnviromentalProblems (SAGEEP), Conference roceedings, Mrach 14-18, Oakland, CA, 57-65.

Bowles, J., 1988. Foundation Analysis and Design. McGrow-Hill, Inc., Singapore.

Candansayar, M.E., Başokur, A.T., 2001. Detectingsmall-scaletargetsbythe 2D inversion of twosidedthree-electrode data: Application to an archeologicalsurvey.*Geophysical Prospecting, 49, 1, 40-53.*

Candansayar, M.E., 2007. Dogru Akim Özdirenç Yöntemi Ders Notları. AÜ Müh. Fak. Jeofizik Müh. Böl., Ankara.

Cardimona, S., 2002. SubsurfaceInvestigation Using Groundpenetrating radar Presented at the 2nd International Conference on the Application of Geophysicsand NDT Methodologies Transportation Facilitiesand Infrastructure, Los Angels, California.

Cardimona, S., Roark M., Webb, D.J., Lippincott, T., 1998. Groundpenetrating radar. *Highway Applications of EngineeringGeophysicswith an Emphasis on PreviouslyMinedGround, 41-56.*

Cassidy, N.J., 2009. Electricalandmagneticproperties of rocks, soils, andfluids, In: GroundPenetrating Radar: Theoryand Applications.Jol, *H.M. Elsevier, ISBN: 978-0-444-53348-7, Amsterdam, Netherlands, 141-172.*

Conyers, L.B., Goodman, D., 1997. GroundPenetrating Radar: An IntroductionforArchaeologists.AltaMiraPress, WalnutCreek, California, 232.

Dahlin, T.,1996. 2D resistivity surveying forenvironmentaland engineering applications. *First Break, 14, 275-284.*

Dahlin T., 2001. Thedevelopment of electrical imagingtechniques. *Computers and Geosciences 27 (9), 1019-1029.*

Dahlin T., Bernstone, C., Loke MH., 2002. A 3-D resistivityinvestigation of a contaminated site at Lernacken, Sweden, Geophysics 67 (6), 1692-1700

Dahlin T., Zhou B., 2004. A numericalcomparison of 2D resistivityimagingwith ten electrodearrays. Geophysical Prospecting,52, 379–398.

Darıcı, N.,2015. Jipslerde Gelişen Yapısal Özelliklerin Yer Radarı (GPR) ve Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi (MASW) Yöntemleri ile İncelenmesi. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.*

Dikmen, Ü., 2006. Jeoteknikaraştırmalarda yüzey dalgası yöntemleri.*TMMOBJeofizik Mühendisleri Odası yayını, Kurs Notları, Ankara.*

Dikmen, Ü., **Başokur, A.T., Akkaya, İ., Arısoy, M.Ö., 2009.** Yüzey dalgalarının çok-kanallı analizi yönteminde uygun atış mesafesinin seçimi. *Hacettepe Üniversitesi,Yerbilimleri Dergisi, 31(1), 23- 32.*

Doyuran, V., Kocyigit, A., Yazıcıgil, H., Karahanoglu, N., Toprak, V., Topal, T., Suzen, M.L., Yesilnacar, E., Yılmaz, K.K., 2000. Yenişehir Belediyesi Yerleşim Alanı Jeolojik/JeoteknikİncelemesiMETU Project: 99-03-09-01-02., 227s.

Fernando, A.M., Afonso A.R., 2005. Detectionand 2D modelling of cavitiesusing poledipole array.*EnvironGeol.,DOI 10.1007/s00254-005-1272-8, 48,108-116.*

Foti, S., Parolai, S., Albarello, D., Picozzi, M., 2011. Application of surface-wave methods forseismic site characterization. *SurveyGeophysics, 32, 777-825.*

Goes, S., Govers, R., Vacher, P., **2000.** Shallowmantletemperaturesunder Europe from P and S wavetomography. Journal of GeophysicalResearch: Solid Earth, 105(B5), 11153-11169.

GoogleEarthPro, 2020. Google şirketinin **Google Earth Pro adlı** 7.3.3.7699 (64-bit) sürümü olan programı.

Gucunski, N., Woods, R.D.,**1991**. Inversion of rayleighwavedispersioncurvefor SASW test. Proceedings of the 5 th Conference on Soil Dynamics andEarthquakeEngineering, Karlsuhe, 127-138.

Gürer, O.F., Kaymakçı, N., Çakır, Ş., Özburan, M., 2003. Neotectonics of thesoutheast Marmara region, *NW Anatolia, Turkey, Journal of Asian Earth Sciences, 21, 1041–1051.*

Hamdan, H., Kritikakis, G., Andronikidis, N., Economou, N., Manoutsoglou, E., Vafidis, A., 2010. Integrated geophysical methods forimagingsaline karst 54 aquifers: *A casestudy of Stylos, Chania, Greece. Journal of the Balkan GeophysicalSociety, 13, 1-8*.

Hasancebi,N.,Ulusay,R.,2007. Empiricalcorrelationsbetweenshearwavevelocityandpenetrationresistanceforgroundshakingassessments.*BulletinofEngineeringGeologyandthe Environment, 66(2), 203-213.*

Homan,P.E.M.,Sirles,P.,Ritter,R.,**2010.**GeophysicalMethodstoMapSubsurfaceEvaporiteFeaturestoAidRoadwayGeometric Design. *61st Highway Geology Symposium, Lake wood, Colorado, USA, 15.*

Kanbur, Z., Kanbur, S., 2009. Isparta Şehir Merkezi Kuzeyinin Sismik Kırılma-Mikrotitreşim (ReMi) Tekniği ile S-Dalgası Hız Dağılım. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(2), 156-172.*

Karslı, H.,2018. Jeofizik-jeoteknik işbirliği sürecinde çok kanallı yüzey dalgası analiz (ÇKYDA) yöntemi.*TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Jeofizik Bülteni, Jeoteknik özel sayısı, 14-46.*

Keçeli,A.D., **1990.**Zemin Emniyet Gerilmesinin Sismik Metodlarile Tayini. *Jeofizik Dergisi, Ankara, 4, 83-92.*

KRDAE, 2020. Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü. Boğaziçi ÜniversitesiBölgesel Deprem-Tsunami izleme ve değerlendirme merkezi, http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/.

MTA-H23, 2014. Türkiye Jeoloji Haritaları No:204 Bursa-H23 paftası.Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

McKenzie, D.,1972. Active tectonics of theMediterraneanregiongeophysics. Journal of RoyalAstronomicalSociety, 30, 109-185.

Midorikawa, S.,1987. Prediction of IsoseismalMap in Kanto PlainduetoHypotheticalEarthquake.*Journal of Structural Dynamics, 33B, 43-48.*

Nazarian, S., Stoke, K.H., 1985. II. In-SituDetermination of ElasticModuli of PavementsSystemsbySpectral Analysis of SurfaceWavesMethod (PracticalAspects).Research Report Number 368-1F, US Department of Transportation, Federal Highway Administration: Washington, DC, USA.

Okada,H., 2003. TheMicrotremorSurveyMethod.GeophysicalMonographyseries no.12 SEG, Tulsa.

Özel, S., **Darıcı, N., 2020.**Environmentalhazardanalysis of a gypsum karst depressionareawithgeophysicalmethods: a casestudy in Sivas (Turkey). Environmental Earth Sciences, 79, 115. https://doi.org/10.1007/s12665-020-8861-4.

Özçep, F., **2010.**Excel tabanlı Zemin Jeofizik Analiz© programı. avesis.istanbulc.edu.tr/ferozcep/dokumanlar.

Özçep, F., **2018.** Deprem-zemin-inşaat etkileşimi araştırılmasında "zemin yapısı/arama" ile "fizik özellik/analiz" karşılaştırması: Jeofiziksel bir yaklaşım. *TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Jeofizik Bülteni, Jeoteknik özel sayısı, 4-13.*

Park, C.B., Miller, R.D., andXia, J.,1999. Multi-channelanalysis of surfacewaves (MASW). Geophysics, 64(3), 800-808.

Pehlivan, Ş., Duru, M., Kanar, F., Kandemir, Ö., 2011. Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Bandırma (H 20) Paftası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Richard, B., 1977. An overview of cavitydetectionmethods. In: Book of abstracts of thesymposium on detection of subsurfacecavities,44-79.

Sato, M., Fujımoto, S.,2009.Non-Abeliantopologicalorder in S-wavesuperfluids of ultracoldfermionicatoms.Phys. Rev. Lett. 103, 020401.

Selim, H.H., 2004. Kuzey Anadolu Fayı'nın güney koluna ait Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Uluabat ve Bursa faylarının morfolojik, sismolojik ve jeolojik özellikleri. *İTÜ, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi,226s, İstanbul.*

Selim, H.H., 2005. *Soma (Manisa) Havzası'nın doğu kesiminin stratigrafisi ve tektoniği. Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 2(1), 57-64.*

Selim, H.H., Tüysüz, O., Barka, A. A., **2006.** Güney Marmara bölümünün neotektoniği. *İTÜ Dergisi/D/Mühendislik, 5(1), 151-160.*

Shearer, P.M., **1999.**IntroductiontoSeismology. Cambridge University Pres. 260, England.

Socco, L.V., Strobbia, C.,**2004.**Surface-WavemethodforNear-SurfaceCharacterization: a Tutorial.*NearSurfaceGeophysics, 2, 165-185*.

Straub, C., Kahle, H., 1995. Active crustaldeformation in the Marmara SeaRegion, NW Anatolia, Inferredfrom GPS measurements. *GeophysicalResearchLetters, 22 (18), 2533-2536.*

Strobbia, C., 2005. Surfacewavemethods: acqusitionprocessingandınversion, Phd. Thesis, DottoratodiRicerca in GeoingegneriaAmbientale, PolitecnicoDi Torino, 277.

Taymaz T., Dağıstanlı M.A, 2001. Türkiye'nin kritik deprem noktaları. Atlas Dergisi, 98.

Telford, **W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. 1990.**AppliedGeophysics. Cambridge UniversityPress, New York.

Tokimatsu, K., Tamura, S., Kojima, H.,1992. Effects of multiplemodes on rayleighwavedispersioncharacteristics.*Journal of GeotechnicalEngineering,118, (10), 1529 -1543.*

UDİM,2020. Ulusal Deprem İzleme Merkezi. Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, (http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/)

Ulutaş, E., Özer, M.F., 2003. Attenuationrelationshipforestimation of peakgroundhorizontalacceleration in eastern Marmara region of Turkey. *In EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France.*

Uyanık, O., 2002. Kayma Dalga Hızına Bağlı Potansiyel Sıvılaşma Analiz Yöntemi. *Doktora Tezi, DEU. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 200s.*

Uyanık, Taktak, 2009. Kayma dalga hızı ve etkin titreşim periyodundan sıvılaşma çözümlemesi için yeni bir yöntem. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13-1, 74-81.*

Uyanık, O., **2019.**Estimation of theporosity of claysoilsusingseismic P- and S-wavevelocities. Journal of AppliedGeophysics, 170, 103832.

Van Nostrand, R.G., Cook, K.L.,**1966.**Interpretation of Resistivity Data. US GeologicalSurvey, 499.

Varol, B.,Ergin, M., Kazancı, N.,İlleri,Ö., Karadenizli, L.,1997. LateQuaternaryraisedshorelines ontheoutershelves ofthesouthernSea of Marmara (Turkey). *Türkiye Jeoloji Bülteni, 4141, 55-62.*

Xia, J., Xu, Y., Chen, C., Kaufman, R., Luo, Y., 2005. Simple Eguations Guide. *High-FrequencySurfaceWaveInvestigationTechniques, 26(2006), 395-403.*

Zhao, D., Hasegawa, A.,Horiuchi, S., **1992.**Tomographicimaging of *P* and *S* wave velocity structurebeneathnortheastern Japan.*Journal of GeophysicalResearch, 97 (B13),19909-19928.*

Zohdy, A.A.R., 1974a. Application of surface geophysic stoground-waterinvestigations, electricalmethods. *US GeologicalSurveyTechniques of WaterResourcesInvestigations, Book 2, Chapter D1, 116p. [available online]*

Zohdy, A.A.R., 1974b.Use of Dar Zarrouk in theinterpretation of verticalelectricalsounding data. *US GeologicalSurveyBulletin 1313-D, 41p. [available online]*

Zohdy, A.A.R., 1974c.A computer program forthecalculation of Schlumberger sounding curves by convolution. *NTIS, USGS-GD-74-010.*

6. EKLER

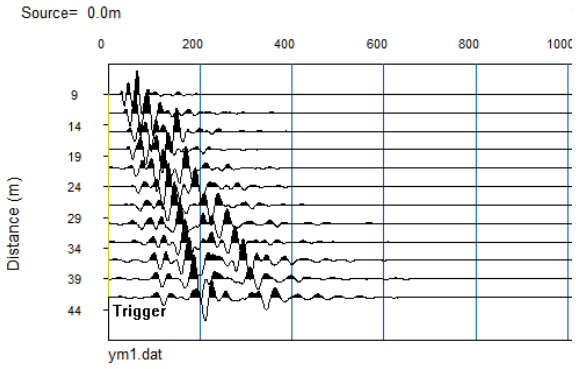
Sayfa no

EK 1. MASW verileri ve bu verilerin değerlendirilmiş sonuçları …..……..…….76

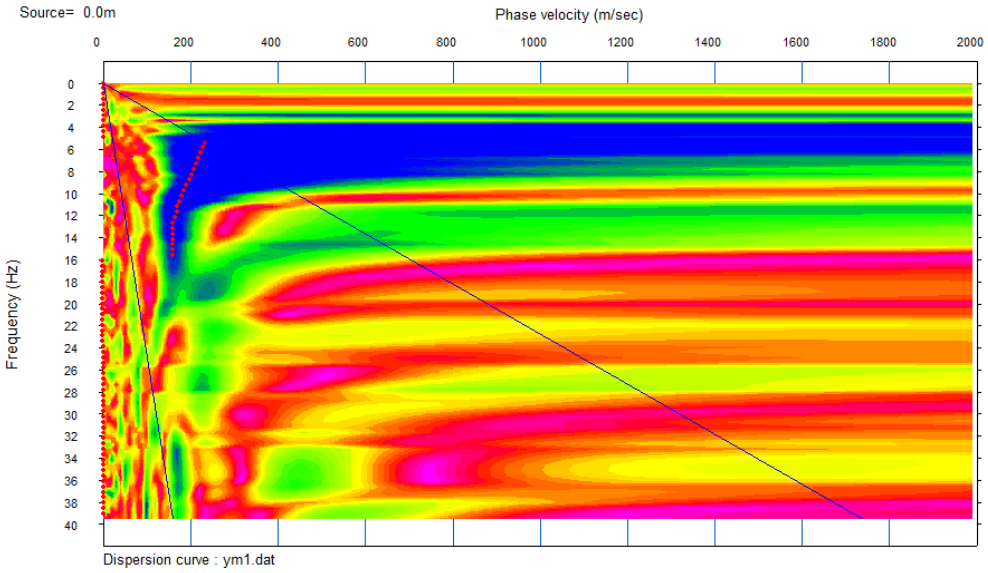
EK 2. MASW verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (V_S)-derinlik kesitleri ……..……..117

EK 3. MASW verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (V_P)-derinlik kesitleri ……..……..132

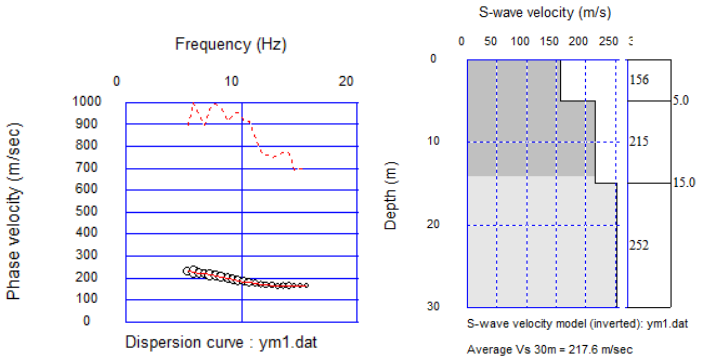
EK 1. MASW verileri ve bu verilerin değerlendirilmiş sonuçları. a) Ham veri, **b)** Dispersiyon eğrisi, **c)** Frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği olmak üzere Sayfa 77'den başlıyor Sayfa 116'ya kadar devam ediyor.



(a)

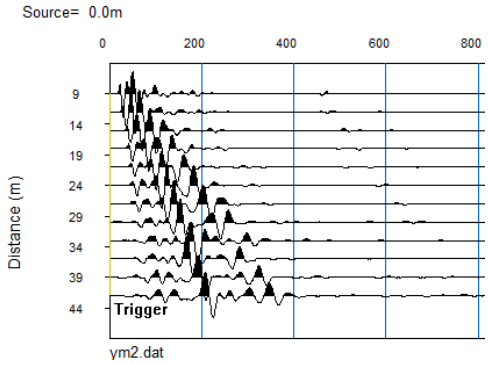


(b)

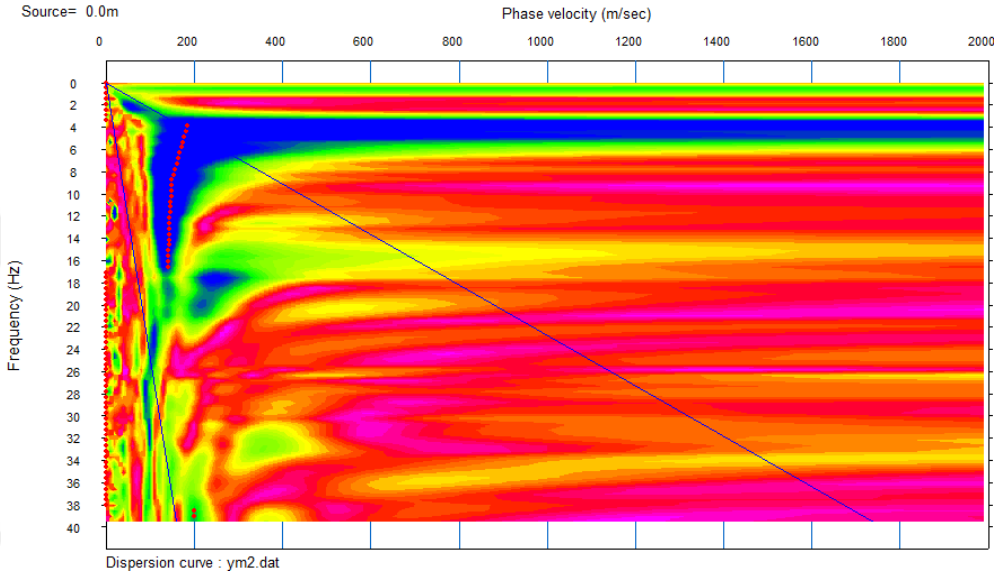


(c) (d)

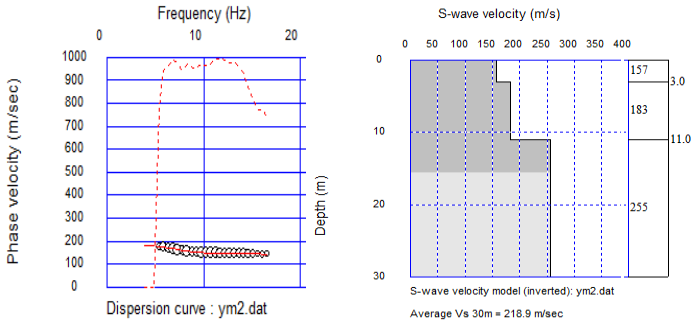
EK 2.1. MASW1 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği.



(a)

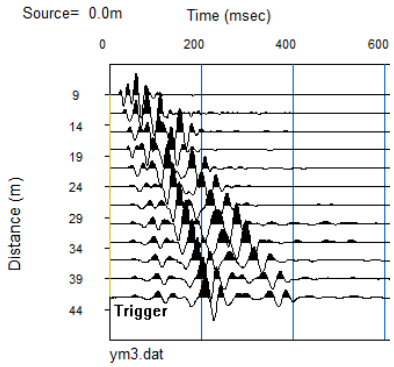


(b)

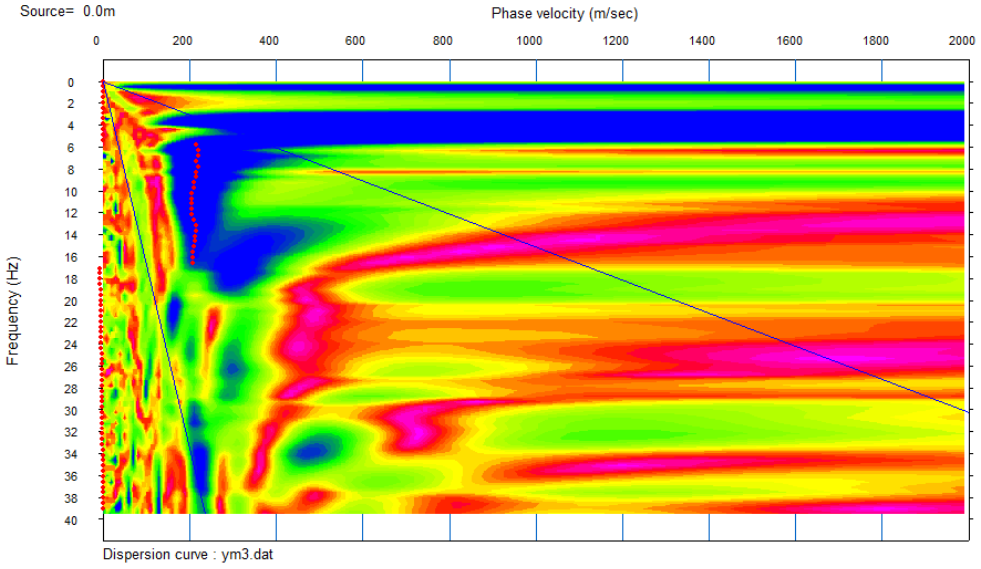


(c) (d)

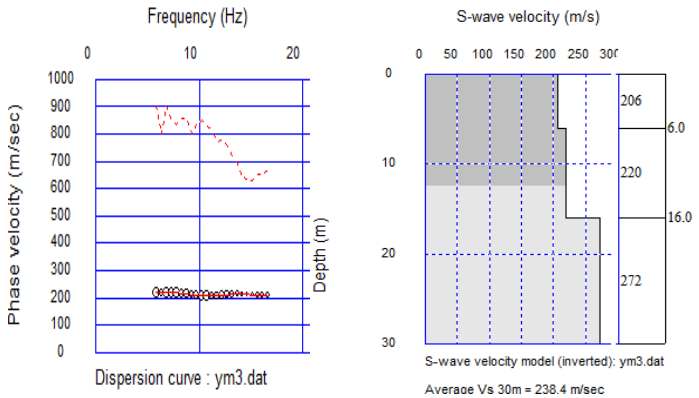
EK 2.2. MASW2 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği.



(a)

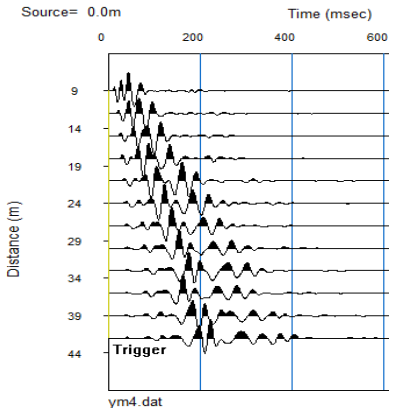


(b)

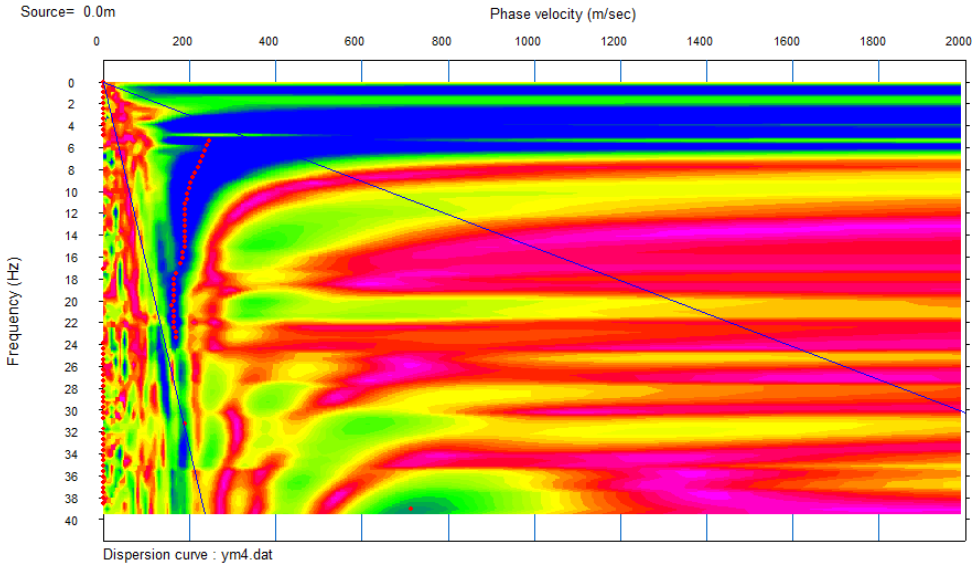


(c) (d)

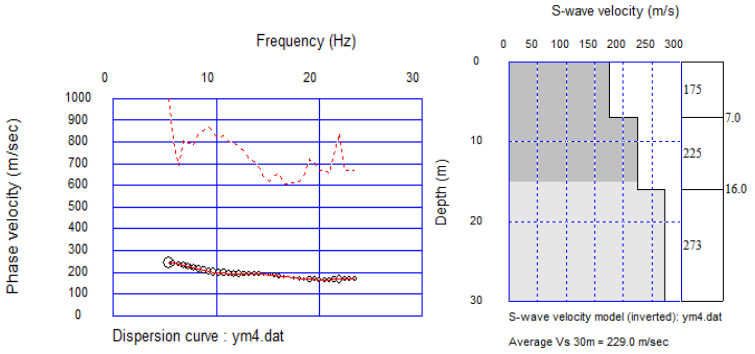
EK 2.3. MASW3 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği.



(a)

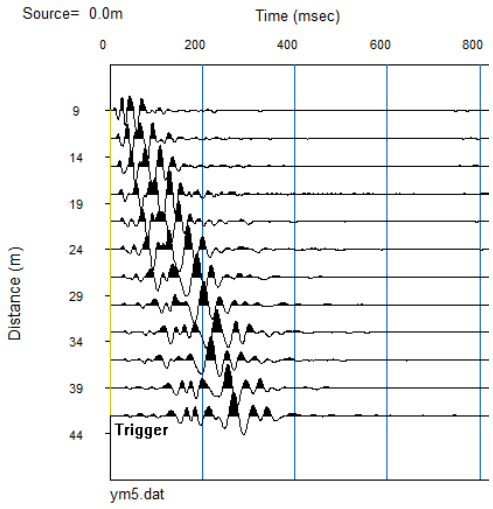


(b)

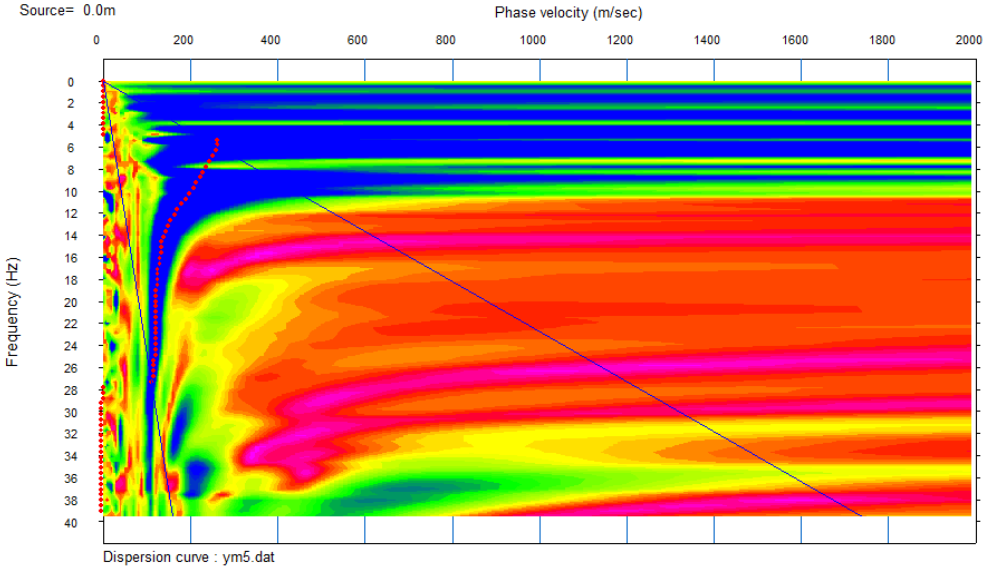


(c) (d)

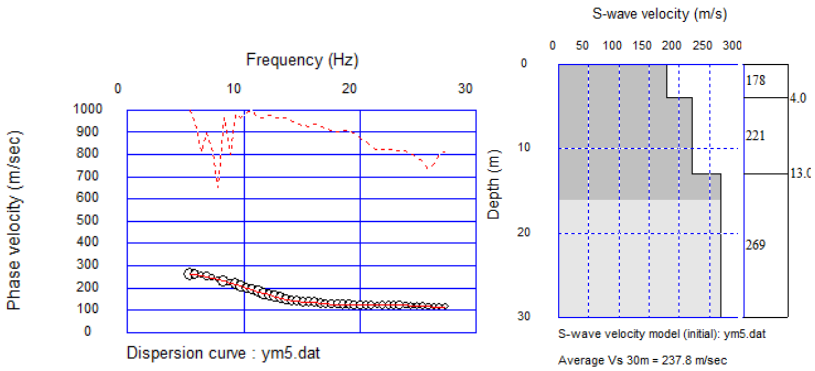
EK 2.4. MASW4 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği.



(a)

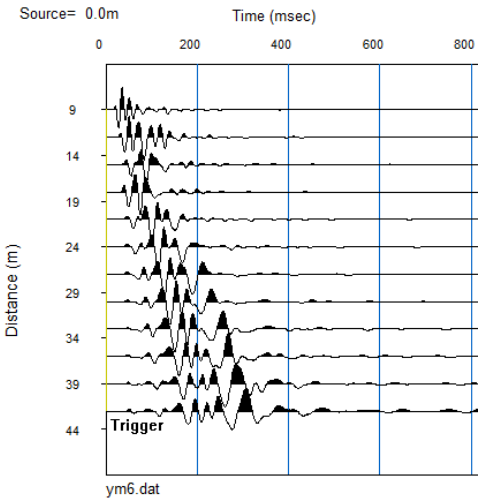


(b)

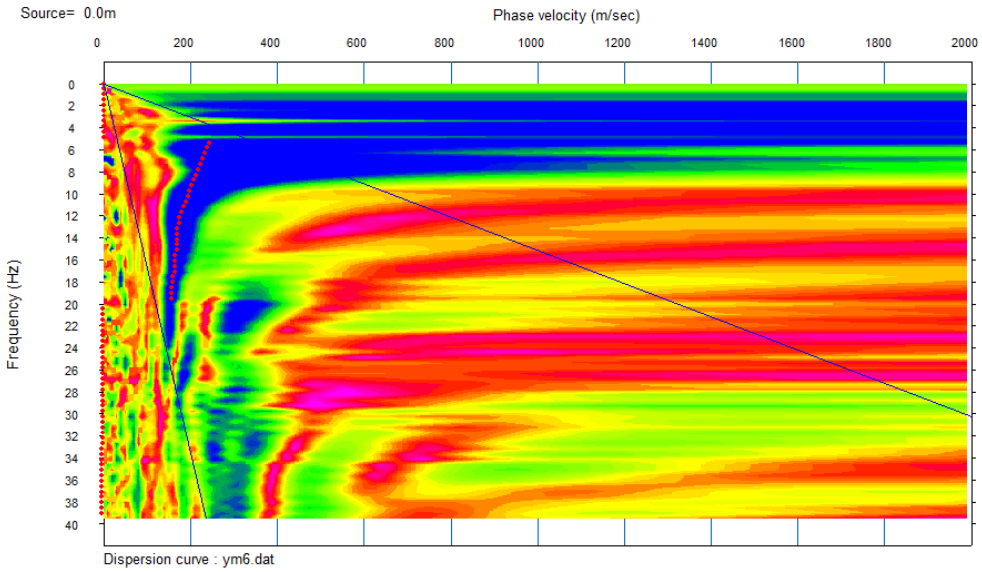


(c) (d)

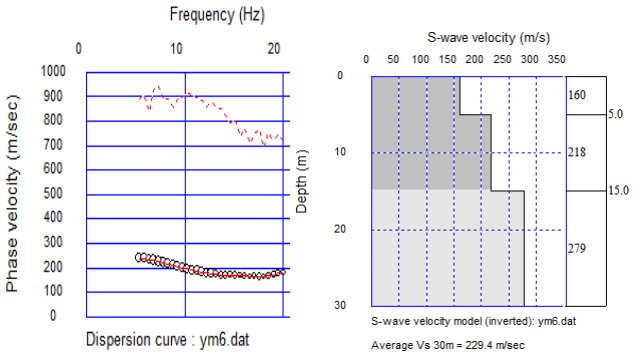
EK 2.5. MASW5 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

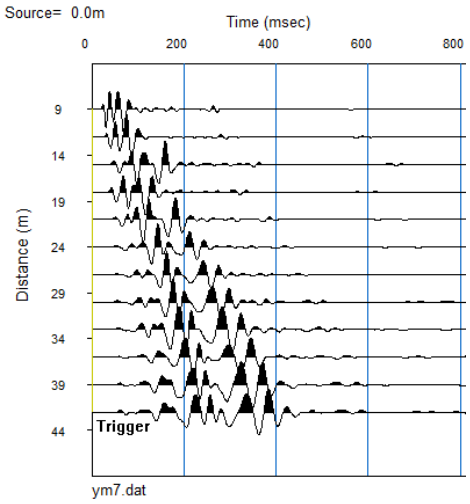


(b)

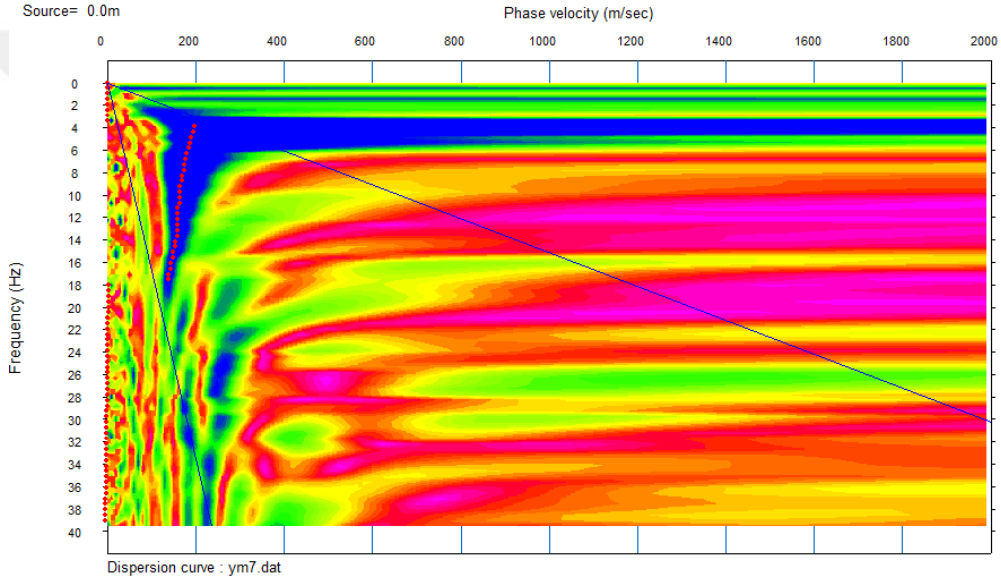


(c) (d)

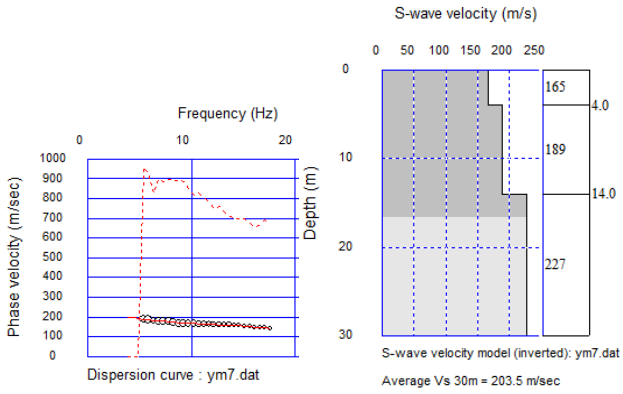
EK 2.6. MASW6 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

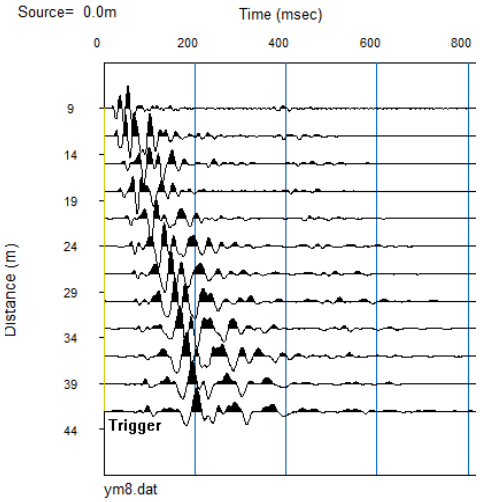


(b)

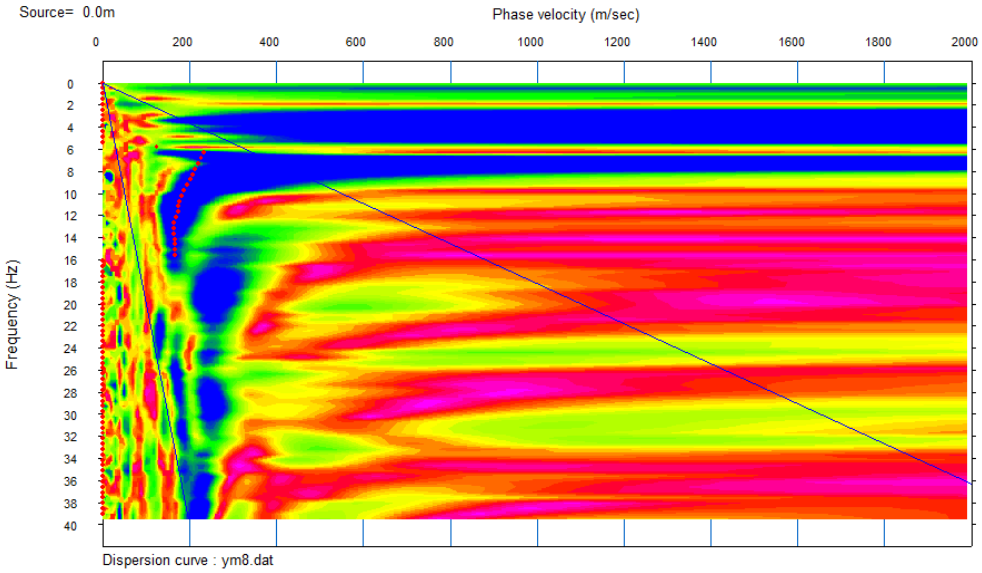


(c) (d)

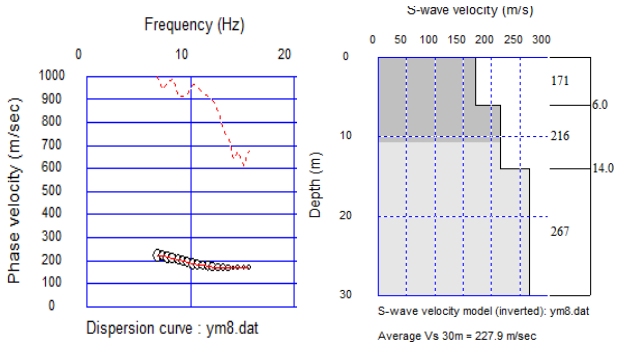
EK 2.7. MASW7 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

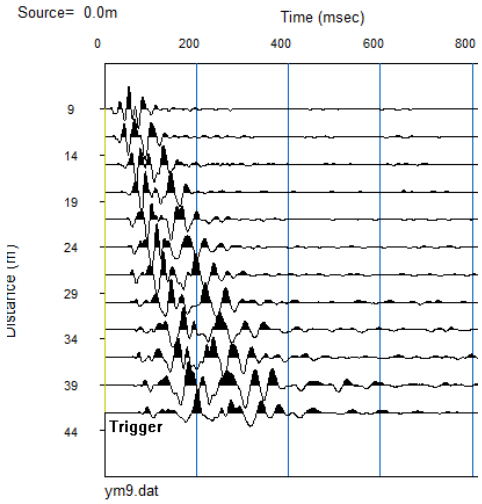


(b)

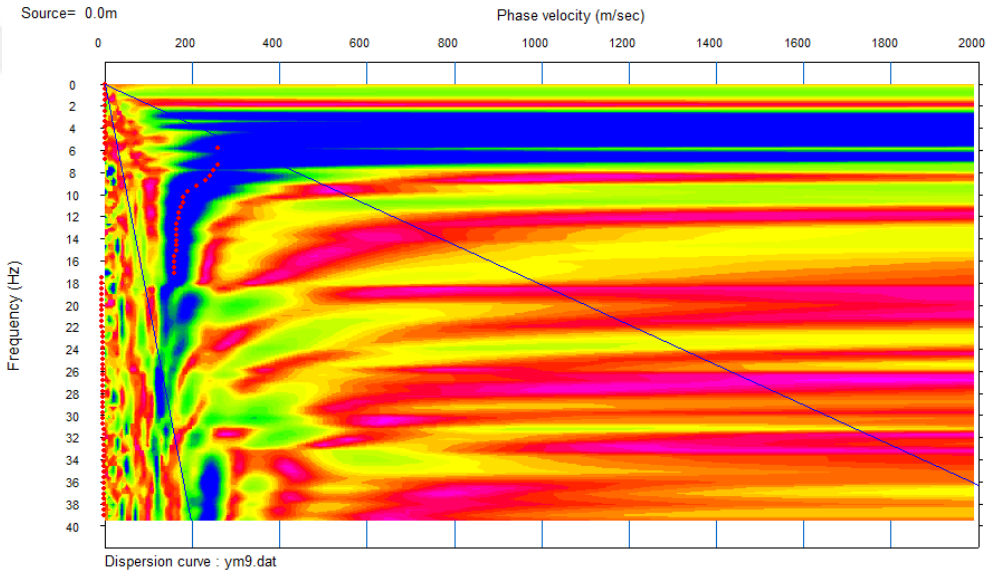


(c) (d)

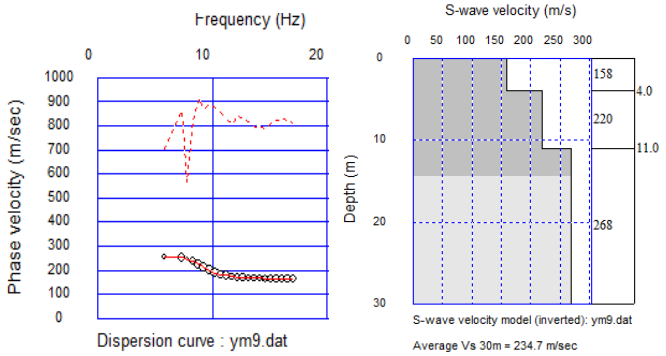
EK 2.8. MASW8 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

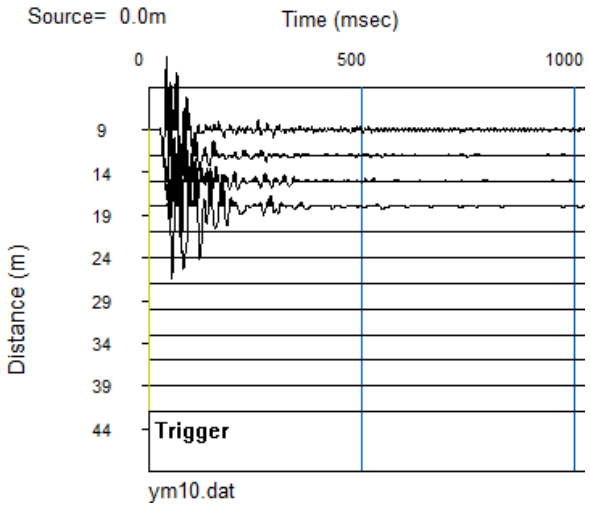


(b)

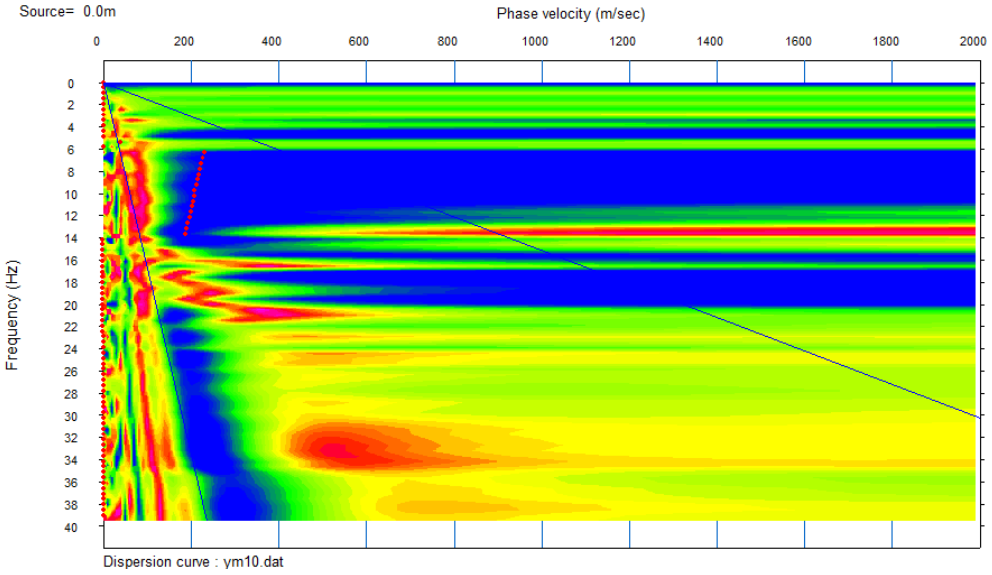


(c) (d)

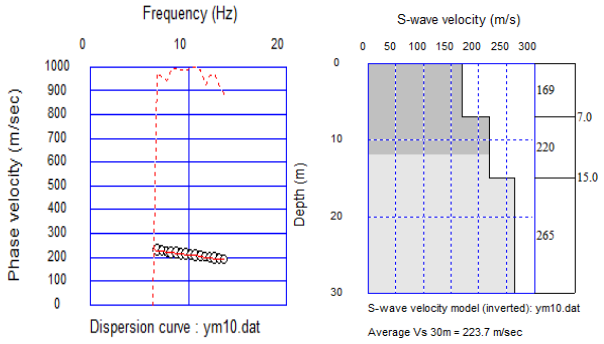
EK 2.9. MASW9 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

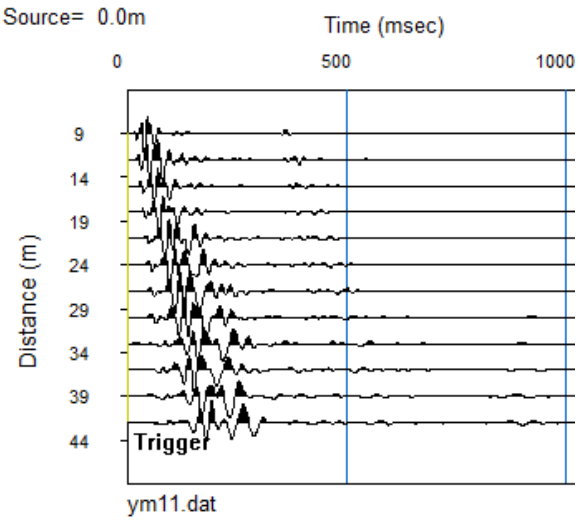


(b)

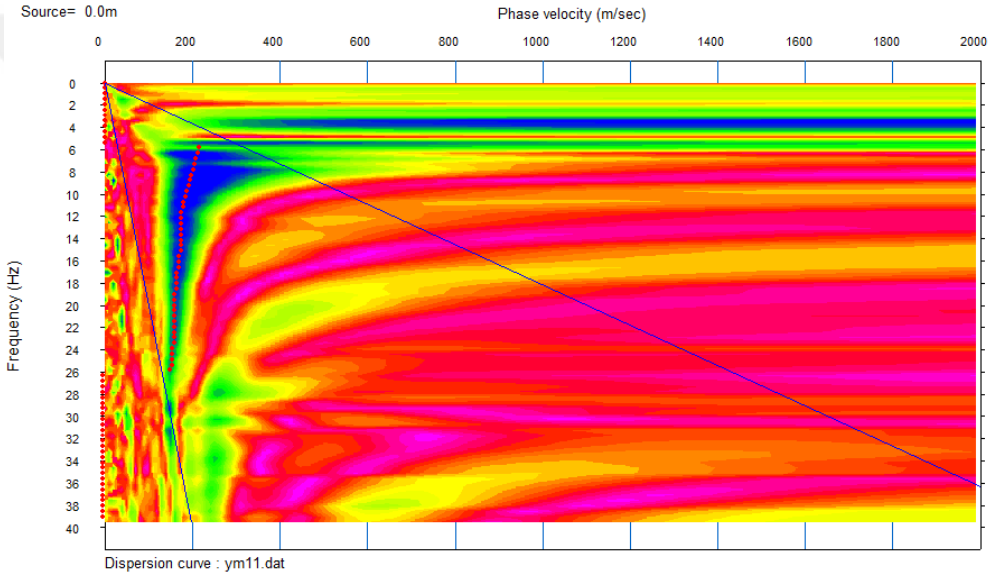


(c) (d)

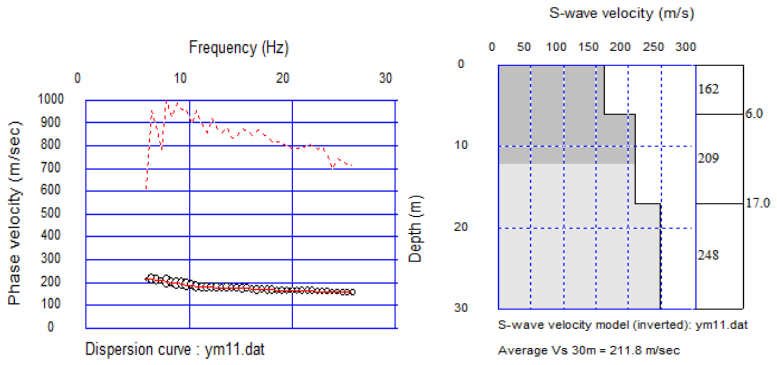
EK 2.10. MASW10 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

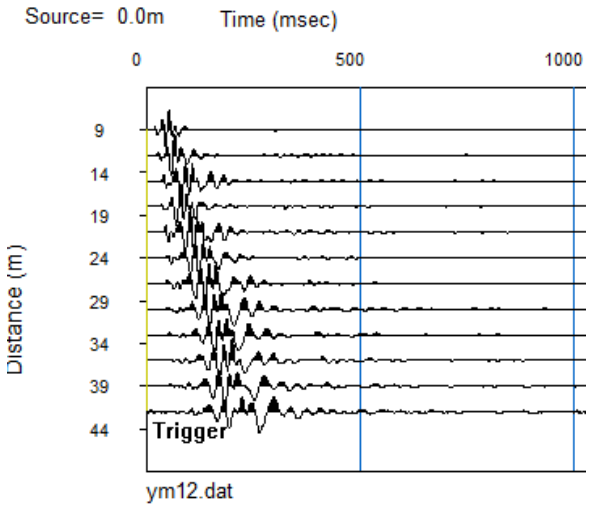


(b)

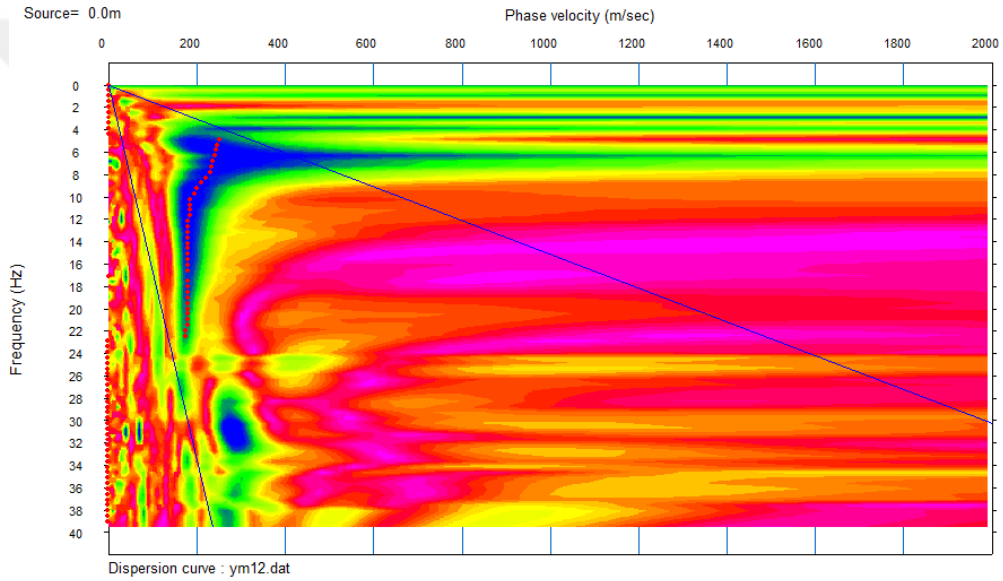


(c) (d)

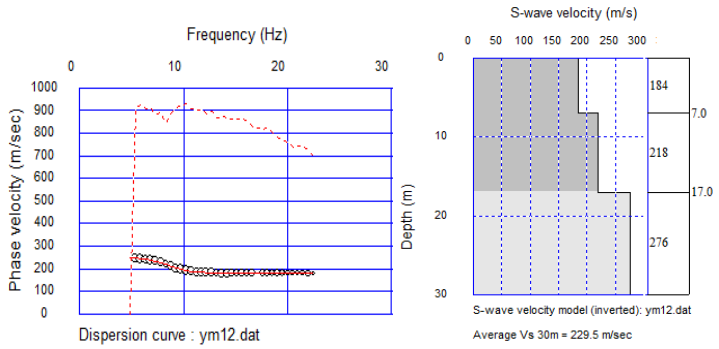
EK 2.11. MASW11 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

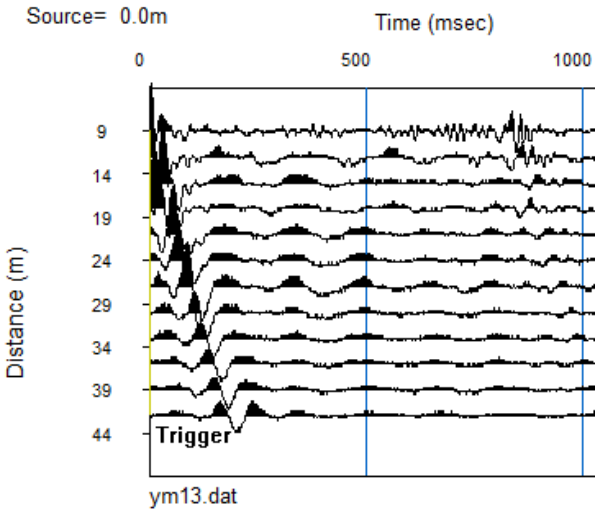


(b)

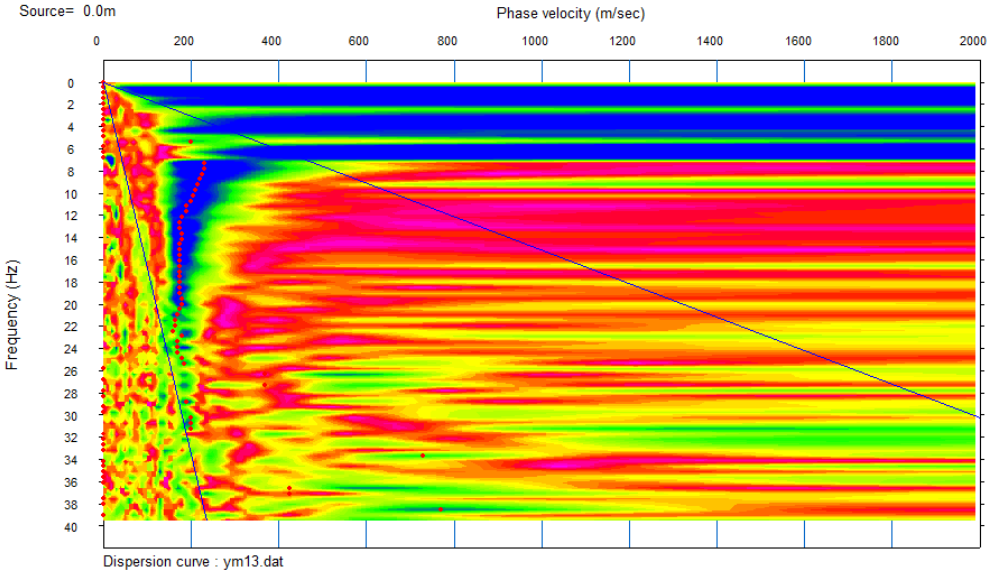


(c) (d)

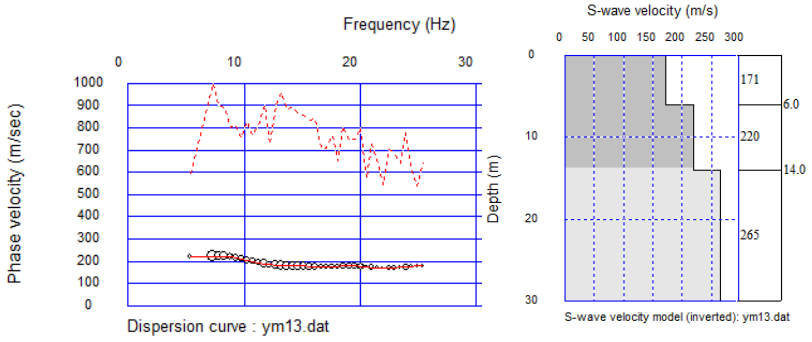
EK 2.12. MASW12 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

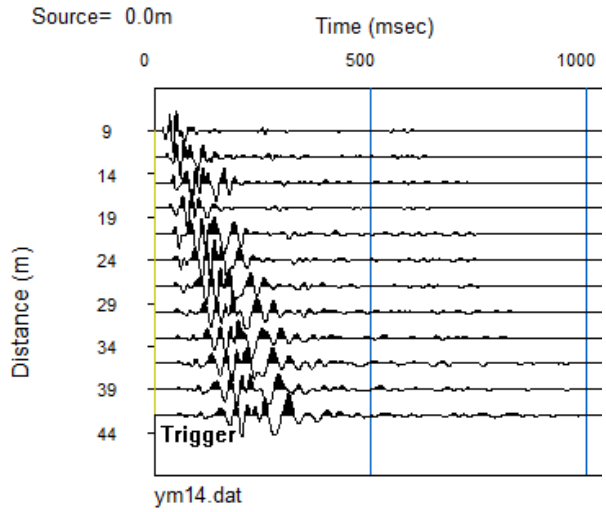


(b)

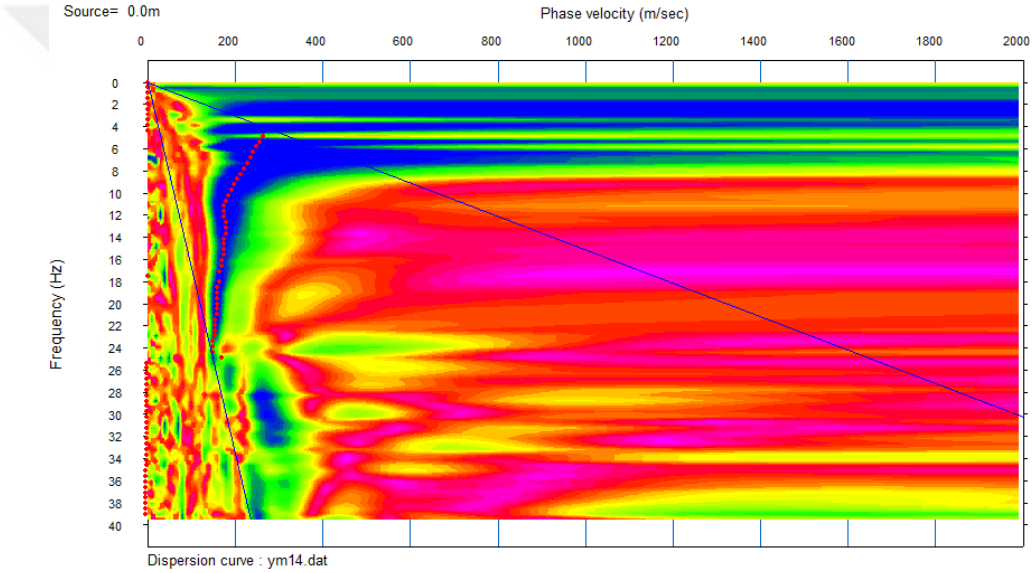


(c) (d)

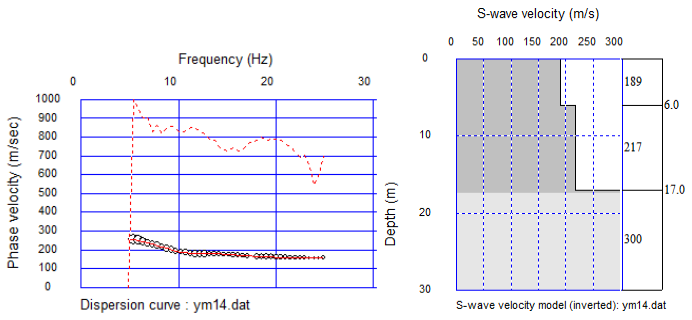
EK 2.13. MASW13 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

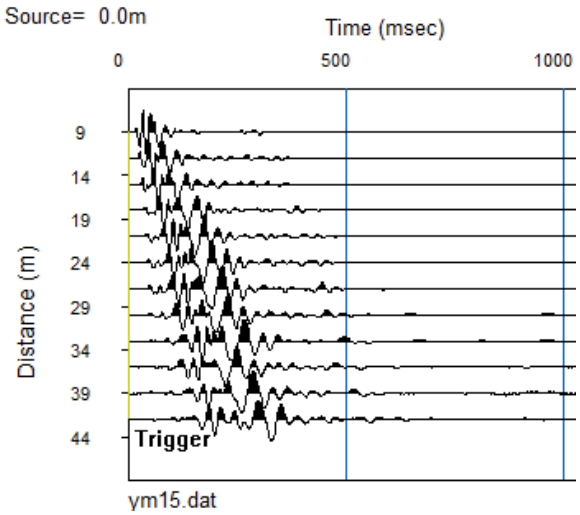


(b)

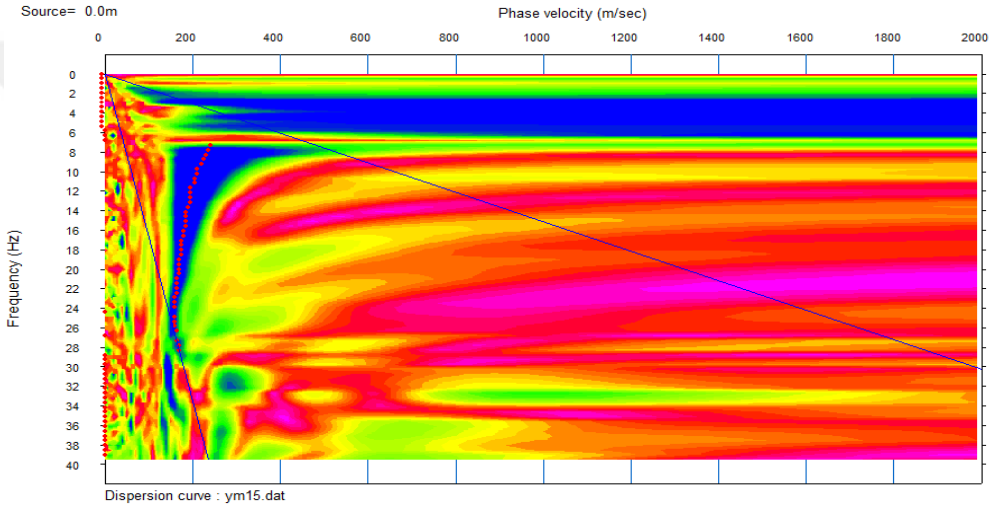


(c) (d)

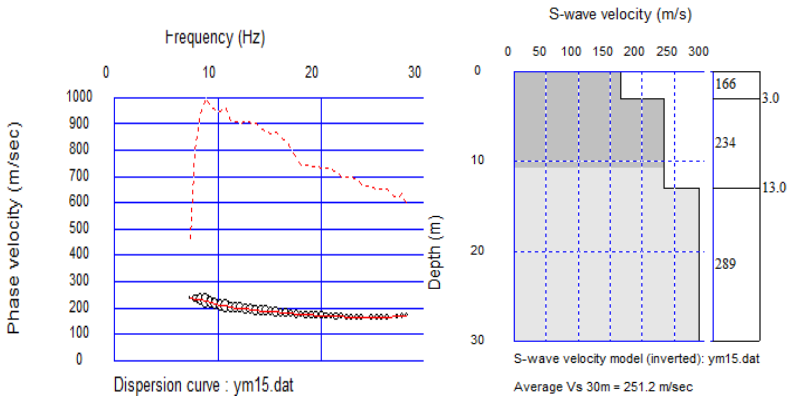
EK 2.14. MASW14 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

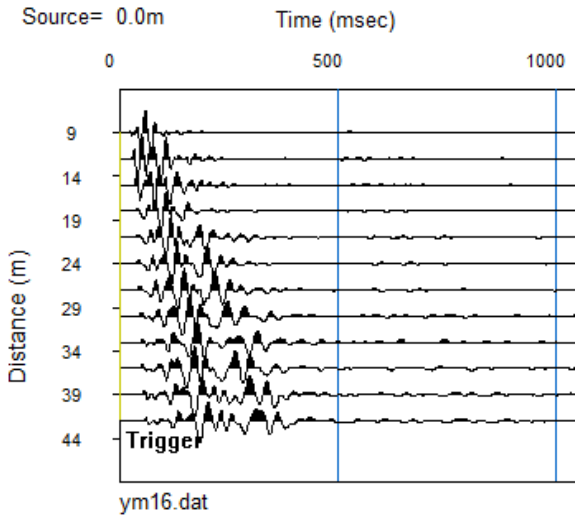


(b)

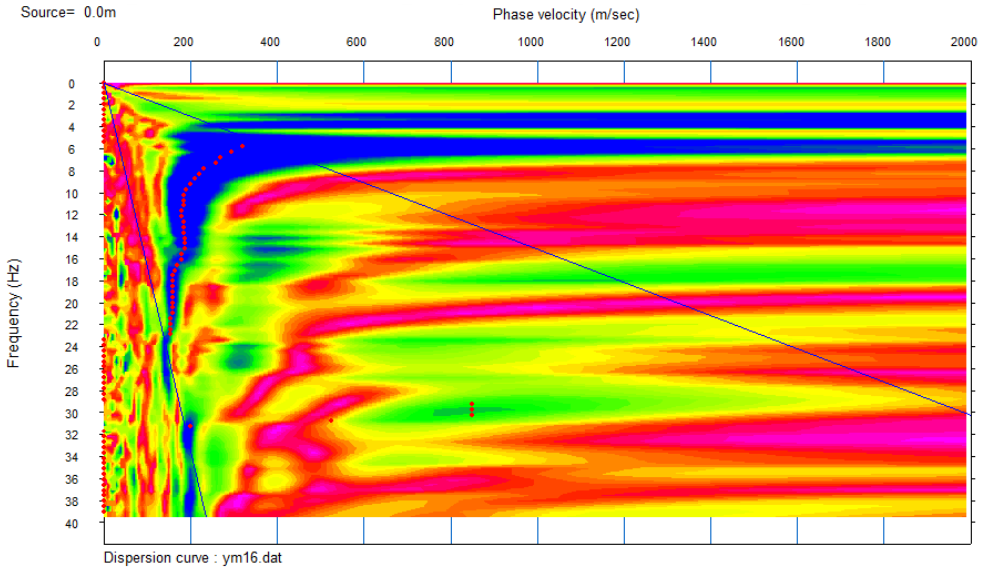


(c) (d)

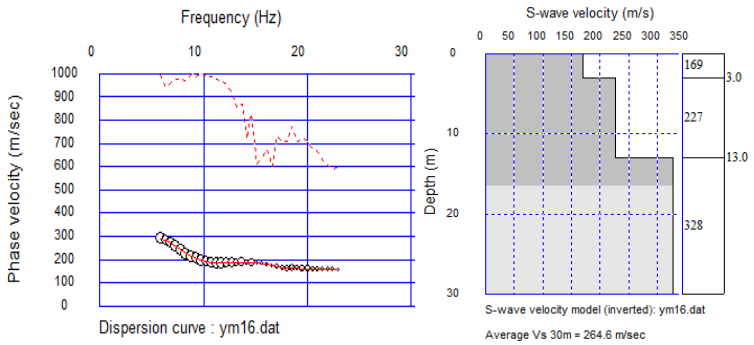
EK 2.15. MASW15 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

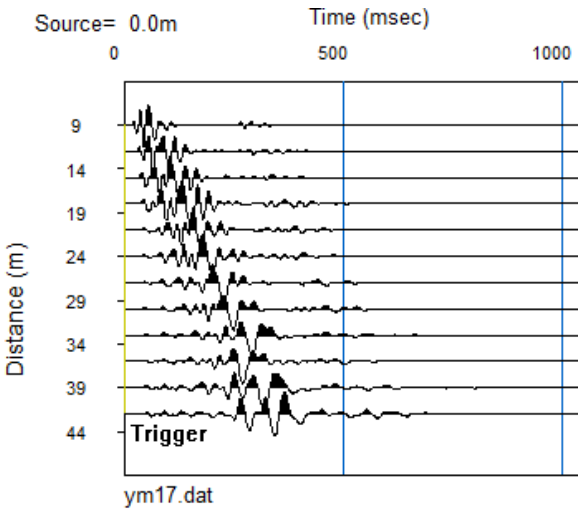


(b)

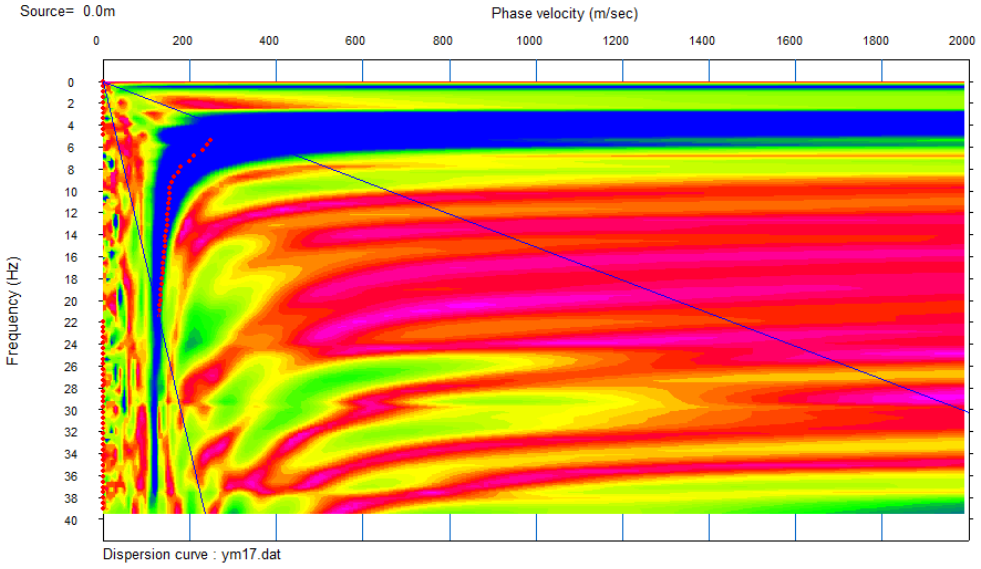


(c) (d)

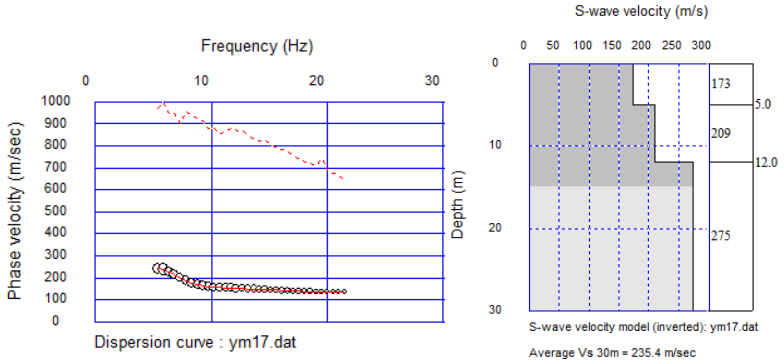
EK 2.16. MASW16 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

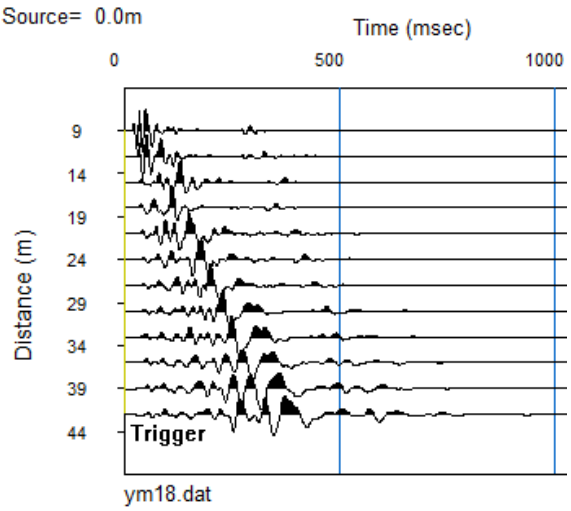


(b)

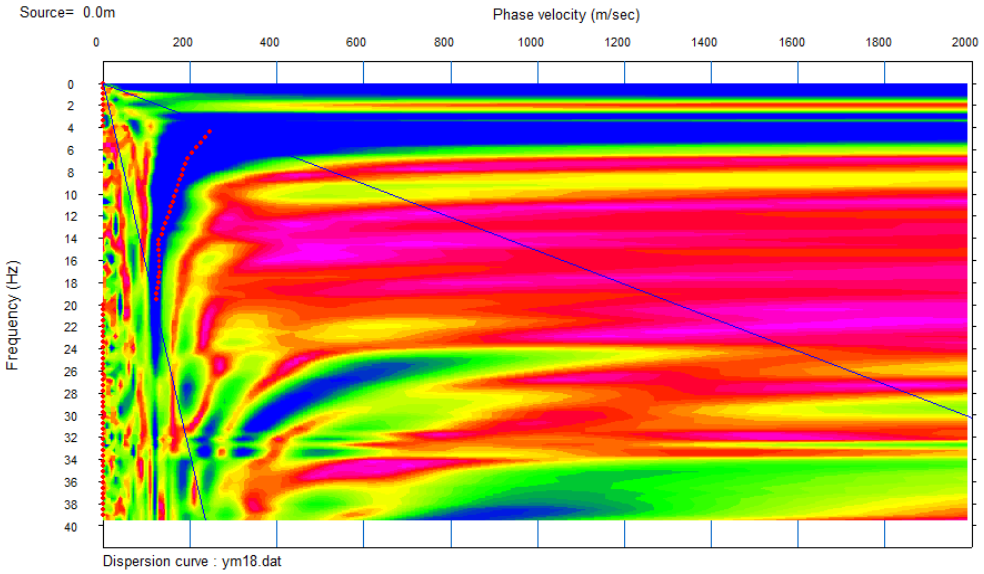


(c) (d)

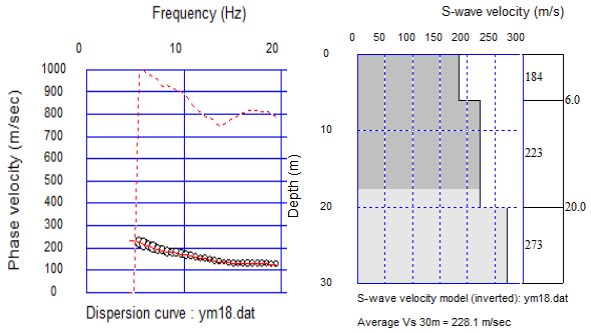
EK 2.17. MASW17 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)



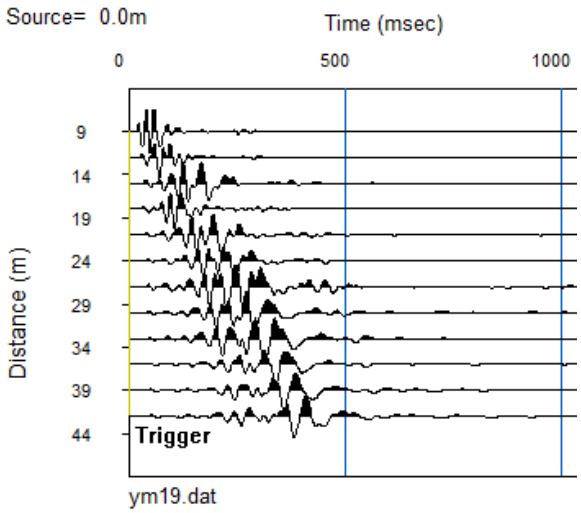
(b)



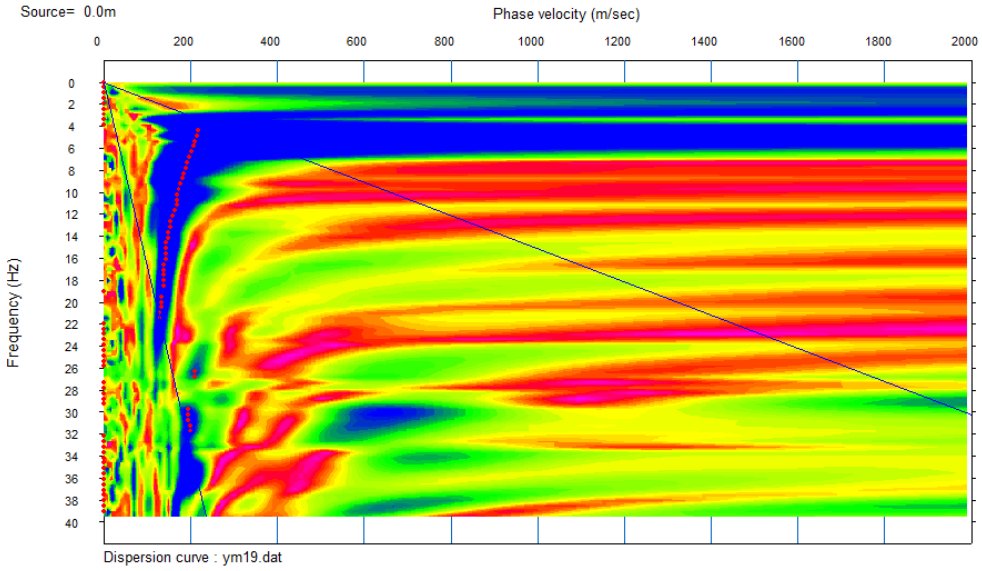
(c)

(d)

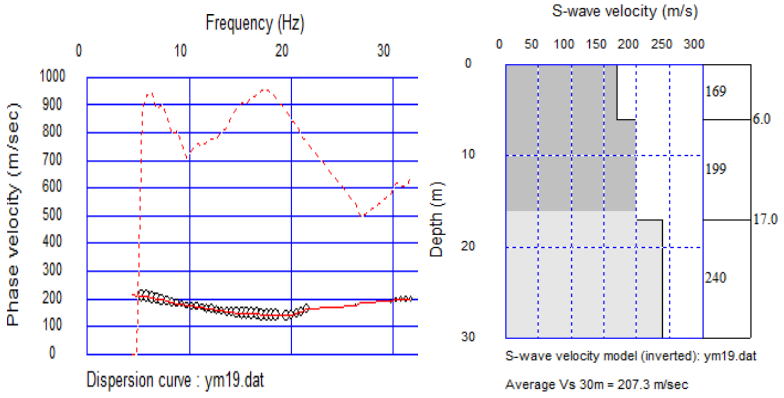
EK 2.18. MASW18 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)



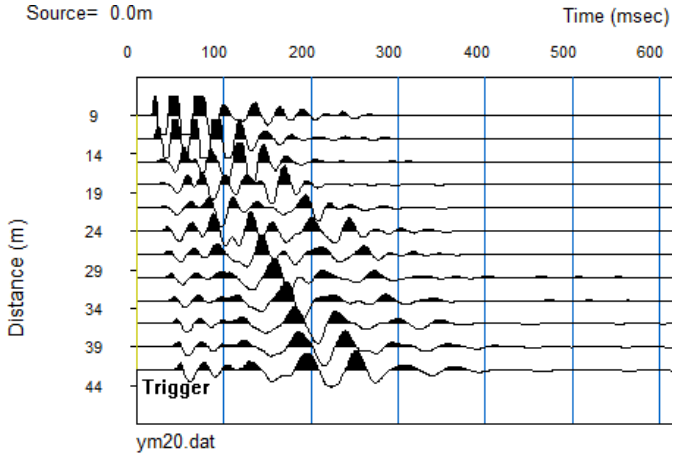
(b)



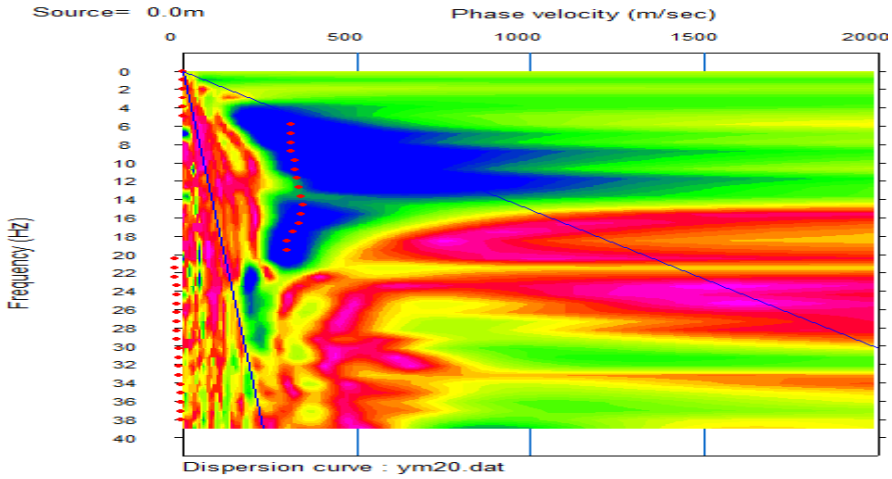
(c)

(d)

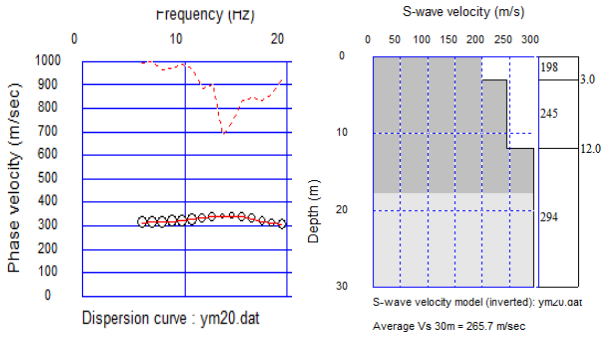
EK 2.19. MASW19 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

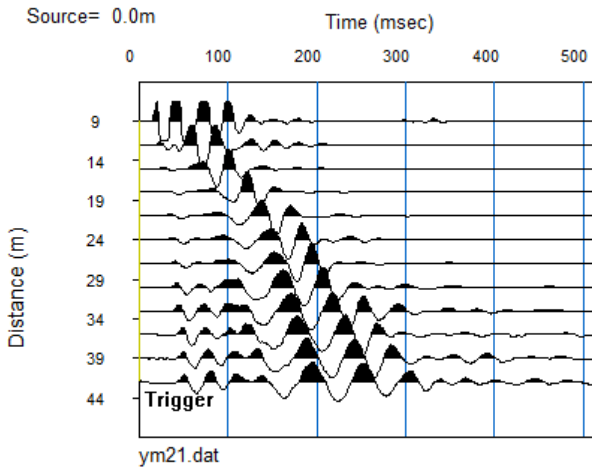


(b)

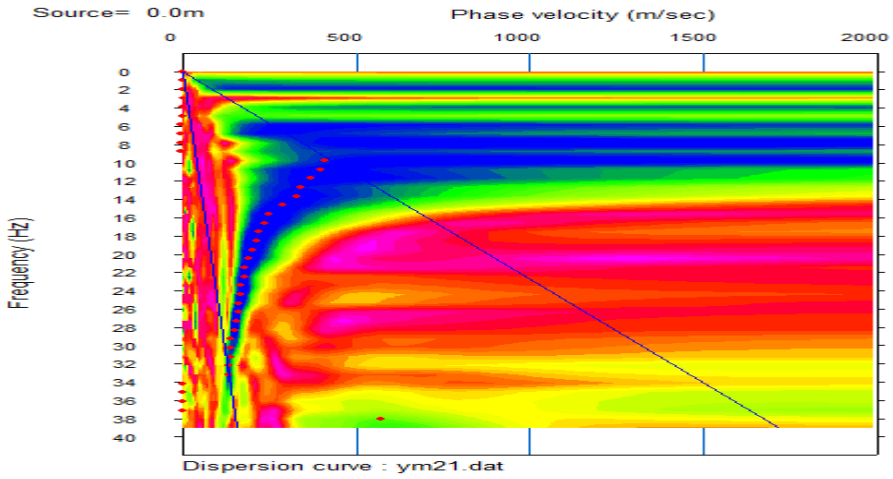


(c) (d)

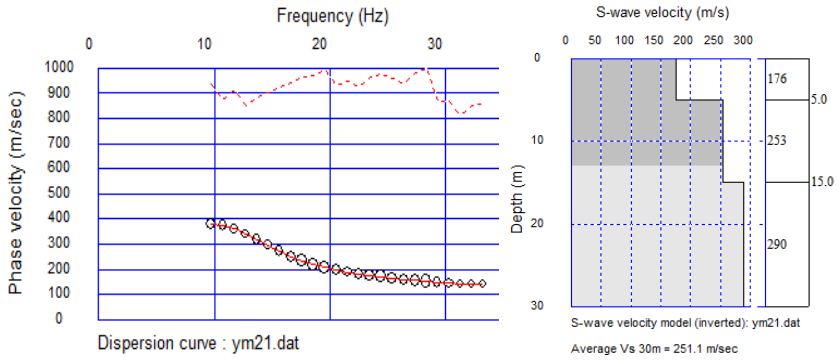
EK 2.20. MASW20 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

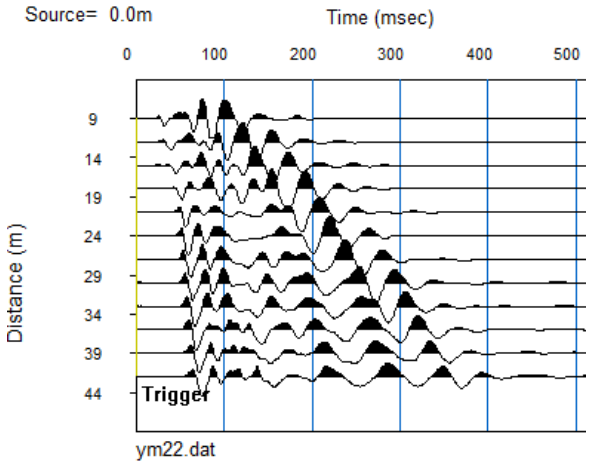


(b)

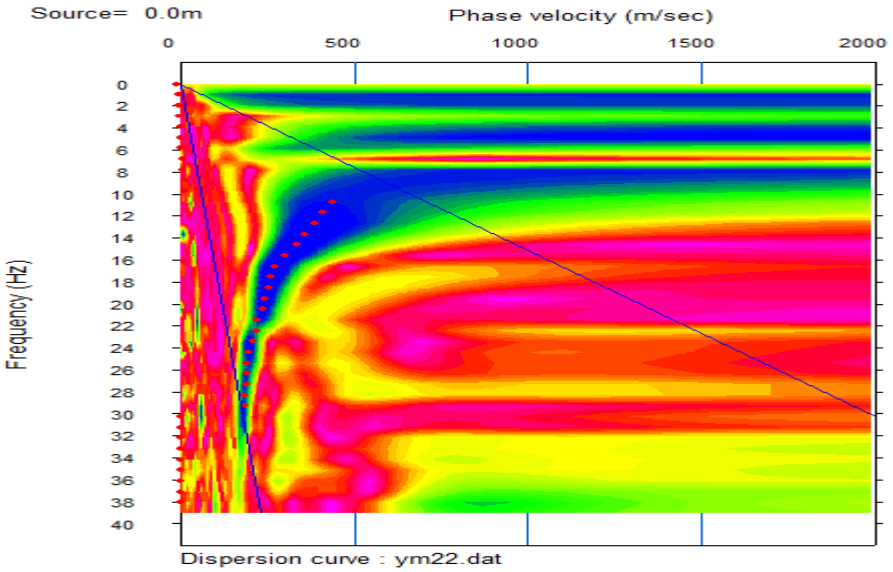


(c) (d)

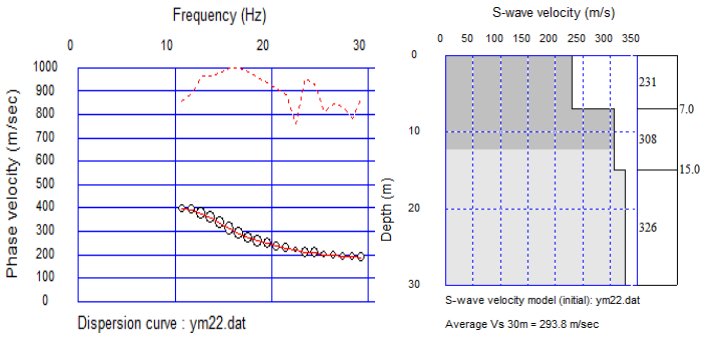
EK 2.21. MASW21 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

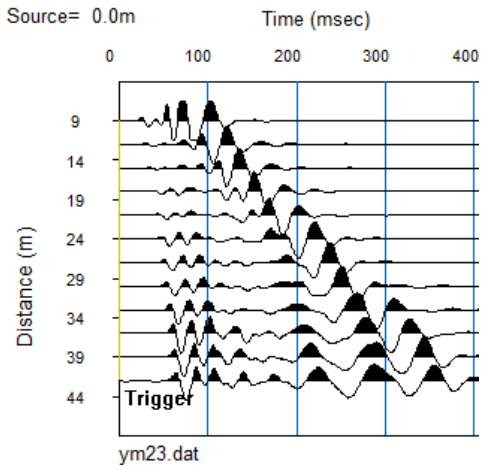


(b)

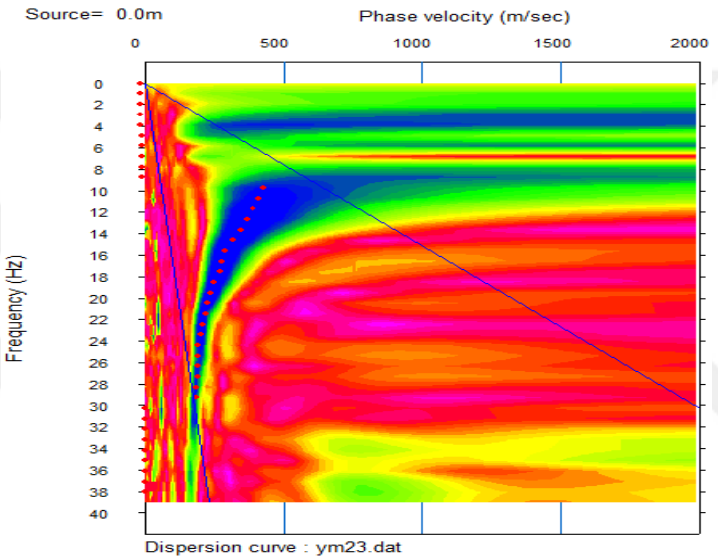


(c) (d)

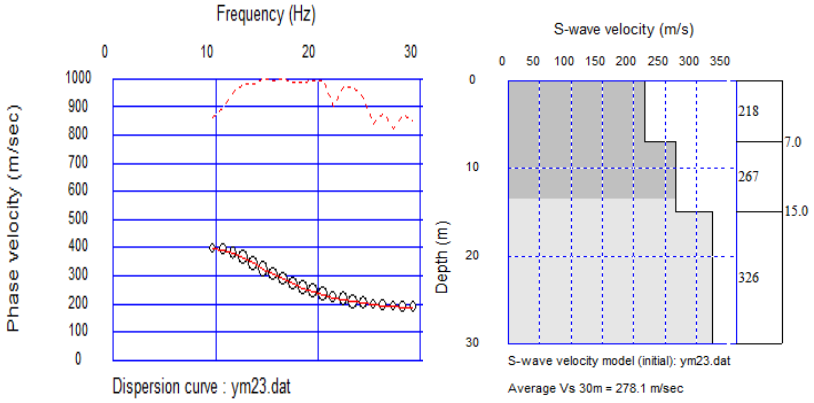
EK 2.22. MASW22 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

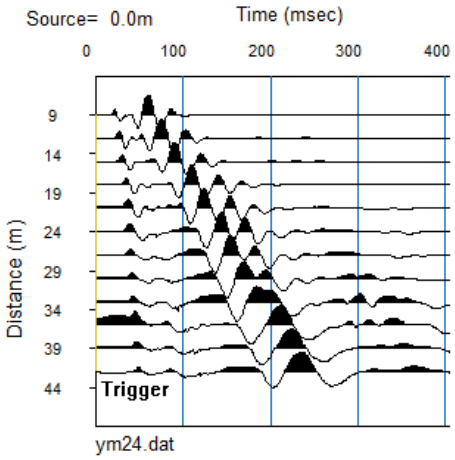


(b)

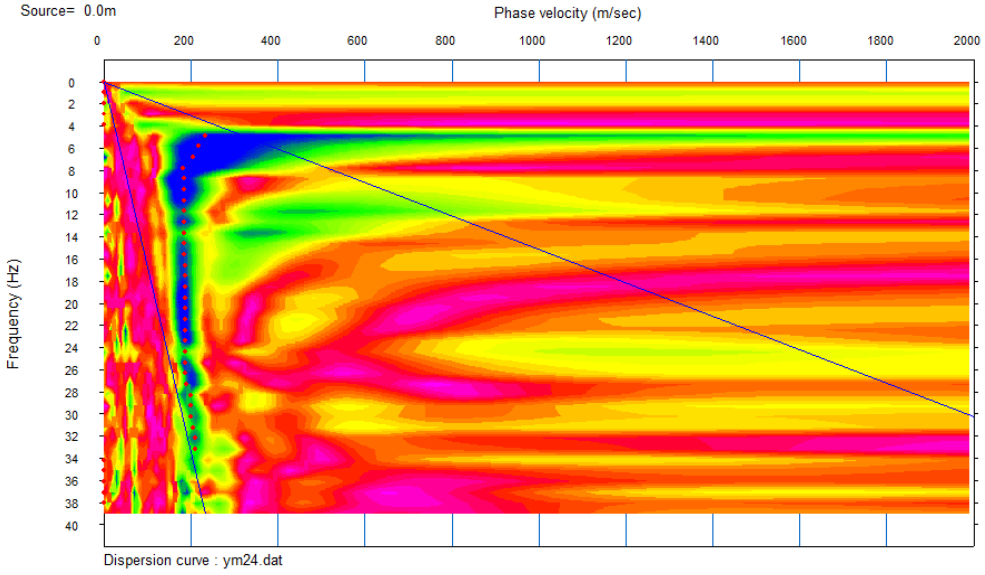


(c) (d)

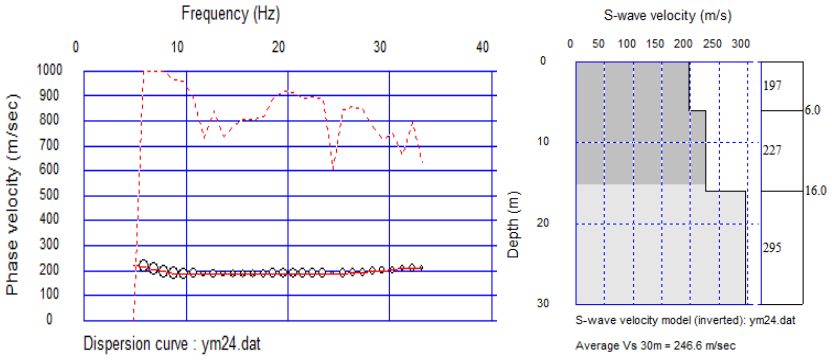
EK 2.23. MASW23 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

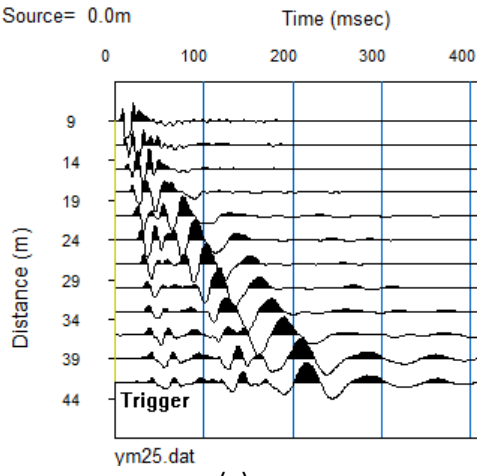


(b)

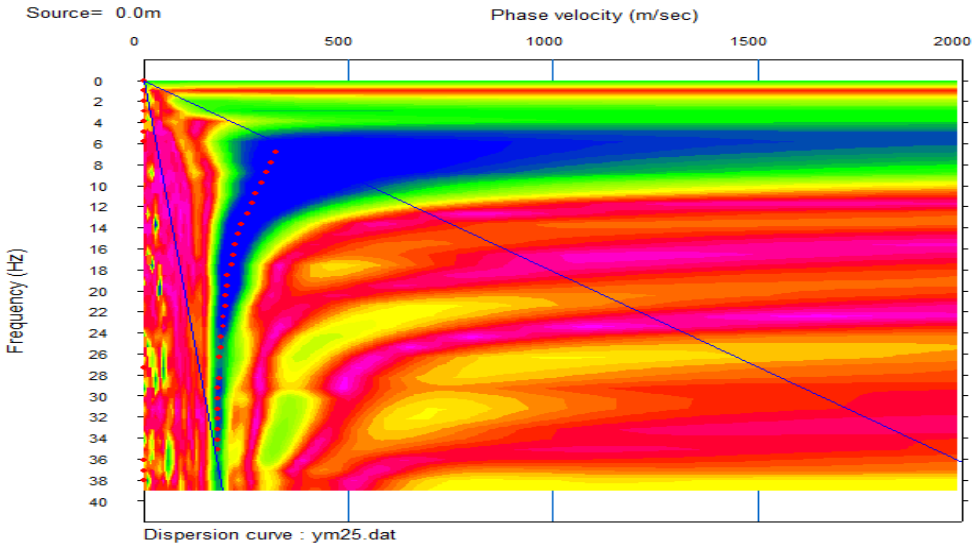


(c) (d)

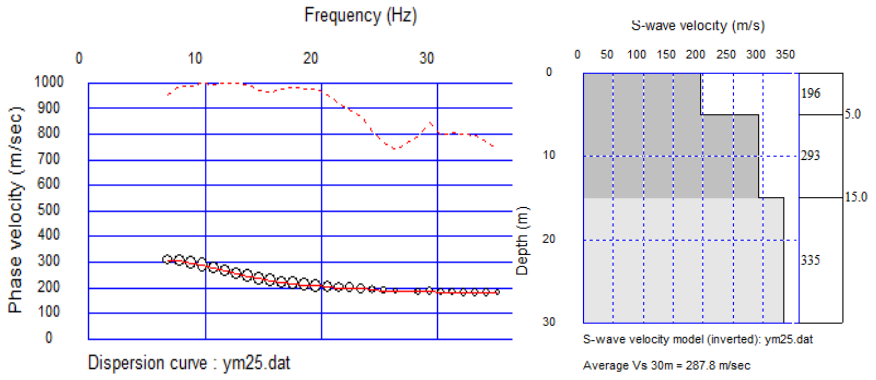
EK 2.24. MASW24 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

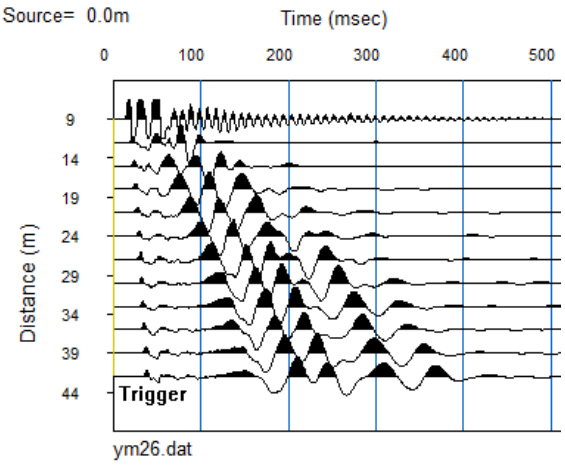


(b)

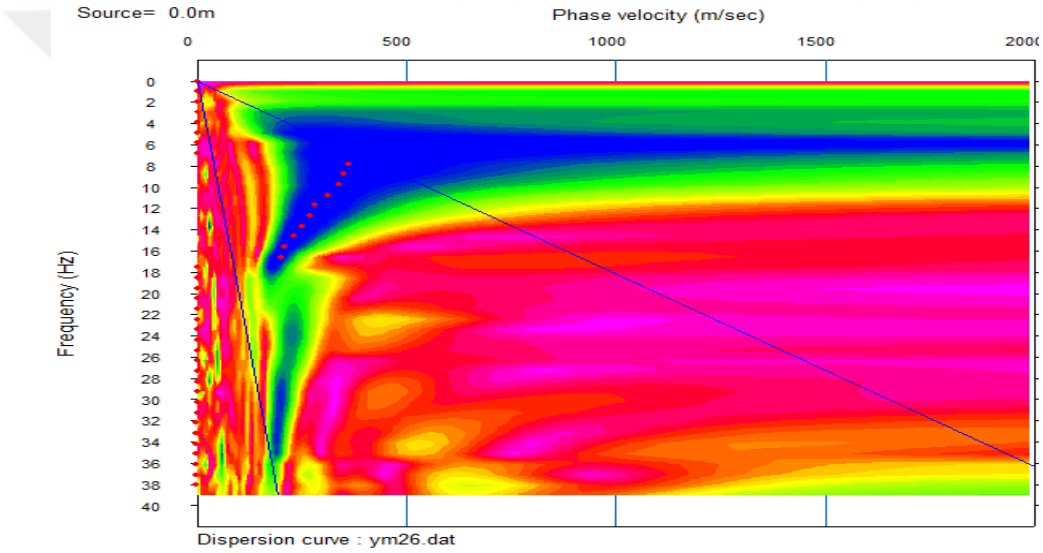


(c) (d)

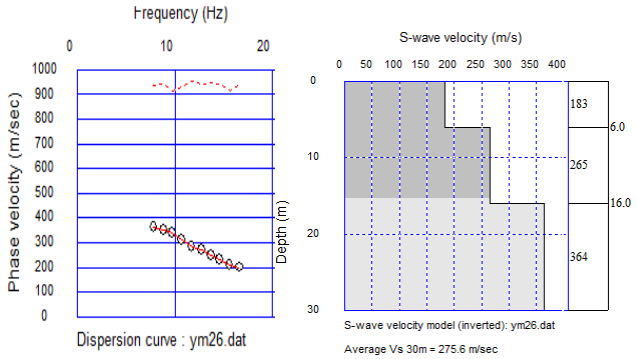
EK 2.25. MASW25 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

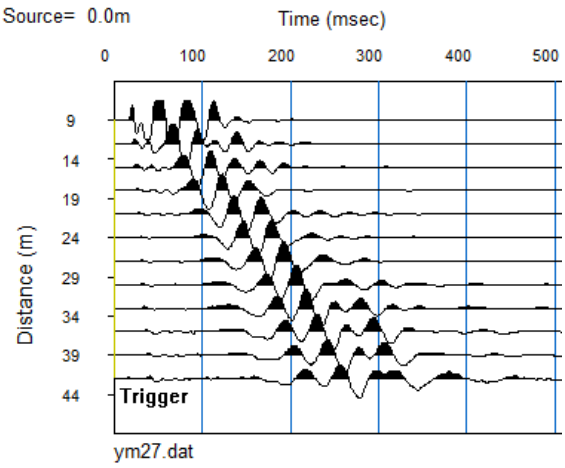


(c)

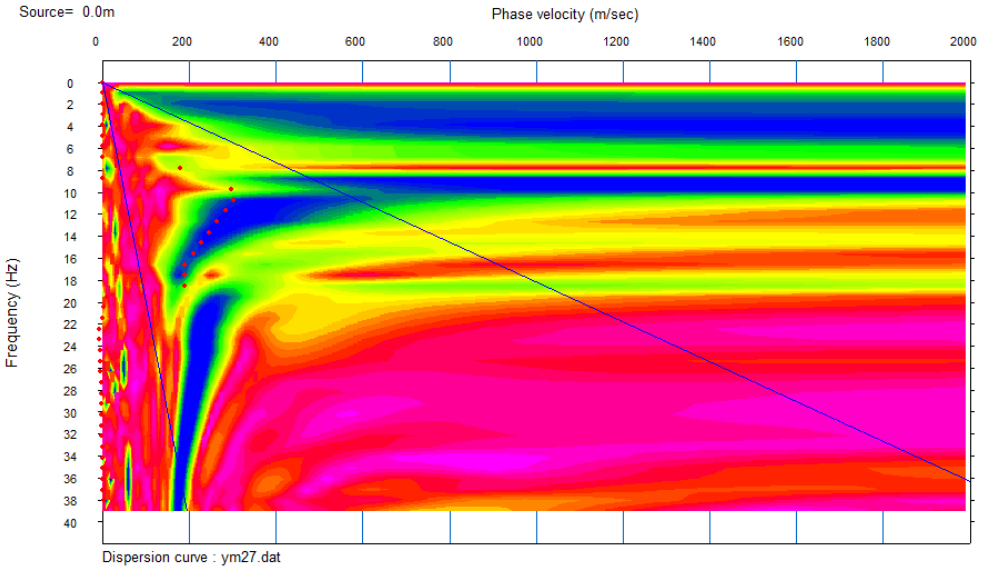


(c) (d)

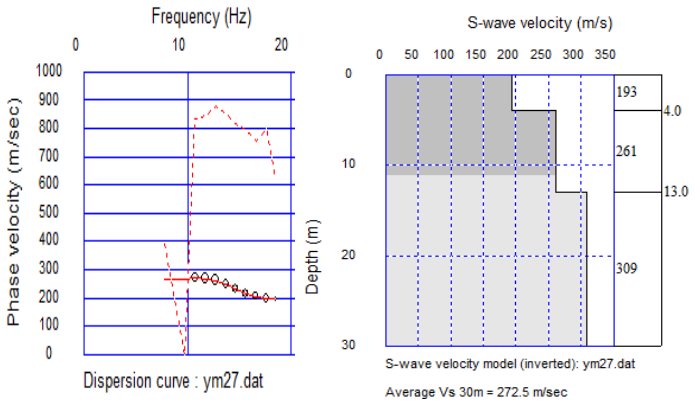
EK 2.26. MASW26 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

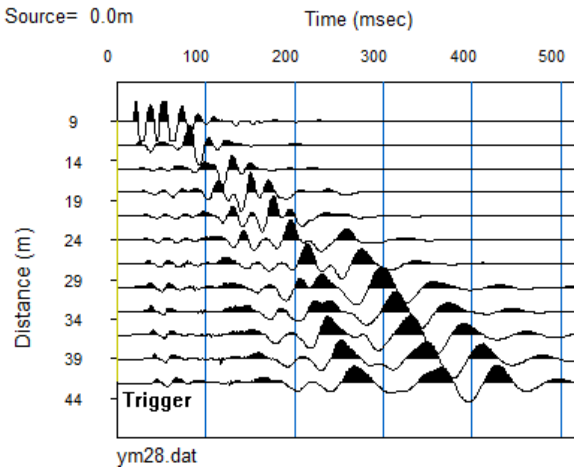


(c)

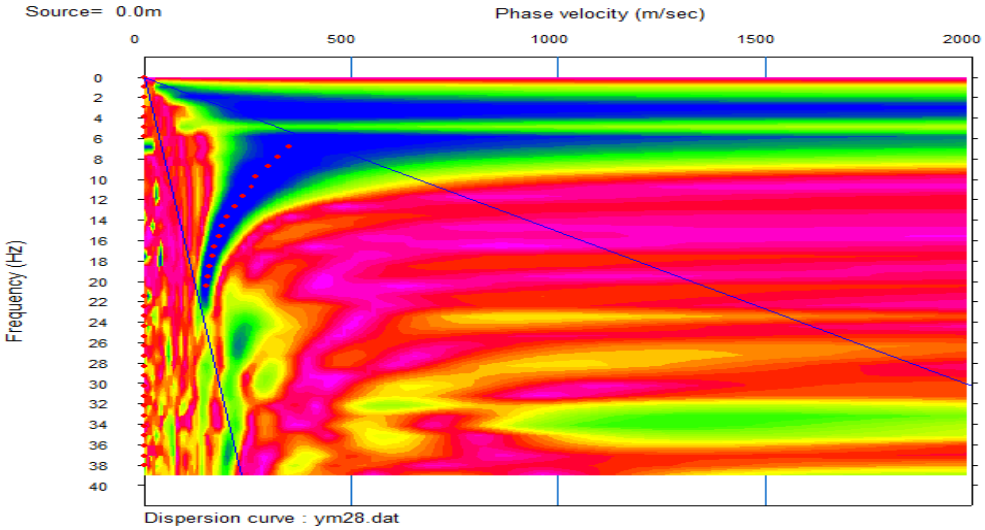


(c) (d)

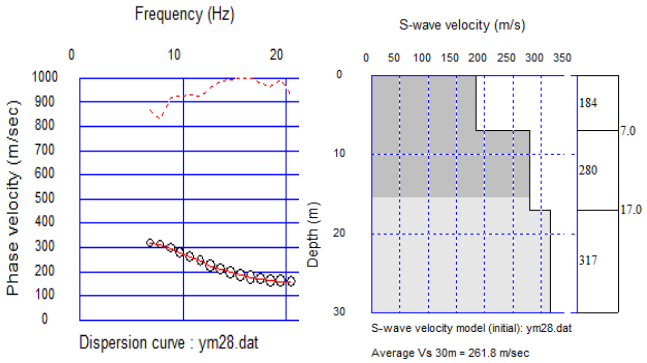
EK 2.27. MASW27 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

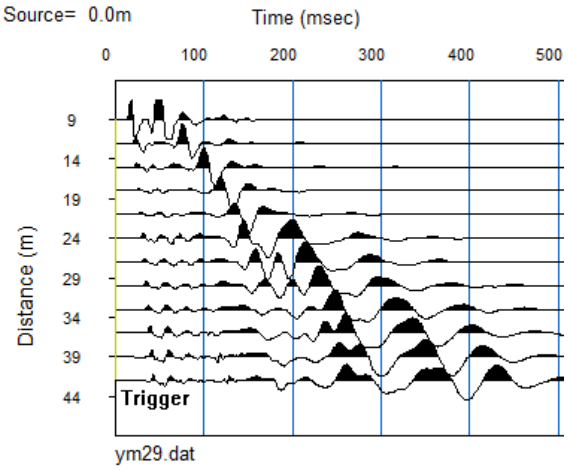


(b)

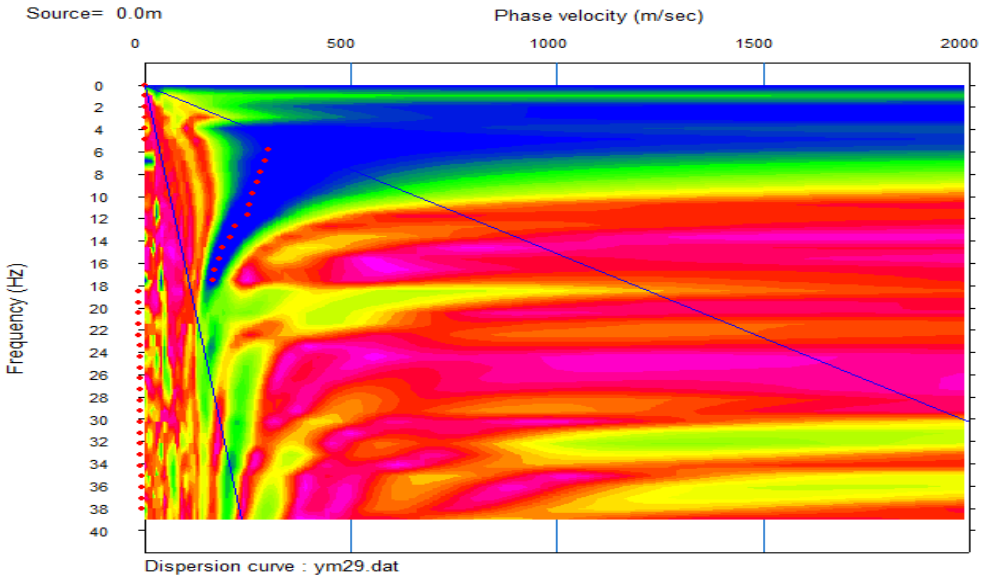


(c) (d)

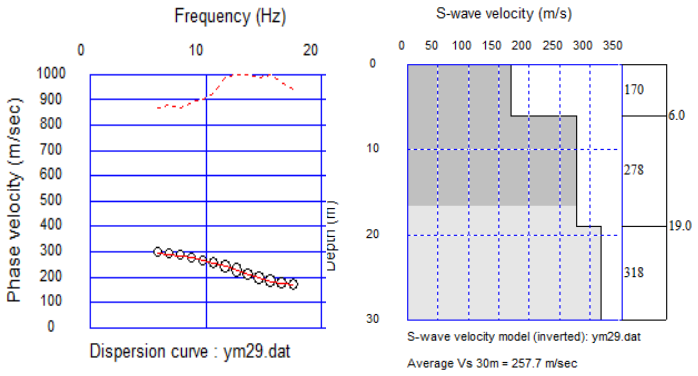
EK 2.28. MASW28 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

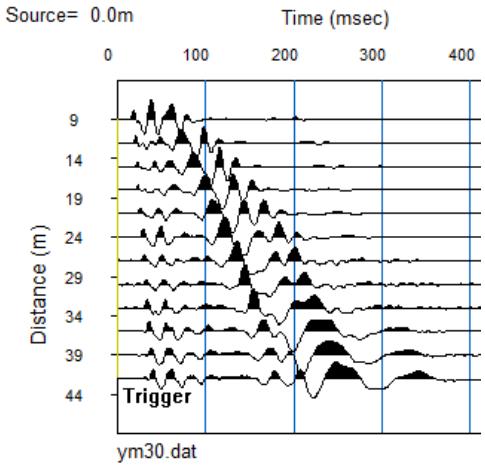


(b)

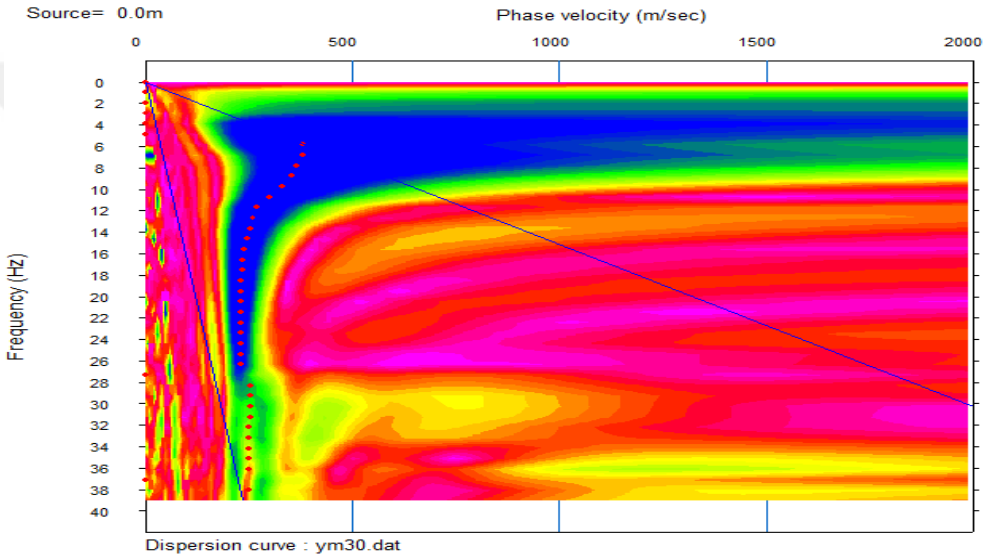


(c) (d)

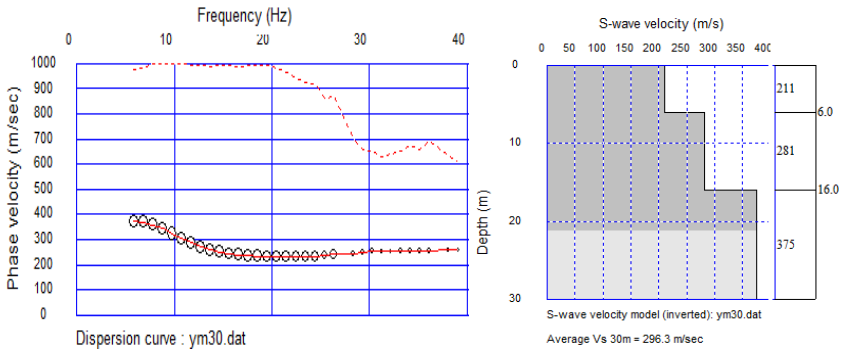
EK 2.29. MASW29 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

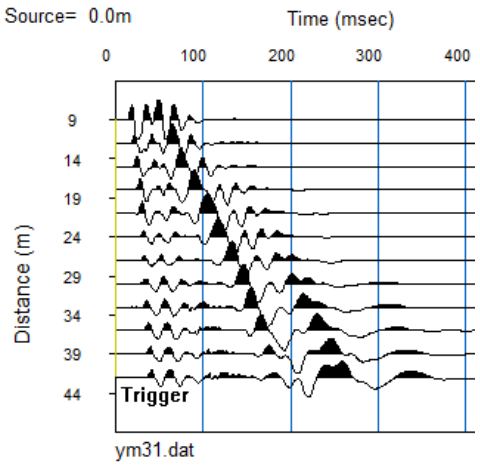


(b)

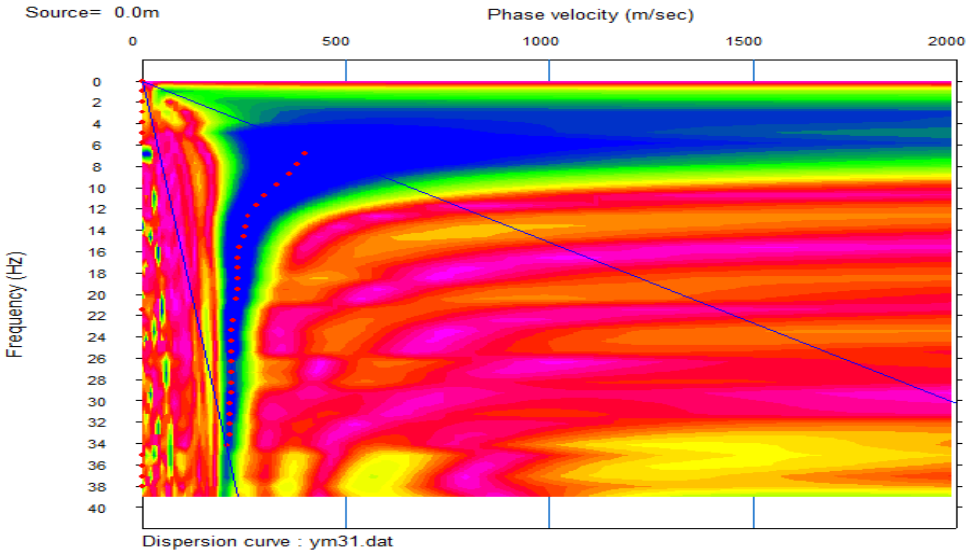


(c) (d)

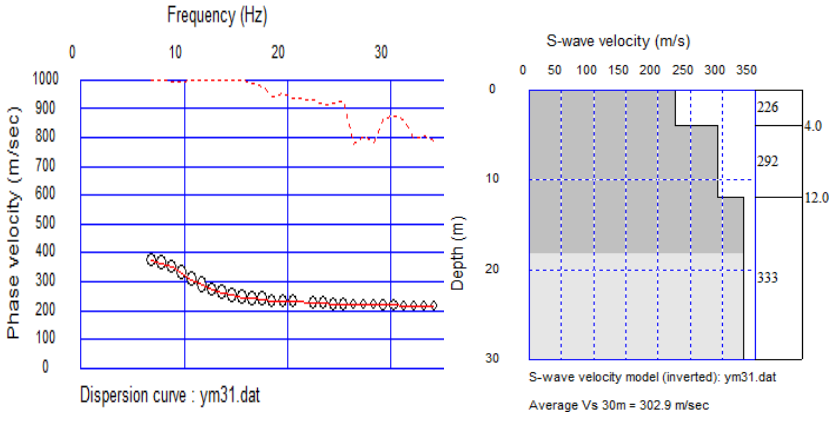
EK 2.30. MASW30 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

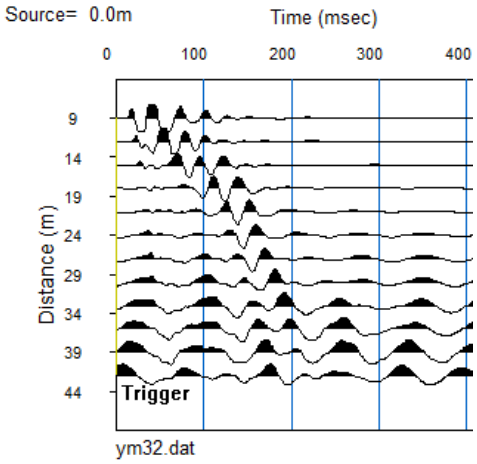


(b)

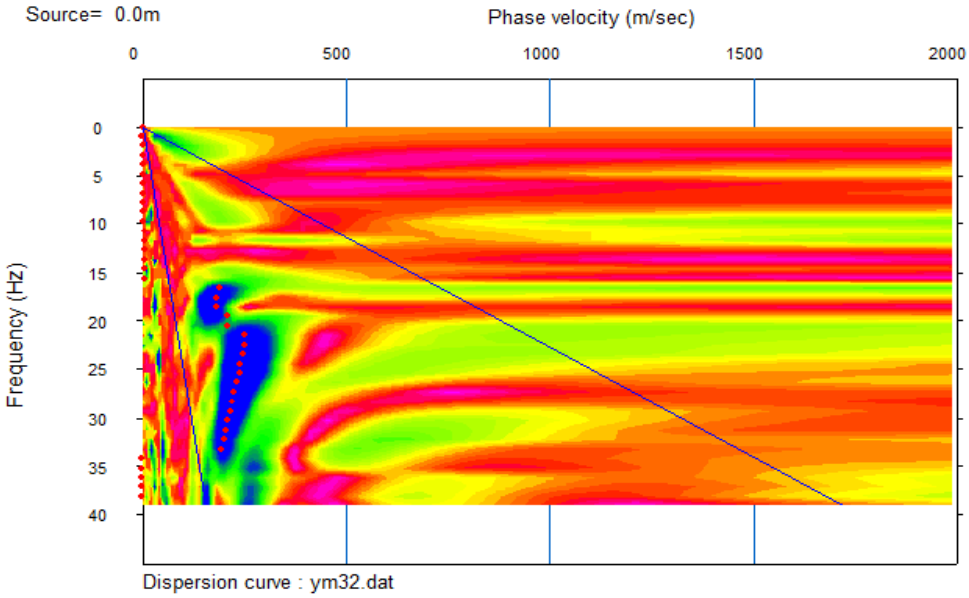


(c) (d)

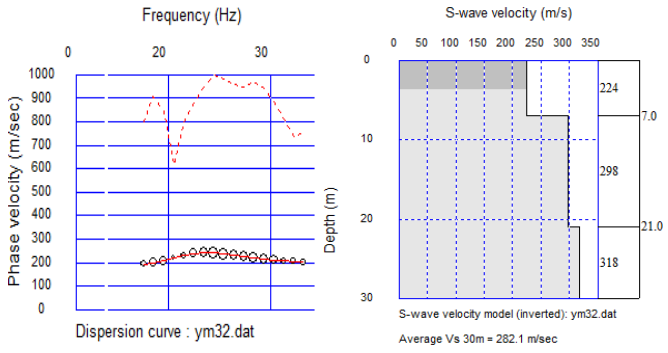
EK 2.31. MASW31 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

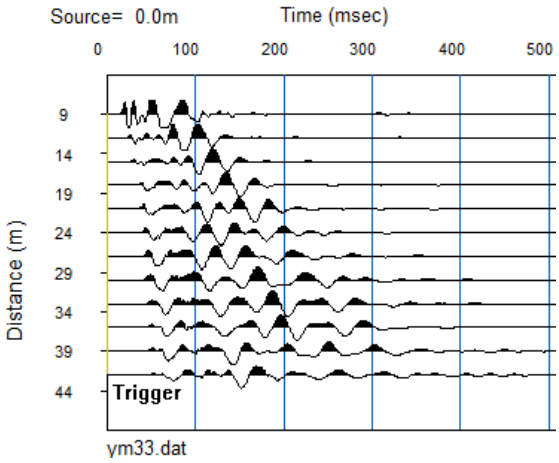


(b)

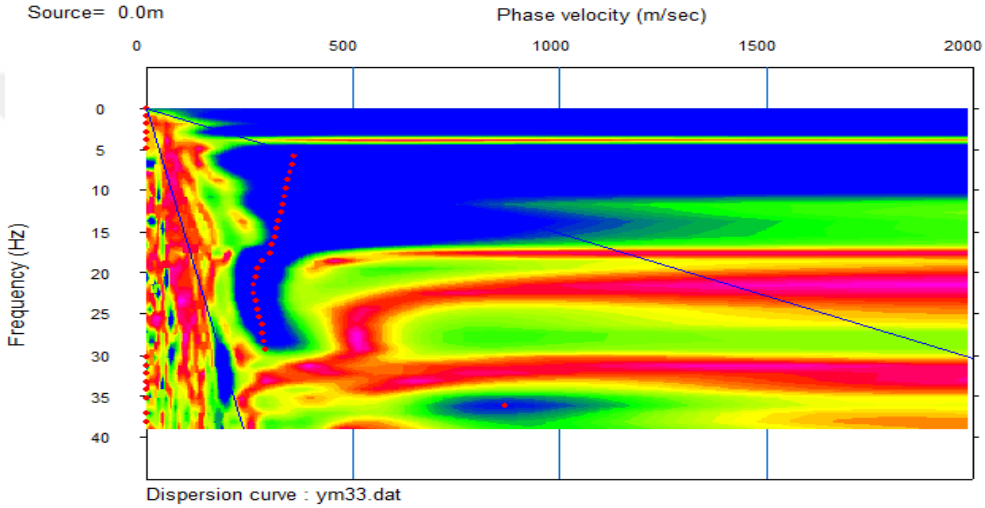


(c) (d)

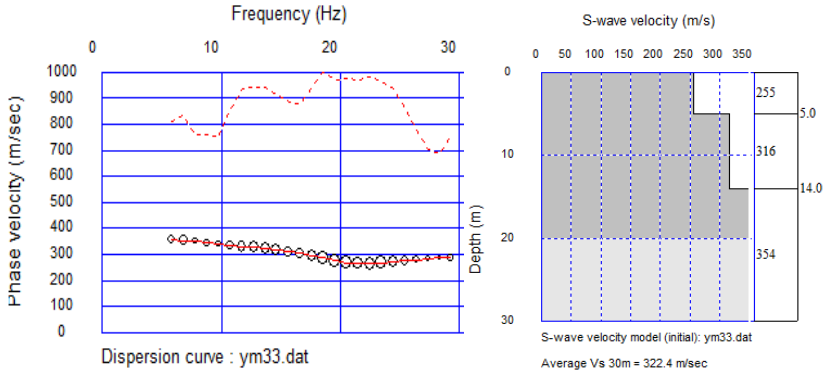
EK 2.32. MASW32 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

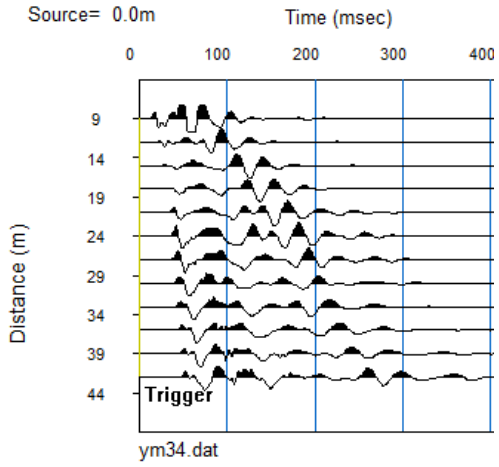


(b)

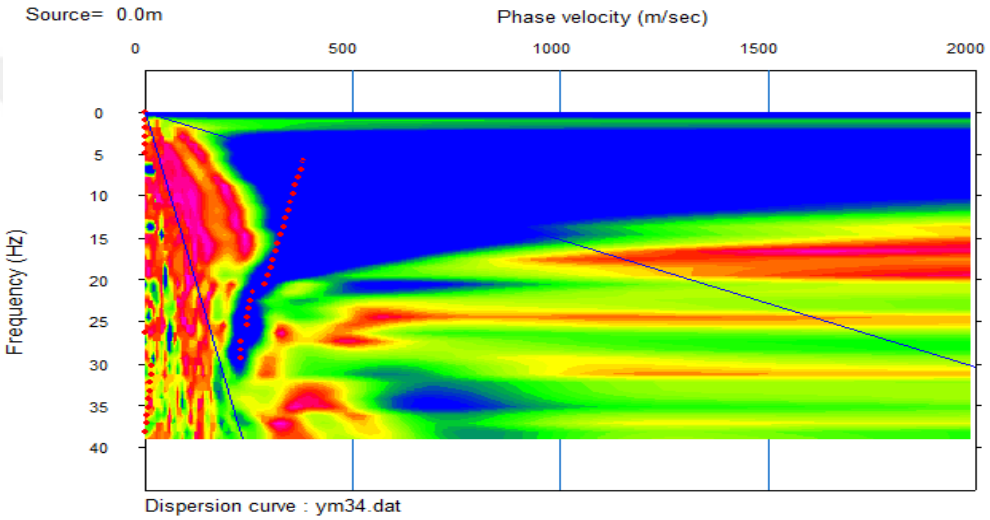


(c) (d)

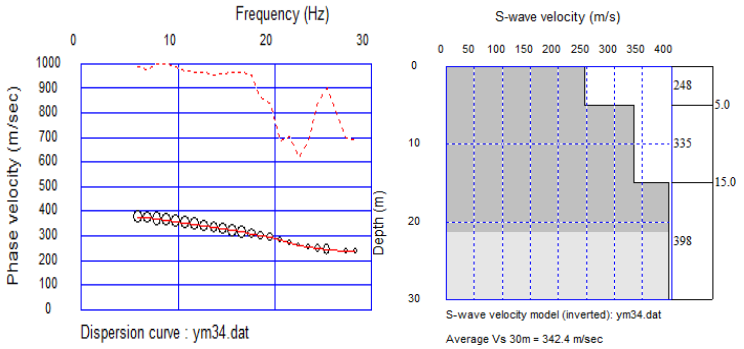
EK 2.33. MASW33 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

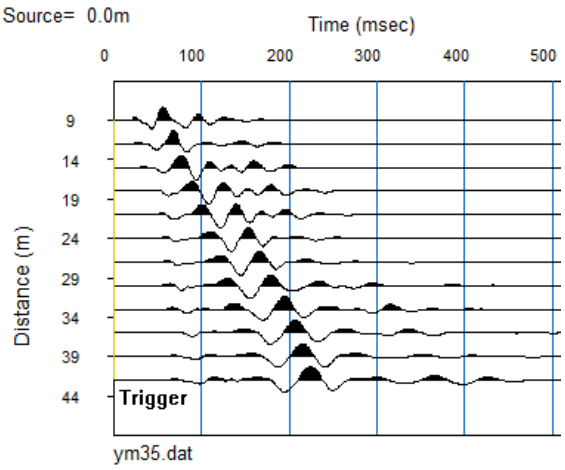


(b)

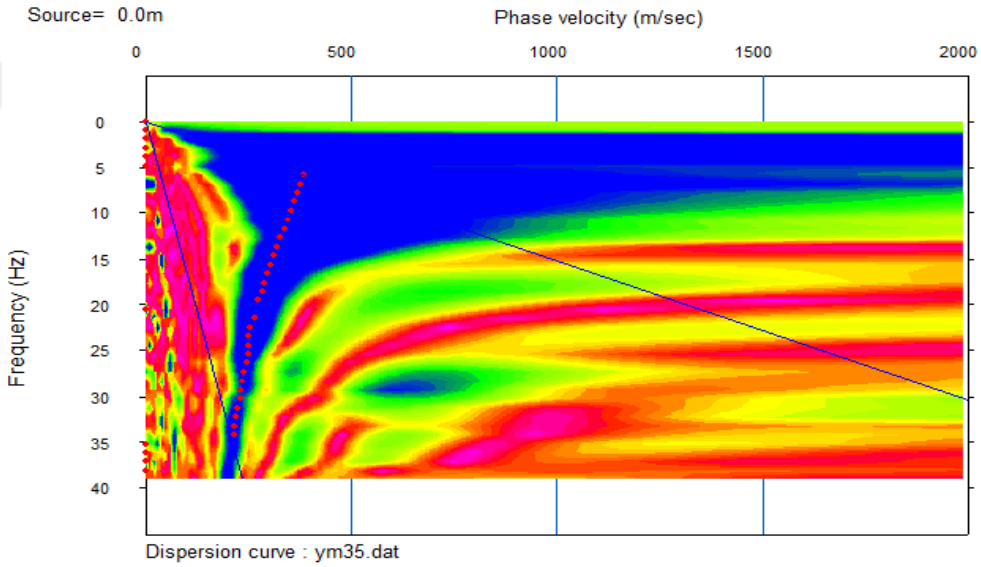


(c) (d)

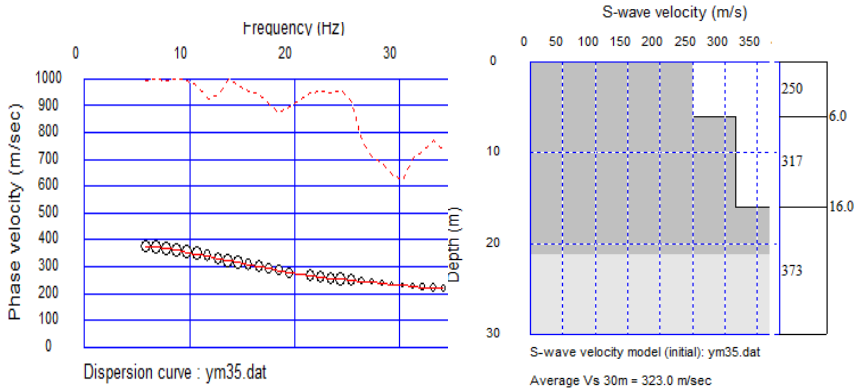
EK 2.34. MASW34 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

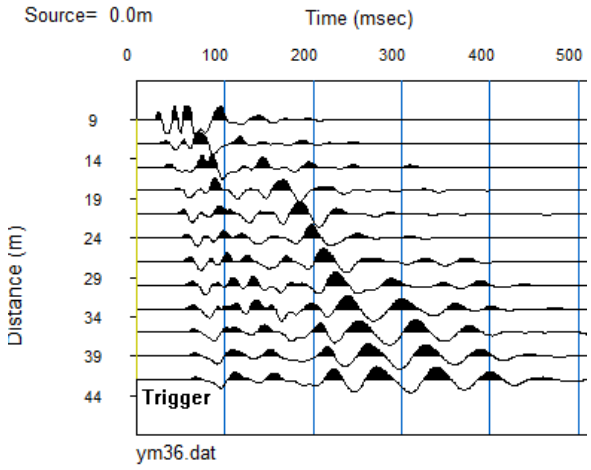


(b)

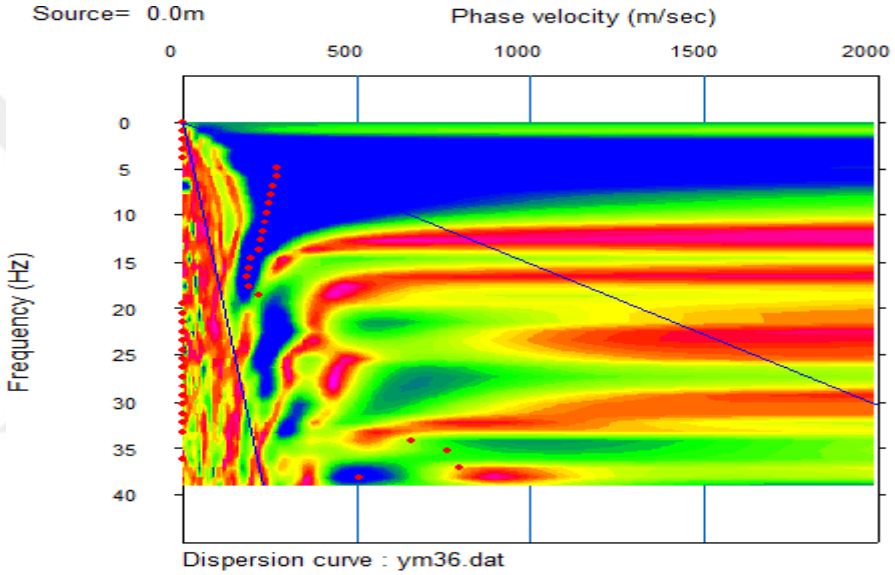


(c) (d)

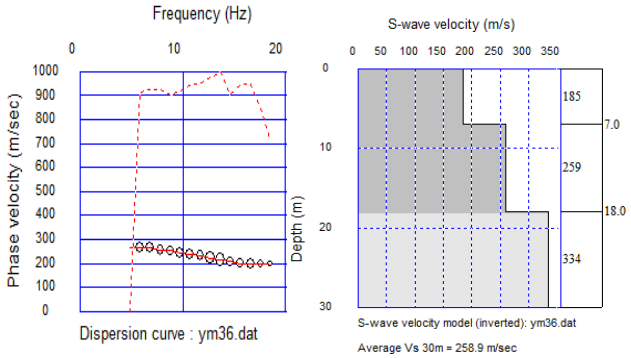
EK 2.35. MASW35 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

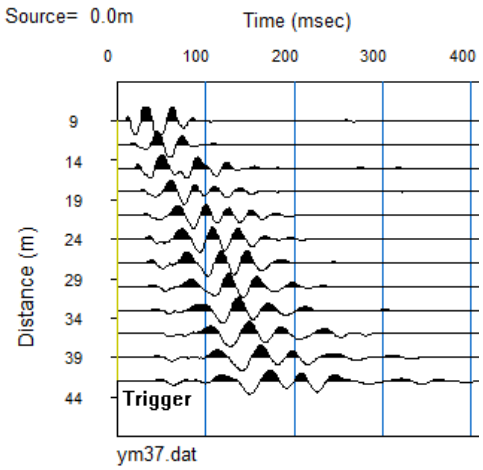


(b)

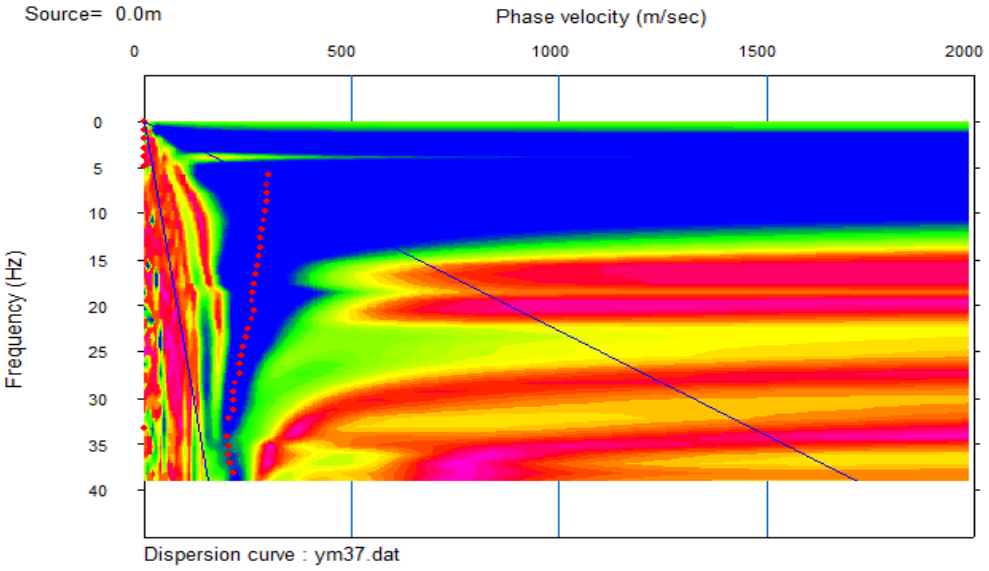


(c) (d)

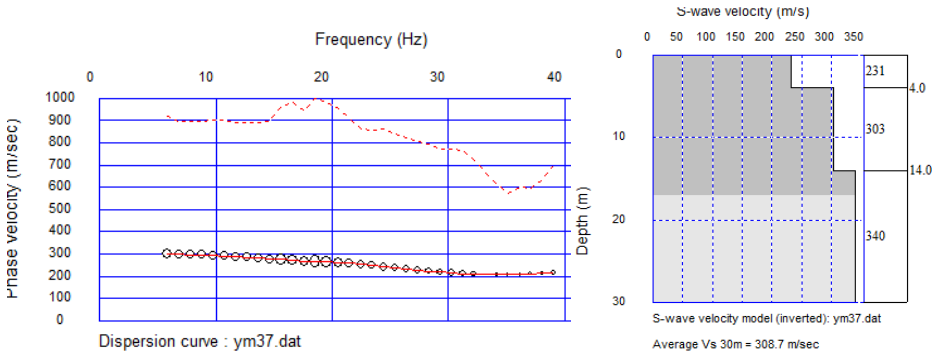
EK 2.36. MASW36 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

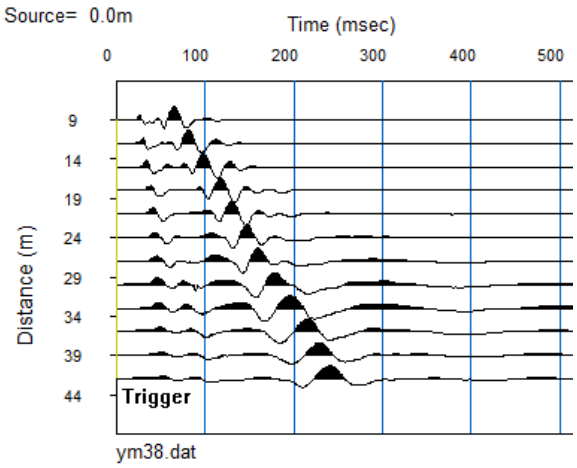


(b)

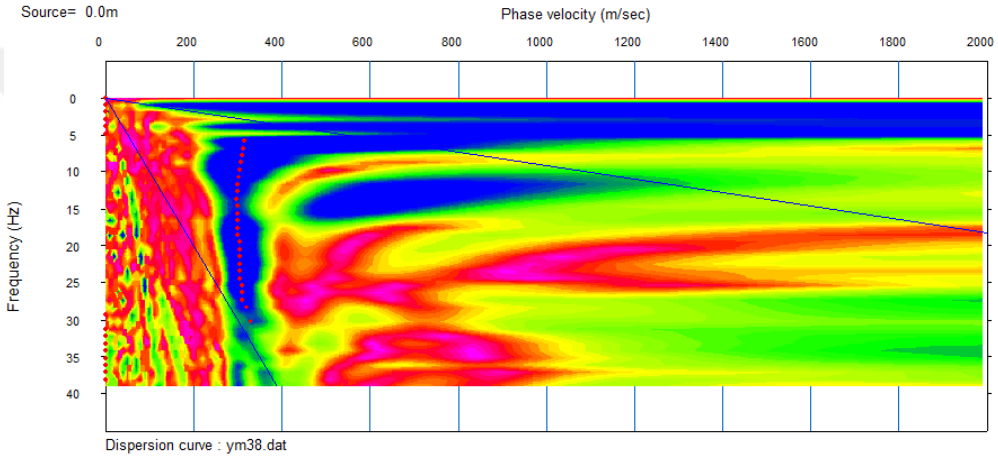


(c) (d)

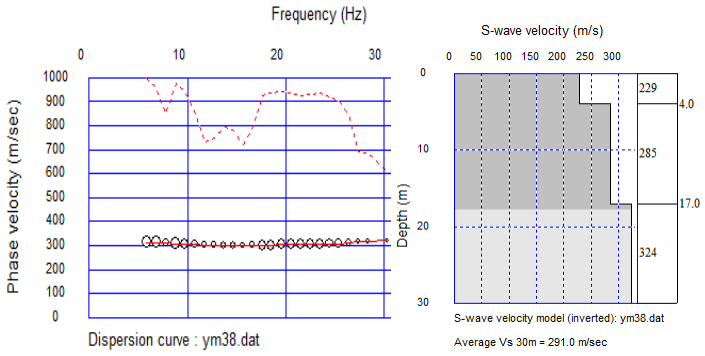
EK 2.37. MASW37 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

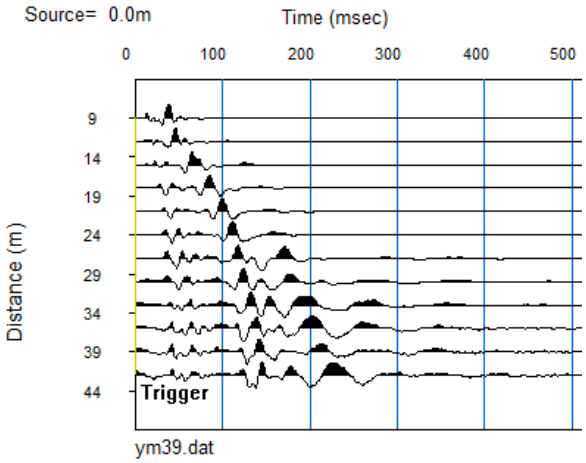


(b)

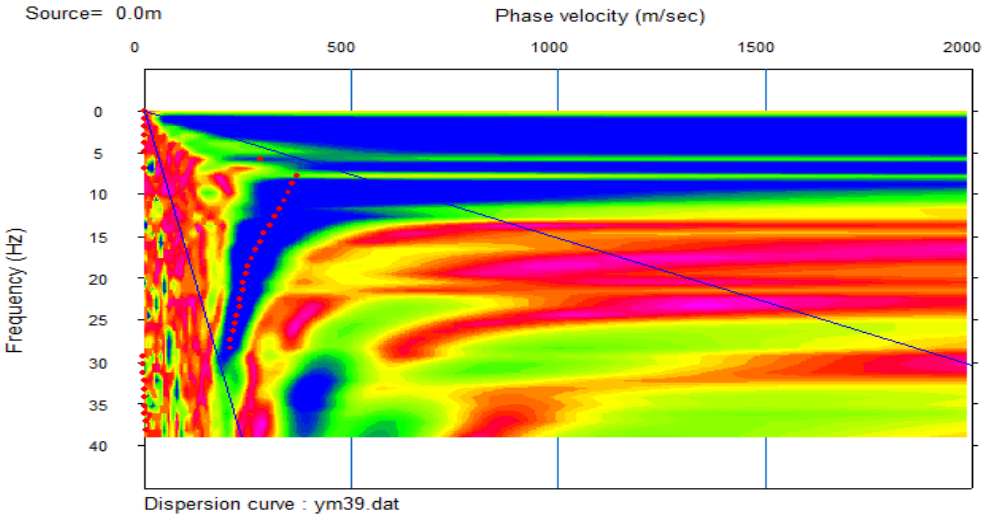


(c) (d)

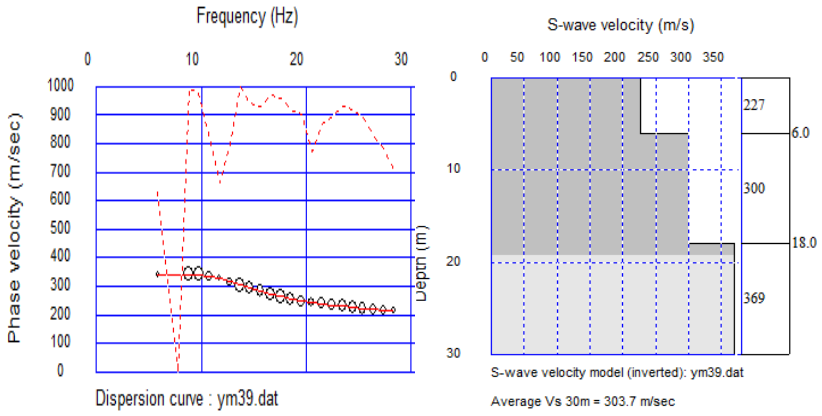
EK 2.38. MASW38 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)

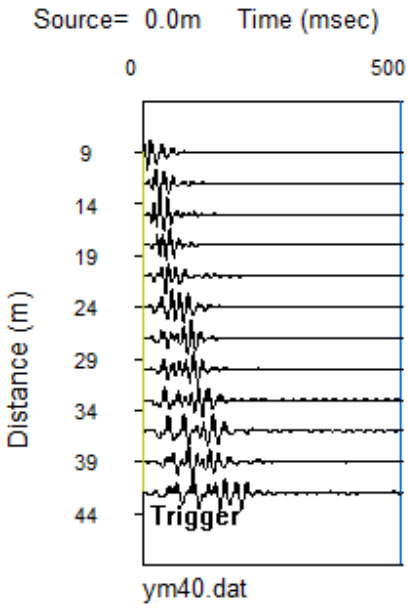


(b)

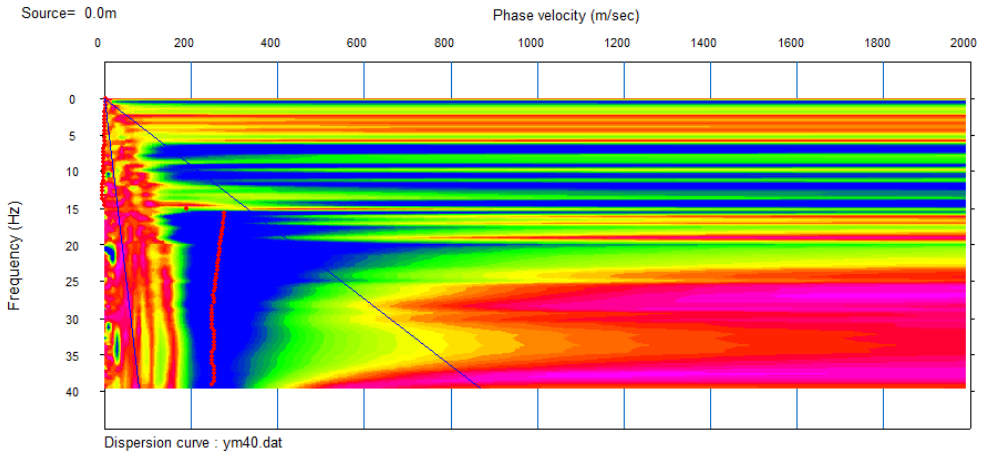


(c) (d)

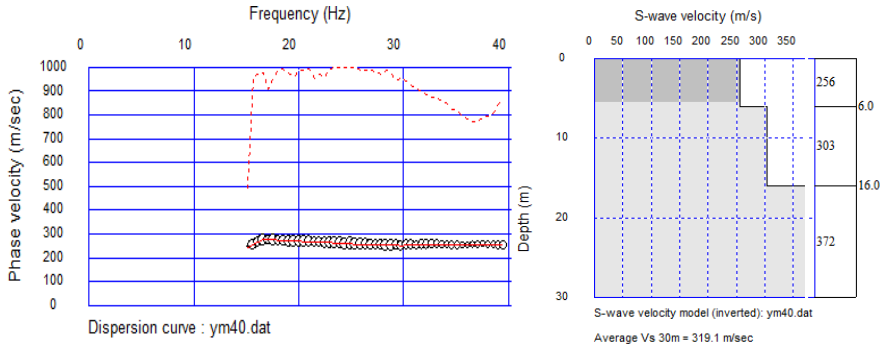
EK 2.39. MASW39 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği



(a)



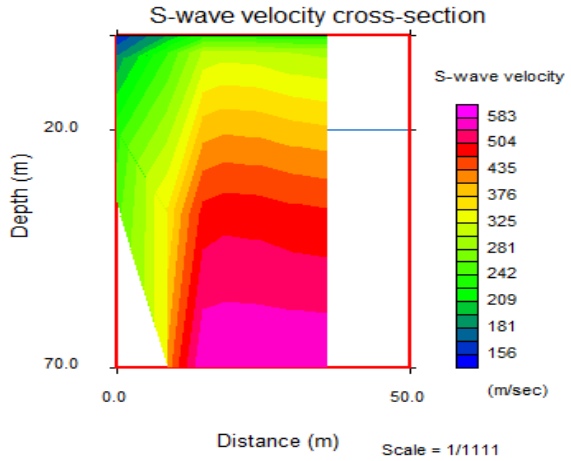
(b)



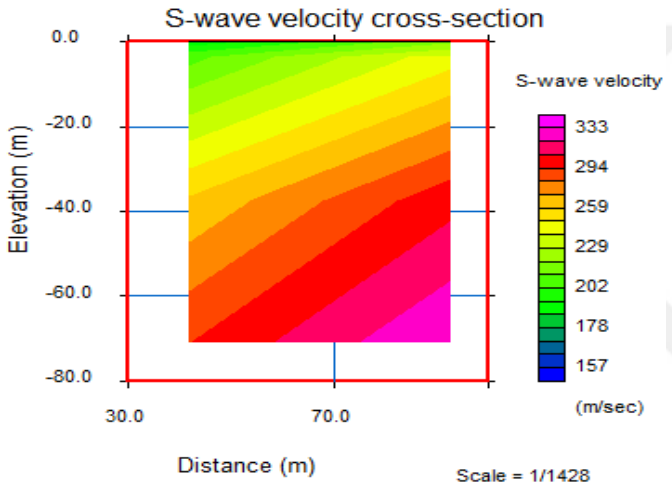
(c) (d)

EK 2.40. MASW40 için a) ham veri, **b)** dispersiyon eğrisi, **c)** frekans-hız ilişkisi ters çözüm, **d)** Düzenlenmiş çok tabakalı ortamın 1B derinlik-Vs grafiği

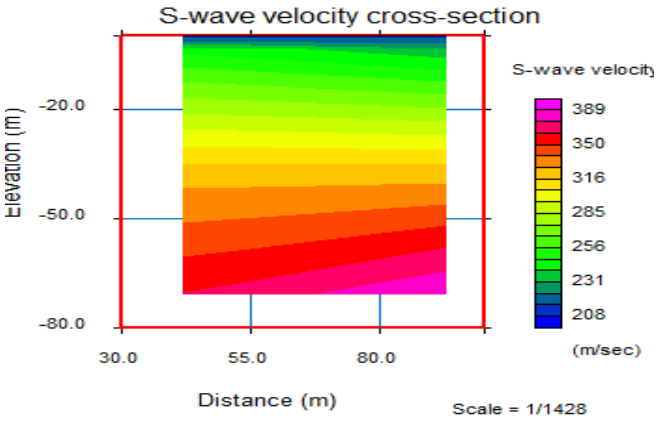
EK 2. MASW verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesitleri. Sayfa 118’dan başlayıp Sayfa 131’e kadar devam ediyor.



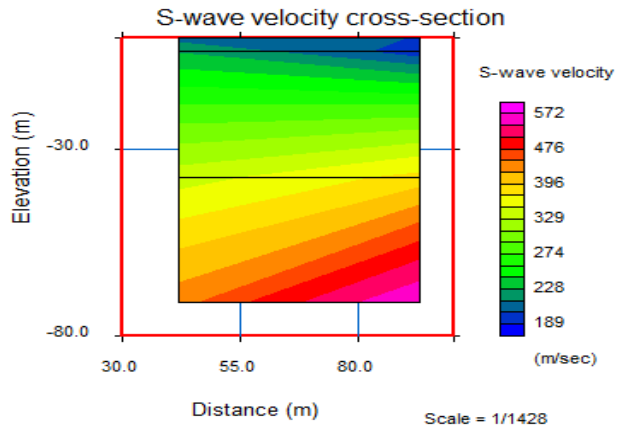
EK 2.1. MASW1 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



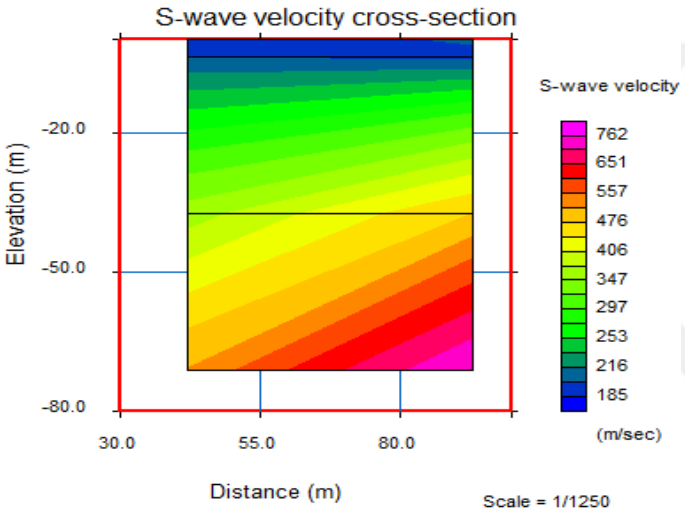
EK 2.2. MASW2 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



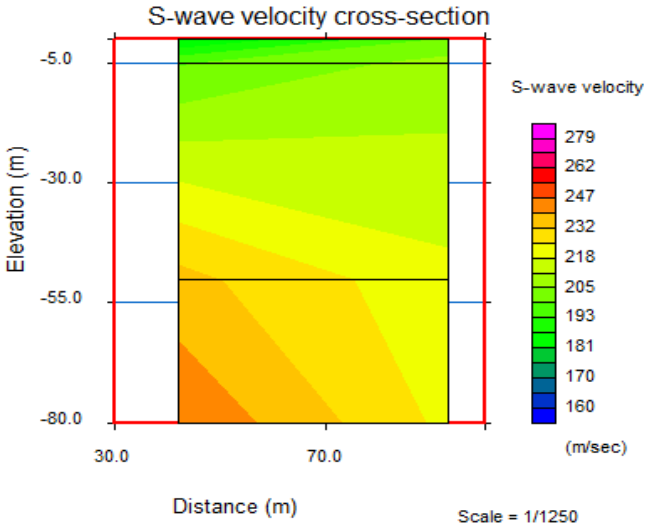
EK 2.3. MASW3 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



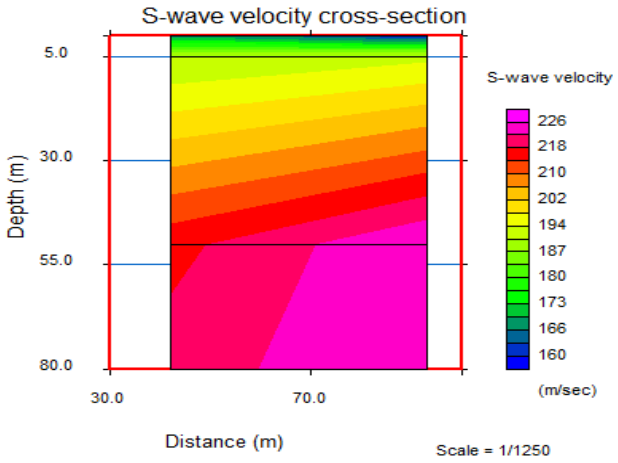
EK 2.4. MASW4 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



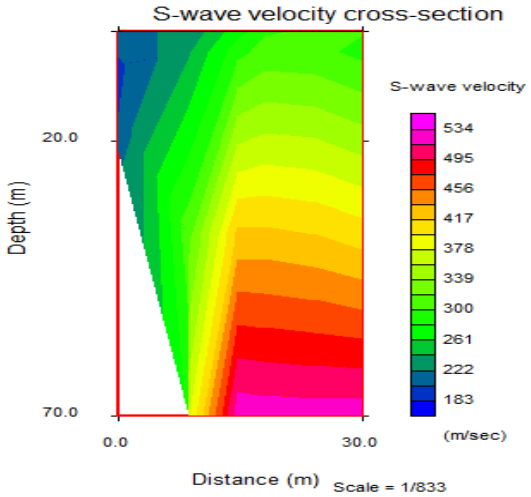
EK 2.5. MASW5 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



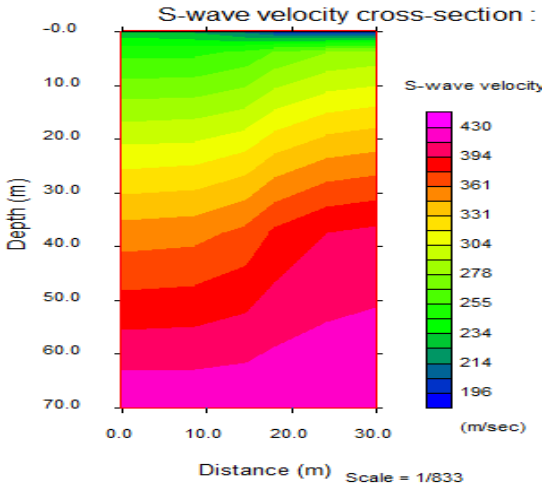
EK 2.6. MASW6 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti



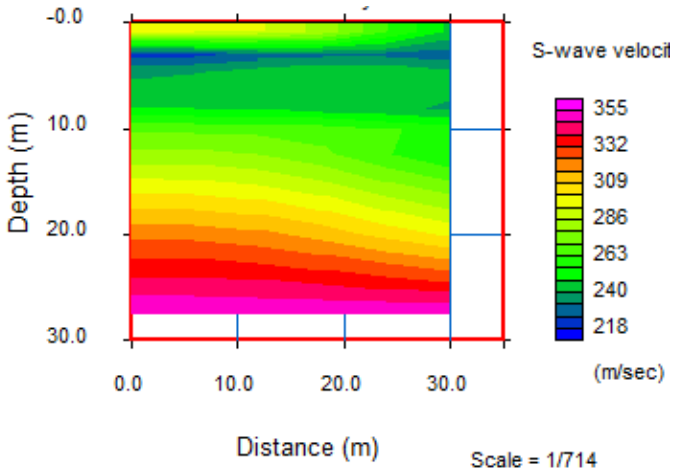
EK 2.7. MASW7 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



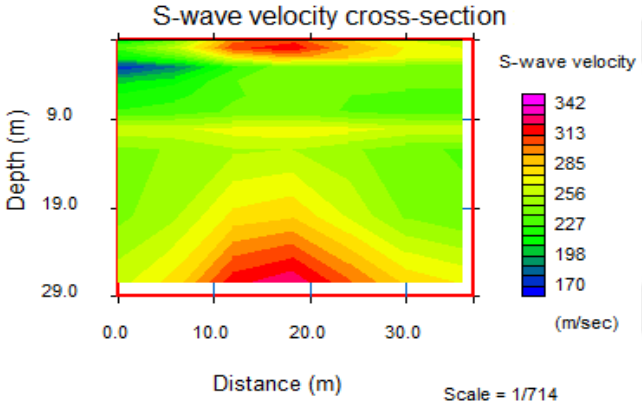
EK 2.8. MASW8 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



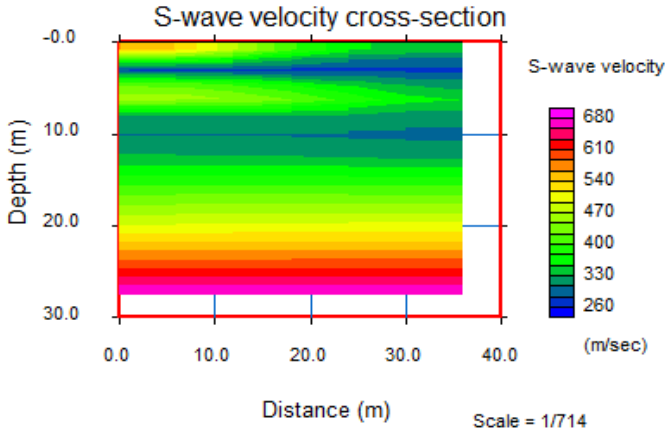
EK 2.9. MASW9 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



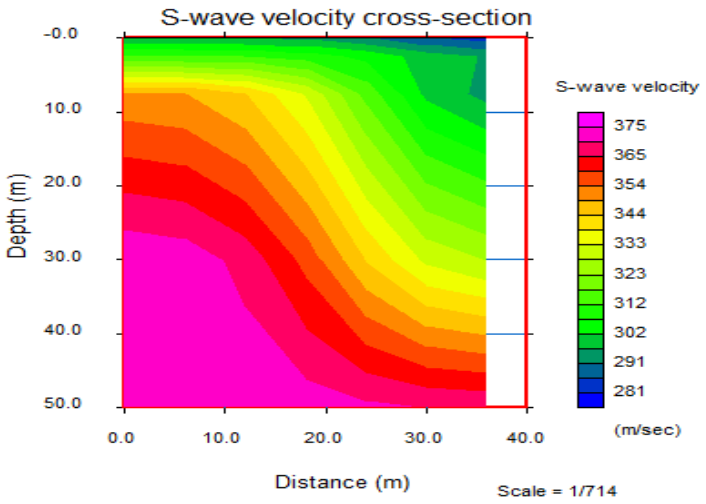
EK 2.10. MASW10 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



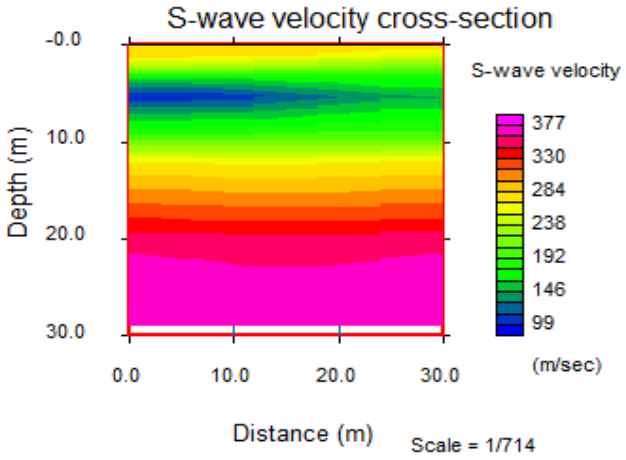
EK 2.11. MASW11 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



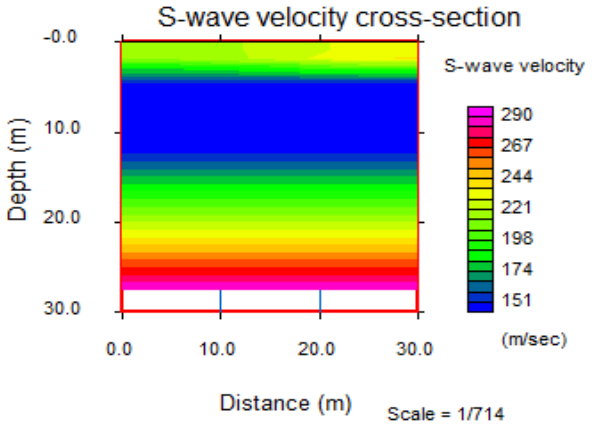
EK 2.12. MASW12 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



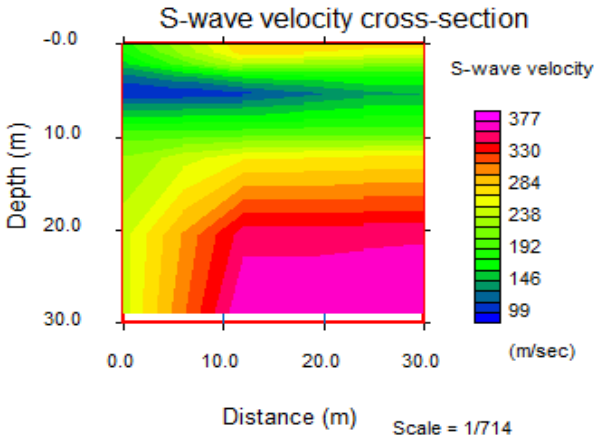
EK 2.13. MASW13 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



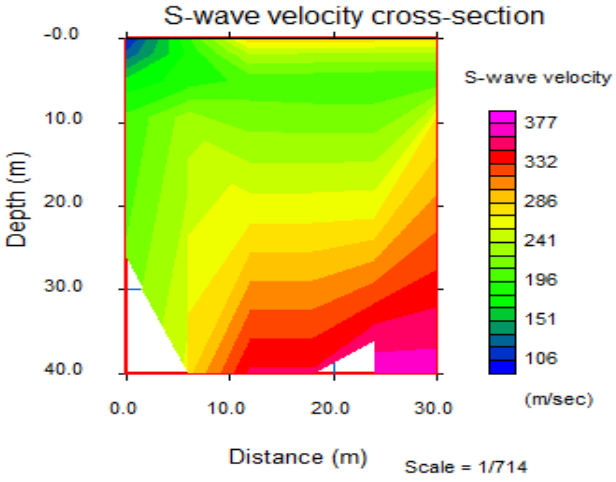
EK 2.14. MASW14 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



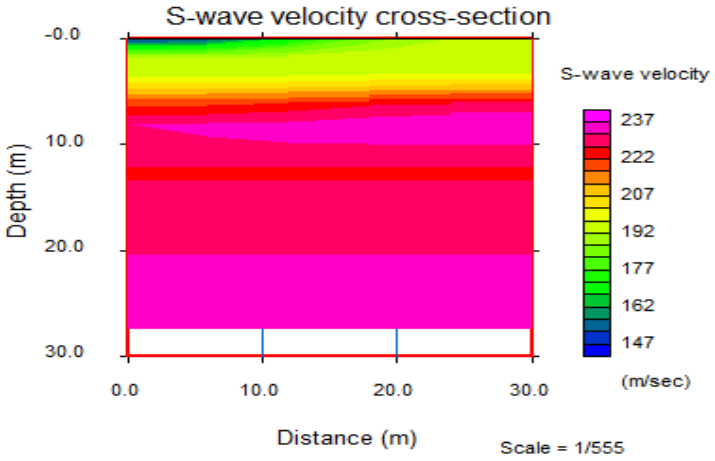
EK 2.15. MASW15 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



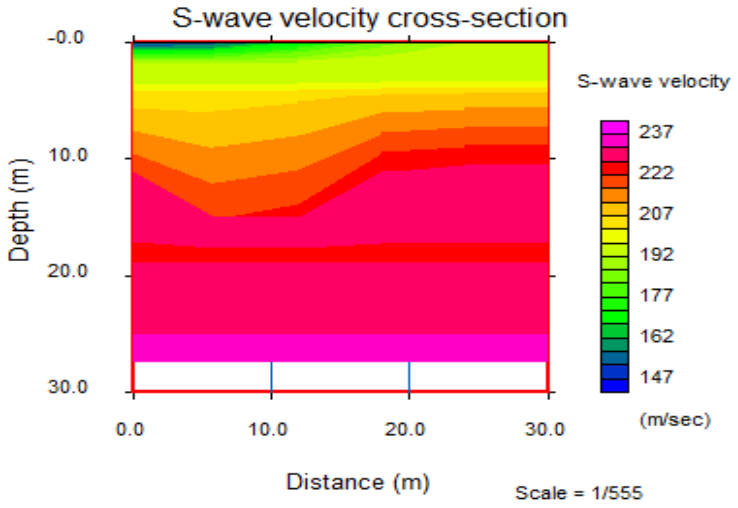
EK 2.16. MASW16 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



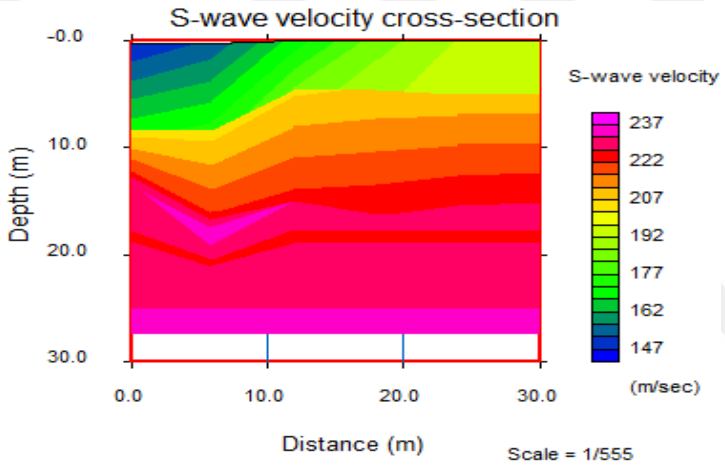
EK 2.17. MASW17 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



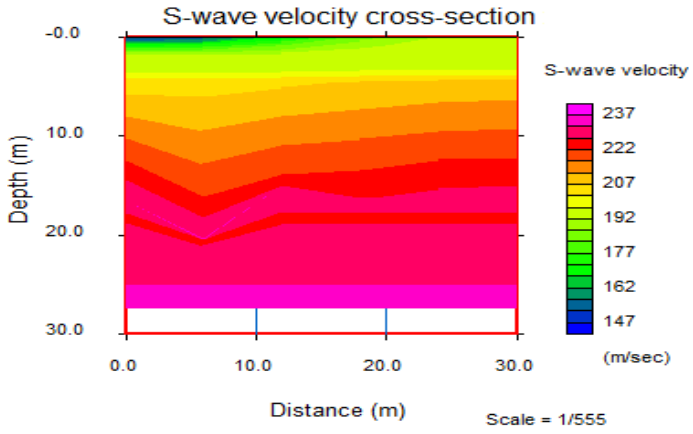
EK 2.18. MASW18 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



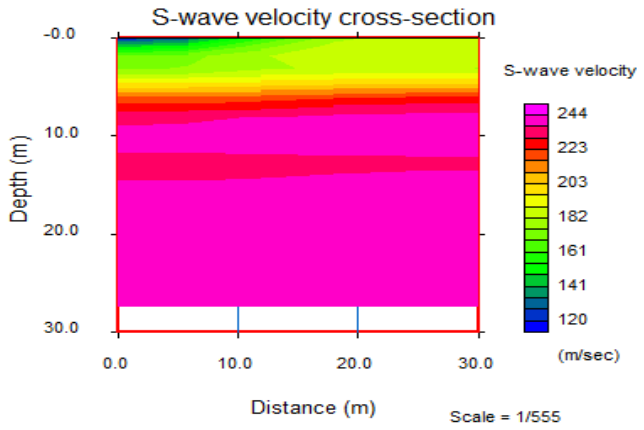
EK 2.19. MASW19 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



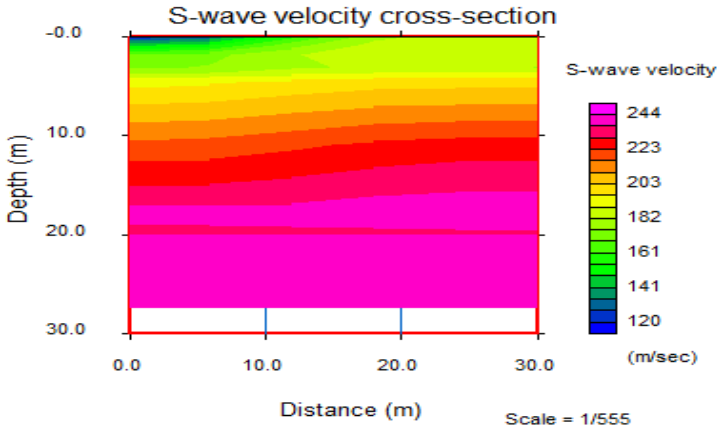
EK 2.20. MASW20 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



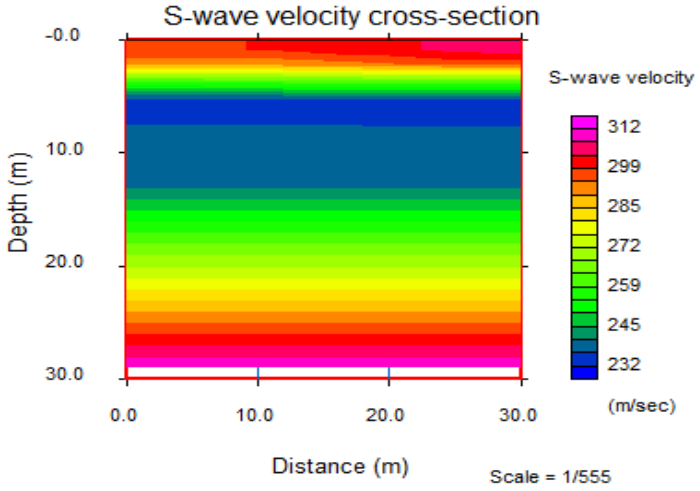
EK 2.21. MASW21 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



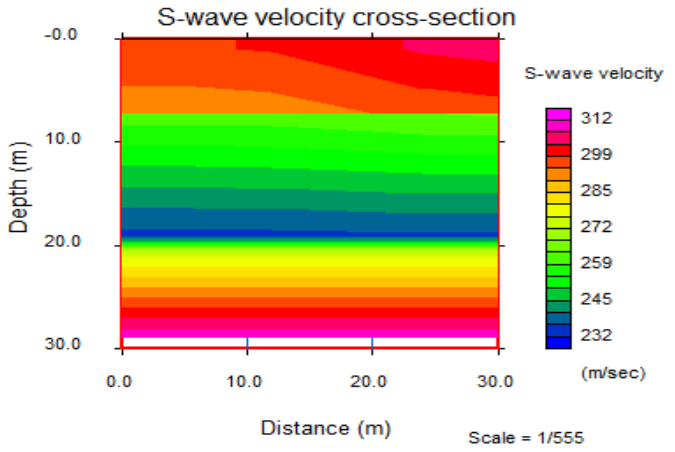
EK 2.22. MASW22 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



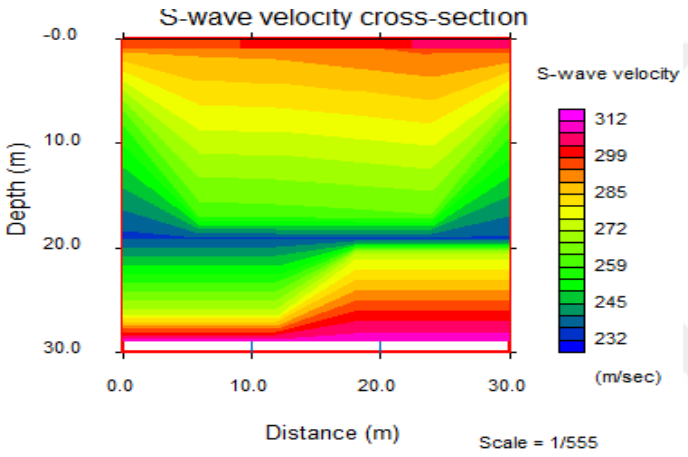
EK 2.23. MASW23 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



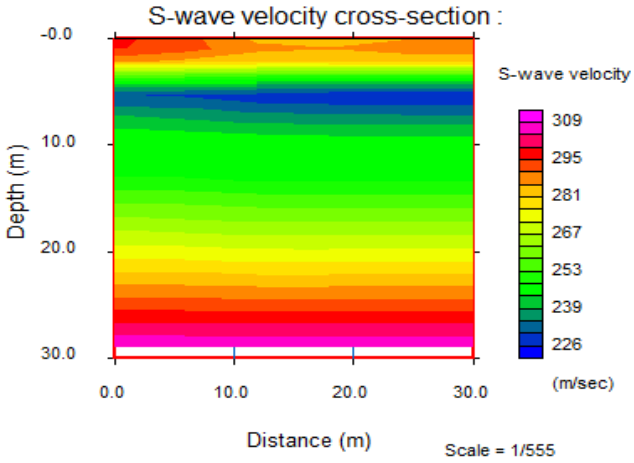
EK 2.24. MASW24 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



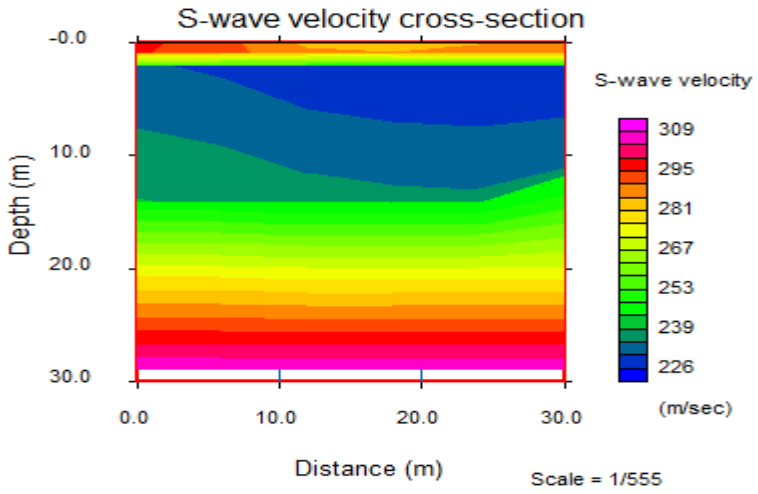
EK 2.25. MASW25 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



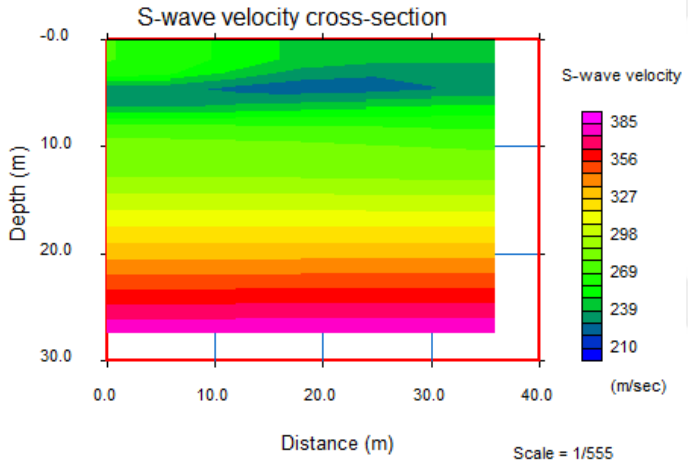
EK 2.26. MASW26 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



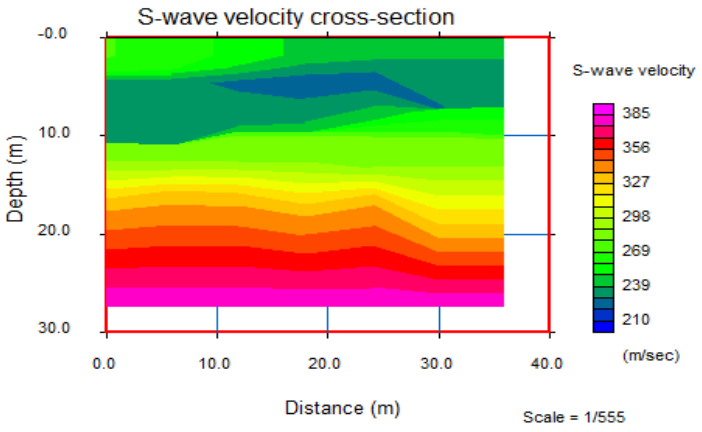
EK 2.27. MASW27 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



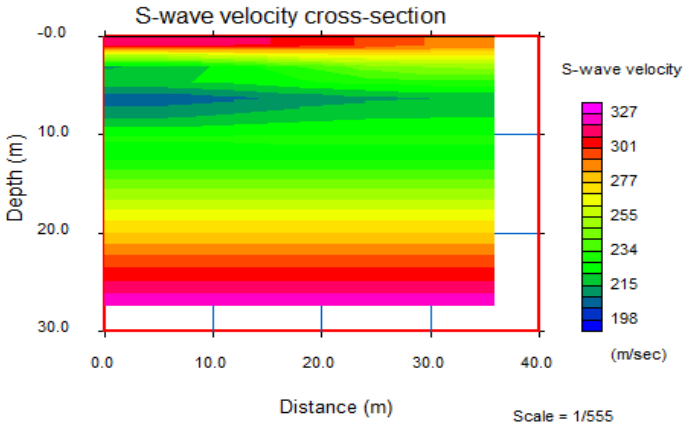
EK 2.28. MASW28 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



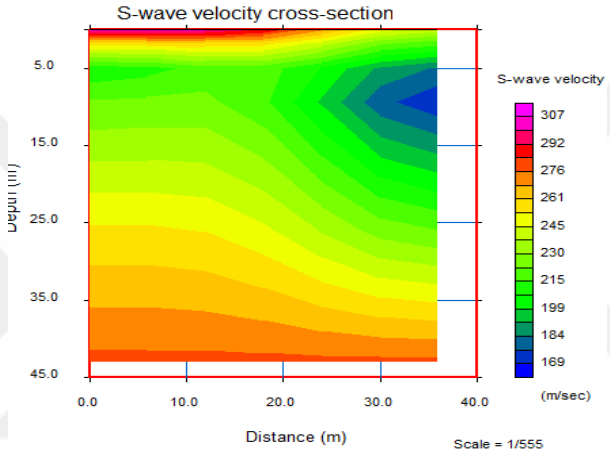
EK 2.29. MASW29 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



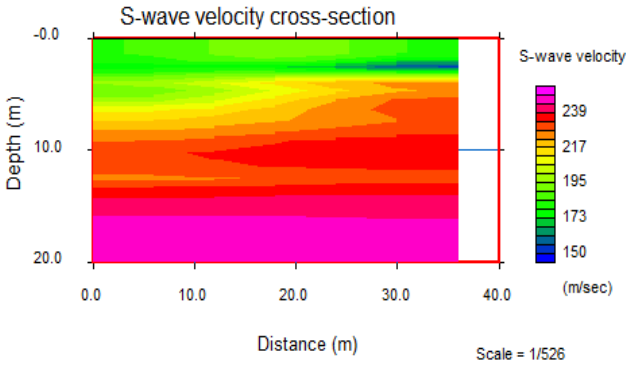
EK 2.30. MASW30 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



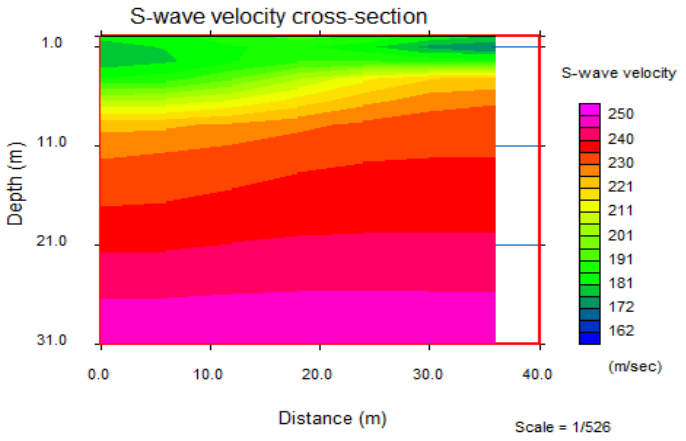
EK 2.31. MASW31 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



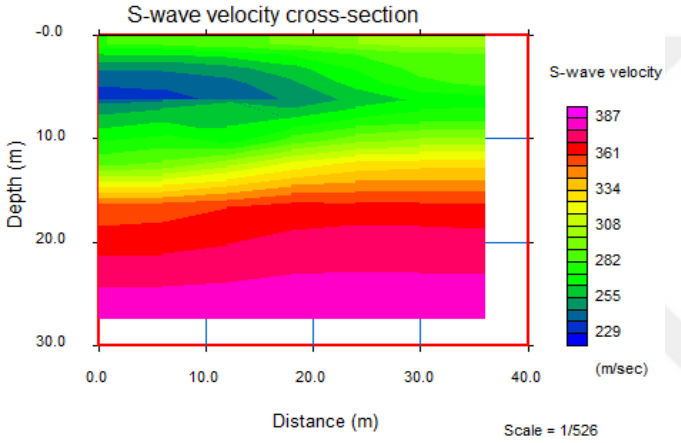
EK 2.32. MASW32 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



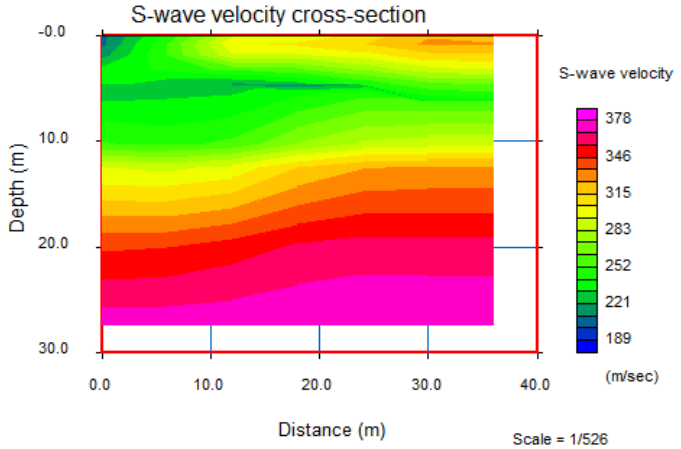
EK 2.33. MASW33 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



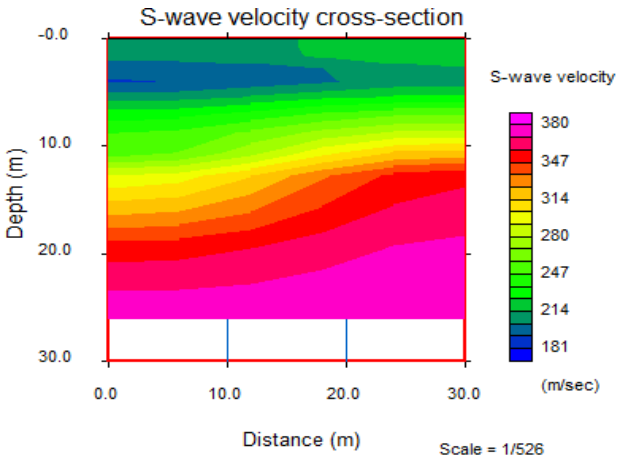
EK 2.34. MASW34 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



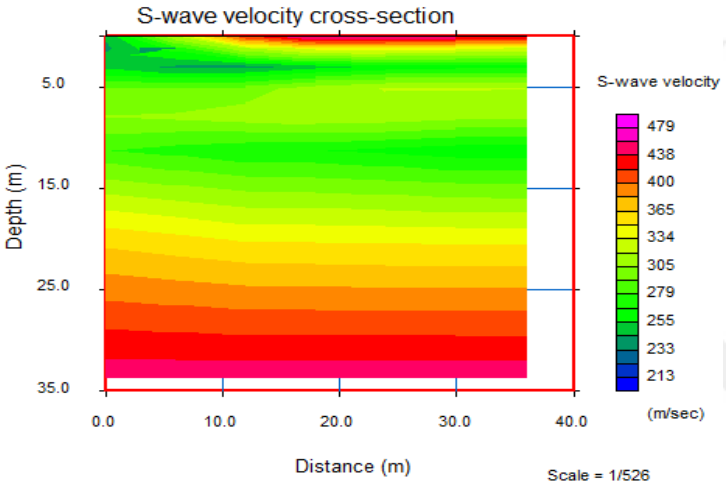
EK 2.35. MASW35 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



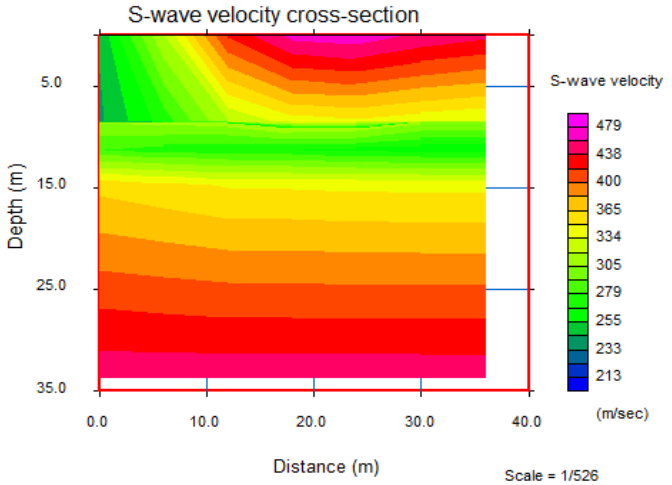
EK 2.36. MASW36 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



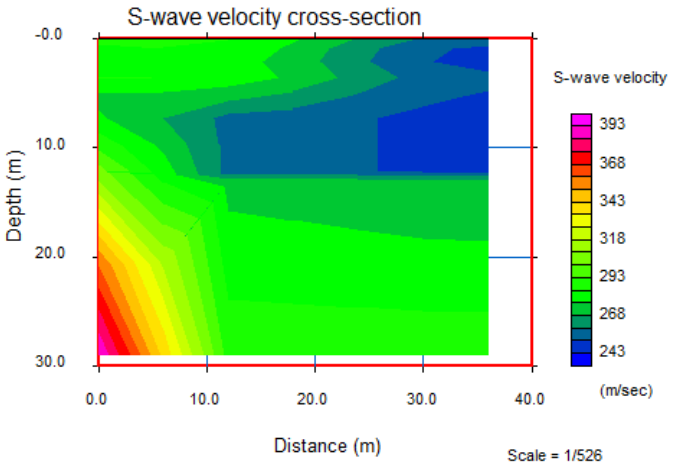
EK 2.37. MASW37 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.



EK 2.38. MASW38 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.

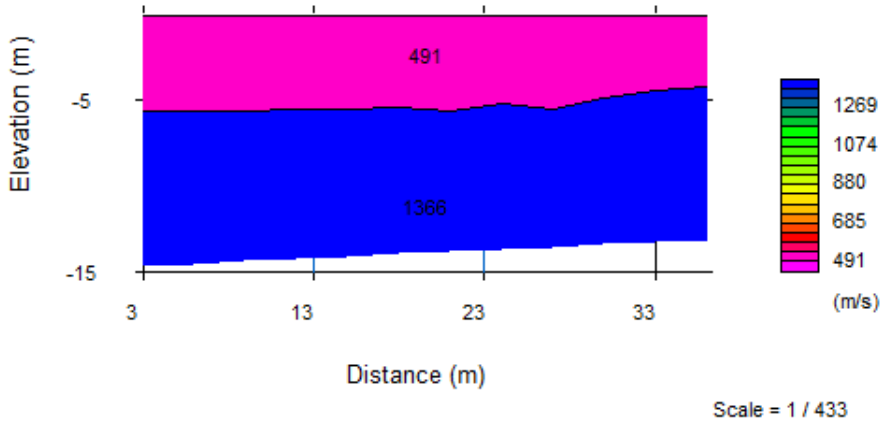


EK 2.39. MASW39 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.

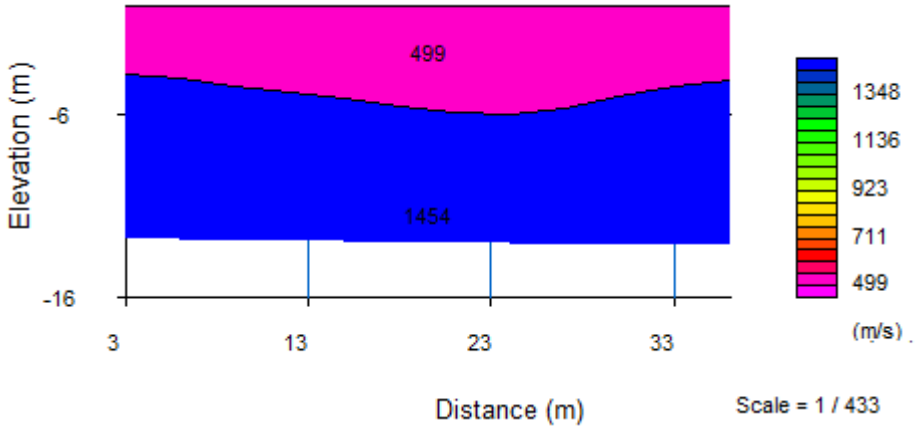


EK 2.40. MASW40 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vs)-derinlik kesiti.

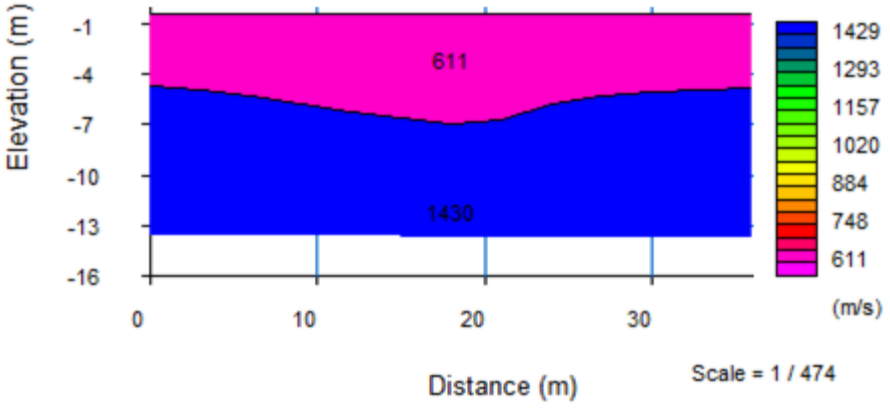
EK 3. MASW verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (V_P)-derinlik kesitleri Sayfa 133'ten başlayıp sayfa 146'ya kadar devam ediyor.



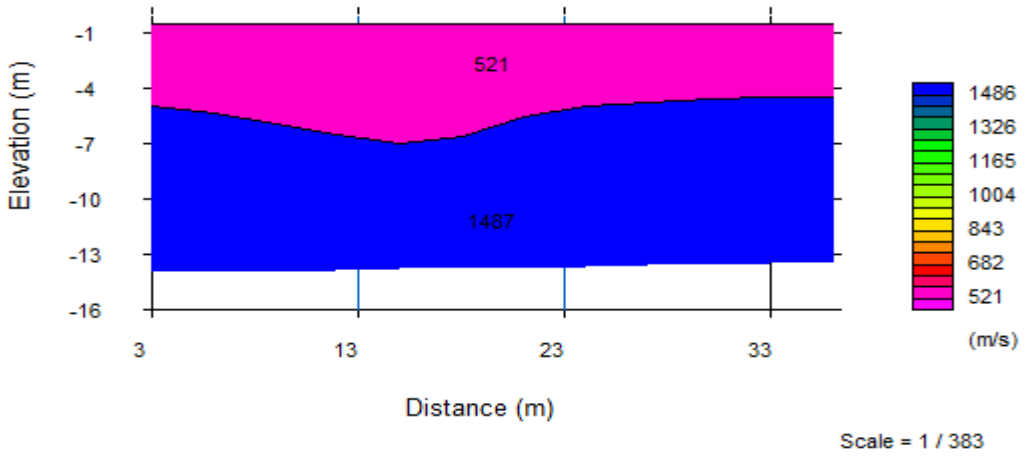
EK 3.1. MASW-1 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



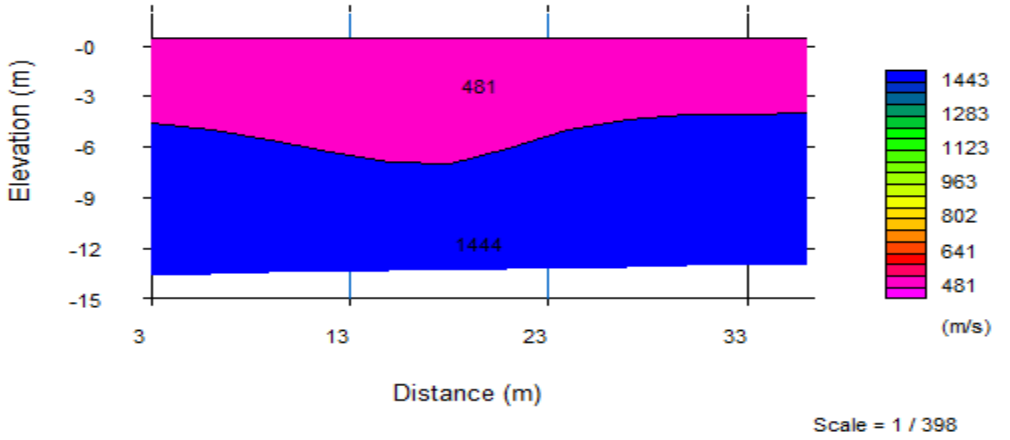
EK 3.2. MASW-2 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



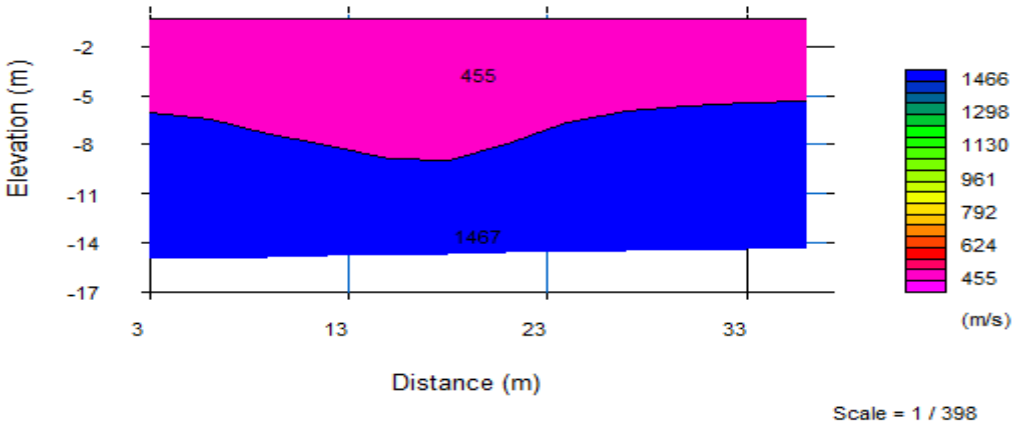
EK 3.3. MASW-3 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti



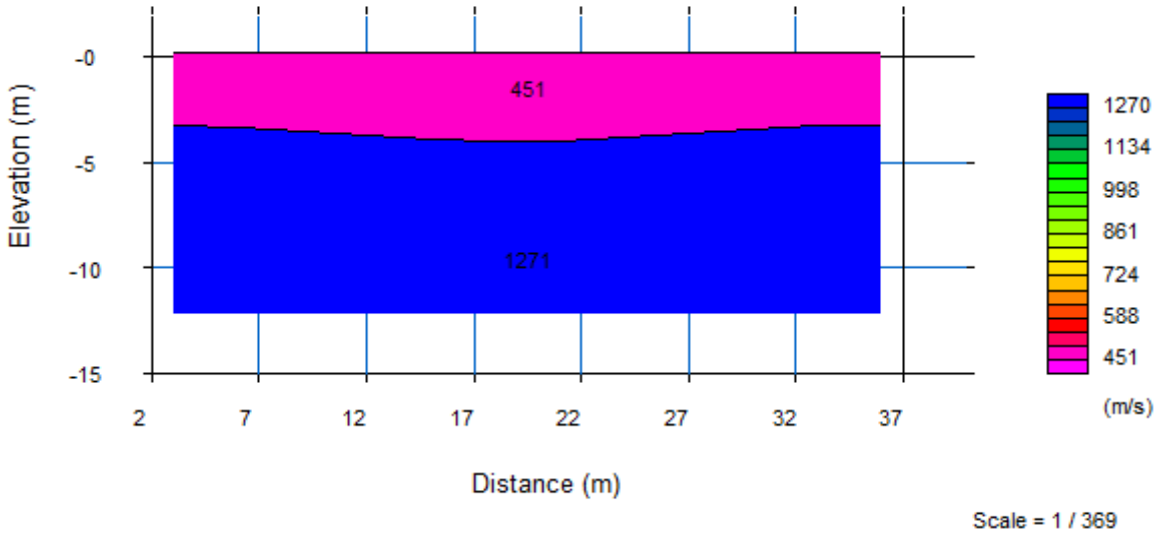
EK 3.4. MASW-4 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



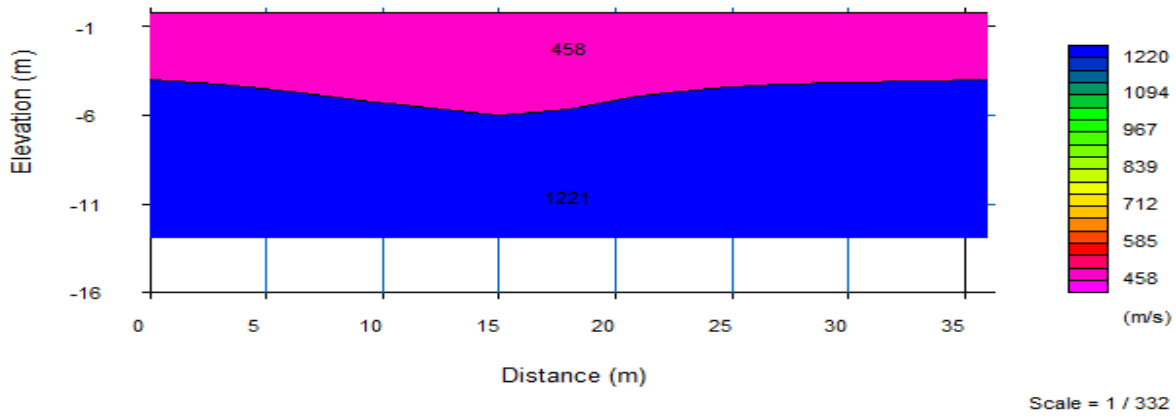
EK 3.5. MASW-5 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



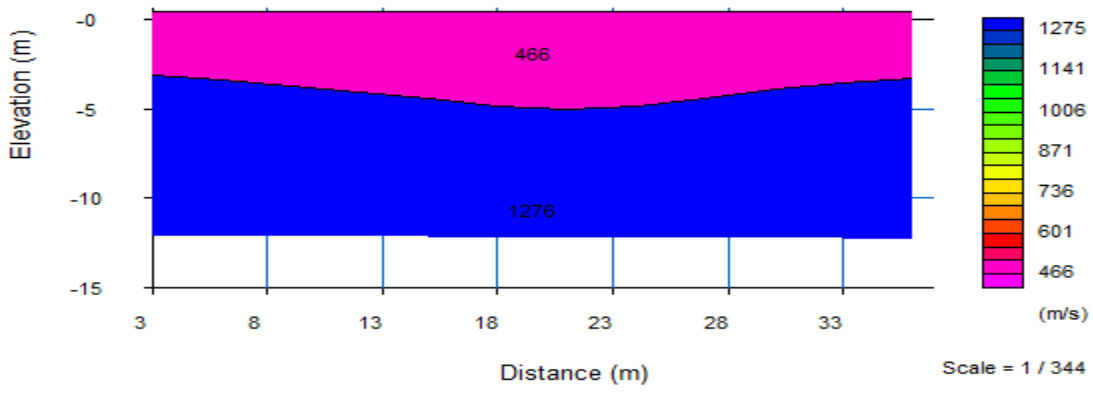
EK 3.6. MASW-6 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti



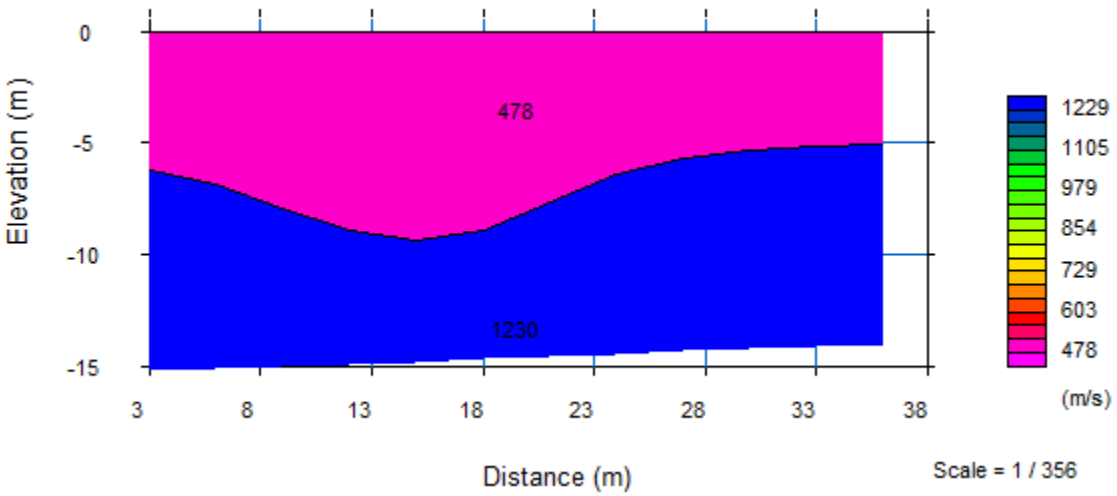
EK 3.7. MASW-7 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



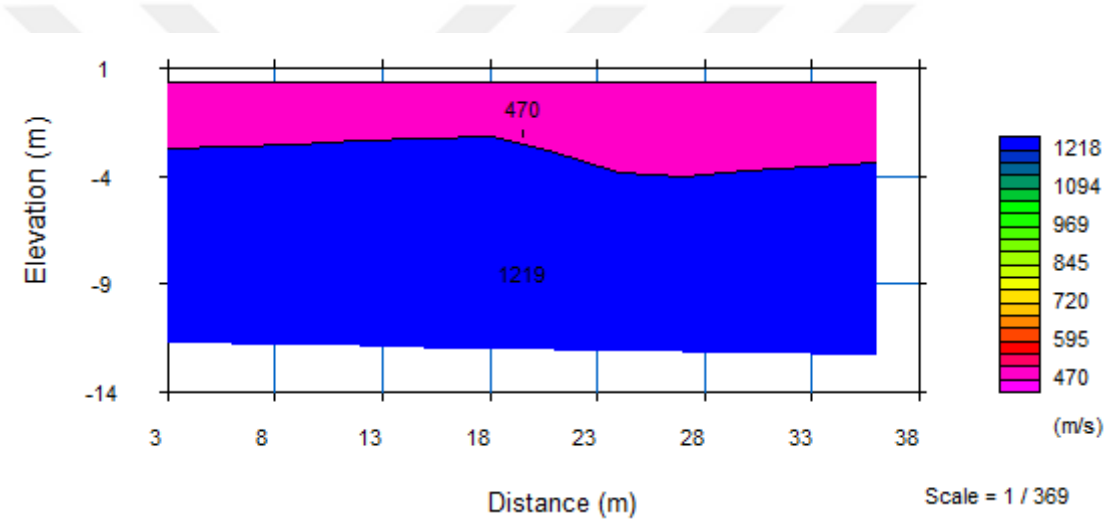
EK 3.8. MASW-8 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



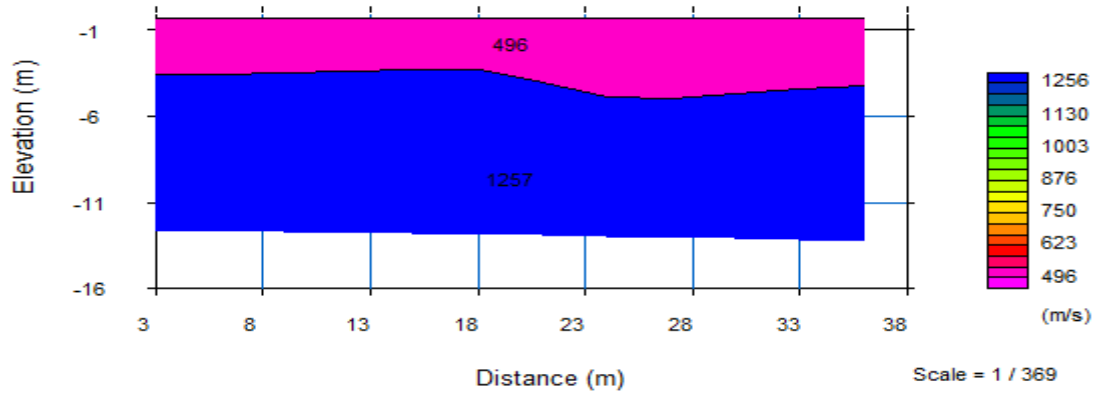
EK 3.9. MASW-9 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



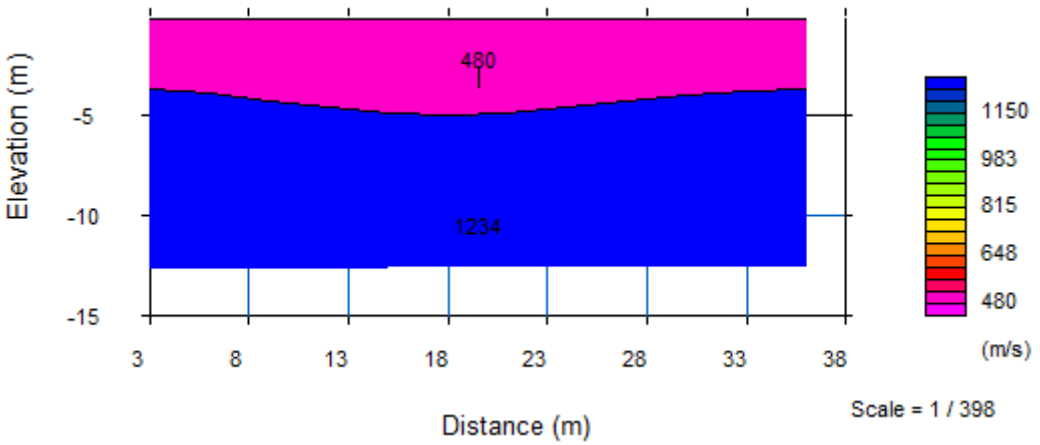
EK 3.10. MASW-10 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



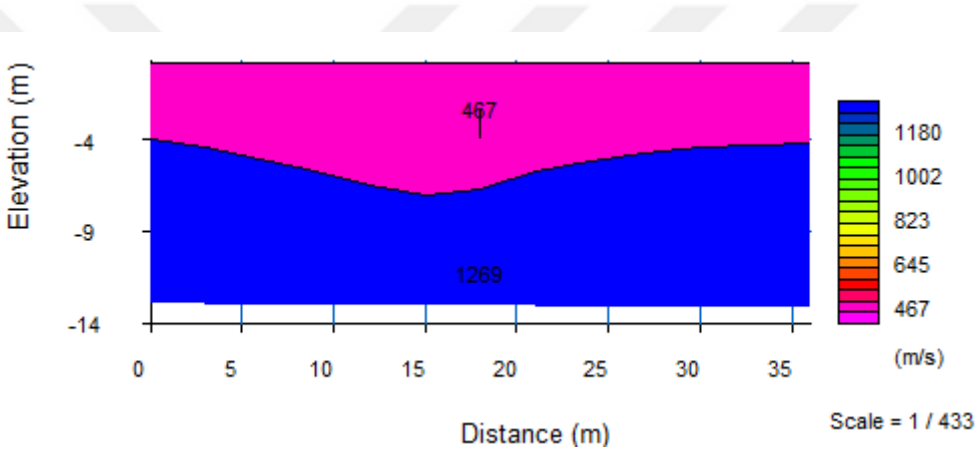
EK 3.11. MASW-11 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



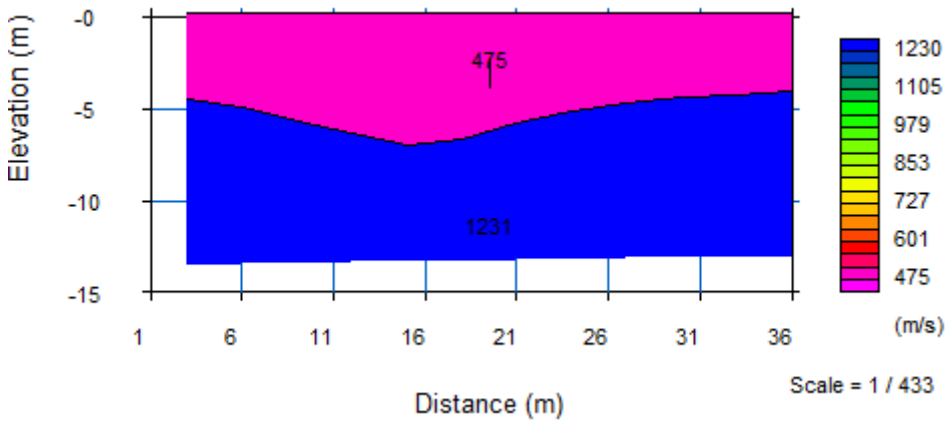
EK 3.12. MASW-12 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



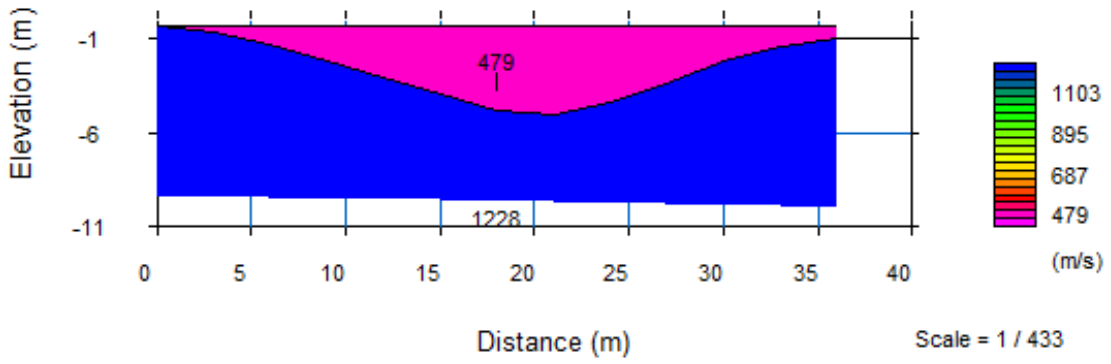
EK 3.13. MASW-13 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



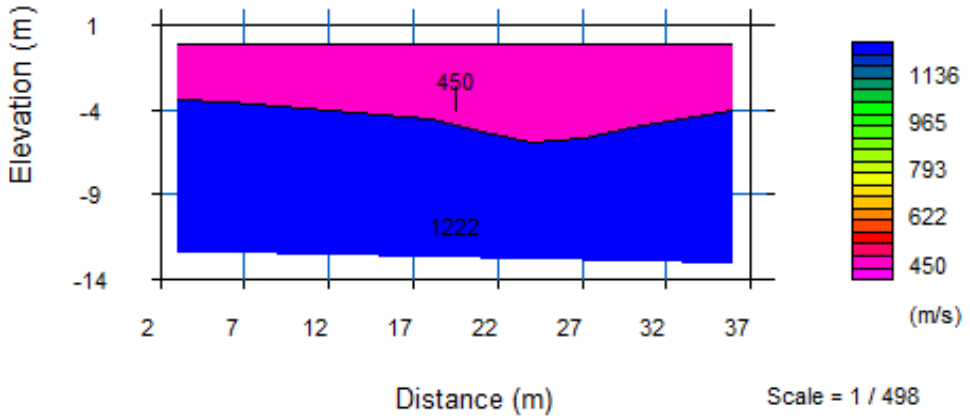
EK 3.14. MASW-14 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



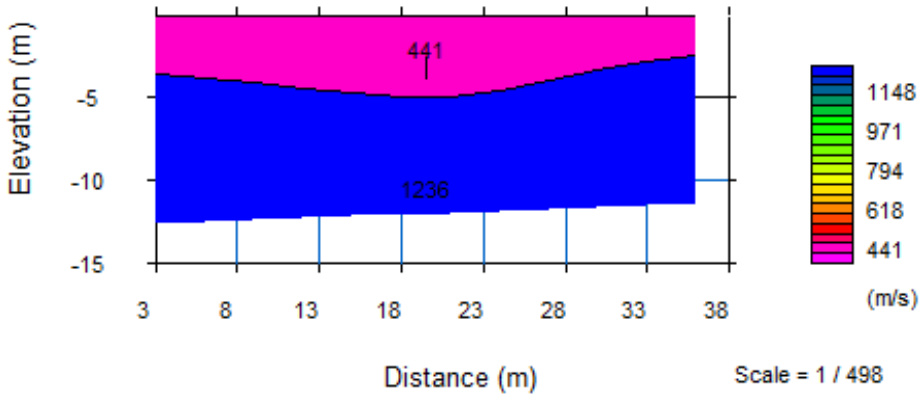
EK 3.15. MASW-15 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



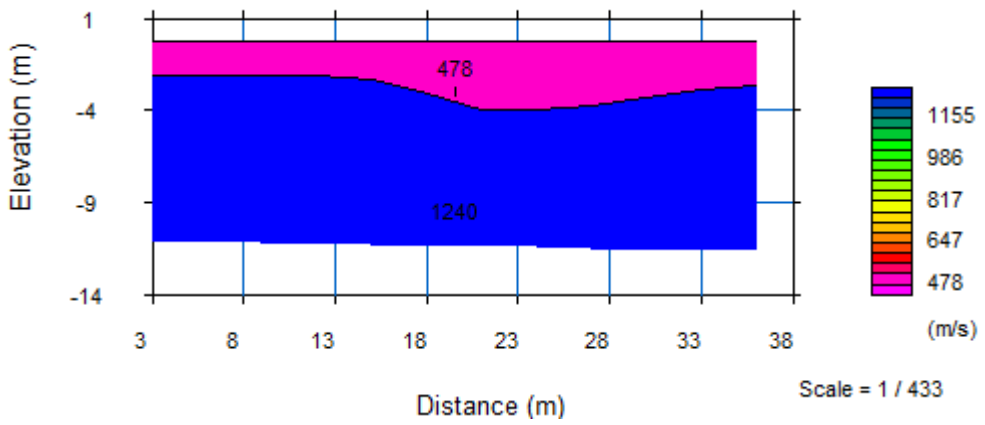
EK 3.16. MASW-16 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



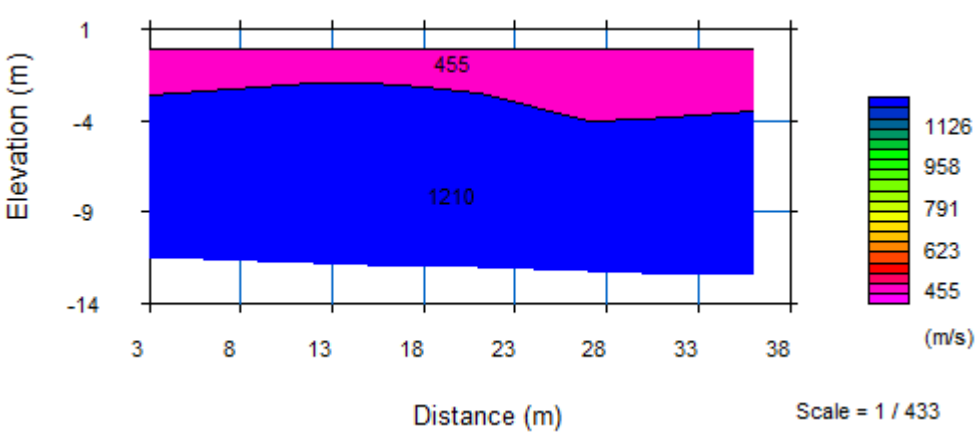
EK 3.17. MASW-17 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



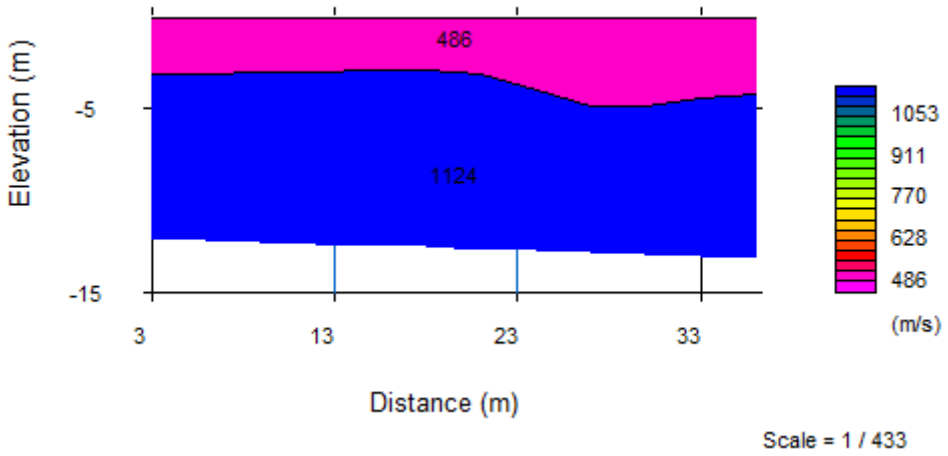
EK 3.18. MASW-18 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



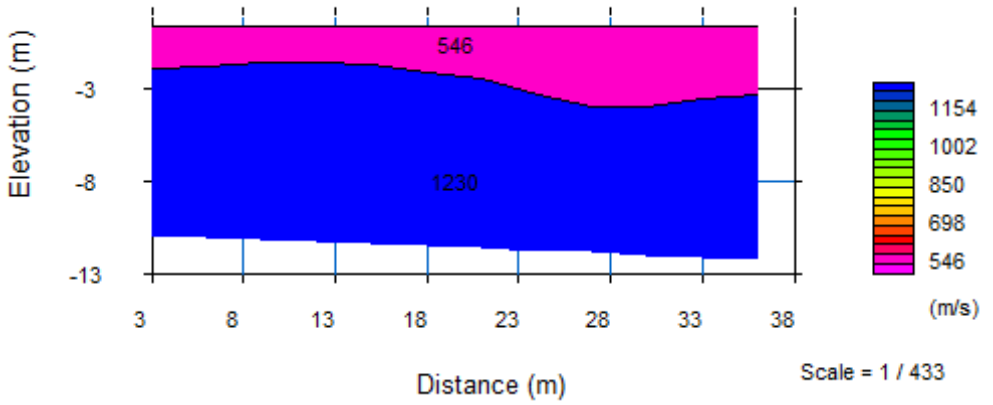
EK 3.19. MASW-19 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



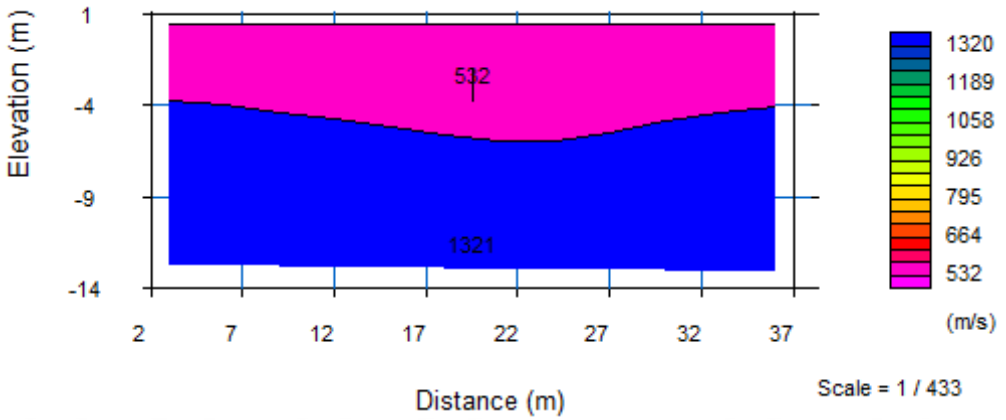
EK 3.20. MASW-20 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



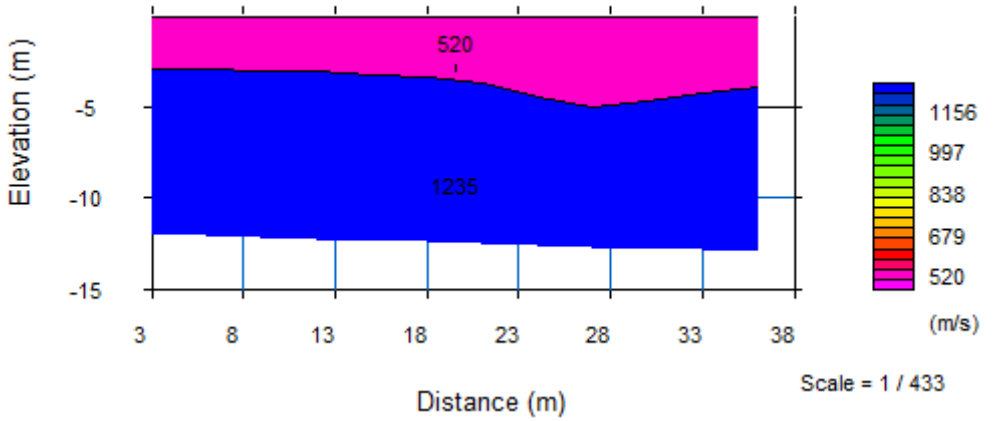
EK 3.21. MASW-21 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



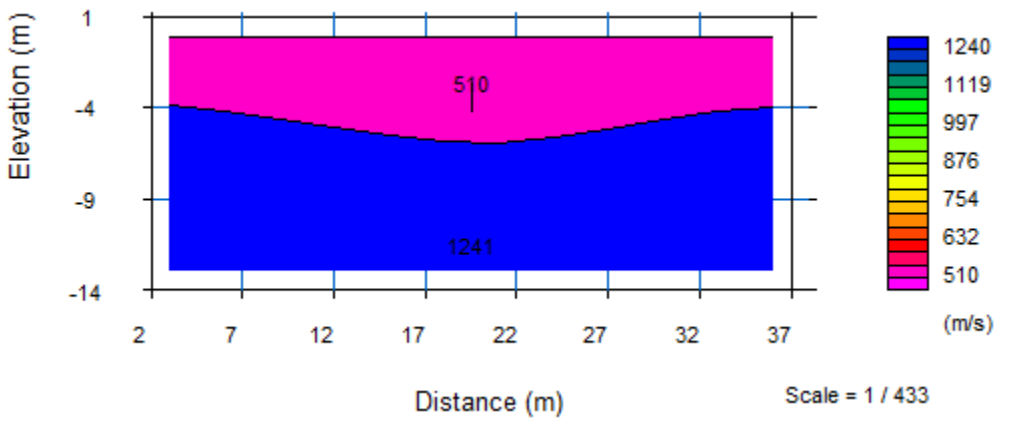
EK 3.22. MASW-22 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



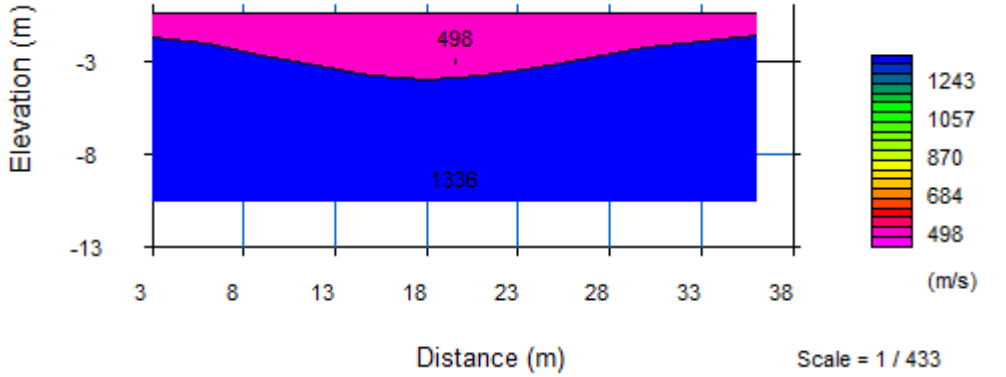
EK 3.23. MASW-23 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



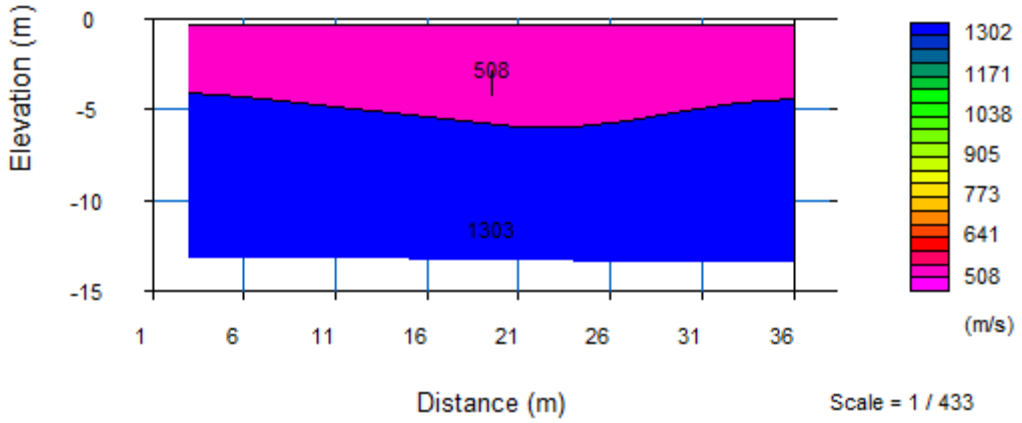
EK 3.24. MASW-1 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



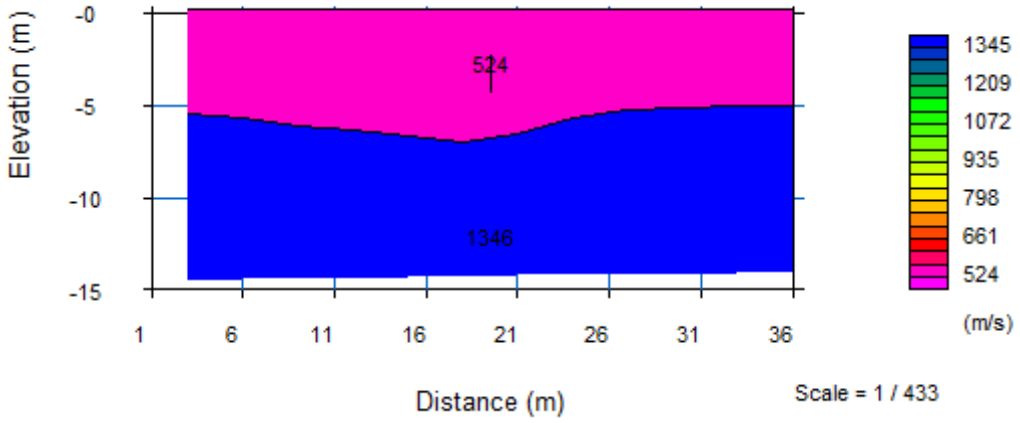
EK 3.25. MASW-25 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



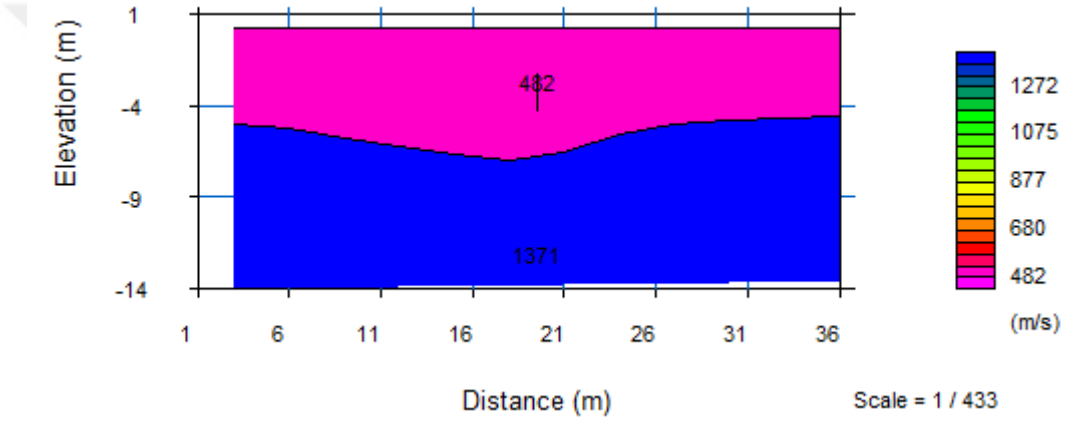
EK 3.26. MASW-26 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



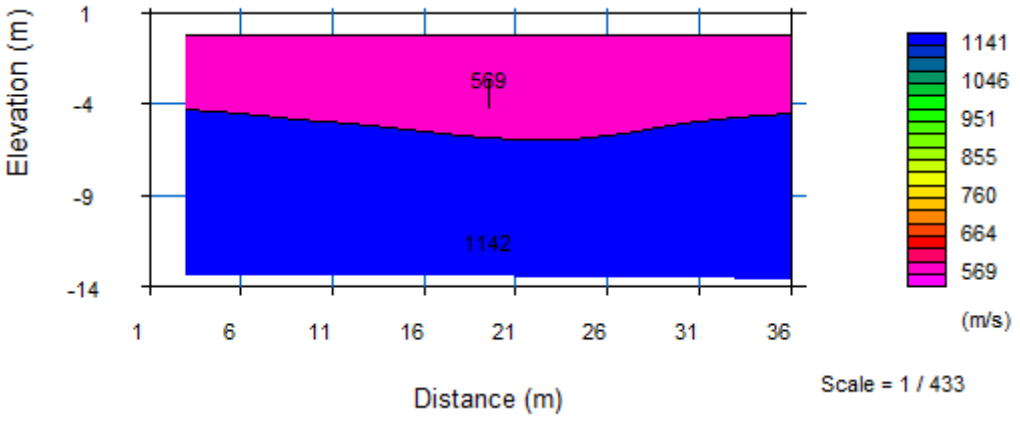
EK 3.27. MASW-27 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



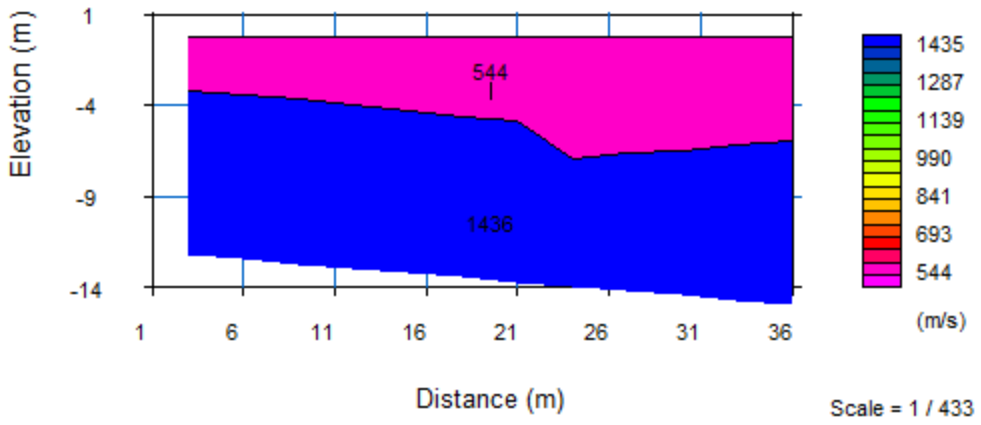
EK 3.28. MASW-28 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



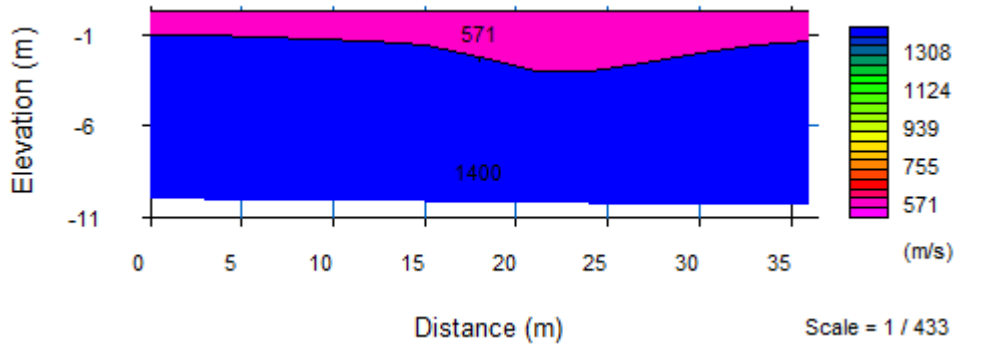
EK 3.29. MASW-1 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



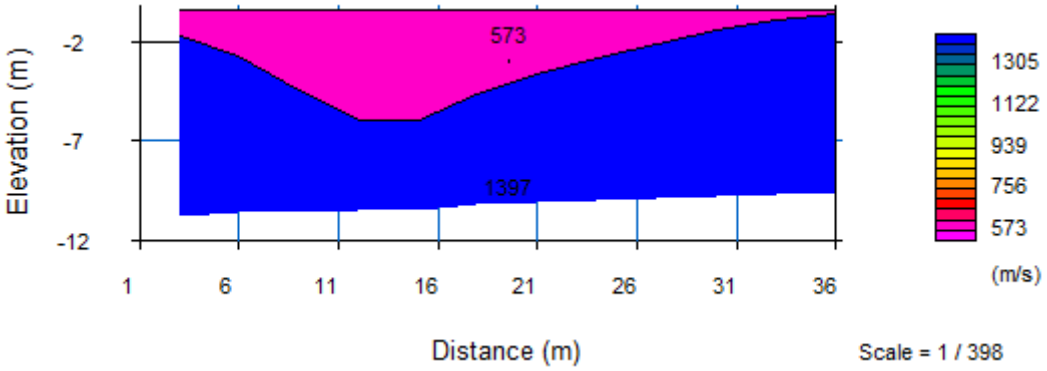
EK 3.30. MASW-30 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



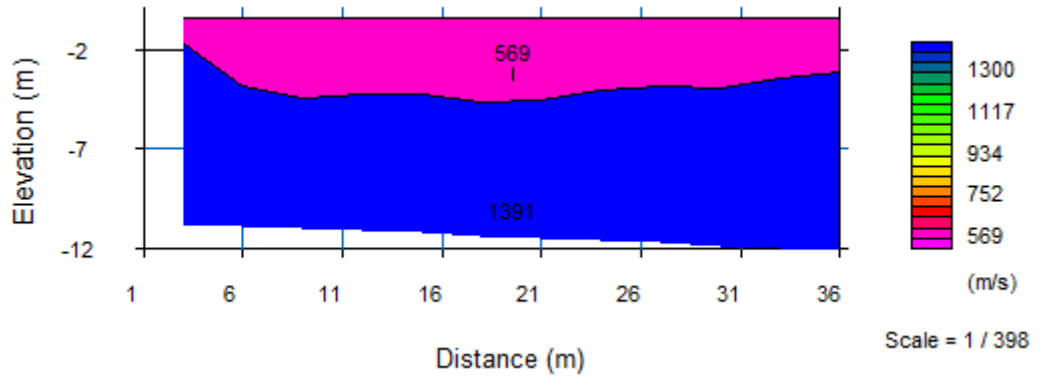
EK 3.31. MASW-31 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



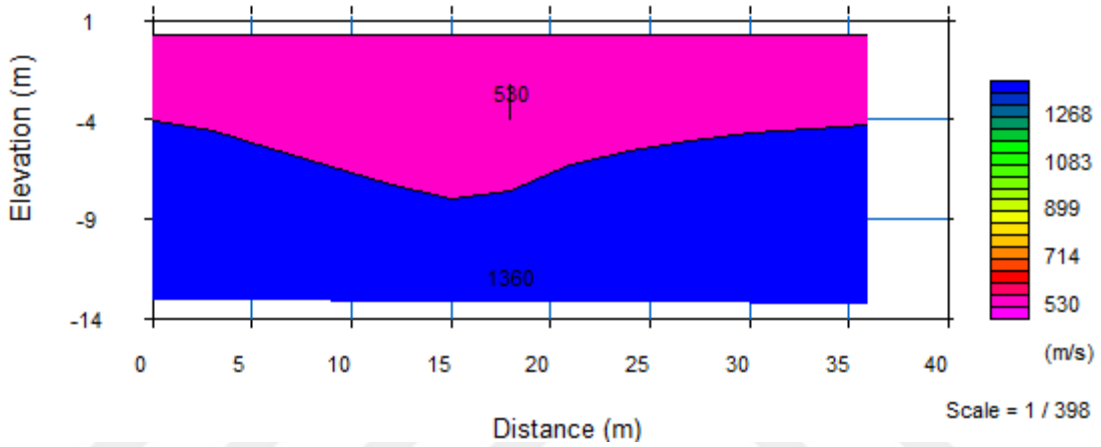
EK 3.32. MASW-32 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



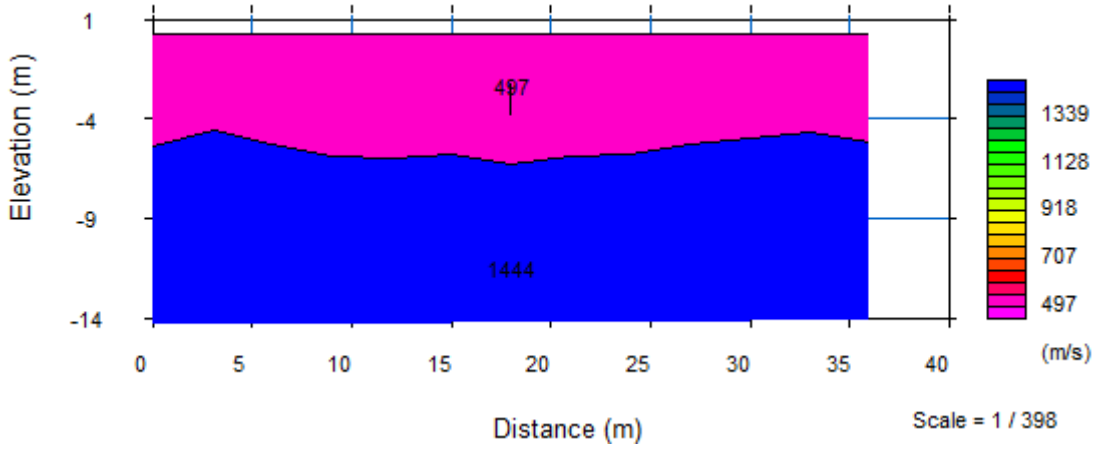
EK 3.33. MASW-33 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



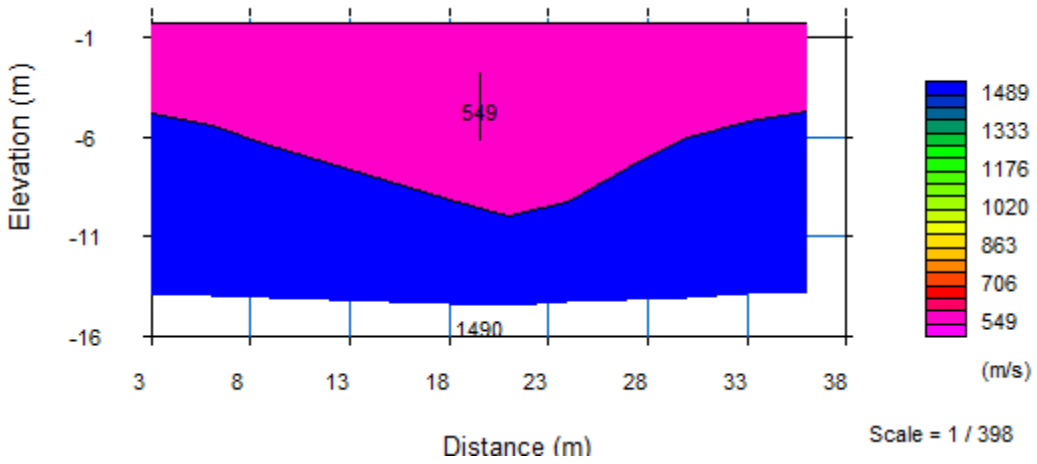
EK 3.34. MASW-34 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



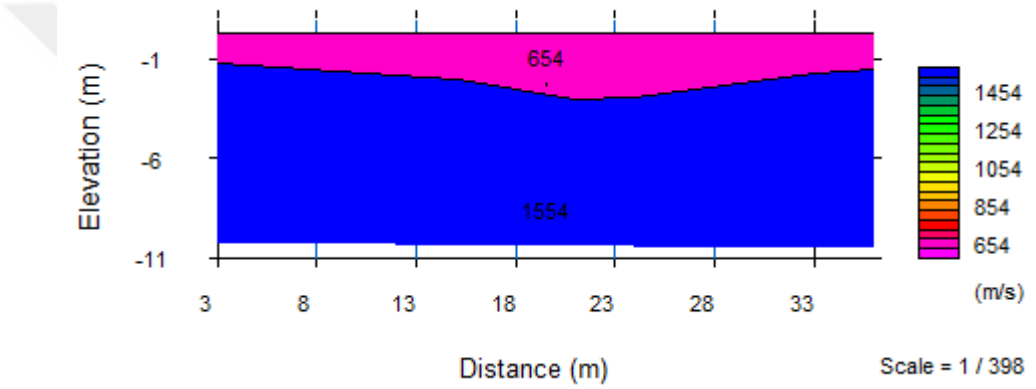
EK 3.35. MASW-35 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



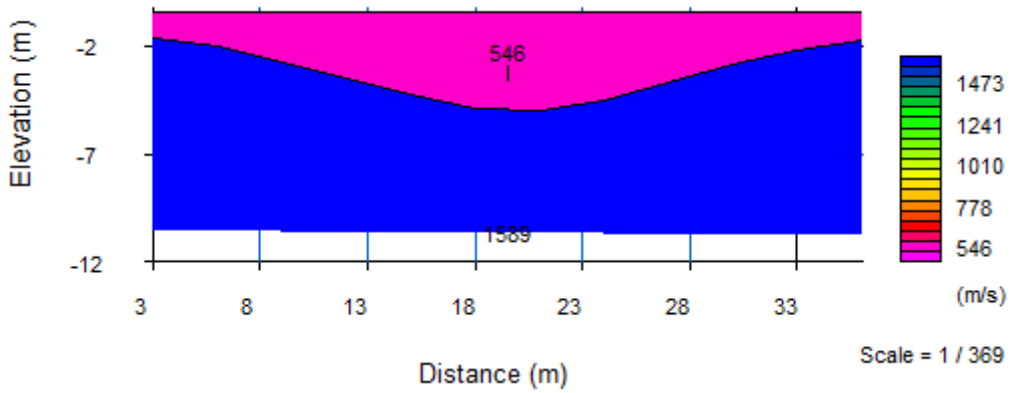
EK 3.36. MASW-36 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



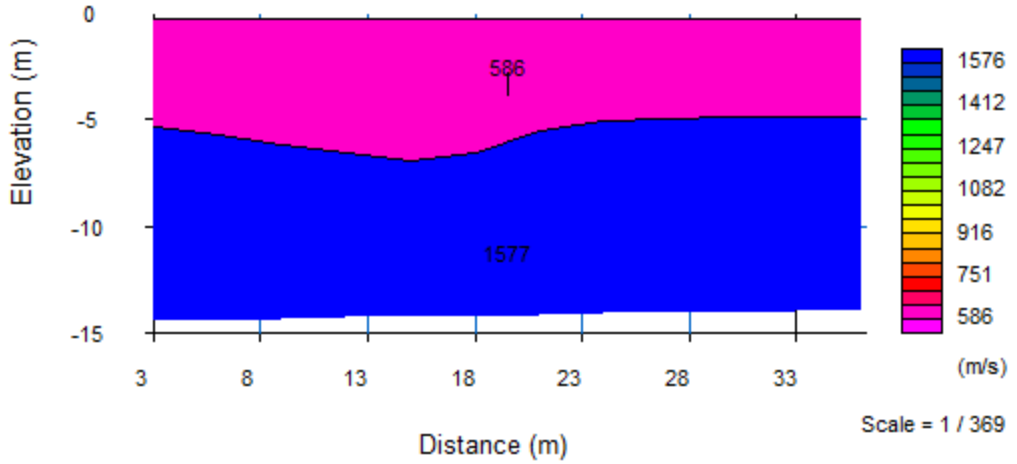
EK 3.37. MASW-37 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



EK 3.38. MASW-38 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



EK 3.39. MASW-39 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



EK 3.40. MASW-40 verileri ters çözümünden hesaplanan 2B sismik hız (Vp)-derinlik kesiti.



ÖZGEÇMİŞ

Kisisel bilgiler

Adı Soyadı	Murat BAYRAMOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi	Çankaya, 08.02.1989
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Hürriyet Caddesi No:100/16 Dikmen/Ankara
E-posta Adresi	muratbayramoglu8@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Ayrancı Lisesi, 2006
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2012
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2016

İş Tecrübesi

Bayramoğlu Mühendislik Ltd.Şti Firma Sahibi - Şirket Müdürü 2013 -

Yayınlar

Hekimhan (Malatya) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi- Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Meriç (Edirne) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ereğli Hafriyat Toprağı Depolama Tesisi Projesine Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Demirkent Beldesi (Erzincan) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ankara İli Muhtelif Yerlerde 7 Adet Yaya Üst Geçiti Yapimina Esas Jeoteknik Etüt İşi Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Düzce İli Merkez İlçesi Eski Sanayi Bölgesi Kentsel Dönüşüm Planına Esas Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Alaca (Çorum) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Akpazar (Tunceli) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Azdavay (Kastamonu) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Konya-Karaman Doğlagaz Boru Hattı Jeolojik-Jeoteknik Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Zonguldak Ereğli İlçesi Orman Vasifli Alanin Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Abana (Kastamonu) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Afyon (Gazligöl) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Baydiğin (Yozgat) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Karahalil (Kırklareli) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Cide (Kastamonu) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Akyazı-Dokurcun (Sakarya) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ziraat Bankası Çankaya Fidanlık Mah.(Ankara) 1053 Ada 2 Parsel Zemin Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ağlı (Kastamonu) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Çaybaşı (Ordu) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Teiaş 8.Bölge 154 Kv Akköprü Trafo Merkezi Zemin Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Erzurum İli Oltu Ve Tortum İlçelerinde İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Erzurum İli Köprüköy İlçesi İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Afşin (Kahramanmaraş) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Altunhisar (Niğde) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ekinözü (Kahramanmaraş) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Yalnızbağ (Erzincan) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

İzmir Körfez Geçişi Ve Bağlantıları Doğal Yaşam Adasina İlişkin Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Boğsak Turizm Merkezi İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ören (Giresun) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Palu (Elazığ) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Kıyıköy (Kırklareli) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Balıköy (Kütahya) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ankara İli Sincan İlçesi Çiçektepe Mah. İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ankara İli Sincan İlçesi Yenipeçenek Mah. İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Bursa İli Yenişehir İlçesi Mikrobölgeleme Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Muş Malazgirt Milli Park İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Kıyıköy (Kırklareli) İlave İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Eskigediz (Kütahya) Koruma Amaçli İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Taşlıçay (Ağrı) İlçesi İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Konya-Karaman Doğalgaz Boru Hatti Güzergah Belirlenmesi Ve Jeoteknik Sorun Çözüm İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Samsun Çarşamba Şeker Fabrikası İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Samsun Bafra Tekel Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Samsun Merkez Maliye Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Amasya Gümüşhacıköy Tekel Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Kastamonu Taşköprü Tekel Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Kastamonu Hanönü Tekel Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Malatya Yeşilyurt Teiaş Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Hatay Hassa Tekel Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Antalya Mahmutlar Maliye Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Antalya Kargıcak Maliye Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.