



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ÖLÇME TEKNİĞİ ANABİLİM DALI**

Jeodezik Metroloji

LABORATUVAR YÖNERGESİ

Ders Koordinatörü:

Prof.Dr. Engin GÜLAL

Ders Asistanı:

Araş.Gör.Güldane OKU TOPAL

2019-2020 Bahar Yarıyılı

Genel İlkeler:

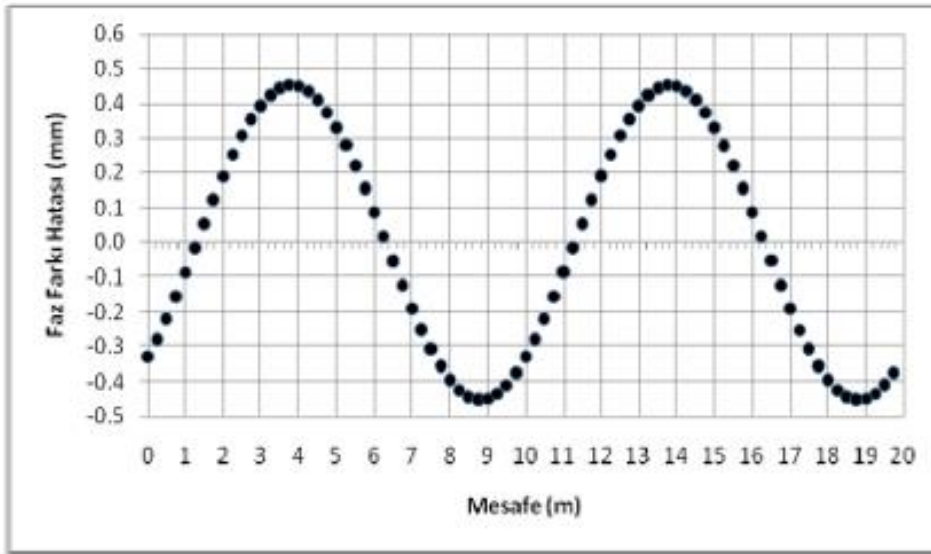
- Derse kaydını yaptıran öğrenciler ders içerisinde öğrendikleri teorik konulara ilişkin Jeodezik Metroloji Laboratuvarında 3 deney yaparlar.
- Laboratuvar çalışmasının daha verimli olması için öğrenciler en fazla 5 kişilik gruplar halinde deneylerini yapacaklardır.
- Laboratuvarda kullanılan aletlerin korunmasından grubu oluşturan tüm öğrenciler aynı derecede sorumludur.
- Grup olarak yapılan ölçülerin değerlendirilmesini öğrenciler ferdi olarak yapacaklar ve raporlayacaklardır.
- Raporlar açıklama, ölçüler ve hesaplamalar bölümlerinden oluşacaktır.
- Açıklama bölümü 300 kelimeden az olmayacak şekilde arazide yapılan ölçü işlerini kapsayacak şekilde hazırlanmalıdır. Açıklama bölümü, kullanılan ölçme yöntemi, ölçme donanımı ve konu ile ilgili şekillerden oluşmalıdır.
- Deney içerikleri aşağıda verilen *Ders Öğrenim Çıktılarını* içerecek şekilde düzenlenmiştir. Laboratuvar çalışmalarına katılarak dersi başarı ile tamamlayan öğrenciler;
 1. Elektronik uzunluk ölçerlerin kalibrasyon parametrelerini hesaplar. Elde edilen sonuçları yorumlar.
 2. Eksen hatalarının belirlenmesine yönelik deney düzeneğini tasarlar. Deney sonuçlarını analiz eder.
 3. Nivolarda gözlem eksenini hatasını kontrol eder. Sonuçları yorumlar.
- Her bir deney raporu 100 puan üzerinden aşağıdaki tabloda verilen değerlendirme kriterlere göre değerlendirilecektir. Raporların ortalama puanı öğrencinin LABORATUVAR NOTU olacaktır. Yıl içi notuna etkisi %20 dir.

Tablo 1. Değerlendirme kriterleri

	<u>YETERSİZ</u> <u>0-24 arası</u>	<u>ORTA</u> <u>25-49 arası</u>	<u>İYİ</u> <u>50-74 arası</u>	<u>ÇOK İYİ</u> <u>75-100 arası</u>
<u>Deney -1</u>	• Raporların düzensiz ve özensiz hazırlanması, • Deneyin yapılışına ilişkin açıklayıcı bilgi olmaması • Kalibrasyon parametrelerinin yanlış hesaplanması	• Raporların düzensiz ve özensiz hazırlanması, • Faz farkı hatası grafiğinin çizilmemiş olması • Sonuçların yorumlanmamış olması	• Raporların düzenli hazırlanması, • Parametre hesaplamaların yapılıp, grafiklerin çizilmiş olması • Sonuçların yorumlanmamış olması	• Raporların düzenli hazırlanması, • Parametre hesaplamaların yapılıp, grafiklerin çizilmiş olması • Sonuçların yorumlanmış olması
<u>Deney -2</u>	• Raporların düzensiz ve özensiz hazırlanması, • Deneyin yapılışına ilişkin açıklayıcı bilgi olmaması • Eksen hatalarının yanlış hesaplanması	• Raporların düzensiz ve özensiz hazırlanması, • Hata etkisinin hesaplanmaması • Deney sonuçlarının analiz edilmemesi	• Raporların düzenli hazırlanması, • Ortalama hata miktarının ve etkisinin hesaplanmış olması • Deney sonuçlarının analiz edilmemesi	• Raporların düzenli hazırlanması, • Hesapların doğru yapılması • Deney sonuçlarının analiz edilmesi
<u>Deney -3</u>	• Raporların düzensiz ve özensiz hazırlanması, • Deneyin yapılışına ilişkin açıklayıcı bilgi olmaması	• Raporların düzensiz ve özensiz hazırlanması, • Deneyin yapılışına ilişkin yeterli bilgi verilmesi	• Raporların düzenli hazırlanması, • Açıklamalar yeterli yapılmış, • Sonuçların yorumlanmamış olması	• Raporların düzenli hazırlanması, • Açıklamalar yeterli yapılmış, • Sonuçlar yorumlanmış

ÖDEV 1: ELEKTRONİK UZUNLUK ÖLÇERİN FAZ FARKI HATASININ BELİRLENMESİ

Faz farkı ölçme hatası, elektriksel ve optik sinyal bindirmeden kaynaklanmaktadır. Elektronik uzunluk ölçerlerde sinyali gönderen ve yansıtıcıdan gelen sinyali alan ünite aynı bir yapı içinde bir birine yakın bulunduğu referans sinyalinin alınan sinyal üzerine elektriksel bindirmesi engellenememektedir. Bu olay elektriksel bindirme olarak adlandırılmaktadır. Gönderici tarafından üretilen modüle edilmiş sinyal optik elemanlar tarafından yönlendirilir ve bu yönlendirme sırasında sinyaller birbirine karışmış olarak alıcıya gelir. Bu olay optik bindirme olarak adlandırılır. Elektriksel ve optik bindirmeler nedeniyle meydana gelen faz farkı ölçme hatası genellikle sinüs eğrisi şeklinde ve hassas ölçek periyodunda ortaya çıkmaktadır.



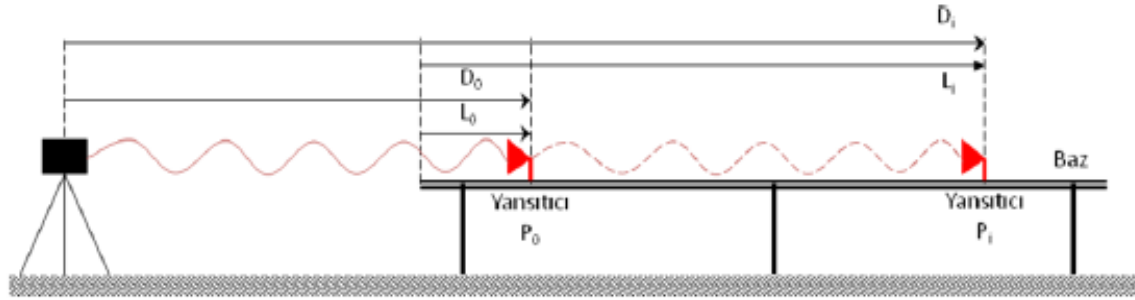
Şekil 4. Sinüs eğrisi şeklinde faz farkı ölçme hatası

Elektronik uzunluk ölçerin faz farkı hatası, laboratuvarında bulunan 20 metre uzunluğundaki ray üzerinde hareket edebilen araba adı verilen bir düzenerk yardımıyla belirlenmektedir.



Şekil 5. Ray ve kızak

Ray doğrultusundaki pilye üzerine kurulan elektronik uzunluk ölçerden araba üzerinde bulunan prizmaya yatay mesafe okumaları yapılır. Araba ray üzerinde 25 cm aralıklarla kaydırılmakta ve kayma mesafesi ray üzerine yapıştırılmış bir manyetik cetvel yardımıyla belirlenmektedir. Faz farkı hatası aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır.



Şekil 6. Faz farkı hatası ölçüleri ve gösterimi

$$d_l = (L_1 - L_0) - (D_1 - D_0) \quad (1.9)$$

$$x = D \frac{2\pi}{U} \quad (1.10)$$

$$K\varphi = K_1 \cdot \sin x + K_2 \cdot \cos x \quad (1.11)$$

$$\begin{bmatrix} K_1 \\ K_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2}{n} [d \cdot \sin x] \\ \frac{2}{n} [d \cdot \cos x] \end{bmatrix} \quad (1.12)$$

Örnek Uygulama:

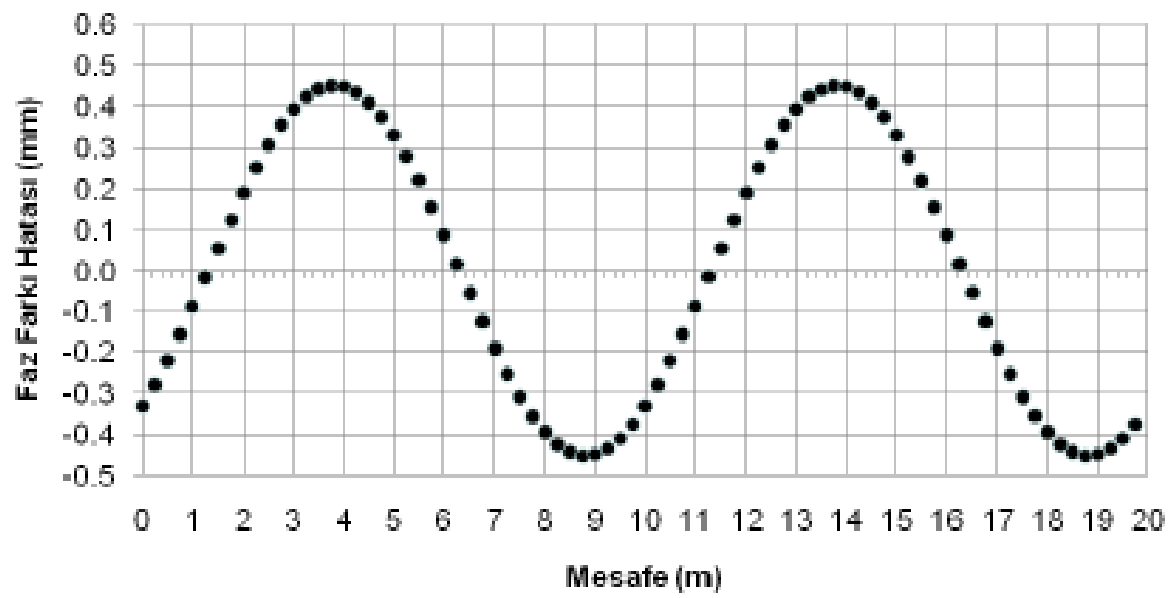
Ölçü No	Yatay Mesafe	Li (m)	d i (mm)	x i	d*sinx (mm)	d*cosx (mm)	Kç (mm)
1	4.284	0.00	0.0	2.69172	0.0000	0.0000	-0.4
2	4.535	0.25	-1.0	2.84942	-0.2880	0.9576	-0.3
3	4.785	0.50	-1.0	3.00650	-0.1347	0.9909	-0.2
4	5.034	0.75	0.0	3.16296	0.0000	0.0000	-0.2
5	5.283	1.00	1.0	3.31941	-0.1769	-0.9842	-0.1
6	5.533	1.25	1.0	3.47649	-0.3287	-0.9444	0.0
7	5.782	1.50	2.0	3.63294	-0.9436	-1.7634	0.1
8	6.033	1.75	1.0	3.79065	-0.6044	-0.7967	0.1
9	6.282	2.00	2.0	3.94710	-1.4424	-1.3855	0.2
10	6.533	2.25	1.0	4.10480	-0.8210	-0.5709	0.3
11	6.784	2.50	0.0	4.26251	0.0000	0.0000	0.3
12	7.033	2.75	1.0	4.41896	-0.9573	-0.2892	0.4
13	7.283	3.00	1.0	4.57604	-0.9907	-0.1359	0.4
14	7.534	3.25	0.0	4.73375	0.0000	0.0000	0.4
15	7.784	3.50	0.0	4.89083	0.0000	0.0000	0.4
16	8.034	3.75	0.0	5.04791	0.0000	0.0000	0.5
17	8.285	4.00	-1.0	5.20562	0.8808	-0.4735	0.4
18	8.534	4.25	0.0	5.36207	0.0000	0.0000	0.4
19	8.784	4.50	0.0	5.51915	0.0000	0.0000	0.4
20	9.033	4.75	1.0	5.67560	-0.5709	0.8210	0.4
21	9.282	5.00	2.0	5.83205	-0.8720	1.7999	0.3
22	9.532	5.25	2.0	5.98913	-0.5797	1.9142	0.3
23	9.783	5.50	1.0	6.14684	-0.1359	0.9907	0.2
24	10.033	5.75	1.0	6.30392	0.0207	0.9998	0.2
25	10.282	6.00	2.0	6.46037	0.3525	1.9687	0.1
26	10.533	6.25	1.0	6.61808	0.3287	0.9444	0.0
27	10.784	6.50	0.0	6.77579	0.0000	0.0000	-0.1
28	11.035	6.75	-1.0	6.93349	-0.6054	-0.7959	-0.1
29	11.284	7.00	0.0	7.08995	0.0000	0.0000	-0.2
30	11.534	7.25	0.0	7.24703	0.0000	0.0000	-0.3
31	11.784	7.50	0.0	7.40411	0.0000	0.0000	-0.3
32	12.036	7.75	-2.0	7.56244	-1.9156	-0.5749	-0.4
33	12.285	8.00	-1.0	7.71889	-0.9909	-0.1347	-0.4
34	12.534	8.25	0.0	7.87534	0.0000	0.0000	-0.4
35	12.784	8.50	0.0	8.03242	0.0000	0.0000	-0.4
36	13.034	8.75	0.0	8.18950	0.0000	0.0000	-0.5
37	13.284	9.00	0.0	8.34658	0.0000	0.0000	-0.4
38	13.532	9.25	2.0	8.50241	1.5941	-1.2079	-0.4
39	13.784	9.50	0.0	8.66074	0.0000	0.0000	-0.4
40	14.034	9.75	0.0	8.81782	0.0000	0.0000	-0.4

41	14.285	10.00	-1.0	8.97553	-0.4343	0.9008	-0.3
42	14.535	10.25	-1.0	9.13261	-0.2880	0.9576	-0.3
43	14.786	10.50	-2.0	9.29032	-0.2681	1.9819	-0.2
44	15.036	10.75	-2.0	9.44740	0.0452	1.9995	-0.2
45	15.284	11.00	0.0	9.60322	0.0000	0.0000	-0.1
46	15.536	11.25	-2.0	9.76156	0.6609	1.8876	0.0
47	15.785	11.50	-1.0	9.91801	0.4735	0.8808	0.1
48	16.035	11.75	-1.0	10.07509	0.6054	0.7959	0.1
49	16.284	12.00	0.0	10.23154	0.0000	0.0000	0.2
50	16.535	12.25	-1.0	10.38925	0.8217	0.5699	0.3
51	16.783	12.50	1.0	10.54507	-0.9002	-0.4354	0.3
52	17.034	12.75	0.0	10.70278	0.0000	0.0000	0.4
53	17.283	13.00	1.0	10.85923	-0.9907	-0.1359	0.4
54	17.533	13.25	1.0	11.01631	-0.9998	0.0207	0.4
55	17.783	13.50	1.0	11.17339	-0.9842	0.1769	0.4
56	18.034	13.75	0.0	11.33110	0.0000	0.0000	0.5
57	18.284	14.00	0.0	11.48818	0.0000	0.0000	0.4
58	18.535	14.25	-1.0	11.64588	0.7959	-0.6054	0.4
59	18.785	14.50	-1.0	11.80296	0.6914	-0.7225	0.4
60	19.035	14.75	-1.0	11.96004	0.5699	-0.8217	0.4
61	19.286	15.00	-2.0	12.11775	0.8674	-1.8021	0.3
62	19.536	15.25	-2.0	12.27483	0.5749	-1.9156	0.3
63	19.785	15.50	-1.0	12.43128	0.1347	-0.9909	0.2
64	20.035	15.75	-1.0	12.58836	-0.0220	-0.9998	0.2
65	20.284	16.00	0.0	12.74481	0.0000	0.0000	0.1
66	20.534	16.25	0.0	12.90189	0.0000	0.0000	0.0
67	20.783	16.50	1.0	13.05834	0.4724	0.8814	-0.1
68	21.034	16.75	0.0	13.21605	0.0000	0.0000	-0.1
69	21.284	17.00	0.0	13.37313	0.0000	0.0000	-0.2
70	21.535	17.25	-1.0	13.53084	-0.8217	-0.5699	-0.3
71	21.784	17.50	0.0	13.68729	0.0000	0.0000	-0.3
72	22.035	17.75	-1.0	13.84500	-0.9576	-0.2880	-0.4
73	22.285	18.00	-1.0	14.00208	-0.9909	-0.1347	-0.4
74	22.535	18.25	-1.0	14.15916	-0.9998	0.0220	-0.4
75	22.786	18.50	-2.0	14.31687	-1.9678	0.3575	-0.4
76	23.034	18.75	0.0	14.47269	0.0000	0.0000	-0.5
77	23.285	19.00	-1.0	14.63040	-0.8808	0.4735	-0.4
78	23.536	19.25	-2.0	14.78810	-1.5910	1.2119	-0.4
79	23.785	19.50	-1.0	14.94456	-0.6914	0.7225	-0.4
80	24.035	19.75	-1.0	15.10164	-0.5699	0.8217	-0.4
				-11.0000		-16.8263	6.5704

$$K_1 = \frac{2}{n} [d \sin \kappa] = \frac{2}{80} \cdot (-16.8263) = -0.42 \text{ mm}$$

$$K_2 = \frac{2}{n} [d \sin \kappa] = \frac{2}{80} \cdot (6.5704) = 0.16 \text{ mm}$$

$$K\zeta = -0.42 \sin \kappa + 0.16 \cos \kappa$$



ÖDEV 2: TEODOLİTİN EKSEN HATALARININ BELİRLENMESİ

GÖZLEM EKSENİ HATASININ BELİRLENMESİ (YATAY KOLİMASYON HATASI)

Dürbün muylu eksenini etrafında döndürüldüğünde yani takla attırıldığında düşey bir düzlem içerisinde hareket edebilmesi için gözlem eksenini muylu eksenine dik olmalıdır. Bir teodolitın gözlem eksenini hatası c , aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 7. Gözlem eksenini hatası

Gözlem eksenini hatasını belirlemek için teodolit kalibrasyon laboratuvarındaki pilye üzerine kurularak noktasına kurularak A noktasına yöneltilir. Dürbün birinci durumda iken A noktasına yatay doğrultu r_I okunur. Dürbün takla attırılır, tekrar A noktasına gözlem yapılarak yatay doğrultu r_{II} okunur. Bu işlem 5 kez tekrarlanır.

Gözlem eksenini hatası (1.13) ile hesaplanır.

$$c = \frac{r_I - (r_{II} \pm 200\text{gon})}{2}$$

(1.13)

Örnek Uygulama:

Ölçüm	Yatay Doğrultu (gon)		c (mgon)	v (mgon)	v v (mgon ²)
	I.Durum	II.Durum			
1	0.00291	200.00266	0.13	-0.32	0.1050
2	0.00280	200.00263	0.08	-0.28	0.0807
3	0.00193	200.00227	-0.17	-0.03	0.0008
4	0.00182	200.00216	-0.17	-0.03	0.0008
5	0.00175	200.00348	-0.86	0.67	0.4436
			[-1.00]	[0.00]	[0.6309]

Ortalama Gözlem Ekseni Hatası :

$$Cort = \frac{\sum c}{n} = \frac{-1.00}{5} = -0.20 \text{ mgon}$$

Ortalama Gözlem Ekseni Hatasının Standart Sapması :

$$Mort = \sqrt{\frac{[VV]}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0.6309}{20}} = 0.18 \text{ mgon}$$

Gözlem Ekseni Hatasının Bir Doğrultuya Etkisi :

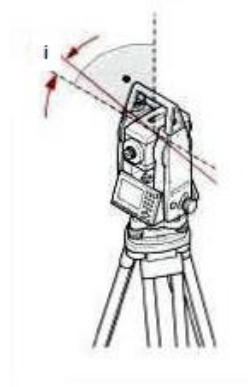
$$Kc = \frac{c}{\sin Z}$$

C = -0.20 mgon için ;

Z	100,00	90,00	80,00	70,00	60,00	50,00	40,00	30,00	20,00	10,00	0gon
KC	-0,20	-0,20	-0,21	-0,22	-0,25	-0,28	-0,34	-0,44	-0,65	-1,28	mgon

MUYLU EKSENİ HATASININ BELİRLENMESİ

Muylu eksen hatası, muylu ekseninin düşey eksene dik olmamasından kaynaklanan hatadır. Muylu eksen hatası i yatay bakışlarda etki etmemektedir. Dürbün yataydan yukarı veya aşağı hareket ettirildiğinde dürbün düşey düzlem yerine bu düzlemde i kadar eğik olarak hareket ettiği için muylu eksen hatası ortaya çıkmaktadır.



Şekil 8. Muylu eksen hatası

Muylu eksen hatasını belirlemek için teodolit kalibrasyon laboratuvarındaki pilye üzerine kurularak noktasına kurularak B noktasına yöneltilir. B noktasına her iki dürbün durumunda gözlemler yapılarak yatay doğrultular r_I , r_{II} ve düşey açılar z_I , z_{II} okunur. Bu işlem 5 kez tekrarlanır. Yapılan bu ölçülere dayalı olarak muylu eksen hatası da aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenir.

$$i = \left(\frac{r_I - (r_{II} \pm 200\text{gon})}{2} - \frac{c}{\sin z} \right) \tan z$$

Örnek Uygulama:

Ölçü	Yatay Doğrultu (gon)		c mgon	Düşey Açı (gon)		Düşey Açı (I +II.Durum)
	I.Durum	II.Durum		I.Durum	II.Durum	
1	0.0028	200.0012	0.80	95.3820	304.6210	400.0030
2	0.0034	200.0021	0.65	95.3828	304.6214	400.0052
3	0.0039	200.0019	1.00	95.3822	304.6208	400.0034
4	0.0032	200.0010	1.10	95.3828	304.6212	400.0040
5	0.0018	200.0009	0.45	95.3826	304.6209	400.0035

Ölçü	s mgon	Düzeltilmiş Düşey Açı (gon)	i (mgon)	v mgon	v v (mgon ²)
1	1.50	95.38050	-0.0290	0.0000	1.65E-12
2	2.10	95.38070	-0.0236	-0.0054	2.96E-05
3	1.50	95.38070	-0.0363	0.0073	5.27E-05
4	2.00	95.38080	-0.0399	0.0109	1.19E-04
5	1.75	95.38085	-0.0163	-0.0127	1.61E-04
			[-0.1452]	[0.0000]	[0.0003623]

Ortalama Mıyılı Ekseni Hatası :

$$i_{ort} = \frac{\sum i}{n} = \frac{-0.1452}{5} = -0.03 \text{ mgon}$$

Ortalama Mıyılı Ekseni Hatasının Standart Sapması :

$$M_{ort} = \sqrt{\frac{[VV]}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0.0003623}{20}} = 0.02 \text{ mgon}$$

Mıyılı Ekseni Hatasının Bir Doğrultuya Etkisi :

$$K_i = i \cot Z$$

i = -0.03 mgon için ;

Z	100,00	90,00	80,00	70,00	60,00	50,00	40,00	30,00	20,00	10,00	0gon
Ki	0	-0,00	-0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,06	-0,09	-0,19	mgon

ÖDEV 3 : KOLİMATÖR YARDIMIYLA NİVONUN VE TEODOLİTİN KONTROLÜ



NİVONUN KALİBRASYONU

1. Nivo yükseklik aparatını vidalayarak kolimatöre monte ediniz.
2. Nivoyu kolimatöre kurup düzeçledikten sonra kolimatör düzecini ayarlayınız.
3. Kolimatörde yakın görüntüye bakınız, cihazın kıl ağı ile kolimatör kıl ağı düşey olarak aynı hizada olana kadar nivoyu aşağı yukarı hareket ettiriniz. Kıl ağı çakışınca cihazı sabitleyiniz.
4. Kolimatörde uzak görüntüye bakınız. Nivo kıl ağı ile kolimatör kıl ağı çakışmıyor ise farkı not ederek, nivonun kıl ağı ayar vidaları ile nivonun ayarını yapınız.