

Bir çok laplas noktalarını ihtiva eden jeodezik nirengi şebekesinin muvazenesi

Yazan: Dr. Ing.
Hans Plössl

Çeviren: Yüksek Mühendis
Mehmet Ali Erkan

Ön söz: Cenubi Finlandiya müselles zincirinde tamamen yeni bir hal olarak nirengi noktaları umumiyetle laplas noktalarıdır. Neticenin istihsalinde bu laplas noktaları keza hesaba idhal edilmişlerdir. Şimdiye kadar şebeke muvazenelerinde yalnız hendesi şartlar mevzubahs olduğundan bu şekildeki astronomik noktalarıda nazarı itibara alaeak muvazene usulları inkişaf etmedi.

Cenubi Finlandiya müselles zincirinin muvazenesinde V. R. Oclander laplas şartlarını da jeodezik şartlarla birlikde başdan muvazeneye idhal etmek yolunu tuttu.

Tamamile yeni bir şebekenin hesabı mevzubahs olduğundan laplas şartlarının doğrudân dogruya muvazeneye idhali uygun geliyordu. Bir şebekenin bşşlı başına yeniden muvazenesi mevzu bahs olan ahvalde daima bu yol müreccahdır.

Fbkat ekseriya laplas noktaları hesabı ikmal edilmiş ve vüs-atları itibarile laplas noktalarile birlikte başdan muvazene edilmesine imkân olmayan şebekelere; sonradan tevcih tashihleri vermek maksadile tayin edilirler. Bu takdirde eski muvazeneyi mümkün mertebe bozmayacak veyahut hiç olmazsa yeni baştan tekrar etmiyecek şekilde laplas şartlarını nazarı itibara almak vazifesile karşılarız.

Ben cenubî Finlandiya zincirinin Helsinki garbine düşen kısmının bu tarzda yani, laplas şârtlarını sonradan nazarı itibara almak suretile, takribi bir usul ile hesabını yaptım ve aynı zamanda jeodezik muvazene edilmiş bir şebekenin; laplas noktalarının adedine ve dağılışı tarzına göre, şeklini ve cihetini nasıl değiştirdiğini tetkik ettim.

Bu eser laplas noktalarile muvazene usullerine bir ilâve teşkil edecektir.

Muharrir

MEDHAL

Cenubi Finlandiya müselles zinciri

1918 de teessüs eden Finlandiya jeodezi enstitüsü bütün memleketin yeni baştan nirengisinin yapılmasını kendine vazife edindi.

Bu nirengi memleket haritası için sabit ve emin bir esas teşkil edecek, bundan daha mühim olarak da ilmî jeodezi taharriyatını mümkün kılacaktı. Memleketin meridiyan istikametinde uzanan üç ve bunlara amudî istikamette biğer üç zincirle kuşatılması düşünüldü. Meridiyan istikametinde uzanan zincirlerden biri Greenwichin takriben 30° şarkında memleketin şark huducu imtidadınca, diğeri greenwichin 27° şarkında memleketin ortasında ve üçüncüsü Greennvich in 22° - 25° şarkında garp sahili imtidadınca tasavvur edilmiştir. Arzani zincirlerden biri takriben 60° arzında cenup sahili boyunca, diğeri takriben 63° arzında ve üçüncüsü de takriben 66° arzında geçecektir.

Enstitü evvela cenubi Finlandiya arzani zincirinin mesahasına başladı.

Bir taraftan Baltık nirengisine bağlı olması ve dolayısıyla Baltık mıntakasına ait Geoid sathının tayininde esaslı unsur olması ve diğer taraftan bizzat memleketin yapılacak mesahasına temel teşkil etmesi hasebile başlangıçtan itibaren bu zincirin tayinine büyük ihtimam gösterildi.

Çalışmalarda dılıların uzunluk hatasının 5/1000000 u geçmesine dikkat edildi. Bu esasa sadık kalmak için baz vasati hatasının 1/2000000 ve zaviye mesahasında ölçülen bir zaviyenin vasati hatasının $\pm 0,30''$ i aşmamasına dikkat edilmiştir. Ölçülen bir zaviyenin vasati hatasının tayininde beynelmilel derececi sıhhat mikyası olan $\sqrt{\frac{w \cdot w}{3 \cdot n}}$ düsturu esas ittihaz edilmiştir. Burada w müselles kapanma hatasını ve n müsellelerin adedini gösterir.

Bu zincirin istikşafı 1919 da başladı. Vasati dılı uzunluğunun 30 Km. ve müsellelerin mümkün mertebe dılılarının müsavi ve zaviyelerin 30° den daha aşağı olmamasına dikkat edildi. Bu esasa göre sathı bahirden yükseklikleri en fazla 20 m. olan, muhkem 52 nirengi noktası rekz edildi. Yalnız 6 zaviye 30° den aşağı idi. En küçüğü 22° dir. Zincir Viborg a kadar cenupi Finlandiya sahili boyunca uzanır.

Zincirin Hjörto-Uto hattına kadar olan takriben 150 Km. uzunluğundaki garp kısmı tek zincir ve 400 Km. kadar uzun olan şark kısmı çift zincirdir.

Zaviye mesahası

Zaviyeler Universal, Hildebrand aletile ölçülmüştür.

Aletin daire nısıf kutru 27 cm. ve daire taksimatı 5' dir.

Kutur istikametinde mevcut iki mikroskopa 2' doğrudan doğruya okunur. Budü mihrakisi 54 cm. ve objektif açıklığı 45 mm. dir.

Rasada gündüz Heliotrop, gece projöktör knllanılmıştır. Rasadlara gelince, bunlar gece ve gündüze takriben müsavi olarak taksım edilmiştir. Tam silsile rasadı yapılmıştır ve her nokta 12 silsilede 48 defa tatbik edilmiştir. Zaviye mesahasının neticesi çok güzeldir. Beynelmilel derecei sıhhat düsturunda 0,33' kıymeti elde edilmiştirki olması lâzımgelen 0,30' kıymetine çok yakındır. En büyük müselles kapanma hatası 1,05' olup vasati müselles kapanma hatası 0,43' dir.

Baz mesahası

600 Km. uzunluğundaki mesafede takriben 300 Km. aralıkla İnvar tellerile 3 baz mesahâ edilmiştir. Bazın tāmamı her telle gidiş geliş ölçülmüştür.

Tecrübe göstermiştirki İnvar tellerile baz mesahasında lâzım gelen sıhhati elde etmek için mesafeyi müteaddit defalar ve muhtelif tellerle ölçmek ve bu telleri hemen mesahadan evvel ve sonra bir kontrol bazında kontrol etmek lâzımdır. Bu sebepten Finlandiyada ölçülen her baz 5 telle mesaha edilmiş ve bu teller 720 m. uzunluğundaki tecrübe bazında her mesahadan evvel ve sonra ayar edilmişlerdir. Kontrol bazının uzunluğu ise; Finlandiya, Almanya, Danimarka, Polonya, ve Rusya normal metreleriyle Interferenzkomparator da mukayese edilmiş tellerle ölçülmüştür. Baz büyütme şebekesi olarak muayyen şekiller intihap edilmiştir. Misal olarak burada yalnız bir bazın tulünü yazacağım;

Sandö bazının tulü 5882,8359 m. $\pm$ 2,4 mm. dir.

Bütün bazlarda vasati hata kilometre başına 0,4 - 0,5 mm. arasındadır. Yani talep edilen derececi sıhhat mikyası 1: 2000 000 dönünde kalmıştır.

Astronomik mesahalar

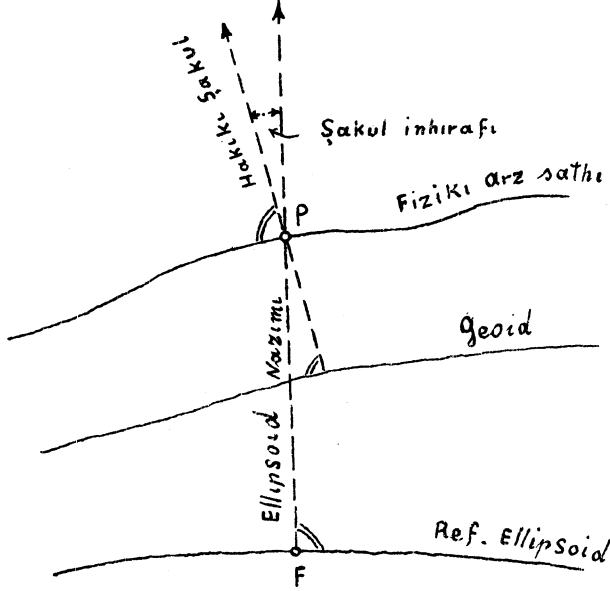
Şebekelerimizin rasadatı fiziki arz sathı üzerinde, yani yekdiğerile münasebeti olmayan muhtelif Niveau satırları üzerinde yapılır. Rasadat netayici, irtifa ve cazibe mesahasından intaç edilen küçük tashihata tabi tutulmak suretile jeoid ünlerine - riyazi arz sathı üzerine - irca edilir.

Büyük şebekelerin hesabında intikal sathî olarak jeoidi kullanmak imkânsızdır. Zira; sathı arz üzerinde ve arzın dahilinde mevcut gayri müsavi kitle dağılışından dolayı jeoid sathı muntazam değildir. Bu intizamsızlık jeoid için cari olacak müsellesat düsturlarının inkişafını imkânsız kılar. Bunun yerine hesabatın icrası için şekli muntazam, tahlilî kabil ifade ve jeoidə mümkün mertebe eyi intibak eden Referenzellipsoid alınır. Bu geçiş sayesinde imkân dahiline giren kat'î jeodezik hesabatı yapabilmek için jeoidin mezkûr intikal sathından olan inhirafatını hesaplamak ve bilnetice jeoid sathının ilmi mütalaası yüksek jeodezinin bilhassa zor olan vazifelerinden birini teşkil eder.

Bu mes'elenin halli; rasad noktalarından geçen Nivean satırlarına ikame edilen hakiki amudların (şakul istikameti) rasad noktalarına aid ellipsoid notalarından geçen nazımlara (ellipsoidnormale) nazaran istikamet ve kıymetce inhirafatını tesbit ve dolayısıyla noktaların jeoid mesafelerini hesap etmek demektir.

Hangi ellipsoid noktasının rasad noktasına aid olduğu hakkında lâzım olan nazarı esasatını - Dr. E. Kohlsschütter ellipsoid koordinatları hakkında yazısı ile ilk def'a olarak neşretmiştir.

Ona nazaran p rasad noktasına ait ellipsoid koordinatları p noktasından geçen ellipsoid nazımının F taban noktasının Ellipsoidik arz ve tulünden ibarettir. Ellipsoid nazımı ve p noktasından geçen hakiki şakul arasındaki zaviye şakul igrافی Θ dir Bu tarife nazaran bu bizzat p noktasına aittir. Burada jeoid üzerine irca yoktur.



ξ , η meridiyanda ve meridiyana amut şakul müstevisi üzerinde şakul inhirafının hadleri (Komponent) olsun. α' , λ' , φ' kıymetleri doğrudan doğruya p noktasında yapılan astronomik rasadlarla elde edilmiş ve α , λ , φ ; p noktasına ait Ellipsoidik koordineler olsun. Buna nazaran p noktasına ait şakul inhirafı Θ şu münasebetten istihraç olunur.

$$I. \xi = \varphi' - \varphi$$

$$II. \eta = (\alpha' - \alpha) \cdot \cot. \varphi$$

$$III. \eta = (\lambda' - \lambda) \cdot \cos. \varphi$$

η ve ξ yardımile $\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\eta}{\xi}$ ve bunun yardımile şakul inhirafı

$$\Theta = \frac{\xi}{\cos \varepsilon} = \frac{\eta}{\sin \varepsilon} \text{ hesap olunur.}$$

Jeoidin tayini maksadile bu şekilde astronomik rasadlar yapılan nirengi noktalarına şakul inhiraf noktası denir. Burada rasadlar az ihtimamla da yapılsa kâfidir ve I. II. numaralı düsturlardan da anlaşılacağı üzere arz ve semt tayinine inhisar eder.

Rasad noktalarının Ellipsoidik kıymetlerinin tayini için hiç olmazsa şebekenin bir p_0 noktasında evvelki nirengi ve cazibe mesahalarından şakul inhirafı komponentleri takribi kıymetlerinin malûm olması lâzımdır. Bundan sonra bu kıymetler yardımı ile p_0 noktası için I. - III. den $(\varphi' - \varphi)$, $(\alpha' - \alpha)$ ve $(\lambda' - \lambda)$ tefazulları teşkil edilir ve bununla p_0 noktasının astronomik kıymetleri buna ait Ellipsoidik koordinatlara tahvil edilir ve bu kıymetler bütün şebeke noktalarının Ellipsoidik koordinatlarının hesabına esas teşkil eder. II., III. düsturları müsavi farz edilirse müsellec zincirlerimizin Ellipsoid üzerinde hesabı ve tevcihi için haizi kıymet laplas müsavatı:

$$(\alpha' - \alpha) = (\lambda' - \lambda) \cdot \sin. \varphi \quad \text{elde edilir.}$$

Şakul inhiraf noktalarına mukabil bu müsavatın istimali astronomik tul tayinini de zaruri kılar. Astronomik rasadat bu müsavatı tahkik etmeğe mecbur ve bundan başka keza ölçülen müsellec zaviyelerinin tashihini istilzam edeceği için büyük bir derececi sıhhatle tayin edilmiş olmaları lâzımdır.

Bu şekilde astronomik rasatların yapıldığı noktalar laplas noktalarıdır.

Bu noktalar şebeke üzerine 200 Km. den fazla aralıklı olmak şartile dağıtılır. Zira aralıklar bu haddi aşarsa sıhhatli jeodezik bir intikal yapmak itimada şayan değildir.

Keza Finlandiya Jeodezi enstitüsü 1918 mesai programında bu iki cins astronomik noktaların tayinini kabul etti. Laplas noktaları yalnız şark-garp zincirlerinin nihayet noktalarında ve keza diğer intihap edilen bazı belli başlı noktalarda tayin edilecekti.

Şaakul inhiraf noktalarının ne kadar sık olacakları evvelden tesbit edilemiyordu. Buna sebep bu muntakadaki jeoid teşekkülâtıdır. Öyle mevkiler vardırki az aralıklarda büyük şakul inhiraf farkları kendini gösteriyor ve dolayisile arasında daha başka noktalar almak icap ediyordu.

Jeoidin bu şekilde gayri muntazam ve seri inhina (Krümmung) tahavvülatına maruz kalan yerlerinin nerelerde olduğu bilinmediğinden evvelâ bütün şebeke noktalarının şakul inhiraf noktaları olması lâzımdır.

Laplas noktalarının ve şakul inhiraf noktalarının evvelce tasarlanan dağıtılışı ancak kısa bir zaman baki kaldı. Evvelce dakik bir tul tayininin gösterdiği müşkülât telsiz telgrafın inkişafı neticesinde okadar azaldı ki daha 1922 senesinde bütün müsellesat noktalarında tul tayin edilmesi tasavur edildi. Bundan başka semt tayini ufki zaviye mesahasile birlikde, büyük bir derece sıhhatle ve fazla zaman sarfını icap ettirmeden kabili icra olduğundan 1924 senesindenberi Finlandiyada bütün müselles noktaları Laplas noktaları olarak tayin ediliyorlardı. Astronomik rasadat 1930 senesine kadar devam etti. Tol tayinindeki hakiki derece sıhhatı anlamak için 1926-1930 a kadar bazı noktaların tulleri yeniden tayin edildi. Tulleri mümkün mertebe muhtelif senelerde tayin

edilmiş olan noktalar intihap edildi. Bundan başka 1930 senesinde heyeti mecmuası 12 olan bu noktaların arzları keza yeniden rasat edildi. 1922-1926 senelerinde yapılan arz ve tul tayinlerinin neticeleri yeniden tashihata tabi tutuldu ve bu arada bu zamana kadar ihmal edilmiş olan Polschuwankung da nazarı itibara alındı. Son netayicin vasatı hatası olarak :

$$m\varphi = \pm 0,17''$$

$$m\lambda = \pm 0,034 s$$

$$m\alpha = \pm 0,49' \quad \text{elde edildi.}$$

Bu noktaların arzları Horrebow-Talcott usulüne göre ve mahalli zaman ise göz-kulak metuduna göre yıldızların meridyenden mürurunu rasad etmek suretile tayin edilmiştir.

Tul tayininde Carl Bamberg tarafından yapılmış Durchgang aleti kullanılmıştır. Semt tayini kutup yıldızı ile yapılmış ve ufkî zaviyelerle aynı zamanba ölçülmüştür.

Gerek ufkî zaviyeler ve gerek semt Hildebrand'ın Üniversal âletile ölçülmüştür.

— Cenubî Finlandiya müselles zencirinin laplas şartları nazarı itibare alınarak muvazenesi ve koordinelenmesi —

Cenubî Finiandiya müselles zencirini hesap ederken vazifeyi üç esas kısma ayırdım.

Kısım I : Jeodezik şebekenin mümkün olan en basit tarzda muvazene ve hesabı.

Kısım II : Laplas şartlarının bu şebekenin noktalarının nihaî vaziyetine tesirinin: Hjortö, Nötö, Dragsfjard, Vestlaks, Tenhola, Bredberg, Falkberg, Helsinki

Hjortö, Kökar, Degerby, Jomala, Marby, Signilskar, Grissleham poligonlarında üç kademe de tetkiki.

Bu üç kademe şunlardır:

1 Kademe: Her iki poligonun yalnız Hjortö de yapılan astro-nomik rasatlarla tevcihi.

2 Kademe: Poligonların her poligon noktasında bu noktalara ait astronomi rasatlarla yeniden tevcihi.

3 Kademe: Bütün astronomi rasatlarını nazarı itibare alarak poligonların tevcihi.

Kısım III: Bütün Laplas noktalarını nazarı itibare alarak bütün şebekenin koordinelenmesi ve şakul inhiraf hadlerinin hesabı

1 — Müselleslerin zaviyeleri, Exes leri ve kapanma hataları aşağıda yazılıdır.

1) Gr	53°12'	50"97	3) Si	47°13'	20"73	5a) Ma	89°59'	55"52
Und	81 21	5.21	Sä	42 51	42.19	Ge	41 10	4.83
Si	45 26	4.84	Ma	89 54	58.72	Jo	48 50	1.08
	180° 0'	1"02		180° 0'	1"64		180° 0'	1"43
	— ε: — 1.26			— ε: — 1.11			— ε: — 0.97	
	ν: — 0.24			ν: + 0.53			ν: + 0.46	
2) Und	47° 1'	58"99	4) Sä	67°23'	48"73	6) Ma	61°51'	23"31
Sä	36 0	36.77	Ma	39 21	27.81	To	43 15	40.38
Si	96 57	25.82	Ge	73 14	43.85	Jo	74 52	56.62
	180° 0'	1"58		180° 0'	0"39		180° 0'	0"31
	— ε: — 1.77			— ε: — 0.73			— ε: — 1.05	
	ν: — 0.19			ν: — 0.34			ν: — 0.74	

5) Ma	28° 8'	32" 21	10a) Ku	41° 50'	24" 08	16) Nö	95° 36'	49" 89
Ge	98 26	5.77	Jg	109 49	32.42	Dr	22 16	50.87
To	53 25	23.38	Kö	28 20	4.59	St	62 6	21.24
	180° 0'	1" 36		180° 0'	1" 09		180° 0'	2" 00
	— ε:	0.64		— ε:	— 1.17		— ε:	— 1.61
	v:	+ 0.72		v:	— 0.08		v:	+ 0.39
6a) Ge	57° 16'	0" 94	11) Jg	94° 44'	59" 55	18) St	49° 48'	52" 64
To	96 41	3.76	Hj	41 10	37.29	Dr	61 33	5.52
Jo	26 2	55.54	Kö	44 4	24.87	Be	68 38	5.20
	180° 0'	0" 24		180° 0'	1" 71		180° 0'	3" 36
	— ε:	— 0.73		— ε:	— 1.84		— ε:	— 3.45
	v:	— 0.49		v:	— 0.13		v:	— 0.09
7) To	44° 58'	49" 81	12) Kö	62° 6'	55" 77	19) Pr	63° 20'	51" 01
De	34 47	13.29	Hj	44 57	31.52	Le	76 1	16.29
Jo	100 13	58.13	Ut	72 55	35.76	Dr	40 37	54.62
	180° 0'	1" 23		180° 0'	3" 05		180° 0'	1.92
	— ε:	— 1.71		— ε:	— 2.61		— ε:	— 1.22
	v:	— 0.48		v:	+ 0.44		v:	+ 0.70
8) To	43° 48'	29" 96	13) Ut	30° 44'	11" 16	20) Dr	82° 59'	26" 96
Ku	66 12	54.16	Hj	53 27	5.54	Le	38 16	9.27
De	69 58	38.21	Nö	95 48	45.18	Ve	58 44	24.32
	180° 0'	2" 33		180° 0'	1" 88		180° 0'	0" 55
	— ε:	— 2.97		— ε:	— 1.41		— ε:	— 1.24
	v:	— 0.64		v:	+ 0.47		v:	— 0.69
9a) De	74° 58'	34" 92	14) Ut	43° 53'	28" 64	21) Dr	97° 41'	7" 99
Ku	51 45	17.70	Nö	54 14	35.94	Ve	56 12	21.65
Kö	53 16	10.23	St	91 51	56.61	Be	26 6	31.77
	180° 0'	2" 85		180° 0'	1" 19		180° 0'	1" 41
	— ε:	2.26		— ε:	— 1.01		— ε:	— 1.69
	v:	+ 0.59		v:	+ 0.18		ε:	— 0.28
9) De	30° 18'	24" 78	15) Hj	76° 49'	19" 76	21a) Dr	45° 16'	4" 12
Ku	93 35	41.78	Pr	34 53	10.78	Ha	61 41	30.82
Jg	56 5	55.46	Nö	68 17	30.67	Be	73 2	27.75
	180° 0'	2" 02		180° 0'	1" 21		180° 0'	2" 69
	— ε:	— 1.45		— ε:	— 1.43		— ε:	— 2.48
	v:	+ 0.57		v:	— 0.22		v:	+ 0.21
10) De	44° 40'	10" 14	17) Nö	46° 2'	18" 32	22a) Dr	52° 25'	3" 87
Jg	53 43	36.96	Pr	79 6	9.78	Ve	98 47	11.32
Kö	81 36	14.82	Dr	54 51	34.04	Ha	28 47	46.24
	180° 0'	1" 92		180° 0'	2" 14		180° 0'	1" 43
	— ε:	— 1.98		— ε:	— 2.26		— ε:	— 1.47
	v:	— 0.06		v:	— 0.12		v:	— 0.04

22) Be	46°55'	55"98	26) Ha	50° 4'	54"36	31) Ju	45° 1'	25"65
Ve	42 34	49.67	Te	64 25	29.85	Br	82 4	50.58
Ha	90 29	17.06	Ju	65 29	37.61	Po	52 53	45.98
	180° 0'	2"71		180° 0'	1"82		180° 0'	2"21
	— ε: — 2.26			— ε: — 2.24			— ε: — 3.26	
	ν: + 0.45			ν: — 0.42			ν: — 1.05	
23) Le	39°21'	39"46	27) Pe	56°44'	23"39	30) Kä	40° 4'	25"42
Pe	53 3	33.93	Kä	54 27	23.45	Br	105 22	0.34
Ve	87 34	49.23	Te	68 48	14.83	Fa	34 33	30.67
	180° 0'	2"62		180° 0'	1"67		180° 0'	2"43
	— ε: — 1.84			— ε: — 1.77			— ε: — 1.61	
	ν: + 0.78			ν: — 0.10			ν: + 0.82	
24) Ve	62°54'	51"89	29) Te	48°14'	12"91	32) Br	65°43'	50"46
Te	54 12	47.47	Kä	72 34	42.38	Fa	66 35	5.59
Ha	62 52	22.52	Br	59 11	5.94	Po	47 41	5.98
	180° 0'	1"88		180° 0'	1"23		180° 0'	2"03
	— ε: — 2.38			— ε: — 1.62			— ε: — 2.14	
	ν: — 0.50			ν: — 0.39			ν: — 0.11	
25) Ve	51°58'	43"24	28) Te	79°53'	16"27	33) Fa	75°32'	2"39
Pe	83 35	19.66	Br	47 38	12.68	Po	52 42	51.92
Te	44 25	58.67	Ju	52 28	34.19	He	51 44	9.43
	180° 0'	1"57		180° 0'	3"14		180° 0'	3"74
	— ε: — 1.63			— ε: — 2.21			— ε: — 2.83	
	ν: — 0.06			ν: + 0.93			ν: + 0.91	

2. Mebde dılları

Dıllar Geta - Toböle ve Tenhola - Hanko bazlarından hesap edilmişlerdir.

$$\log \text{Geta—Toböle} = 4.08\ 996\ 23.8 \text{ (12,3 km)}$$

$$\log \text{Hanko—Tenhola} = 4.53\ 288\ 67.0 \text{ (34,1 km)}$$

Devamı var