

# MADEN SAHALARINDA KURULAN DEFORMASYON AĞLARININ İZLENMESİ

**Veysel ATASOY**  
**Haluk KONAK**  
**Ergün ÖZTÜRK**

## ÖZET

Yeraltında cevher çıkarılması sonucunda; yeryüzünde oluşacak çökme ve kayma gibi yüzey hareketlerinin jeodezik yöntemlerle düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir. Bu durumda kurulan maden ocaklarının çevresindeki yerleşim durumu, su tutma koşulları, yer altı ve yer üstü su kaynakları ile topoğrafik - jeolojik yapısı, beklenen yüzey hareketleri üzerinde etkili olabilen önemli parametrelerdir.

Bu bildiri; gerçek bir maden sahası için tasarlanan ve başlangıç periyodunda ölçme planı ve ölçü duyarlılıkları yönünden en uygun duruma getirilmiş olan bir deformasyon izleme ağı, sayısal uygulama modeli olarak seçilmiştir. Ele alınan bu ağ için, çevre koşulları da dikkate alınarak uygun bir analitik deformasyon izleme modeli kurularak; olası hareketlerin yerleri, büyüklükleri ve yönleri saptanmıştır. Son adımda; hareket yüzeylerinin davranışları dikkate alınarak, ilgili yer bilimleri disiplinleri ile ortaklaşa çalışmalar yapılması gereği vurgulanmaktadır.

## GİRİŞ

Barajlar, tüneller, büyük sanayi yapıları ve maden ocakları gibi temel mühendislik yatırımlarına yönelik deformasyon ağları, kendilerinden beklenen işlevleri karşılayacak şekilde kururlar ve bu amaçla da geliştirilip iyileştirilirler. Öte yandan, söz konusu deformasyon ağlarında düzenli aralıklarla deformasyon ölçüleri yapılarak, beklenen yüzey hareketlerinin yerleri, büyüklükleri ve yönleri saptanır. Bu durumun bir sonucu olarak, mühendislik yapıları ve çevresinde; gerek yapım öncesi, gerek yapım sırası ve gerekse yapım sonrasında alınması gereken mühendislik önlemleri için sağlıklı ve güvenilir kararlara varılabilir. Tüm bu ölçme, değerlendirme ve karar verme sürecinde, ilgili mühendislik disiplinleriyle de birlikte ortaklaşa hareket edilir.

Bir deformasyon izleme ağı, düzenli aralıklarla yinelenen deformasyon ölçülerinden yararlanılarak ayrı ayrı değerlendirilir. Bu değerlendirme sürecinde; bir başlangıç zamanı temel alınarak, beklenen hareketlerin büyüklükleri ve yönleri saptanır. Bu amaçla, tüm değerlendirme işlemlerinde başlangıç zamanındaki konum bilgilerine dayanılır.

Öte yandan,  $t_1$  kez farklı periyotta değerlendirilen bir deformasyon izleme ağında; geçen zaman dilimi içerisinde konum bilgilerine ilişkin duyarlık ve güven ölçütleri yönünden birbiriyle uyumlu olup olmadıkları istatistiksel anlamda test edilir. Elde edilen sonuçlara göre deformasyon izleme ağının matematik-istatistik özellikleri saptanır. Bu durumda, ağın yapısına uygun ve yeterli olan bir deformasyon izleme modeli kurulur ve dayanak (referans, sabit) alınabilecek noktalar kümesi datumunda olmak üzere yüzey hareketleri belirlenir.

Bu bildiriye; maden sahaları ve çevrelerinde beklenen yüzey hareketlerinin jeodezik yöntemlerle izlenebilmesi amacıyla kurulan bir deformasyon izleme ağı, sayısal izleme modeli olarak seçilmiştir. Başlangıç ölçümleri sırasında, ölçme planı ve ölçü duyarlıkları yönünden en uygun duruma getirilen bir ağda, deformasyon ölçüleri dört kez daha yinelenmiştir. Oluşturulan deformasyon ağının yapısına uygun bir deformasyon izleme modeli kurularak, beklenen yüzey hareketlerinin saptanmasına çalışılmıştır. Son adımda, hareket yüzeyinin davranışlarından yola çıkılarak ilgili yer bilimlari disiplinleri ile ortaklaşa çalışmalar yapılması gereği vurgulanmıştır.

## UYGULAMA

Yeraltından cevher çıkarılması sonucunda, ortaya çıkması beklenen çökme yada kayma gibi yüzey hareketlerinin jeodezik yöntemlerle izlenebilmesi amacıyla kurulan gerçek bir deformasyon ağı, bu çalışmada sayısal uygulama modeli olarak seçilmiştir.

İşletmesi sürmekte olan söz konusu maden ocağında açılan galeriler, işlevlerini tamamladıktan sonra özel bir dolgu malzemesi kullanılarak uygun tekniklerle doldurulmaktadır. Bu durumun doğal bir sonucu olarak, maden sahası çevresinde yerleşim koşullarını tehlikeye sokmayacak derecede de olsa belli miktarlarda hareket beklenmektedir. Bu amaçla maden sahası ve çevresinde gerçekleştirilen jeofizik ve jeolojik ön çalışmalar sonucunda; özellikle cevher damarları boyunca on yılda 12 cm'lik bir çökme olacağı tahmin edilmektedir. Düşey hareketin yer yüzeyine etkisi dikkate alınarak, maden sahası merkezden dışarıya doğru dört hareket kuşağına bölünmüştür. Yatay hareket miktarının pek fazla önemsenmediği bu çalışmada, maden sahasının dış kuşağında hemen hemen hiç hareket beklenmemektedir (şekil -1).

Değişken topografik yapı ve yoğun bitki örtüsü nedeniyle teorik beklentilere uygun bir jeodezik ağ oluşturulmasının zor olduğu bu bölgede tasarlanan deformasyon izleme ağın, 150 - 400 m kenar uzunluklu 17 deformasyon izleme (obje) noktası bulunmaktadır. Kontrol noktaları olarak da maden sahasını karşı tepe ve yamaçlarda görebilen altı adet noktadan seçilmiştir. Sözü edilen tüm noktalardan 21 tanesi özel olarak inşa edilmiş pilye biçiminde olmak üzere zeminde kalıcı bir şekilde işaretlenmişlerdir. Deformasyon izleme noktaları, özellikle yerel yüzey hareketlerinden etkilenmeyecek yerlerde seçilmiştir /1/.

**Deformasyon İzleme Ağının Ölçme Planı ve Ölçü Duyarlıkları:** Bu ağda başlangıç periyodu için 160 yatay doğrultu, 18 düşey açı, 78 eğik uzunluk ve 78

yükseklik farkından oluşan bir ölçme planı taslağı düzenlenmiştir. Gerçekleştirilen bir ağırlık optimizasyonu sonucunda, aynı zamanda ölçme planı da iyileştirilmiştir /3/. Ulaşılan sonuçlar irdelendiğinde:

- Birinci dereceden hareket beklenen 110, 111 ve 112 numaralı deformasyon izleme noktaları ile ikinci dereceden hareket beklenen 105, 106 ve 107 numaralı deformasyon izleme noktalarında; konuma ve doğrultuya bağlı duyarlık istekleri yeterlidir.

- Sorunlu bir geometrik yapısı olmasına karşın, ulaşılan sonuçlar kısa kenarlı izleme noktalarından oluşan bir deformasyon ağı için yeterli düzeydedir.

- Bunun yanı sıra, kullanılması öngörülen ölçme araçlarına ilişkin doğruluklar da, bu istekleri daha iyi bir düzeyde karşılayacak niteliktedir.

Sonuç olarak; birim ölçüsünün ortalama hatasının öncül değerinin  $m_0 = \pm 3^{cc}$  olarak belirlendiği bu ağda, eğik uzunlukların duyarlığı  $m_d = 5 \text{ mm} + 3 \text{ mm} * S_{km}$ , düşey açıların duyarlığı  $m_1^2 = \pm 3.5^{cc}$  ve yükseklik farklarının duyarlığı da  $m_{\Delta h} = \pm 1 \text{ mm} \sqrt{S}$  km olarak hesaplanmıştır. Bu koşullar altında iyileştirilmiş ölçme planı da, 115 yatay doğrultu, 7 düşey açı, 56 eğik uzunluk ve 61 yükseklik farkı bulunmaktadır /4/.

Günümüz çağdaş jeodezik alet ve donanımın kullanıldığı bu ağda, bir periyoda ilişkin ölçü işlemi ortalama bir haftalık sürede tamamlanabilmektedir. Bu kısa süre, deformasyon modellendirmesine olumlu etki yaptığı gibi, maden işletmesi çalışmalarını aksatmamaktadır.

**Deformasyon Ölçülerinin Topluca Değerlendirilmesi:** Ağın ilk konumunun belirlenmesi amacıyla yapılan to başlangıç ölçüleri ile  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  ve  $t_4$  zamanındaki kontrol amaçlı ölçüler, ayrı ayrı serbest bir datumda değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme işleminde,  $t_0$  başlangıç zamanı ölçülerinin belirlediği serbest datumda elde edilen konum bilgileri kullanılmıştır. Dengeleme sonucunda nokta konum duyarlıkları  $\pm 3 \text{ mm}$  civarındadır. Bu koordinat bilgileri ile noktalarda oluşabilecek  $\pm 5 \text{ mm}$  lik yer değiştirmeler belirlenebilmektedir.

Dengeleme sonuçları irdelendiğinde; tüm periyotlarda, deformasyon izleme açısından beklenen hata, duyarlık ve güven ölçütlerinin birbirleriyle uyumlu oldukları; bu kapsamda olmak üzere, deformasyon izleme ağına ilişkin konum bilgilerinde duyarlık ve güven ölçütleri yönünden birbirleriyle aynı oldukları istatistiksel olarak görülmüştür. Bu tanımla ile tüm periyotlardaki konum bilgileri ve duyarlıkları univaryat özelliktedir.

**Sabit Noktalar Kümesinin Belirlenmesi:** Farklı zamanlarda hesaplanan konum bilgileri, "kısmi iz minimum" koşulu altında ortak bir datumda değerlendirilmiş,  $t_0$  periyodundan en son  $t_4$  periyoduna kadar konumu değişmeyen ve sabit alınabilecek noktalar tek tek belirlenmiştir. Maden sahası çevresinde bulunan bu tasarım aşamasında da kontrol noktaları kümesinde olmaları beklenen 11, 12, 13 ve 16 numaralı noktaların, sabit noktalar oldukları saptanmıştır. Buna karşın 117, 114 ve 113 numaralı noktalar, zamanla bir değişim olabileceği varsayımı sonucunda, obje noktalar kümesine alınmıştır.

Tüm periyot ölçüleri, bir kez daha toplu olarak sabit noktalar kümesi datumunda değerlendirilerek, obje noktalarının her bir periyottaki koordinat vektörleri elde edilmiştir. Bu değerlendirme işleminde, sabit noktalar kümesinin güvenilir oldukları, Pelzer ve Heck-Kuntz-Hirmer yöntemleriyle ayrı ayrı kanıtlanmıştır.

**Yüzey Hareketlerinin İrdelenmesi:** Yüzey noktalarını temsil eden obje noktalarında, geçen Dtoı zaman dilimindeki hareket miktarları, obje noktalarına ilişkin koordinat vektörlerinin basit farklarının alınmasıyla hesaplanmıştır. Bu fark vektörleri içerisinde yer alan ve arazide yapılan ölçülerden kaynaklanan hata miktarları da, hesaplanan basit farklarda indirgenmiş ve her bir obje noktası için olan yer değiştirme, diğer bir anlatımla deformasyon belirlenmiştir.

Hareket modelleri sırasıyla bir boyutlu (tablo -1), iki boyutlu (tablo -2) ve üç boyutlu (tablo - 3) deformasyon izleme ağları için kurulmuştur. Her üç değerlendirme sonucunda da Pelzer ve Heck-Kuntz-Hirmer yöntemleri birbirlerini doğrulayıcı sonuçlar sergilemiştir /2/.

Bu sonuçlara göre; deformasyon izleme ağındaki 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 114, 117 ve 119 numaralı noktalarda yer değiştirmeler anlamlıdır. Özellikle 102, 103, 104, 105 ve 106 numaralı noktalarda yer değiştirme miktarları beklenenin iki katı büyüklüğündedir. Aynı şekilde 117 numaralı noktada yer değiştirme, özellikle yatay hareket bileşeni üzerinde yığılmaktadır.

Saptanan hareket büyüklükleri her üç yönde de 3 yılda 10 cm civarına yaklaşmıştır. Maden sahası çevresinde yapılan ön çalışmalarda beklenen çökme hızı 1, 2 cm/yıl kadardır. Öte yandan; maden sahası çevresinde en çok hareket beklenen kısım 110, 111 ve 112 numaralı deformasyon noktaları bölgesidir. Ancak ulaşılan sonuçlara bakıldığında, hareketli bölgenin bu noktalarda sınırlı kalmadığı, arazinin topoğrafik görünümü itibari ile, sağlam bölgelerinde de sürmesi oldukça dikkat çekicidir. Burada sözü edilen kitle doğu-batı yönünde olmak üzere; maden sahasının yakınındaki çaya doğru bir atılım göstermekte ve umulan daha fazla bir hızla da çökmektedir. Bu durumun bir sonucu olarak; söz konusu kitle üzerinde jeofizik ve jeolojik çalışmalar yapılarak harekete neden olan yerel bozucu etkiler saptanmalı ve deformasyon izleme modelinde de dikkate alınmalıdır.

## SONUÇ

Maden sahası ve çevresinde kurulan deformasyon ağı, beklenen yüzey hareketlerini güvenilir bir biçimde izleyebilecek kalitedir. Bu amaçla gerçekleştirilen kontrol ölçmeleri de, hareketlerin yönünü ve büyüklüğünü belirleyebilecek yeterli bir zaman dilimine yayılmaktadır.

Maden sahasının çevresinde, hareket beklenen noktalarda yalnızca düşey yönde değil yatay yönde de umulandan daha hızlı bir hareket gözlenmektedir. Bu hareket maden ocağında yürütülen faaliyetlerin etkisinden çok, arazi parçasının jeofizik, topoğrafik ve jeolojik yapısından kaynaklanmaktadır. Bu biçimiyle maden sahasının

anılan kısmı, batı-doğu yönüne doğru bir atılım gösterirken, beklenildiği gibi de çökmektedir. Gözlenen hareketin nedeni, jeofizik ve jeolojik araştırmalarla desteklenerek kesin bir dille açıklanabilir ve maden sahası ve çevresi için kalıcı ve gerçekçi önlemler sağlanabilir.

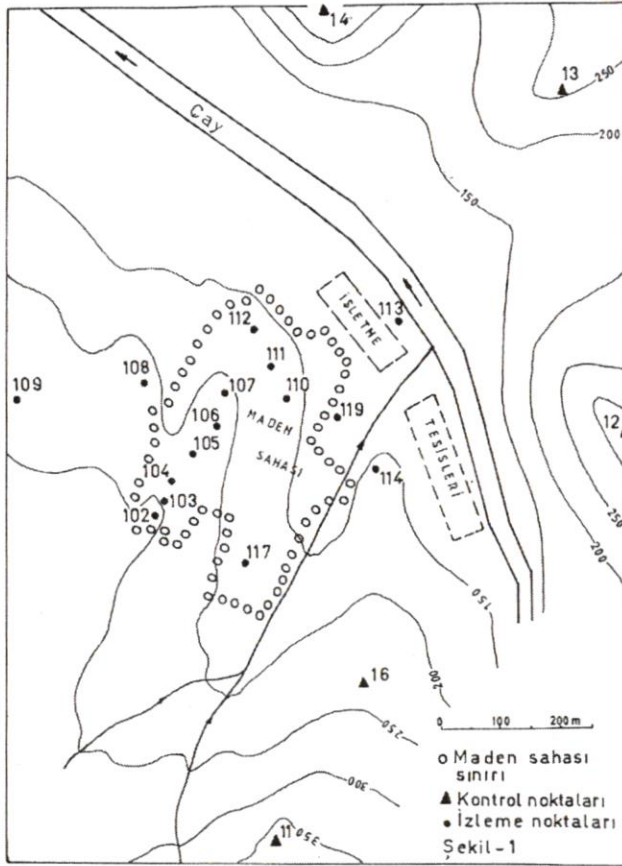
## KAYNAKLAR

/1/ ATASOY, V., ÖZTÜRK, E.; Jeodezik Deformasyon Ölçmeleri ve Sonuçların Yorumu, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, sayı 50-51, s. 27-40, Ankara, 1984.

/2/ ATASOY, V. ; Üç Boyutlu Ağlarla Yer kabuğu Hareketlerinin İrdelenmesi, Doktora tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1989.

/3/ KONAK, H. ; Yüzey Ağlarının Optimizasyonu, Doktora tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1994.

/4/ KONAK, H. , ATASOY, V. , ÖZTÜRK, E. ; Maden Sahalarında Kurulan Deformasyon Ağlarının Optimizasyonu, 7. Harita Kurultayı, 01-05 Mart 1999, Ankara, s. 329-341



**Tablo-1: Deformasyon noktalarındaki yer değiştirmelerin bir boyulu (düşey) olarak irdelenmesi.**

Nokta No	Ölçü Farkları	DÜŞEY	HATA	FARK	SONUÇ $t_i - t_0$
102	$t_1 - t_0$	- 3.18	0.47	- 2.71	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	- 4.26	0.45	- 3.81	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	- 5.87	0.39	- 5.48	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 7.48	0.39	- 7.09	Fark Anlamlıdır
103	$t_1 - t_0$	- 1.25	0.42	- 0.87	Fark Anlamsızdır
	$t_2 - t_0$	- 1.95	0.40	- 1.55	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	- 3.63	0.36	- 3.27	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 5.14	0.36	- 4.28	Fark Anlamlıdır
104	$t_1 - t_0$	- 1.40	0.42	- 1.07	Fark Anlamsızdır
	$t_2 - t_0$	- 2.53	0.37	- 2.16	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	- 4.23	0.36	- 3.87	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 6.55	0.36	- 5.69	Fark Anlamlıdır
105	$t_1 - t_0$	- 4.41	0.45	- 3.98	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	- 6.45	0.38	- 6.07	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	- 9.70	0.39	- 9.31	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 13.81	0.37	- 12.94	Fark Anlamlıdır
106	$t_1 - t_0$	- 3.19	0.41	- 2.78	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	- 4.76	0.35	- 4.41	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	- 8.02	0.34	- 7.68	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 11.48	0.32	- 11.16	Fark Anlamlıdır
107	$t_1 - t_0$	- 1.81	0.41	- 1.41	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	- 2.76	0.36	- 2.39	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	- 5.02	0.35	- 4.67	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 7.52	0.33	- 7.19	Fark Anlamlıdır
108	$t_1 - t_0$	- 1.12	0.48	- 0.65	Fark Anlamsızdır
	$t_2 - t_0$	- 1.72	0.43	- 1.29	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	- 2.66	0.42	- 2.24	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 3.96	0.40	- 3.56	Fark Anlamlıdır
109	$t_1 - t_0$	- 0.84	0.57	- 0.28	Fark Anlamsızdır
	$t_2 - t_0$	- 0.94	0.48	- 0.47	Fark Anlamsızdır
	$t_3 - t_0$	- 1.69	0.49	- 1.20	Fark Anlamsızdır
	$t_4 - t_0$	- 1.35	0.48	- 0.87	Fark Anlamsızdır
110	$t_1 - t_0$	- 0.68	0.45	- 0.23	Fark Anlamsızdır
	$t_2 - t_0$	- 1.39	0.39	- 1.00	Fark Anlamsızdır
	$t_3 - t_0$	- 3.84	0.38	- 3.46	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 6.66	0.33	- 6.33	Fark Anlamlıdır
111	$t_1 - t_0$	- 1.18	0.47	- 0.72	Fark Anlamsızdır
	$t_2 - t_0$	- 1.60	0.38	- 1.22	Fark Anlamsızdır
	$t_3 - t_0$	- 3.64	0.36	- 3.28	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 5.81	0.34	- 5.47	Fark Anlamlıdır

<b>Tablo-1: Deformasyon noktalarındaki yer değiştirmelerin bir boyulu (düşey) olarak irdelenmesi. (devam)</b>					
Nokta No	Ölçü Farkları	DÜŞEY	HATA	FARK	SONUÇ $t_i - t_0$
112	$t_1 - t_0$	+ 0.14	0.40	-	Fark Yoktur
	$t_2 - t_0$	- 0.50	0.40	- 0.10	Fark Yoktur
	$t_3 - t_0$	- 1.74	0.41	- 1.33	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 3.41	0.38	- 3.03	Fark Anlamlıdır
113	$t_1 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
	$t_2 - t_0$	- 0.43	0.39	- 0.04	Fark Yoktur
	$t_3 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
	$t_4 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
114	$t_1 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
	$t_2 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
	$t_3 - t_0$	- 0.22	0.37	-	Fark Yoktur
	$t_4 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
117	$t_1 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
	$t_2 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
	$t_3 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
119	$t_4 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
	$t_1 - t_0$	- 0.98	1.71	-	Fark Yoktur
	$t_2 - t_0$	- 2.02	1.50	0.54	Fark Anlamsızdır
	$t_3 - t_0$	- 2.64	1.21	-1.43	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	- 2.54	1.19	-1.35	Fark Anlamlıdır

**Tablo-1 ile ilgili açıklamalar;**

**DÜŞEY** : Deformasyon noktasında koordinatlardan hesaplanan farkların düşey bileşen değeri, birimi cm dir.

**HATA** : Düşey olarak verilen değerler içindeki ölçülerden kaynaklanan ortalama hata değerleri, birimi cm dir.

**FARK** : Düşey olarak verilen değerden hata değerlerinin çıkarılması ile elde edilmiş bir boyutlu deformasyon fark vektörüdür. İçersinde diğer bozucu etkiler bulunmaktadır.

**SONUÇ** : Fark değerlerine göre noktalardaki yer değiştirmelerin anlamlı yada anlamsız olarak yorumlanmasını, dolayısıyla yer değiştirme olduğu söylenebilen noktaları göstermektedir.

**Tablo-2** : Deformasyon noktalarındaki yer değiştirmelerin iki boyulu (yatay) olarak irdelenmesi.

**Tablo-2: Deformasyon noktalarındaki yer değiştirmelerin iki boyulu (yatay) olarak İrdelenmesi**

Nokta NO	Ölçü Farkları	KONUM FARKLARI				SONUÇ
		YATAY	YÖN	HATA	FARK	
102	$t_1 - t_0$	3.49	89.7	0.44	3.05	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	3.96	68.7	0.45	3.50	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	6.24	81.8	0.45	5.80	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	10.63	85.68	0.47	10.16	Fark Anlamlıdır
103	$t_1 - t_0$	2.97	109.5	0.34	2.63	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	3.05	90.1	0.34	2.71	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	7.26	104.4	0.36	6.90	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	12.19	102.40	0.37	11.82	Fark Anlamlıdır
104	$t_1 - t_0$	2.99	110.0	0.25	2.74	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	3.90	91.7	0.31	3.59	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	7.66	102.7	0.30	7.36	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	12.92	100.70	0.35	12.57	Fark Anlamlıdır
105	$t_1 - t_0$	3.30	129.8	0.30	3.00	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	5.35	121.9	0.33	5.20	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	8.24	124.2	0.29	7.95	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	12.64	120.34	0.35	12.29	Fark Anlamlıdır
106	$t_1 - t_0$	4.08	136.8	0.20	3.88	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	6.16	136.4	0.36	5.96	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	9.94	136.4	0.27	9.67	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	15.06	133.62	0.27	14.79	Fark Anlamlıdır
107	$t_1 - t_0$	3.03	142.9	0.21	2.82	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	4.31	144.6	0.31	4.00	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	7.09	144.8	0.28	6.81	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	11.42	141.14	0.28	11.14	Fark Anlamlıdır
108	$t_1 - t_0$	1.86	124.2	0.37	1.49	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	2.81	118.4	0.35	2.46	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	4.46	120.6	0.43	4.03	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	7.96	117.57	0.43	7.53	Fark Anlamlıdır
109	$t_1 - t_0$	2.29	86.3	0.50	1.79	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	2.69	67.4	0.52	2.17	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	6.90	65.8	0.53	6.36	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	9.35	74.56	0.56	8.79	Fark Anlamlıdır
110	$t_1 - t_0$	2.89	125.3	0.23	2.66	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	3.50	130.7	0.29	3.21	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	5.28	132.4	0.29	4.99	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	8.50	128.49	0.29	8.21	Fark Anlamlıdır
111	$t_1 - t_0$	4.31	100.6	0.21	4.10	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	5.47	100.0	0.28	5.19	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	7.05	108.5	0.28	6.77	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	10.65	114.22	0.28	10.37	Fark Anlamlıdır



**Tablo-2: Deformasyon noktalarındaki yer değiştirmelerin iki boyulu (yatay) olarak İrdelenmesi (devam)**

Nokta NO	Ölçü Farkları	KONUM FARKLARI				SONUÇ
		YATAY	YÖN	HATA	FARK	
112	$t_1 - t_0$	2.37	125.7	0.30	2.07	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	2.55	73.8	0.35	2.20	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	3.74	119.7	0.35	3.39	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	7.56	127.37	0.35	7.21	Fark Anlamlıdır
113	$t_1 - t_0$	-	-	-	-	Değişim yok
	$t_2 - t_0$	0.41	-	0.30	0.11	Fark anlamsızdır
	$t_3 - t_0$	0.46	-	0.29	0.16	Fark anlamsızdır
	$t_4 - t_0$	1.22	-	0.24	0.98	Fark anlamsızdır
114	$t_1 - t_0$	-	-	-	-	Değişim yok
	$t_2 - t_0$	0.73	348.1	0.26	0.47	Fark anlamsızdır
	$t_3 - t_0$	1.94	350.5	0.26	1.68	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	1.65	344.82	0.27	1.38	Fark anlamsızdır
117	$t_1 - t_0$	-	-	-	-	Değişim yok
	$t_2 - t_0$	0.68	46.0	0.29	0.39	Fark anlamsızdır
	$t_3 - t_0$	1.40	4.5	0.28	1.12	Fark anlamsızdır
	$t_4 - t_0$	2.26	12.18	0.31	1.91	Fark Anlamlıdır
118	$t_1 - t_0$	5.08	7.2	1.34	3.74	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	3.75	398.0	1.44	2.31	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	4.41	20.7	1.12	3.29	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	2.07	7.38	1.43	0.64	Fark anlamsızdır
119	$t_1 - t_0$	3.79	103.2	0.30	3.49	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	4.33	101.2	0.37	3.96	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	5.53	99.5	0.34	5.13	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	9.61	100.01	0.35	9.26	Fark Anlamlıdır

**Tablo-2 ile ilgili açıklamalar;**

**YATAY:** Deformasyon noktasında koordinatlardan hesaplanan farkların yatay bileşen değeri, birimi cm dir.

**YÖN :** Yatay olarak verilen değerin iki boyutlu koordinat sistemindeki yönü, birimi grad olarak verilmiştir.

**HATA :** Yatay olarak verilen sayısal değerler içindeki, ölçülerden kaynaklanan ortalama hata değerleri, birimi cm dir.

**FARK :** Yatay olarak verilen değerden hata değerlerinin çıkarılması ile elde edilmiş iki boyutlu deformasyon fark vektörüdür. İçersinde diğer bozucu etkiler bulunmaktadır. Geriye kalan miktar ise söz konusu noktadaki gerçek yer değiştirme, deformasyon şeklinde yorumlanabilir.

**SONUÇ:** Fark değerlerine göre noktalardaki yer değiştirmelerin anlamlı yada anlamsız olarak yorumlanmasını, dolayısıyla yer değiştirme olduğu söylenebilen noktaları göstermektedir.

Tablo-3: Deformasyon noktalarındaki yer değiştirmelerin üç boyulu olarak irdelenmesi.

Nokta No	Ölçü Farkları	Yatay Fark	Düşey Fark	Toplam Fark	Sonuç Ti-To
102	$t_1 - t_0$	3.05	- 2.75	4.11	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	3.50	- 3.81	5.17	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	5.80	- 5.48	7.98	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	10.16	- 7.09	12.39	Fark Anlamlıdır
103	$t_1 - t_0$	2.63	- 0.87	2.77	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	2.71	- 1.55	3.12	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	6.90	- 3.27	7.64	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	11.82	- 4.28	12.57	Fark Anlamlıdır
104	$t_1 - t_0$	2.74	- 1.07	2.94	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	3.59	- 2.16	4.19	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	7.36	- 3.87	8.32	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	12.57	- 5.69	13.80	Fark Anlamlıdır
105	$t_1 - t_0$	3.00	- 3.98	4.98	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	5.20	- 6.07	7.99	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	7.95	- 9.31	12.24	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	12.26	- 12.94	17.83	Fark Anlamlıdır
106	$t_1 - t_0$	3.88	- 2.78	4.77	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	5.96	-4.41	7.41	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	9.67	- 7.68	12.35	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	14.79	- 11.16	18.53	Fark Anlamlıdır
107	$t_1 - t_0$	2.82	- 1.41	3.15	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	4.00	- 2.39	4.66	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	6.81	- 4.67	8.26	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	11.14	- 7.19	13.26	Fark Anlamlıdır
108	$t_1 - t_0$	1.49	- 0.65	1.63	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	2.46	- 1.29	2.78	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	4.03	- 2.24	4.61	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	7.53	- 3.56	8.33	Fark Anlamlıdır
109	$t_1 - t_0$	1.79	- 0.28	1.81	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	2.17	- 0.47	2.22	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	6.36	- 1.20	6.47	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	8.79	- 0.87	8.83	Fark Anlamlıdır
110	$t_1 - t_0$	2.66	- 0.23	2.67	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	3.21	- 1.00	3.36	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	4.99	- 3.46	6.07	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	8.21	- 6.33	10.37	Fark Anlamlıdır
111	$t_1 - t_0$	4.10	- 0.72	4.16	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	5.19	- 1.22	5.33	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	6.77	- 3.28	7.52	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	10.37	- 5.47	11.72	Fark Anlamlıdır

Tablo-3: Deformasyon noktalarındaki yer değiştirmelerin üç boyulu olarak irdelenmesi (devam)

Nokta No	Ölçü Farkları	Yatay Fark	Düşey Fark	Toplam Fark	Sonuç Ti-To
112	$t_1 - t_0$	2.07	-	2.07	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	2.20	- 0.10	2.20	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	3.39	- 1.33	3.64	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	7.21	- 3.03	7.82	Fark Anlamlıdır
113	$t_1 - t_0$	-	-	-	Fark yoktur
	$t_2 - t_0$	0.11	- 0.04	0.12	Fark anlamsızdır
	$t_3 - t_0$	0.16	-	0.16	Fark anlamsızdır
	$t_4 - t_0$	0.98	-	0.98	Fark anlamsızdır
114	$t_1 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
	$t_2 - t_0$	0.47	-	0.47	Fark Anlamsızdır
	$t_3 - t_0$	1.68	-	1.68	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	1.38	-	1.38	Fark Anlamlıdır
117	$t_1 - t_0$	-	-	-	Fark Yoktur
	$t_2 - t_0$	0.39	-	0.39	Fark Anlamsızdır
	$t_3 - t_0$	1.12	-	1.12	Fark Anlamsızdır
	$t_4 - t_0$	1.91	-	1.91	Fark Anlamlıdır
119	$t_1 - t_0$	3.49	-	3.49	Fark Anlamlıdır
	$t_2 - t_0$	3.96	0.54	4.00	Fark Anlamlıdır
	$t_3 - t_0$	5.19	-1.43	5.38	Fark Anlamlıdır
	$t_4 - t_0$	9.26	- 1.35	9.36	Fark Anlamlıdır

**Tablo-3 ile ilgili açıklamalar;**

**YATAY FARK** : Yatay olarak verilen değerden hata değerlerinin çıkarılması ile elde edilmiş iki boyutlu deformasyon fark vektörüdür.

**DÜŞEY FARK** : Düşey olarak verilen değerden hata değerlerinin çıkarılması ile elde edilmiş bir boyutlu deformasyon fark vektörüdür.

**TOPLAM FARK** : Üç boyutlu olarak hesaplanan fark vektöründen yine üç boyutlu olarak hata değerinin çıkarılmasıyla elde edilen fark değeridir. İçersinde diğer bozucu etkiler bulunmaktadır. Tüm ağ için bozucu etki yatay konumda  $\pm 1$  cm olarak alınabilir. Geriye kalan miktar ise söz konusu noktadaki gerçek yer değiştirme, deformasyon şeklinde yorumlanabilir.