

Sampo Viheriälehto

ASTRONOMISEN PAIKANMÄÄRITYKSEN MENETELMÄT

Merenkulun koulutusohjelma
Merikapteenin suuntautumisvaihtoehto
2010

ASTRONOMISEN PAIKANMÄÄRITYKSEN MENETELMÄT

Viheriälehto, Sampo
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Merenkulun koulutusohjelma
Merikapteenin suuntautumisvaihtoehto
Huhtikuu 2010
Ohjaaja: Teränen, Jarmo
Sivumäärä: 51
Liitteitä: 12

Asiasanat: astronomia, merenkulku, navigointi,

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia voidaanko astronomisen paikannuksen menetelmien käyttöä laivan komentositatyöskentelyssä helpottaa. Tutkimuksen tavoitteena on madaltaa kynnystä astronomisen paikanmäärityksen keinojen hyväksikäyttöön laatimalla erityisiä, menetelmäkohtaisia laskupohjia. Laskupohjat on laadittu käyttäjälle, jonka oletetaan omaavan astronomisen navigoinnin perusteet, mutta ei ole pitänyt yllä osaamistaan säännöllisesti. Laskupohjien helpon käytön ehtona oli, että ne toimivat hyvin yhteen laivan komentosillan vakiokirjallisuuden kanssa. Astronomisen paikanmäärityksen lähdekirjallisuus, kuten Nautical Almanac on laadittu englannin kielellä. Alan suomenkielisessä kirjallisuudessa olennaiset vakiotermit on usein käännetty suomeksi. Tämän runsasta kääntämistyötä aiheuttavan ongelman välttämiseksi tässä opinnäytetyössä lyhenteet esiintyvät soveltuvin osin samassa muodossa kuin lähdekirjallisuudessa. Tämän tutkimuksen tavoitteena ei ole perehdyttää lukijaa syvällisesti astronomisen paikanmäärityksen eri menetelmien matemaattisen teoriaan.

Astronominen paikanmäärityksen asema nykymerenkulussa on toimia avomeripurjehduksen paikanmäärityksen varamenetelmänä ja tarjota redundanssia muiden järjestelmien rinnalle. Vaikka astronomisen paikanmäärityksen osaamisen vaatimousse STCW-yleissopimuksesta, sen merkitys käytännön navigoinnissa on vähäinen. Astronominen paikanmääritys näyttäytyykin nykymerenkulkijalle erityisesti historiallisessa kontekstissa, osana merenkulun ja navigoinnin kehityksen vuosisataista historiaa. Historiallisen viitekehýksensä vuoksi tämä opinnäytetyö on laadittu menetelmiensä osalta kronologisesti eteneväksi. Astronomisen paikanmäärityksen keskeisimmät menetelmät esitellään lukijalle siinä järjestyksessä, kuin ne alunperin kehitettiin. Kukaan menetelmä esitellään lyhyesti, jonka jälkeen menetelmäkohtainen laskuesimerkki opastaa käytännön paikanmäärityksen keskeiset vaiheet. Esimerkit on laadittu laskupohjille, jotka löytyvät lukijan kopioitaviksi liitesivuilta. Opinnäytetyön loppuosasta löytyy laskuesimerkkejä myös muutamille navigoijaa kiinnostaville toimenpiteille, kuten hyrräkompassin osoitusvirheen tarkistamiselle. Laskupohjien tarkoituksena on tuottaa astronomisesta paikanmäärityksestä kiinnostuneelle merenkulkijalle onnistumisen kokemuksia ja johdattaa lukija astronomisen paikanmäärityksen pariin käytännön kautta.

CELESTIAL NAVIGATION METHODS

Viheriälehto, Sampo
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Maritime management
Master Mariner
April 2010
Supervisor: Teränen, Jarmo
Number of pages: 51
Appendices: 12

Key words: Celestial navigation, astronomy, positioning

The purpose of this paper was to examine whether the practices of celestial navigation can be utilised in a more expedient manner during a ship's bridge watch. The aim of this study was to produce case specific forms for the most commonly used methods of celestial navigation. The forms laid out were written with the focal point aimed at simplifying and making more practicable the use of celestial navigation for deck officers. The forms were written with special consideration for a seafarer, with basic knowledge in celestial navigation, who has not practiced his skills at a regular basis. A precondition was held that the forms must be fully compatible with standard bridge literature to satisfy an ease of use. The literature concerning celestial navigation is by large written in the English language. Such is the case with for example the Nautical Almanac found on most oceangoing ships. Literature concerning celestial navigation written in Finnish often translates terms and abbreviations to Finnish. This hindrance, causing laborous translation work, has been mitigated in this paper by utilizing terms and abbreviations in their original English form where applicable. This thesis does not aim to discuss at length the theoretic mathematical background of celestial navigation.

Celestial navigation in modern seafaring plays the role of redundancy measure in case of system failure in the electronic positioning systems during an ocean voyage. The requirements for deck officers on a navigational watch as stated in the STCW Code includes the knowledge and skills in celestial navigation. In practice the importance of celestial navigation has decreased significantly in course of the last four decades.

Celestial navigation is often viewed through its historic context. Such is the case also with this study. The methods presented have been arranged to an order resembling the timeline of their creation. Each method is presented shortly, followed by an example calculation. The examples are made on the case specific forms for an easy to understand introduction to each method. The forms can be found from the study's appendices to be copied freely. Also included are a number of forms of general interest to the navigator e.g. gyro compass error measurement. The forms presented are designed to bring satisfactory results through little practice for the navigator interested in the art of celestial navigation.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	ASTRONOMINEN NAVIGOINTI KIRJALLISUUDESSA	8
2.1	Astronominen navigointi suomeksi	9
2.2	Astronomisen navigoinnin tietolähteitä harrastajalle	9
3	ASTRONOMINEN NAVIGOINTI LAIVATYÖSSÄ	10
3.1	Laskupohjat muistin tukena	11
3.2	Laskimen käytöstä	11
3.3	Aika	11
4	KUUN KULMAETÄISYYSSKEINO - LUNAR DISTANCE	12
4.1	Kuun kulmaetäisyyskeinoon historia	13
4.2	Kuun etäisyystaulukot	14
4.3	Kuun kulmaetäisyyskeinoon vaiheet	15
4.4	Mittaus	16
4.5	Korkeuskorjaus	16
4.6	Kulmaetäisyyden korjaus	17
4.7	Laskettu kuun kulmaetäisyys	18
4.8	Mitatun kulmaetäisyyden vertailu	18
4.9	Paikanmääritys kuun kulmaetäisyyskeinolla	18
4.9.1	Kulmaetäisyysmittaukset	20
4.9.2	Laskettu ja havaittu kuuetaisyys	21
4.9.3	Todellinen kulmaetäisyys	22
4.9.4	GMT:n määrittäminen	23
5	LONGITUDIKEINO	24
5.1	Longitudikeinoon historia	24
5.2	Longitudikeinoon menetelmänä	24
5.3	Longitudikeinoon vaiheet	25
5.4	Paikanmääritys longitudikeinoon	25
5.4.1	1. taivaankappale	26
5.4.2	2. taivaankappale	27
5.4.3	Sijoittajien määrittäminen	28

6	KORKEUSKEINO	29
6.1	Korkeuskeino menetelmänä	29
6.2	Korkeuskeinoon vaiheet	29
6.3	Paikanmääritys korkeuskeinolla	32
6.3.1	Auringon tosisuuntiman ts ja korkeusero H_C	33
6.3.2	Kuun tosisuuntima ts ja korkeusero H_C	35
6.3.3	Tähden tosisuuntima ts ja korkeusero H_C	37
6.3.4	Planeetan tosisuuntima ts ja korkeusero H_C	39
6.3.5	Sijoittajien määrittäminen	41
7	MUITA ASTRONOMISEN NAVIGOINNIN MITTAUKSIA	43
7.1	Hyrräkompassin osoitusvirheen tarkistus	44
7.2	Tuntemattoman taivaankappaleen tunnistaminen	46
7.3	Auringon ylämeridiaanin ohitus	48
8	LOPUKSI	50
	LÄHTEET	51
	LIITTEET	

SYMBOLI- JA TERMI LUETTELO

\odot / \ominus	Auringon alareunan ja oikean reunan mittausten symbolit	LD	Lunar distance
\lrcorner / \llcorner	Kuun alareunan ja vasemman reunan mittausten symbolit	LD _S	Lunar distance sextant
☆	Tähti	LD _C	Lunar distance calculated
♀	Venus	LD _O	Lunar distance observed
♂	Mars	LD _T	Lunar distance true
♃	Jupiter	Q	Quadratic correction
♄	Saturnus	AC	Parallaksi ja refraktio kokonaiskorjaus
δ	Deklinaatio	A	Lisäkorjaus
φ	Latitudi	B	Lisäkorjaus
λ	Longitudi	dh	Height difference
DR	Dead reckoning	HP	Horisontal parallax
a	Altitude difference, korkeusero	SD	Semidiameter
d	d-correction, korjausyksikkö	AZ	Atsimuth
v	v-correction, korjausyksikkö	N.A.	Nautical Almanac
LH _E	Local Hour Angle East		
GHA	Greenwich Hour Angle		
GMT	Greenwich Mean Time		
LHA	Local Hour Angle		
LMT	Local Meantime		
SHA	Sidereal Hour Angle		
I	Index error, sekstanttikorjaus		
dip	Horisontal dip, sekstanttikorjaus		
App. Alt.	Apparent Altitude		
H _o	Height Observed		
H _C	Height Calculated		
H _S	Height Sextant		
R	Refraktio		
ts	Tosisuuntima		
TS	Tosisuunta		
hs	Hyrräsuuntima		

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön taustana on allekirjoittaneen merellä vietettyjen vuosien aikana herännyt kiinnostus tutkia astronomisen navigoinnin menetelmien hyödyntämistä nykymerenkulussa. Tutkimuksen keskiössä on ongelmat, joita merenkulkija kohtaa astronomisen navigoinnin menetelmiä käyttäessään. Astronominen navigointi ja sen eri menetelmät ovat avomerinavigoinnin vanhaa perustietoa, jonka juuret ulottuvat satoja vuosia taaksepäin.

Astronomisen navigoinnin asema nykymerenkulussa on kaksijakoinen. Yhtäältä merenkulun piirissä yleisesti tunnustetaan astronomisen navigoinnin arvo. Toisaalta astronomisen navigoinnin menetelmät ja niiden hallinta käytännön tasolla ovat suomalaisen laivapäällystön keskuudessa karkeasti arvioiden heikkoa. Astronomisen paikanmäärityskeinojen puutteellinen hallinta on kuitenkin perusteltavissa oleva ja helposti ymmärrettävä ilmiö. Laivojen komentosillan laitteistot muodostavat monimutkaisen, eri järjestelmien yhteensovitettuna teknisen kokonaisuuden, jonka hallinta vaatii suurta omistautumista. Yksityiskohtaista tietoa erilaisten laitteiden rajoituksista vaaditaan yleisesti ja navigoijan on hallittava suuri määrä laivakohtaista, spesifiä tietoa eri järjestelmien ominaisuuksista. Modernin navigoijan yksi tärkeimmistä pätevyden mittareista voidaankin katsoa olevan hänen systeemituntemuksensa taso. Laivapäällystöltä odotettavan tiedollisen ja käytännöllisen osaamisen hallinta on laaja. Koska laivojen komentosiltojen monimutkaistuminen ei näytä laantuvan vaan pikemminkin kiihtyvän, on luontevaa, että astronomisen navigoinnin merkitys merenkulussa on vähenee. Astronomisen navigoinnin hallintaa kuitenkin edellytetään STCW-yleissopimuksessa. Vahtipäällikön tulee hallita aluksen sijainnin määrittäminen astronomisin keinoin. (STCW Code 1995. Part A, Chapter II, Section A-II/I).

Astronominen navigointi koetaan merenkulkijoiden keskuudessa usein vaikeaksi. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa astronomista navigointia suorittavalle navigaattorille helppolukuisia laskupohjia, jotka opastavat käyttäjää ja toimivat muistin tukena. Astronomisen navigoinnin vaikeaksi kokeminen liittyy usein erilaisten taulukoiden käyttöön ja yksityiskohtien suureen määrään. Tässä

opinnäytetyössä laadittujen laskupohjien keskeisenä ajatuksena on auttaa laskija pahimpien karikoiden yli ilman mittavaa turhautumista.

Opinnäytetyö pyrkii osaltaan selkeyttämään astronomisen navigoinnin käsitteistöä jättämällä suomenkieliset lyhenteet pois sellaisista kohdista, joissa englanninkielinen vastine on. Opinnäytetyö on laadittu siten, että navigoija käyttää hyväkseen komentosillan vakiokirjallisuutta kuten Nautical Almanac -teosta. Opinnäytetyön liitteistä löytyvät laskupohjat on suunnattu ensisijaisesti navigoijalle, jolle astronomisen navigoinnin perusteet ovat entuudestaan tuttuja. Tämä opinnäytetyö ei pyri olemaan astronomisen navigoinnin perusteos, eikä sitä ole suunnattu ensimmäiseksi teokseksi astronomisen navigoinnin pariin hakeutuvalle harrastajalle.

Tässä teoksessa esitellään astronomisessa paikanmäärityksessä käytettyjä menetelmiä esimerkkien avulla. Menetelmät esitellään kronologisessa järjestyksessä siten, kuin ne alunperin ilmestyivät merenkulkijan käyttöön. Ensimmäisenä käydään läpi kuun kulmaetäisyysmenetelmä, joka oli lähtöpiste astronomiselle paikanmääritykselle eurooppalaisessa merenkulussa. Seuraavana on vuorossa longitudikeino. Viimeisenä esitellään nykyisin käytössä oleva korkeuskeino. Lisäksi on laadittu yksityiskohtaisia esimerkkejä nykynavigoijaa kiinnostaville astronomisen navigoinnin keinoille, kuten hyrräkompassin osoitusvirheen tarkistaminen ja tähden tunnistaminen. Eri taivaankappaleiden erityisominaisuudet huomioonottavia laskupohjia on laadittu kopioitavaksi auringolle, kuulle, planeetoille ja tähdille.

2 ASTRONOMISEN NAVIGOINNIN TEORIA KIRJALLISUUDESSA

Astronomisen navigoinnin historia on pitkä, ja aiheesta löytyy erittäin paljon kirjallisuutta. Huomionarvoinen seikka on kuitenkin se, että ehdottomasti suurin osa kirjallisuudesta on kirjoitettu englannin kielellä. Suomen kielelle käännettynä aiheesta on kirjoitettu vähän, ja se on suurimmaksi osaksi oppilaitosten käyttöön suunnattua kirjallisuutta. On myös ilmeistä, että elektronisten navigointilaitteiden yleistyttyä ja astronomisen navigoinnin siirryttyä taka-alalle, aiheesta kirjoittaminen

on vähentynyt merkittävästi. Suomenkieliset kattavasti aihetta käsittelevät oppaat ovat peräisin 1960-luvulta tai aiemmin. Uudempaa suomalaista astronomista paikanmäärittystä käsittelevää kirjallisuutta edustaa esimerkiksi Suomen Navigaatioliiton julkaisema Kaj-Erik Löfgrenin Avomerinavigointi 2005.

Suomalainen merenkulku on myös siirtynyt painopisteeltään Eurooppa-keskeiseksi viime vuosisadan loppupuoliskolla. Astronominen navigointi mielletään usein valtameripurjehduksen osaksi. Tätä taustaa vasten voi myös ymmärtää astronomisen navigoinnin taitojen merkityksen vähenemisen olleen luontaista seurausta suomalaisten laivojen poistumisesta maailman valtameriltä.

2.1 Astronominen navigointi suomeksi

Suomenkielisessä kirjallisuudessa astronomisen navigoinnin termit on usein käännetty suomen kielelle (Löfgren 2005, 164). Kääntämisestä seuraa kuitenkin usein käytännön ongelmia, kun hakuteoksessa, kuten Nautical Almanac, termit ovat englanniksi. Tämän opinnäytetyön eräs keskeinen tavoite oli kirjoittaa käytännöllisiä ohjeita astronomiseen paikanmäärittäykseen suomeksi siten, että lyhenteet ja termit säilyttävät johdonmukaisesti ulkoasunsa ja kielensä koko laskemisen ajan. Koska nautikaaliset taulukot julkaistaan englanniksi, esiintyvät myös tässä teoksessa termit englanninkielisen ulkoasunsa säilyttäen. Eräitä lyhenteitä, kuten tosisuuntima, käytetään suomenkielisinä: ts. Tämä on seurausta siitä, että ne kulkevat suomenkielisinä merenkulun toiminnassa yleisesti. Nämä suomenkieliset termit ovat luonteeltaan sellaisia, että niitä ei esiinny englanninkielisissä hakuteoksissa sekaannusta aiheuttavasti.

2.2 Astronomisen navigoinnin tietolähteitä harrastajalle

Kuten aiemmin on todettu, on astronomisesta navigoinnista kirjoitettu paljon. Astronomisten laskujen teoriasta kiinnostuneen onkin syytä siirtyä perehtyä alan perusteeksiin syventyessään aiheeseen. Astronomisen navigoinnin merkittäviin perusteeksiin kuuluu Nathaniel Bowditchin American Practical Navigator. Bowditch

kuuluu myös hyvin usein komentosillan kirjaston valikoimaan. Tässä teoksessa laajasti viitattu Nautical Almanac on myös komentosillan kirjaston valikoimissa. Toisinaan laivalla on Nautical Almanacan sijaan kaupallisempi Brown's Nautical Almanac, jonka efemeeriset tiedot ovat yhtenevät Nautical Almanacan tietojen kanssa. Brown's sisältää myös runsaasti yleistä navigoinnin tietoa, ja se on saatavilla edullisesti vaikkapa internetissä verkkokirjakaupoista. Nautical Almanac on vuosittainen laitos, joten harrastajan näkökulmasta on vaivalloista ostaa joka vuosi uusi nautikaali. Tähän ongelmaan löytyy monelaisia ratkaisuja. Yksi helppo keino on ostaa Long Term Almanac, josta efemeeriset tiedot on löydettävissä vuosikymmeniksi eteenpäin. Kaupallisesti on myös tarjolla elektronisia almanakkoja esimerkiksi graafisiin laskimiin, ja ne sisältävät paljon hyödyllisiä ohjelmia astronomiseen navigointiin. Internetistä löytyy myös ilmaisia avoimen lähdekoodin planetaario-ohjelmia, jotka ovat suurena apuna esimerkiksi taivaankappaleen tunnistamisessa. Internetistä löytyvään tietoon kannattaa myös astronomisen navigoinnin saralla suhtautua varauksella ja tarkistaa lähteiden luotettavuus.

3 ASTRONOMINEN NAVIGOINTI LAIVATYÖSSÄ

Astronomisen paikanmäärityksen ongelmakohtana on usein se, että sitä ei tehdä säännöllisesti. Edellisestä kerrasta on kulunut vuosia, tai sitä ei ole tehty merenkulun opintojen jälkeen. Astronomiseen paikanmääritykseen liittyvät lukuisat yksityiskohdat saattavat unohtua, eikä niiden uudelleen opiskelu ole välttämättä helppoa esimerkiksi kieliongelmiensa vuoksi. Englanninkielisten perusteosten avulla asioiden mieleenpalauttaminen saattaa olla työlästä. Sekstantin käyttö ja efemeeristen tietojen hakemisen perusteet on usein navigoijalle tuttua, mutta lukuisat, eri taivaankappaleilla erilaiset, korjaukset aiheuttavat päänvaivaa. Käytännössä merivahdin aikana ei ole aikaa lukea esimerkiksi Nautical Almanacaa kokonaisuudessaan sellaisella huolellisuudella, että kaikkien eri korjausten käyttäminen luonnistuu.

3.1 Laskupohjat muistin tukena

Myöhemmin esiteltävissä laskupohjissa on ollut tavoitteena saada yhden taivaankappaleen vaatimat toimenpiteet ja laskukaavat yhdelle A4-arkille siten, että navigoija laskee kunkin mittaamansa taivaankappaleen tiedot kyseisen taivaankappaleen laskupohjaan. Laskupohjia voi kopioida liite-sivuilta valmiiksi odottamaan otollista mittaushetkeä. Laskupohjiin on laadittu kuvalliset esimerkit niiden käyttöä varten. Mikäli epäselvyyttä ilmenee, voi navigoija katsoa kyseisen tähden esimerkkisivulta, miten kyseinen kohta tarkalleen lasketaan.

Laskuissa vaadittavat trigonometriset kaavat on liitetty osaksi laskupohjia, mutta niiden ratkaisemiseen ei tässä opinnäytetyössä puututa. Laskukaavat ovat puhtaasti matemaattisia ja niiden ratkaiseminen ei vaadi erityistietämystä. Navigaattori ratkaisee laskukaavan oman laskutapansa mukaan.

3.2 Laskimen käytöstä

Astronomisen paikanmäärityksen toteuttaminen käytännössä edellyttää muutamia perustaitoja ja valmisteluja, jotka on syytä ottaa huomioon ennen mittausten aloittamista. Ensimmäinen asia, johon navigoijan on syytä kiinnittää huomiota, on laskimen käytön hallinta. Erilaisiin laskimiin syötetään funktioita eri tavalla. Navigoijan on syytä tuntea oman laskimensa ominaisuudet tarkasti. Esimerkiksi osaan tieteislakimia voidaan syöttää kaariminuutin osat desimaaleina ja toisiin vain sekunteina. Laskujärjestys vaatii osassa laskimia sulkeiden käyttöä, mutta osa laskimista ymmärtää laskukaavan sellaisenaan.

3.3 Aika

Tarkan ajan merkitys astronomiselle navigaatiolle on historiallisessa kontekstissa merkittävä. Juuri tarkan ajan avulla longitudi pysytyttiin ratkaisemaan (Sobel 1995, 37). Nykyisin tarkka aika on saatavilla kaikkialla, varsinkin laivan komentosillalla. Laivan komentosillan varusteisiin edelleen kuuluva kronometri on eräs

vaihtoehtoista, mutta navigaattorille helpoin ja tarkin aika löytyy GPS-vastaanottimesta, joka tarjoaa atomikellon tarkkuudella UTC-aikaa (Bowditch 2002, 164). Astronomisen paikanmäärityksen kannalta riittävänä voidaan pitää yhden sekuntin tarkkuutta (Bowditch 2002, 269) UTC-ajassa, joka vastaa 0,25 kaariminuuttia matkassa. Tässä teoksessa käytetään termiä GMT, joka tarkoittaa Greenwich Meantimea eli Greenwichin keskiaikaa. GMT on 1 sekunnin tarkkuudella sama kuin UTC-aika. Navigaattori tahdistaa kellonsa esimerkiksi GPS-laitteen avulla tarkalleen oikeaan aikaan havaintojen tekoa varten.

4 KUUN KULMAETÄISYYSKEINO - LUNAR DISTANCE

Merenkulun opiskelija kohtaa astronomisen navigoinnin osana opintojaan. Astronomisen navigoinnin nykypäivä on keinoineen kuitenkin monin osin erilainen, kuin se oli alkutaipaleellaan 1700-luvulla. Astronominen navigointi keskittyy nykyään korkeuskeinoon eli paikanmäärittämiseen taivaankappaleiden mitatun korkeuden ja lasketun todellisen korkeuden eroon. Tämän keinoon ytimessä on aika. On hyvä ottaa tässä yhteydessä esille myös se, että jos tarkastellaan nykyisiä paikanmäärityskeinoja, on tilanne edelleen sama, kuin se on ollut satoja vuosia: aika on paikanmäärityksen tärkein elementti silloin, kun ollaan tutkan kantaman ulkopuolella. Laivojen nykyinen pääasiallinen paikannus eli GPS-järjestelmä perustuu olennaisesti aikaeron mittaamiseen taivaalla ja maalla (Bowditch 2002, 164). Astronomisen navigoinnin kanssa kosketukseen joutuneelle aika tai pikemmin sen saatavuus on itsestäänselvyys. Näin ei kuitenkaan ollut silloin, kun kuun kulmaetäisyyskeino kehitettiin (Sobel 1995, 13).

Kuten edellä todettiin, korkeuskeino on astronomisen navigoinnin nykyinen perusmenetelmä, joka esimerkiksi Nautical Almanacassa selostetaan seikkaperäisesti. Astronominen paikanmääritys nivoutuu vahvasti merenkulun historialliseen kontekstiin luonteensa puolesta. Jotta astronomisen paikanmäärityksen kokonaisuus hahmottuisi, on sen tarkastelu syytä aloittaa kuun kulmaetäisyyskeinoon tarkastelusta eli lunar distance -menetelmästä. Kuun kulmaetäisyyskeinoon tavoitteena on mitata Greenwichin aika taivaankappaleiden liikkeistä, tarkemmin ilmaistuna

kuun liikkeen mittaamisesta sen liikkussa taivaankannen poikki, käyttäen vertailukohtana jotakin valittua taivaankappaletta.

4.1 Kuun kulmaetäisyyskeinoon historia

Kuun kulmaetäisyyskeinoon historia nivoutuu tiukasti yhteen longitudin historian kanssa. Tarkemmin ilmaistuna kyse on saman asian eri puolista. Kun tarkkaa aikaa ei tunneta, käy longitudin mittaaminen mahdottomaksi silloin, kun ranta katoaa horisontin taa (Sobel 1995, 25). Kuun kulmaetäisyyskeino oli yksi vastaus longitudin löytämisen ongelmaan. Longitudin ja ajan suhde on tuttu merenkulkijalle. 1 minuutti ajassa on 15 kaariminuuttia. Jos tiedetään paikallinen aika, Local Meantime (LMT) esimerkiksi mittaamalla auringon ylämeridiaani-ohitus, ja Greenwich Meantime (GMT), voidaan paikallinen longitudi laskea muuntamalla näiden aikojen erotus asteiksi ja kaariminuuteiksi (Bowditch 2002, 277-278).

Longitudin määrittämisen ongelma oli saanut 1700-luvulle tultaessa sellaiset mittasuhteet, että sitä verrattiin ikiliikkujan keksimiseen (Sobel 1995, 14). Vuonna 1714 Englannin parlamentti sääti kuuluisan longitudiasetuksen, joka lupasi 20 000 punnan palkinnon longituduongelman ratkaisijalle (Sobel 1995, 21). Longituduongelma oli aikansa tieteellinen kysymys, jota yrittivät ratkaista niin oppineet kuin rahvaskin (Sobel 1995, 42). On historiallisesti mielenkiintoinen yksityiskohta, että kaksi ensimmäistä toimivaa ratkaisumenetelmää kehitettiin historiallisesti samana ajanjaksona, joka mahdollisti eräänlaisen kilpailutilanteen syntymisen eri menetelmien välille (Sobel 1995, 52). Ensimmäinen ratkaisuehdotus oli John Harrisin keksimä kronometri ja toinen Nevil Maskelynen viimeistelemä kuun kulmaetäisyyskeino. Tämä longitudin ratkaisun historian rinnakkainen kulku on erinomaisesti esillä myös nykypäivänä, kun navigoija määrittää vaikkapa hyrräkompassin osoitusvirheen. Kaksi rinnan keksittyä työkalua, Harrisin kronometri ja Maskelynen taulukot, ovat läsnä rannekellon ja Nautical Almanacan muodossa.

Kuun kulmaetäisyysmenetelmän alkuperäiseksi ideoijaksi voidaan eri lähteisiin nojaten asettaa monia entisaikojen taivaan tutkijoista. Eräs varhaisimmista oli

Johannes Werner (Sobel 1995, 26), joka vuonna 1541 ymmärsi, että kartoittamalla kuun radalla olevien tähtien paikat voidaan verrata kuun liikettä tähtiin ja tästä aikaerosta päätellä havaitsijan longitudi. Myös Galileo Galilei antoi oman panoksensa tarkan ajan saavuttamiseksi. Galilei tarkkaili Jupiterin kuiden kiertoa planeetan ympäri ja lasi niille ephemeridejä, joiden avulla tarkka aika voidaan laskea. Menetelmän heikkoutena oli pienten taivaankappaleiden havainnoinnin vaikeus meriolosuhteissa. Ongelma oli myös se, että Jupiter ei näy tähtitaivaalla koko vuotta (Sobel 1995, 29).

Ensimmäinen Nautical Almanac julkaistiin 1766. Kirjan ensimmäinen laitos Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris sisälsi taulukot kuuetaisyyksistä valittuihin taivaankappaleisiin. Kirjan toimitti kuun kulmaetaisyyksien isänä pidetty Nevil Maskelyne. Maskelyne valvoi Nautical Almanacian toimittamista aina kuolemaansa asti (Sobel 1995, 122). Nautical Almanac auttoi kuun kulmaetaisyyksien kanssa painivaa merenkulkijaa selvittämään longitudinsa nopeammin valmiiden taulukoiden avulla. Ilman taulukoita navigoija lasi trigonometrisiä laskuja useita tunteja. Valmiiden etäisyystaulukoiden avulla laskemisen arveltiin olevan tehtävissä noin puolessa tunnissa. Kuuetaisyyksiä julkaistiin Nautical Almanacissa vuoteen 1905 asti.

4.2 Kuun etäisyystaulukot

Entisaikojen merenkulkijalla ei ollut käytössään taskulaskinta, mistä johtuen hän joutui laskemaan kaikki trigonometriset funktiot käyttäen erilaisia logaritmitaulukoita. Astronomisten laskujen laskeminen trigonometrinen taulukoiden avulla oli erittäin hidasta ja virhemahdollisuudet olivat merkittävästi suuremmat kuin laskinta käytettäessä. Kuun kulmaetaisyyksien menetelmä perustui entisaikoina valmiiden taulukoiden käyttöön juuri siksi, että ne nopeuttivat laskemista.

APRIL 2010															
	°	'	P.L.	°	'	P.L.	°	'	P.L.	°	'	P.L.			
1 UT	+Regulus			+Saturn			+Spica			-Antares			-Nunki		
0	66	49.8	2350	36	52.4	2413	12	56.6	2440	33	7.0	2344	65	40.2	2346
3	68	34.6	2366	38	35.6	2422	14	39.2	2435	31	22.1	2361	63	55.4	2362
6	70	18.9	2382	40	18.7	2432	16	22.0	2437	29	37.6	2378	62	10.9	2379
9	72	2.9	2399	42	1.5	2443	18	4.7	2442	27	53.5	2395	60	26.9	2396
12	73	46.5	2415	43	44.1	2454	19	47.2	2451	26	9.8	2413	58	43.2	2413
15	75	29.7	2432	45	26.3	2468	21	29.6	2461	24	26.5	2432	56	59.9	2431
18	77	12.5	2449	47	8.3	2480	23	11.7	2473	22	43.7	2450	55	17.1	2448
21	78	54.9	2467	48	50.0	2495	24	53.6	2487	21	1.4	2470	53	34.7	2466
2 UT	+Saturn			+Spica			-Antares			-Nunki			-Jupiter		
0	50	31.3	2509	26	35.1	2500	19	19.4	2490	51	52.7	2484	116	46.9	2571
3	52	12.3	2524	28	16.3	2515	17	38.0	2510	50	11.1	2502	115	7.3	2589

Kuva 1: *Wepster, S. Precomputed Lunar Distances*

Tyypillisessä kuun etäisyyksiä luettelevassa taulukossa annetaan kulmaetäisyydet valituille taivaankappaleille kolmen tunnin välein. Taulukoissa esitetään useimmiten kulmaetäisyys asteina sekä erityisinä suhteellisina osina. Kuun etäisyystaulukoihin valitaan aurinko tai sellaisia tähtiä ja planeettoja, jotka ovat lähellä kuun kulkemaa rataa taivaankannen poikki.

Kulmaetäisyystaulukoita ei nykyään julkaista virallisesti minkään merenkulkuhallinnon puolesta. Kuun kulmaetäisyyskeino on kuitenkin edelleen astronomisesta naviogoinnista kiinnostuneen harrastajajoukon käytössä, ja alan harrastajien julkaisemia taulukoita on saatavilla internetissä. Kuun laskennallisten kulmaetäisyyksien (LD_c) määrittämiseen ei kuitenkaan tarvita taulukoita. Taulukoiden käytön sijaan nykynavigoija voi laskea tarvittavat tiedot tavallista Nautical Almanacaa käyttäen. Koska trigonometriset funktiot saadaan laskettua tavallisella tieteislaskimella nopeasti ja helposti, ei tästä toimesta aiheudu suurta vaivaa.

4.3 Kuun kulmaetäisyyskeinoon vaiheet

Kulmaetäisyyden määrittäminen on syytä aloittaa pohtimalla, mitä taivaankappaletta mittauksessa käytetään. Hyvä kohde sijaitsee lähellä kuun rataa ja melko lähellä

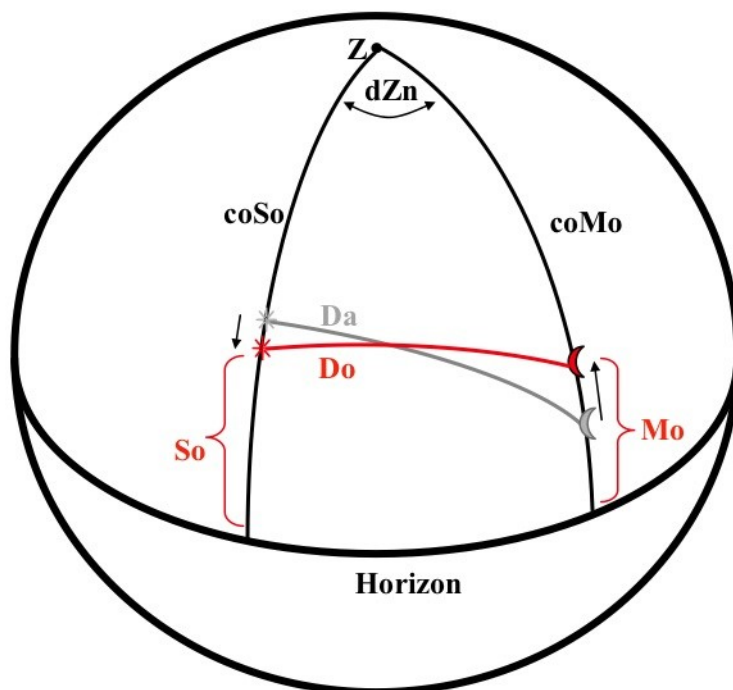
kuuta itseään. Voidaan karkeasti todeta, että kohteet yli 80° päässä kuusta ovat epäsopivia. Peukalosääntönä kohteen valinnassa voidaan pitää seuraavaa: kohteen tulisi olla kauempana kuin 15° kuusta mutta lähempänä kuin 60° . Mittaus on tarkempi myös silloin, kun sekä kuu että mitattava kohde ovat korkealla taivaalla. Tällöin ilmakehän vaikutus mittauksessa on suhteellisesti pienempi. Kuun liike taivaankannen poikki on helppo havainnollistaa esimerkiksi internetissä saatavilla olevien ilmaisten planetaario-ohjelmien avulla. Planetaario-ohjelman avulla voidaan myös helposti tunnistaa sopiva tähti, jota aiotaan mitata. Planetaario-ohjelman käyttö on helppoa, koska käytännössä kaikilla komentosilloilla on nykyään tietokone.

4.4 Mittaus

Kuun kulmaetäisyysmenetelmän heikoin piirre on varmasti sen vaatima suuri tarkkuus. Tavanomaisessa korkeuskeinossa $1'$ virhe mittauksessa tuottaa n. $5'$ virheen. Kuun kulmaetäisyysmenetelmässä $1'$ virhe tuottaa $30'$ virheen longitudiin. Jotta mittausvirhettä voidaan vähentää, kuun ja valitun taivaankappaleen välinen etäisyys voidaan mitata peräkkäin useaan kertaan tallentaen jokaisen mittauksen tarkka aika ja tietenkin sekstanttilukema. Saaduista sekstanttietäisyyksistä (LD_s) laaditaan sitten yksinkertainen kuvaaja sekstanttietäisyyksien ja ajan funktiona. Mittauspisteiden väliin piirretty suora kertoo, mikä mittauksista kannatta ottaa laskun perusteeksi.

4.5 Korkeuskorjaus

Kulmaetäisyyden laskemisessa tarvitaan tietoa edellä mainitusta ilmakehän virheestä eli refraktiosta sekä kuun parallaksivirheestä. Näitä tietoja varten on tiedettävä kuun ja kohteen näennäinen korkeus (App. Alt) sillä hetkellä, kun varsinainen kulmaetäisyysmittaus suoritetaan. Korkeustieto saavutetaan mittaamalla sekä kuun että valitun kohteen korkeus ennen ja jälkeen kulmaetäisyysmittauksen. Kuun ja valitun kohteen kulmaetäisyysmittauksen hetkellä vallinnut korkeus saadaan interpoloimalla. Tarkan hetken App. Alt. perusteella saadaan kummallekin mitattavalle tarvittavat refraktio- ja parallaksikorjaukset.



Kuva 2: Pearson, N. Lunar distances

4.6 Kulmaetäisyyden korjaus

Kulmaetäisyys mitataan kuun reunaan. Indeksivirheen korjauksen jälkeen saadaan kuun näennäinen kulmaetäisyys (Apparent LD). Laskuissa käytetään kuun keskipistettä. Näin kulmaetäisyyksiin lisätään korjaus kuun semidiametrille (SD). Nautical Almanac ilmoittaa SD-tiedon päiväsivuilla jokaiselle päivälle kerran, aikaan 12^h00^m GMT. Tarkempi, tuntikohtainen SD saadaan myöhemmin esiintyvällä kaavalla. Kuun näennäinen halkaisija vaihtelee myös sen korkeuden mukaan. Semidiametriä korjataan siksi Augmentation of moon's semidiameter -korjauksella. Jos toisena kohteena on aurinko, täytyy huomioida auringon päiväkohtainen semidiametrikorjaus. Edellä mainittujen korjausten tuloksena saadaan havaittu kuun kulmaetäisyys (LD_0). Riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi kulmaetäisyyttä korjataan vielä aiemmin mainituilla refraktio- ja parallaksikorjauksilla. Myöhemmin esiteltävien kaavojen avulla saadaan selville todellinen kuuetaisyys (LD_T). Todellinen kuuetaisyys on lopullinen arvo, jota verrataan kuun ja valitun taivaankappaleen laskettuun kulmaetäisyyteen.

4.7 Laskettu kuun kulmaetäisyys

Jotta mitattu kuun kulmaetäisyys kertoisi havaitsijalle kaivattuja tietoja, sitä verrataan ennalta laskettuun etäisyyteen. Mittausajankohtaa edeltävän tasatunnin ja mittausta seuraavan tasatunnin kulmaetäisyys toimii vertailukohtana, jolla GMT lopulta saadaan selville. Tämä tieto voidaan ottaa suoraan kuuetaisyystaulukosta, jolloin väli on yleensä kolme tuntia, tai laskea Nautical Almanacan avulla. Myöhemmin esitettävässä esimerkissä kuuetaisyys (LD_C) saadaan laskemalla. Laskettaessa LD_C otetaan mittauksen vertailukohdaksi mittausta edeltävä ja sen jälkeinen GMT-tasatunti. Tämän menettelytavan etuna voidaan pitää sitä, että kaikki kuuetaisyyskeinossa tarvittavat laskut voidaan suorittaa Nautical Almanacan ja laskimen avulla. Koska viralliset tahot eivät enää julkaise kuuetaisyysistä taulukoita, niiden saatavuus on tulevaisuudessa epävarmaa.

4.8 Mitatun kuuetaisyyden vertailu

Mitatun kuuetaisyyden muuttamisessa tarkaksi GMT:ksi käytetään hyväksi lineaarista interpolaatiota. Mittausta edeltävän ($1.LD_C$) ja sen jälkeisen ($2.LD_C$) tasatunnin etäisyserotusta, $2.LD_C - 1.LD_C$, verrataan erotukseen $LD_T - 1.LD_C$. Interpoloinnin helpottamiseksi asteet on syytä muuttaa kymmenlukumuotoon. Logaritmitaulukoita käytettäessä ei vastaavaa interpolaatiota tarvitse tehdä. Saaduilla logaritmiarvoilla arvoilla katsotaan taulukosta vastaava asteluku. Toisaalta erilaisten taulukoiden käytön lisääminen kasvattaa myös virhemahdollisuuksia. Taulukoiden käytön puolesta löytyy vahvoja argumentteja, samoin suoran laskemisen puolesta. Valinta on syytä tehdä henkilökohtaisen kokemuksen ja mieltymyksen perusteella.

4.9 Paikanmääritys kuun kulmaetäisyyskeinolla

Tässä kappaleessa esitellään esimerkkilaskun avulla kuun kulmaetäisyysmenetelmän avulla laskettu likimääräinen GMT-aika. Kuun kulmaetäisyysmenetelmä on monipolvinen laskutoimitus, jonka sujuva suorittaminen vaatii runsaasti harjoittelua.

Toisin kuin korkeuskeinoon laskuesimerkkien kohdalla kuun kulmaetäisyyskeinoon laskuesimerkkiin ei ole sisällytetty otteita Nautical Almanacasta. Kuun kulmaetäisyysmenetelmään perehtyvän navigoijan voidaan olettaa jo hallitsevan Nautical Almanacan käytön.

4.9.1 Kulmaetäisyysmittaukset

DR DATE : 26.4.2004 DR φ +/-: _____ DR λ +/-: _____
 GMT tasatunnit: 20h GMT tasatunti ennen mittauksia
21h GMT tasatunti mittauksen jälkeen

Mittausjärjestys:

1. Kuu
2. Taivaankappale
3. LD (lunar distance)
4. Kuu
5. Taivaankappale

kuun korkeusmittaukset:	1.mittaus	4.mittaus
mittausaika DR GMT:	<u>20^h09^m51^s</u>	DR GMT: <u>20^h17^m57^s</u>
$\underline{C} H_s$	<u>44°23,6'</u>	$\underline{C} H_s$ <u>46°19,6'</u>
I	<u>-3'</u>	I <u>-3'</u>
dip	<u>-9,6'</u>	dip <u>-9,6'</u>
App. alt.=	<u>44°11,0'</u>	App. alt.= <u>46°07,0'</u>

Interpoloi kuun korkeus LD mittauksen aikaan: \underline{C} App.alt. \approx 45°47,9'

Valitun taivaankappaleen

korkeusmittaukset:	2.mittaus	5.mittaus
mittausaika DR GMT:	<u>20^h11^m14^s</u>	DR GMT: <u>20^h18^m00^s</u>
H_s	_____	H_s _____
I	_____	I _____
dip	_____	dip _____
App. alt.=	<u>47°19'</u>	App. alt.= <u>46°40,3</u>

Interpoloi taivaankappaleen korkeus LD mittauksen aikaan: \odot App.alt \approx 46°56,6'

LD_s mittaus 3. mittaus

mittausaika DR GMT:	<u>20^h16^m37^s</u>
LD _s :	<u>80°012,3'</u>
I:	<u>-3'</u>
Apparent LD:	<u>80°39,3'</u>

Ylimääräisiä mittauksia tarkkuuden parantamiseksi

GMT:	_____	GMT:	_____
LD _s :	_____	LD _s :	_____
GMT:	_____	GMT:	_____
LD _s :	_____	LD _s :	_____

4.9.2 Laskettu ja havaittu kuuetaisyys

Lasketaan kuun ja valitun taivaankappaleen geosentrinen etäisyys LD_c havaintohetken GMT tasatunnille ja seuraavalle GMT tasatunnille

taivaankappale:	☉	taivaankappale:	☉	
1.GMT h:	20h	2.GMT h:	21h	
GHA1:	120°34.8'	GHA1:	135°34.9'	
δ1:	N13°49.3'	δ1:	N13°50.1'	Muista:
				☆GHA = √ GHA+SHA
	☾		☾	
GHA2:	35°10.0'	GHA2:	49°39.6'	
δ2:	N25°48.8'	δ2:	N25°43.4'	

Muista deklinaation d-korjaus ja planeetoilla ja kuulla GHA:n v-korjaus

Kuuetaisyydet kaavalla: $\cos LD_c = \sin \delta_1 \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos(GHA_2 - GHA_1)$

1. LD_c : 79°59,0'

2. LD_c : 80°26,7'

Lasketaan Observed Lunar Distance LD_o

Apparent LD: 80°39,3'

(☉SD): 15,9'

☾SD: 14,9'

Aug. of ☾SD: +0,2'

LD_o = 81°09,3'

Auringon mittauksessa SD löytyy N.A. päivä sivuilta

☾SD = 0,2724 * HP App.alt. ☾HP: 54,7'

Augmentation of moon's semidiameter:

☾ App. alt: correction: +x,x'

App. alt. < 10° 0,0'

< 30° 0,1'

→ < 56° 0,2'

< 90° 0,3'

4.9.3 Todellinen kuuetaisyys

Lasketaan todellinen kuuetaisyys LD_T

Kuun parallaksin ja refraktion kokonaiskorjaus $\underline{C}AC$, käytä aiemmin laskettua $\underline{C}App$. alt

N.A. Altitude correction tables Moon,
taulukon ylempi korjaus

49,9'

N.A. Altitude correction tables Moon,
taulukon alempi korjaus

2,3'

Interpoloi päässälaskuna Lower ja Upper
limb arvojen keskiarvo

= 52,2'

*(-1) \Rightarrow korjaus vaihtaa merkkiä

$\underline{C}AC = -52,2'$

laske myös $\underline{C}H_o$ myöhempää kaavaa varten = $46^\circ 40,1'$

Kokonaiskorjaus AC vaikutuksen osuuden määrittävä lisäkorjaus B:

kaava:

$$B = \frac{\sin \underline{C}H_o - \cos LD_o * \sin TH_o}{\cos TH_o * \sin LD_o}$$

missä T=taivaankappale.

käytä T:n tilalla sopivaa merkkiä, esim
auringolla \odot

B= 0,907

Taivaankappaleen (parallaksin) ja refraktion kokonaiskorjaus AC, käytä aiemmin laskettua App.alt

N.A. Altitude corrections Sun, Stars
and Planets:

+15,3'

*(-1) \Rightarrow korjaus vaihtaa merkkiä

$\odot AC = -15,3'$

laske myös taivaankappaleen H_o myöhempää kaavaa
varten = $47^\circ 12'$

Kokonaiskorjaus AC vaikutuksen osuuden määrittävä lisäkorjaus A:

kaava:

$$A = \frac{\sin TH_o - \cos LD_o * \sin \underline{C}H_o}{\cos \underline{C}H_o * \sin LD_o}$$

missä T=taivaankappale.

käytä T:n tilalla sopivaa merkkiä, esim
auringolla \odot

A= 0,909

4.9.4 GMT:n määrittäminen

Kuun korkeuden muutoksesta aiheutuvan virheen korjaus Quadratic correction Q:

kaava:
$$Q = \frac{0,55 * dh^2 * \cot LD_o * (1 - A^2)}{3438}$$

$$dh = 46^{\circ}07,0' - 44^{\circ}11,0'$$

$$dh = 1^{\circ}56'$$

Missä **dh** on ensimmäisen kuukorkeuden ja toisen kuukorkeuden erotus: height difference

Jotta kaava antaa ulos minuitteja siinä on jako 3438:lla

Jos $Q < 0,1'$ älä huomioi.

$$Q = 0,0000008954$$

Todellinen kuuetäisyys LD_T :

kaava:

$$LD_T = LD_o + (\underline{C} * AC * A) + (AC * B) + Q$$

$$LD_T = 80^{\circ}07,9'$$

Todellisen GMT määrittäminen:

interpoloidaan laskettu LD_T tasatuntien 1. LD_C ja 2. LD_C väliin

$$GMT = 20^h 19^{min} 16^s$$

-LMT

Longitudi=

muutetaan asteiksi ja kaariminuuteiksi

$\lambda =$

5 LONGITUDIKEINO

Longitudikeino on alkuperäiseltä nimeltään Parallel of equal altitude tai Sumner's Line. Longitudikeinon merkitys astronomisen navigoinnin kehityksessä oli merkittävä. Longitudikeinon avulla aluksen position määrittäminen oli entistä tarkempaa ja nopeampaa. Longitudikeinon myötä syntyi käsite Line of position (LOP) eli astronominen sijoittaja. Longitudikeinoa käytettäessä navigoijan on tiedettävä tarkka kellonaika sekä suunnittava mittaamiensa taivaankappaleiden suunta kompassilla (Sumner 1851, 51).

5.1 Longitudikeinon historiaa

Longitudikeinon keksijänä pidetään Hubbard Sumneria. Sumner kehitti menetelmänsä perustuen havaintoon, jonka hän teki vuonna 1837 merimatalla Yhdysvalloista Skotlantiin. Sumner lähestyi Skotlannin rannikkoa epävarmana sijainnistaan. Hän ei ollut kyennyt tekemään astronomisia havaintoja sumuisen sään vuoksi (Sumner 1851, 49). Sumun tilapäinen hälveneminen antoi Sumnerille tilaisuuden tehdä korkeusmittaus auringosta. Selvitettyään korkeustiedon kerran Sumner päätti laskea taivaankappaleen tiedot uudestaan. Seuraavien laskujen oletettuina latitudiparalleleina eli DR-latitudeina Sumner käytti 10' ja 20' suurempia arvoja kuin alkuperäisessä laskussaan. Tuloksista Sumner huomasi, että kaikki kolme havaintoa sattuivat samalle linjalle. Sumner päätteli todellisen positionsa olevan jossain tämän linjan matkalla (Sumner 1851, 48). Sumner jatkoi menetelmän kehittämistä muutaman vuoden ajan, ja se otettiin tuoreeltaan käyttöön Yhdysvaltain laivastossa.

5.2 Longitudikeino menetelmänä

Longitudikeino on hyvä menetelmä astronomiseen paikanmääritykseen. Siinä on vähemmän vaiheita kuin korkeuskeinossa, mutta toisaalta taivaankappaleiden korkeuden mittaamisen lisäksi navigoijan tulee suuntia ne hyrräkompassilla.

Longitudikeinon keskeisenä ajatuksena on mitata DR-latitudiparalleelille longitudisijoittajapisteitä (λ_s), joiden kautta suuntimalaitteella saadut taivaankappaleiden suunnat piirretään. Sijoittajaviivan suunta on suunnittu taivaankappaleen suunta + 90°. Näiden sijoittajaviivojen risteyksessä on mitattu positio eli FIX.

5.3 Longitudikeinon vaiheet

Longitudikeinossa taivaankappaleet suunnitetaan hyrräkompassin suuntimalaitteella tai muulla suuntimalaitteella, jotta sijoittajaviivoille saadaan suunnat. Koska varsinaista taivaankappaleen atsimuuttia ei lasketa eikä atsimuuttia tarvita paikallisen tuntikulman laskemisessa, riittää hyrräkompassilla saatu tarkkuus. Seuraavaksi mitataan normaalisti taivaankappaleiden sekstanttikorkeudet ja merkitään mittausten Greenwichin keskiaika, Greenwich Meantime (GMT).

Saadut sekstanttikorkeudet korjataan indeksivirheen ja silmäkorkeuden mukaan. Saadulla näennäisellä korkeudella (App. Alt.) haetaan Nautical Almanacasta tarpeelliset korkeuskorjaukset. Nautical Almanacasta poimitaan havaintohetken tiedoilla taivaankappaleiden GHA ja deklinaatiot ja korjataan ne, kuten myöhemmin esitetään.

Koska longitudikeinossa ei lasketa taivaankappaleille tarkkaa atsimuuttia, lasketaan paikallinen tuntikulma Local Hour Angle (LHA) eri kaavalla kuin korkeuskeinossa. Sijoituspisteen longitudi λ_s saadaan yksinkertaisella laskutoimituksella $\lambda_s = \text{GHA} - \text{LHA}$. Laskettuaan tarpeelliset tiedot navigoija piirtää merikarttaan oletetun sijaintinsa latitudiparalleelin eli DR-latitudinsa. Merkitylle latitudille piirretään longitudisijoituspisteet ja näille sijoittajaviivat.

5.4 Paikanmääritys longitudikeinolla

Tässä kappaleessa esitellään longitudikeinolla suoritettu aluksen paikanmääritys. Longitudikeinon laskuesimerkin kohdalla ei esitetä otteita Nautical Almanacasta.

5.4.1 1. taivaankappale

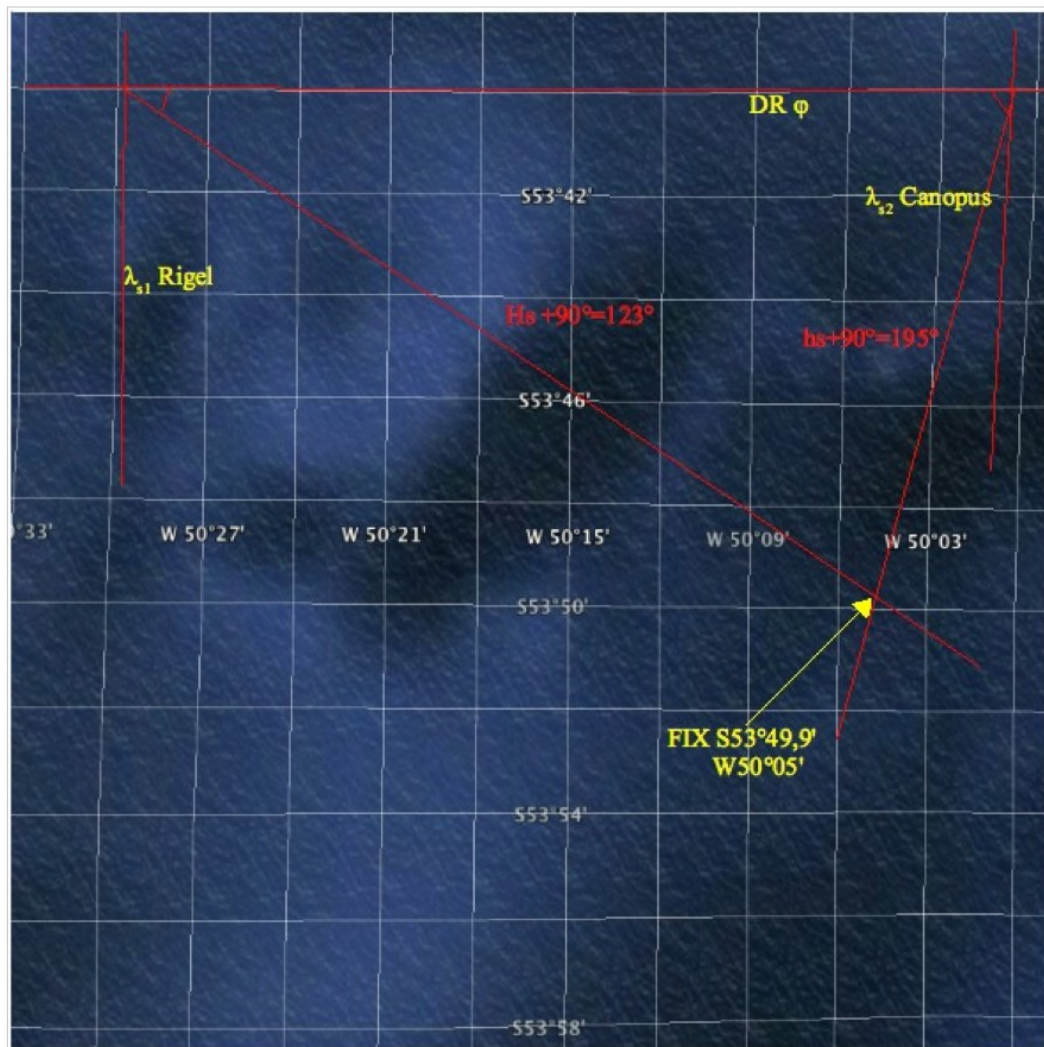
GMT: 15.8.97	12 ^h 19 ^m 25 ^s	DR positio: φ +/-: -53°40,2'S	λ +/-: -50°04,8'W
Taivaankappale:	☆ Rigel	λ piste 1	
Hyrräsuuntima hs:	xx°xx,xx'	Selitys:	
hs:	33°	Suunni taivaankappale hyrräkompassilla	
H _o :	xx°xx,xx'	Selitys:	
H _s :	40°13,7'	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)	
I:	-1'	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.	
dip:	-3,6'	Korjaus N.A.:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)	
App. Alt. =	40°09,1'	Apparent altitude.	
R / Alt. correction (HP)	-1,1'	Refraktion korjaus tai jos kysessä on kuu, altitude correction ja HP korjaus NA:sta.	
H _o =	40°08'	Height observed	
Deklinaatio δ:	xx°xx,xx'	Selitys:	
δ +N/-S	-S8°12,3'	Deklinaatio NA:sta, interpoloi tarvittaessa	
d _{corr} +/-	---	d-korjaus, tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle. Tähdellä ei d-korjausta	
δ:	S8°12,3'		
LHA:	xx°xx,xx'	Selitys:	
HA:	25°25,3'	HA cos kaavalla: $\cos HA = \frac{\sin H_o - \sin \varphi * \sin \delta}{\cos \varphi * \cos \delta}$	
LHA:	334°34,7'	jos hs >180° ⇒ LHA = HA jos hs <180° ⇒ LHA = 360° - HA (Jos LHA tulos > 360°, niin tulos-360° = tosi LHA)	
Sijoituspisteen λ _s :	xx°xx,xx'	Selitys:	
GHA: (☆ √ GHA)	98°48,6'	Taivaankappaleen GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta.	
minuutti- ja sekuntikorjaukset	4°52'	GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset N.A.:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivuilta	
v _{corr} (☆ SHA)	281°23,8'	Kuulla ja planeetoilla v-korjaus, Tähtien GHA = √ GHA + SHA	
GHA =	25°04,4'	GHA > 360° ⇒ 610°33,8' - 360°	
LHA -	334°34,7'		
λ _s :	-309°30,3'	Sijoituspisteen λ _s = GHA - LHA	
λ _s < 0 ⇒ λ _s + 360° =	-50°29,7'	Tarkista sijoituspisteen λ merkki E/W ⇒ sama kuin DR λ	

5.4.2.2. taivaankappale

GMT:	<u>9^h23^m45^s</u>	DR positio: φ +/-: <u>-53°40,2'S</u> λ +/-: <u>-50°04,8'W</u>
Taivaankappale:	<u>☆ Canopus</u>	<u>λ piste 2</u>
Hyrräsuuntima hs:	<u>xx°xx,xx'</u>	Selitys:
hs:	<u>105°</u>	Suunni taivaankappale hyrräkompassilla
H ₀ :	<u>xx°xx,xx'</u>	Selitys:
H _s :	<u>65°41,4'</u>	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)
I:	<u>-1'</u>	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.
dip:	<u>-3,6'</u>	Korjaus N.A.:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)
App. Alt. =	<u>65°36,8'</u>	Apparent altitude.
R / Alt. correction (HP)	<u>-0,4'</u>	Refraktion korjaus tai jos kysessä on kuu, altitude correction ja HP korjaus NA:sta.
H _o =	<u>65°36,4'</u>	Height observed
Deklinaatio δ :		Selitys:
δ +/-	<u>S52°41,6'</u>	Deklinaatio NA:sta
d _{corr} +/-	<u>---</u>	d-korjaus, tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle. Tähdellä ei d-korjausta
δ :	<u>S52°41,6'</u>	
LHA:	<u>xx°xx,xx'</u>	Selitys:
HA:	<u>41°15,3'</u>	HA cos kaavalla: $\cos HA = \frac{\sin H_o - \sin \varphi * \sin \delta}{\cos \varphi * \cos \delta}$
LHA:	<u>318°44,7'</u>	jos $hs > 180^\circ \Rightarrow LHA = HA$ jos $hs < 180^\circ \Rightarrow LHA = 360^\circ - HA$ (Jos LHA tulos $> 360^\circ$, niin tulos $-360^\circ =$ tosi LHA)
Sijoituspiste λ_s :	<u>xx°xx,xx'</u>	Selitys:
GHA: (☆ ∇ GHA)	<u>98°48,6'</u>	Taivaankappaleen GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta.
minuutti- ja sekuntikorjaukset	<u>5°57'</u>	GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset N.A.:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivulta
v _{corr} (☆ SHA)	<u>264°01,9'</u>	Kuulla ja planeetoilla v-korjaus, Tähtien GHA = ∇ GHA + SHA $GHA > 360^\circ \Rightarrow 610^\circ 33,8' - 360^\circ$
GHA:	<u>008°47,5'</u>	
LHA	<u>- 318°44,7'</u>	
λ_s :	<u>-309°57,2'</u>	Sijoituspisteen $\lambda_s = GHA - LHA$
$\lambda_s < 0 \Rightarrow \lambda_s + 360^\circ =$	<u>50°02,8'</u>	Tarkista sijoituspisteen λ merkki E/W \Rightarrow sama kuin DR λ

5.4.3 Sijoittajien määrittäminen

1. Karttaan merkitään DR ϕ sekä kaikille havainnoille λ_s piste
2. Karttaan piirretään merkittyjen havaintopisteiden kautta sijoittajaviivat kaikille havainnoille suuntaan $hs+90^\circ$
3. Sijoittajien risteys on FIX positio.



Kuva 3: Longitudikeino, sijoittajat

6 KORKEUSKEINO

Astronomisen paikannuksen nykyinen, yleisesti käytössä oleva keino on nk. korkeuskeino eli Azimuth Intercept Method. Korkeuskeinoa on kutsuttu myös keksijänsä mukaan Marq Saint Hilaire Method -nimellä (Tähtitiedettä 1965, 65). Korkeuskeino voidaan ajatella olevan merenkulun virallinen astronomisen paikannuksen keino. Alan perusteoksissa, kuten Nathaniel Bowditchin American Practical Navigatorissa, astronominen paikanmääritys suoritetaan juuri korkeuskeinolla. Myös Nautical Almanac esittelee paikanmäärityksen keinoksi juuri korkeuskeino. Eri julkaisuissa käytetään erilaisia tapoja arvojen interpoloimiseen ja pallotrigonometrinen yhtälöiden ratkaisemiseen. Nautical Almanac nojaa vahvasti historialliseen perinteeseen, jossa mahdollisimman vähän laskuja jää käyttäjän laskettavaksi. Erilaisten taulukkojen käyttö on mittavaa, ja virheiden välttämiseksi vaaditaan suurta tarkkuutta.

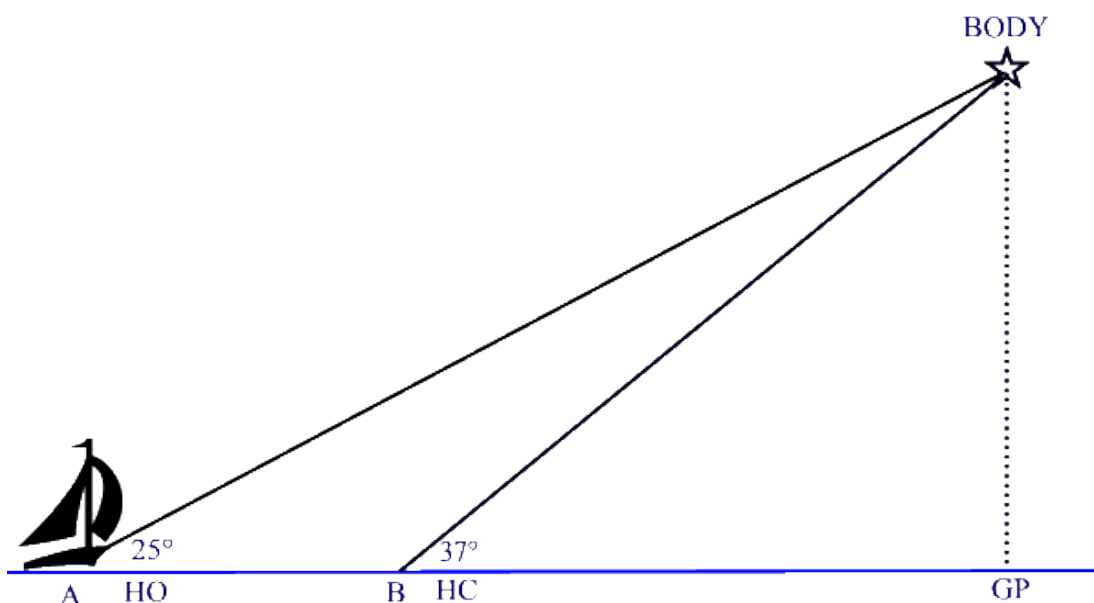
6.1 Korkeuskeino menetelmänä

Korkeuskeino keskeisenä ajatuksena on verrata taivaankappaleen laskennallisen paikan ja mitatun paikan eroa (Tähtitiedettä 1965, 65). Navigoija mittaa taivaankappaleen korkeuden ja toisaalta laskee sen korkeuden annetulle paikalle. Tämä ero eli korkeuksissa havaittu ero antaa navigoijalle matkan oman ja lasketun paikan välille. Korkeuseron lisäksi navigoija laskee taivaankappaleelle tarkan suunnan eli atsimuutin. Saadakseen selville oman maantieteellisen paikkansa navigoija tekee vähintään kahdesta taivaankappaleesta havainnon. Käytännössä on syytä tehdä useampia havaintoja, jolloin sijoittajien antama paikka tarkentuu ja navigoija huomaa mahdolliset virhemittaukset ja käyttää mittausaineistosta parhaat mittaukset havaintonsa pohjaksi.

6.2 Korkeuskeino vaiheet

Jotta paikanmääritys onnistuu luotettavalla tarkkuudella, navigoijan tulee hallita eräät

keskeiset korkeuskeinoon vaiheet (Bowditch 2002, 295). Ensinnä sekstantilla mitattu korkeus (H_S) tulee tarkentaa havaituksi tosikorkeudeksi (H_O). Korkeuden mittaamiseen vaikuttaa mittaajan silmäkorkeus merenpinnasta (dip) sekä sekstantin instrumenttivilhe, index error (I). Sekstantilla mitattuun korkeuteen vaikuttaa myös ilmakehän aiheuttama vääristymä eli refraktio (R) sekä tietyillä taivaankappaleilla kuten kuulla sen parallaktinen kulma (HP). Ilmakehän lämpötila ja ilmanpaine vaikuttavat myös mittaustuloksiin. Useimmiten navigoija huomioi ilmanpaineen ja lämpötilan vain silloin, kun mittaushetken olosuhteet ovat poikkeukselliset. Poikkeuksellisuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä esimerkiksi yhdistelmää, jossa ilmanpaine on erittäin matala ja lämpötila alhainen. Tavanomaisesti ilmanpaine ja lämpötila eivät vaikuta mittaustulokseen merkittäväällä tavalla.



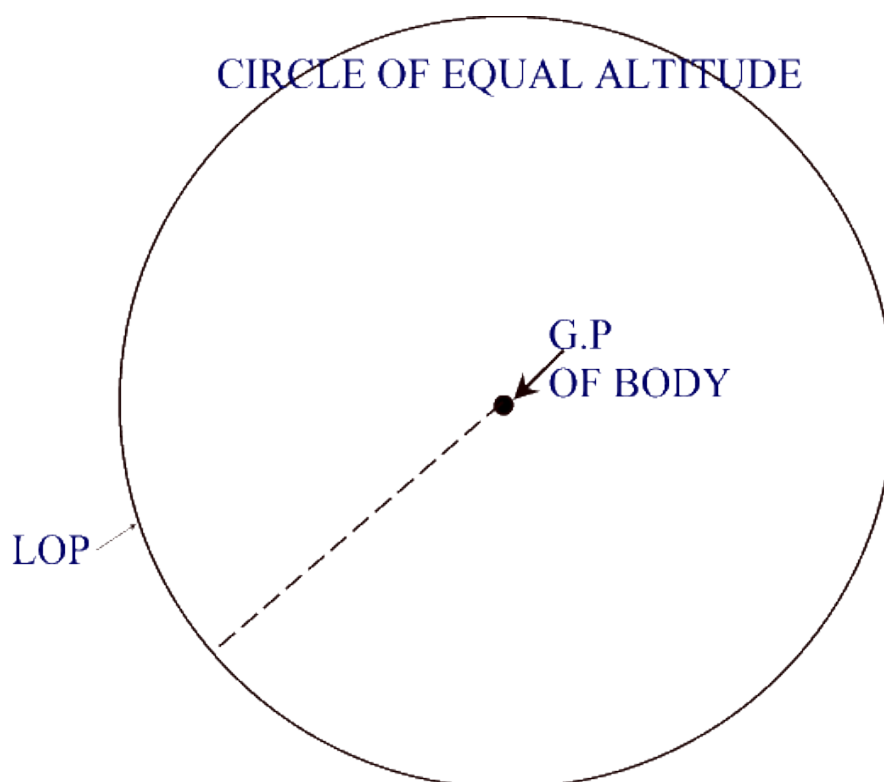
Kuva 4: Seasources.net, Altitude intercept

Seuraavaksi navigoija selvittää havainnoimansa taivaankappaleen Greenwich Hour Anglen (GHA) sekä deklinaation (δ). Tarkkojen arvojen selvittämiseksi navigoijan tulee selvittää kullekin taivaankappaleelle ominaiset korjaukset ja niiden oikea käyttö Nautical Almanacan taulukoista. Tämän opinnäytetyön liitteinä on kullekin taivaankappaleelle laadittu laskupohja, jonka avulla navigoija osaa valita oikeat korjaukset mittaamalleen taivaankappaleelle.

Atsimuutin (Az) ja lasketun korkeuden (H_C) selvittämiseksi navigoija laskee

taivaankappaleen Local Hour Anglen (LHA) eli paikallisen tuntikulman. LHA:n selvittämiseksi navigoijan tulee ymmärtää astronomisen navigoinnin peruskolmio ja tarvittaessa piirtää taivaankappaleen suhteet nollameridiaaniin ja DR-positioon ajatuksen tueksi.

Lasketun korkeuden (H_C) ja atsimuutin (Az) laskemisen jälkeen navigoija vertaa laskennallisia tuloksi havaittuihin ja piirtää jokaiselle mittaamalleen taivaankappaleelle valitusta DR-paikasta sijoittajat. Sijoittajien piirtämiseen voidaan käyttää sopivalle mittakaavalle laadittua plotting sheetiä tai sijoittajat voidaan piirtää suoraan käytössä olevalle merikartalle.



Kuva 5: Seasources.net, circle of equal altitude and line of position

6.3 Paikanmääritys korkeuskeinolla

Seuraavaksi esitellään eri taivaankappaleille yksityiskohtaiset esimerkit tosisuuntiman sekä korkeuseron laskemiseksi korkeuskeinolla. Esimerkin rinnalla kulkevat havainnolliset kuvat Nautical Almanacan sivuilta, jolta efemeeriset tiedot ja korjaukset on kerätty.

Jokaisen taivaankappaleen laskuesimerkin yhteydessä on muistin tueksi liitetty ote Nautical Almanacasta. Otteeseen on havainnollistamisen lisäämiseksi korostettu tarvittavat efemeeriset tiedot ja korjaukset.

6.3.1 Auringon tosisuuntima ts ja korkeusero H_c

GMT: 9.10.2006	<u>13^h24^m18^s</u>	DR positio: φ +/-: <u>+57°00' N</u>	λ +/-: <u>+004°30' E</u>
Korkeusero a:	<u>xx°xx,xx'</u>	Selitys:	
$\odot H_s$	<u>22°31,7'</u>	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)	
I	<u>-3'</u>	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.	
dip	<u>-9,6'</u>	Korjaus N.A.:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)	
App. Alt.	= <u>22°19,1'</u>	Apparent altitude.	
R	<u>+14'</u>	Refraktio korjaus N.A.:sta App. Alt. arvon mukaan	
H_o	= <u>22°33,1'</u>	Height observed	
H_c	- <u>22°28,4'</u>	Laske $H_c \Rightarrow \sin H_c = (\sin \varphi * \sin \delta) + (\cos \varphi * \cos \delta * \cos LHA)$	
a	= <u>+4,7'</u>	Korkeusero a kaariminuutteina = $H_o - H_c$	
LHA:	<u>xx°xx,xx'</u>	Selitys:	
GHA	<u>18°10,8'</u>	Auringon GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta	
minuutti- ja sekuntikorjaukset	<u>6°02,0'</u>	GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset N.A.:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivuilta	
λ +/-	<u>+004°30'</u>	DR longitudi	
LHA	= <u>28°42,8'</u>	Local Hour Angle	
Deklinaatio δ :	<u>xx°xx,xx'</u>	Selitys:	
δ +/-	<u>-6°20,3'</u>	Deklinaatio N.A.:sta, interpoloi tarvittaessa.	
d_{cor} +/-	<u>+0,4'</u>	Deklinaation d-korjaus N.A.:sta. d-arvo löytyy GHA sarakkeen alimmalta riviltä. Arvon lukua vastaava korjaus löytyy increments and corrections sivulta sekuntisarakkeiden oikealta puolelta.	
δ +/-	= <u>-6°19,9'</u>	Jos deklinaatio kasvaa niin d on + merkkinä. Laskevan deklinaation d korjaus on - merkinen	
tosisuunta ts:	<u>xx°xx,xx'</u>	Selitys:	
Az:	<u>148,53,0'</u>	Käytä Atzimuutti kaavaa:	$\cos Az = \frac{(\sin \delta - \sin H_c * \sin \varphi)}{(\cos H_c * \cos \varphi)}$
ts:	<u>360° - Az = 211°07'</u>		

Muista: jos $LHA > 180^\circ \Rightarrow Az = ts$ | jos $LHA < 180^\circ \Rightarrow ts = 360^\circ - Az$

2006 OCTOBER 7, 8,											
UT	SUN				MOON				L		
	GHA	Dec		GHA	Dec		HP				
d h	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "				
7 00	183 00.0	5 21.8	5 20.4	9.7	5 59.4	17.9	61.3	N			
01	198 00.2	22.7	19 49.1	9.6	6 17.3	17.9	61.3	N			
02	213 00.4	23.7	34 17.7	9.6	6 35.2	17.9	61.3	N			
03	228 00.6	24.6	48 44.3	9.6	6 53.1	17.8	61.3	N			
04	243 00.8	25.6	63 14.9	9.5	7 10.9	17.7	61.3	N			
05	258 01.0	26.5	77 43.4	9.5	7 28.6	17.7	61.3	N			
06	273 01.1	5 27.5	92 11.9	9.4	7 46.3	17.7	61.3	N			
07	288 01.3	28.5	106 40.3	9.4	8 04.0	17.6	61.3	N			
08	303 01.5	29.4	121 08.7	9.4	8 21.6	17.6	61.3	N			
09	318 01.7	30.4	135 37.1	9.3	8 39.2	17.5	61.2	N			
10	333 01.9	31.3	150 05.4	9.3	8 56.7	17.4	61.2	N			
11	348 02.0	32.3	164 33.7	9.3	9 14.1	17.4	61.2	N			
12	3 02.2	5 33.1	179 02.0	9.2	9 31.5	17.3	61.2	N			
13	18 02.4	34.2	193 30.2	9.1	9 48.8	17.3	61.2	N			
14	33 02.6	35.1	207 58.3	9.1	10 06.1	17.1	61.2	N			
15	48 02.8	36.1	222 26.4	9.1	10 23.2	17.2	61.2	N			
16	63 02.9	37.1	236 54.5	9.0	10 40.4	17.0	61.2	N			
17	78 03.1	38.0	251 22.5	9.0	10 57.4	17.0	61.1	N			
18	93 03.3	5 39.0	265 50.5	8.9	11 14.4	16.9	61.1	N			
19	108 03.5	39.9	280 18.4	8.9	11 31.3	16.8	61.1	N			
20	123 03.7	40.9	294 46.3	8.8	11 48.3	16.7	61.1	N			
21	138 03.8	41.8	309 14.1	8.8	12 04.8	16.7	61.1	N			
22	153 04.0	42.8	323 41.9	8.7	12 21.5	16.5	61.1	N			
23	168 04.2	43.7	338 09.6	8.6	12 38.0	16.5	61.0	N			
8 00	183 04.4	5 44.7	352 37.2	8.6	12 54.5	16.4	61.0	S			
01	198 04.6	45.7	7 04.8	8.6	13 10.9	16.3	61.0	S			
02	213 04.7	46.6	21 32.4	8.5	13 27.2	16.3	61.0	S			
03	228 04.9	47.6	35 59.9	8.4	13 43.5	16.1	61.0	S			
04	243 05.1	48.5	50 27.3	8.4	13 59.6	16.0	60.9	S			
05	258 05.3	49.5	64 54.7	8.4	14 15.6	15.9	60.9	S			
06	273 05.4	5 50.4	79 22.1	8.2	14 31.5	15.9	60.9	S			
07	288 05.6	51.4	93 49.3	8.3	14 47.4	15.7	60.9	S			
08	303 05.8	52.3	108 16.6	8.1	15 03.1	15.6	60.9	S			
09	318 06.0	53.3	122 43.7	8.1	15 18.7	15.5	60.8	S			
10	333 06.2	54.2	137 10.8	8.0	15 34.2	15.5	60.8	S			
11	348 06.3	55.2	151 37.8	8.0	15 49.7	15.3	60.8	S			
12	3 06.5	5 56.1	166 04.8	7.9	16 05.0	15.2	60.8	S			
13	18 06.7	57.1	180 31.7	7.9	16 20.2	15.0	60.7	S			
14	33 06.9	58.0	194 58.6	7.8	16 35.2	15.0	60.7	S			
15	48 07.0	59.0	209 25.4	7.7	16 50.2	14.8	60.7	S			
16	63 07.2	5 59.9	223 52.1	7.7	17 05.0	14.8	60.7	S			
17	78 07.4	6 00.9	238 18.8	7.6	17 19.8	14.6	60.6	S			
18	93 07.6	6 01.9	252 45.4	7.6	17 34.4	14.5	60.6	S			
19	108 07.7	02.8	267 12.0	7.5	17 48.9	14.3	60.6	S			
20	123 07.9	03.8	281 38.5	7.4	18 03.2	14.3	60.5	S			
21	138 08.1	04.7	296 04.9	7.3	18 17.5	14.1	60.5	S			
22	153 08.3	05.7	310 31.2	7.3	18 31.6	14.0	60.5	S			
23	168 08.4	06.6	324 57.5	7.3	18 45.6	13.8	60.5	S			
9 00	183 08.6	6 07.6	339 23.8	7.2	19 0.4	13.8	60.4	N			
01	198 08.8	08.5	353 50.0	7.1	19 15.2	13.5	60.4	N			
02	213 09.0	09.5	8 16.1	7.0	19 29.7	13.5	60.4	N			
03	228 09.1	10.4	22 42.1	7.0	19 44.2	13.3	60.3	N			
04	243 09.3	11.4	37 08.1	7.0	19 58.5	13.2	60.3	N			
05	258 09.5	12.3	51 34.1	6.8	20 12.7	13.0	60.3	N			
06	273 09.6	6 13.3	65 59.9	6.8	20 26.7	12.9	60.2	S			
07	288 09.8	14.2	80 25.7	6.8	20 40.6	12.8	60.2	S			
08	303 10.0	15.2	94 51.5	6.7	20 54.4	12.6	60.2	S			
09	318 10.2	16.1	109 17.2	6.6	21 08.0	12.4	60.1	S			
10	333 10.3	17.1	123 42.8	6.5	21 21.4	12.3	60.1	S			
11	348 10.5	18.0	138 08.3	6.4	21 34.7	12.2	60.1	S			
12	3 10.7	6 18.0	152 33.9	6.4	21 47.9	12.0	60.0	S			
13	18 10.8	19.9	166 59.3	6.4	22 0.9	11.9	60.0	S			
14	33 11.0	20.9	181 24.7	6.3	22 13.8	11.7	60.0	S			
15	48 11.2	21.8	195 50.0	6.3	22 26.6	11.5	59.9	S			
16	63 11.4	22.8	210 15.3	6.2	22 39.3	11.4	59.9	S			
17	78 11.5	23.7	224 40.5	6.2	22 51.9	11.3	59.9	S			
18	93 11.7	6 24.7	239 05.7	6.1	22 54.7	11.0	59.8	S			
19	108 11.9	25.6	253 30.8	6.1	22 55.7	11.0	59.8	S			
20	123 12.0	26.6	267 55.9	6.0	23 06.7	10.7	59.8	S			
21	138 12.2	27.5	282 20.9	5.9	23 17.4	10.5	59.7	S			
22	153 12.4	28.5	296 45.8	5.9	23 28.0	10.4	59.7	S			
23	168 12.5	29.4	311 10.7	5.9	23 38.4	10.3	59.7	S			
	SD 16.0	d 1.0	SD 16.7	16.6	16.4						

24 th INCREMENTS AT											
24 th	SUN PLANETS		ARIES	MOON	Corr [†]		Corr [†]		Corr [†]		
	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	° ' "	
00	6 00-0	6 01-0	5 43-6	0 0 0 0	6 0 2 5	12-0	4-9				
01	6 00-3	6 01-2	5 43-8	0 1 0 0	6 1 2 5	12-1	4-9				
02	6 00-5	6 01-5	5 44-1	0 2 0 1	6 2 2 5	12-2	5-0				
03	6 00-8	6 01-7	5 44-3	0 3 0 1	6 3 2 6	12-3	5-0				
04	6 01-0	6 02-0	5 44-6	0 4 0 2	6 4 2 6	12-4	5-1				
05	6 01-3	6 02-2	5 44-8	0 5 0 2	6 5 2 7	12-5	5-1				
06	6 01-5	6 02-5	5 45-0	0 6 0 2	6 6 2 7	12-6	5-1				
07	6 01-8	6 02-7	5 45-3	0 7 0 3	6 7 2 7	12-7	5-2				
08	6 02-0	6 02-9	5 45-5	0 8 0 3	6 8 2 8	12-8	5-2				
09	6 02-3	6 03-2	5 45-7	0 9 0 4	6 9 2 8	12-9	5-3				
10	6 02-5	6 03-5	5 46-0	1 0 0 4	7 0 2 9	13-0	5-3				
11	6 02-8	6 03-7	5 46-2	1 1 0 4	7 1 2 9	13-1	5-3				
12	6 03-0	6 04-0	5 46-5	1 2 0 5	7 2 2 9	13-2	5-4				
13	6 03-3	6 04-2	5 46-7	1 3 0 5	7 3 2 9	13-3	5-4				
14	6 03-5	6 04-5	5 46-9	1 4 0 6	7 4 2 9	13-4	5-5				
15	6 03-8	6 04-7	5 47-2	1 5 0 6	7 5 2 9	13-5	5-5				
16	6 04-0	6 05-0	5 47-4	1 6 0 7	7 6 2 9	13-6	5-6				
17	6 04-3	6 05-2	5 47-7	1 7 0 7	7 7 2 9	13-7	5-6				
18	6 04-5	6 05-5	5 47-9	1 8 0 7	7 8 2 9	13-8	5-6				
19	6 04-8	6 05-7	5 48-1	1 9 0 8	7 9 2 9	13-9	5-7				
20	6 05-0	6 05-9	5 48-4	2 0 0 8	8 0 2 9	14-0	5-7				
21	6 05-3	6 06-2	5 48-6	2 1 0 9	8 1 2 9	14-1	5-8				
22	6 05-5	6 06-5	5 48-8	2 2 0 9	8 2 2 9	14-2	5-8				
23	6 05-8	6 06-8	5 49-1	2 3 0 9	8 3 2 9	14-3	5-8				
24	6 06-0	6 07-0	5 49-3	2 4 1 0	8 4 2 9	14-4	5-9				
25	6 06-3	6 07-3	5 49-6	2 5 1 0	8 5 2 9	14-5	5-9				
26	6 06-5	6 07-5	5 49-8	2 6 1 1	8 6 2 9	14-6	6-0				
27	6 06-8	6 07-8	5 50-0	2 7 1 1	8 7 2 9	14-7	6-0				
28	6 07-0	6 08-0	5 50-3	2 8 1 1	8 8 2 9	14-8	6-0				
29	6 07-3	6 08-3	5 50-5	2 9 1 2	8 9 2 9	14-9	6-1				
30	6 07-5	6 08-5	5 50-8	3 0 1 2	9 0 2 9	15-0	6-1				
31	6 07-8	6 08-8	5 51-0	3 1 1 3	9 1 2 9	15-1	6-2				
32	6 08-0	6 09-0	5 51-2	3 2 1 3	9 2 2 9	15-2	6-2				
33	6 08-3	6 09-3	5 51-5	3 3 1 3	9 3 2 9	15-3	6-2				
34	6 08-5	6 09-5	5 51-7	3 4 1 4	9 4 2 9	15-4	6-3				
35	6 08-8	6 09-8	5 52-0	3 5 1 4	9 5 2 9	15-5	6-3				
36	6 09-0	6 10-0	5 52-2	3 6 1 5	9 6 2 9	15-6	6-4				
37	6 09-3	6 10-3	5 52-4	3 7 1 5	9 7 2 9	15-7	6-4				
38	6 09-5	6 10-5	5 52-7	3 8 1 6	9 8 2 9	15-8	6-5				
39	6 09-8	6 10-8	5 52-9	3 9 1 6	9 9 2 9	15-9	6-5				
40	6 10-0	6 11-0	5 53-1	4 0 1 6	10 0 2 9	16-0	6-6				
41	6 10-3	6 11-3	5 53-4	4 1 1 7	10 1 2 9	16-1	6-6				
42	6 10-5	6 11-5	5 53-6	4 2 1 7	10 2 2 9	16-2	6-6				
43	6 10-8	6 11-8	5 53-9	4 3 1 8	10 3 2 9	16-3	6-7				
44	6 11-0	6 12-0	5 54-1	4 4 1 8	10 4 2 9	16-4	6-7				
45	6 11-3	6 12-3	5 54-4	4 5 1 8	10 5 2 9	16-5	6-7				
46	6 11-5	6 12-5	5 54-6	4 6 1 9	10 6 2 9	16-6	6-8				
47	6 11-8	6 12-8	5 54-8	4 7 1 9	10 7 2 9	16-7	6-8				
48	6 12-0	6 13-0	5 55-1	4 8 2 0	10 8 2 9	16-8	6-9				
49	6 12-3	6 13-3	5 55-3	4 9 2 0	10 9 2 9	16-9	6-9				
50	6 12-5	6 13-5	5 55-5	5 0 2 0	11 0 2 9	17-0	6-9				
51	6 12-8	6 13-8	5 55-8	5 1 2 1	11 1 2 9	17-1	7-0				
52	6 13-0	6 14-0	5 56-0	5 2 2 1	11 2 2 9	17-2	7-0				
53	6 13-3	6 14-3	5 56-2	5 3 2 2	11 3 2 9	17-3	7-1				
54	6 13-5	6 14-5	5 56-5	5 4 2 2	11 4 2 9	17-4	7-1				
55	6 13-8	6 14-8	5 56-7	5 5 2 3	11 5 2 9	17-5	7-1				
56	6 14-0	6 15-0									

6.3.2 Kuun tosisuuntima ts ja korkeusero H_c

GMT: 9.10.2006	<u>5^h24^m18^s</u>	DR positio φ +/- :	<u>+57°00,0'</u>	λ +/-:	<u>+004°30,0'</u>
Korkeusero a:	xx°xx,xx'	Selitys:			
<u>☾</u> H _s	<u>30°56,2'</u>	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant) lower limb			
I	<u>-3'</u>	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.			
dip	<u>-9,6'</u>	Korjaus N.A.:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)			
App. Alt. =	<u>30°43,6'</u>	Apparent altitude.			
altitude correction	<u>+58,6'</u>	Kuun refraktio ja HP korjauksen arvo NA:kan viimeiseltä sivulta. HP-korjaus tuntikohtaisesti d-arvon vierestä => tällä arvolla sisään N.A.:kan viimeiselle sivulle.			
HP correction	<u>60,3=> +7,9'</u>				
H _o =	<u>31°50,1'</u>	Height observed,			
H _c	<u>31°56,8'</u>	Laske H _c => sinH _c = (sinφ*sinδ)+(cosφ*cosδ*cosLHA)			
a	<u>-6,7'</u>	korkeusero a kaariminuutteina = H _o -H _c			
LHA:	xx°xx,xx'	Selitys:			
GHA	<u>51°34,1'</u>	Kuun GHA:n tuntikohtainen arvo N.A.:sta			
Minuutti- ja sekuntikorjaukset	<u>+5°47,9'</u>	GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset N.A.:sta GMT:n mukaan increments and corrections sivulta			
λ +/-	<u>+004°30'</u>	DR longitudi			
v _{corr} +/-	<u>(+)2,8</u>	v-korjaus GHA arvon vierestä, tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle. v-korjauksen etumerkki GHA tendenssin mukaan. (↗ = +, ↘ = -)			
LHA =	<u>61°54,8'</u>	Jos tulos > 360°, niin tulos-360° = tosi LHA			
Deklinaatio δ:	xx°xx,xx'	Selitys:			
δ +/-	<u>+20°12'</u>	Deklinaatio N.A.:sta, interpoloi tarvittaessa			
d _{corr} +/-	<u>5,3'</u>	d-korjaus deklinaatio arvon vierestä, tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle. d korjauksen etumerkki δ tendenssin mukaan.			
δ =	<u>20°17,3'</u>	(↗ = +, ↘ = -)			
toisuunta ts:	xx°xx,xx'	Selitys			
Az:	<u>102,12</u>	Taivaankappaleen	$\cos Az = \frac{(\sin \delta - \sin H_c * \sin \varphi)}{(\cos H_c * \cos \varphi)}$		
ts: 360°-Az =	<u>257°52,9'</u>	Az kaavalla:			

Muista: jos LHA > 180° => Az = ts | jos LHA < 180° => ts = 360° - Az

2006 OCTOBER 7,

UT	SUN				MOON			
	GHA	Dec	GHA	u	Dec	d	HP	
7 00	183 00.0	S 5 21.8	5 20.4	9.7 N	5 59.4	17.9	61.3	
01	198 00.2	22.7	19 49.1	9.6	6 17.3	17.9	61.3	
02	213 00.4	23.7	34 17.7	9.6	6 35.2	17.9	61.3	
03	228 00.6	24.6	48 46.3	9.6	6 53.1	17.8	61.3	
04	243 00.8	25.6	63 14.9	9.5	7 10.9	17.7	61.3	
05	258 01.0	26.5	77 43.4	9.5	7 28.6	17.7	61.3	
06	273 01.1	S 5 27.5	92 11.9	9.4 N	7 46.3	17.7	61.3	
07	288 01.3	28.5	106 40.3	9.4	8 04.0	17.6	61.3	
08	303 01.5	29.4	121 08.7	9.4	8 21.6	17.6	61.3	
09	318 01.7	30.4	135 37.1	9.3	8 39.2	17.5	61.2	
10	333 01.9	31.3	150 05.4	9.3	8 56.7	17.4	61.2	
11	348 02.0	32.3	164 33.7	9.3	9 14.1	17.4	61.2	
12	3 02.2	S 5 33.2	179 02.0	9.2 N	9 31.5	17.3	61.2	
13	18 02.4	34.2	193 30.2	9.1	9 48.8	17.3	61.2	
14	33 02.6	35.1	207 58.3	9.1	10 06.1	17.1	61.2	
15	48 02.8	36.1	222 26.4	9.1	10 23.2	17.2	61.2	
16	63 02.9	37.1	236 54.5	9.0	10 40.4	17.0	61.2	
17	78 03.1	38.0	251 22.5	9.0	10 57.4	17.0	61.1	
18	93 03.3	S 5 39.0	265 50.5	8.9 N	11 14.4	16.9	61.1	
19	108 03.5	39.9	280 18.4	8.9	11 31.3	16.8	61.1	
20	123 03.7	40.9	294 46.3	8.8	11 48.1	16.7	61.1	
21	138 03.8	41.8	309 14.1	8.8	12 04.8	16.7	61.1	
22	153 04.0	42.8	323 41.9	8.7	12 21.5	16.5	61.1	
23	168 04.2	43.7	338 09.6	8.6	12 38.0	16.5	61.0	
8 00	183 04.4	S 5 44.7	352 37.2	8.6 N	12 54.5	16.4	61.0	
01	198 04.6	45.7	7 04.8	8.6	13 10.9	16.3	61.0	
02	213 04.7	46.6	21 32.4	8.5	13 27.2	16.3	61.0	
03	228 04.9	47.6	35 59.9	8.4	13 43.5	16.1	61.0	
04	243 05.1	48.5	50 27.3	8.4	13 59.6	16.0	60.9	
05	258 05.3	49.5	64 54.7	8.4	14 15.6	15.9	60.9	
06	273 05.4	S 5 50.4	79 22.1	8.2 N	14 31.5	15.9	60.9	
07	288 05.6	51.4	93 49.3	8.3	14 47.4	15.7	60.9	
08	303 05.8	52.3	108 16.6	8.1	15 03.1	15.6	60.9	
09	318 06.0	53.3	122 43.7	8.1	15 18.7	15.5	60.8	
10	333 06.2	54.2	137 10.8	8.0	15 34.2	15.5	60.8	
11	348 06.3	55.2	151 37.8	8.0	15 49.7	15.3	60.8	
12	3 06.5	S 5 56.1	166 04.8	7.9 N	16 05.0	15.2	60.8	
13	18 06.7	57.1	180 31.7	7.9	16 20.2	15.0	60.7	
14	33 06.9	58.0	194 58.6	7.8	16 35.2	15.0	60.7	
15	48 07.0	59.0	209 25.4	7.7	16 50.2	14.8	60.7	
16	63 07.2	S 5 59.9	223 52.1	7.7	17 05.0	14.8	60.7	
17	78 07.4	6 00.9	238 18.8	7.6	17 19.8	14.6	60.6	
18	93 07.6	S 6 01.9	252 45.4	7.6 N	17 34.4	14.5	60.6	
19	108 07.7	02.8	267 12.0	7.5	17 48.9	14.3	60.6	
20	123 07.9	03.8	281 38.5	7.4	18 03.2	14.3	60.5	
21	138 08.1	04.7	296 04.9	7.3	18 17.5	14.1	60.5	
22	153 08.3	05.7	310 31.2	7.3	18 31.6	14.0	60.5	
23	168 08.4	06.6	324 57.5	7.3	18 45.6	13.8	60.5	
9 00	183 08.6	S 6 07.6	339 23.8	7.2 N	18 59.4	13.8	60.4	
01	198 08.8	08.5	353 50.0	7.1	19 13.2	13.5	60.4	
02	213 09.0	09.5	8 16.1	7.0	19 26.7	13.5	60.4	
03	228 09.1	10.4	22 42.1	7.0	19 40.2	13.3	60.3	
04	243 09.3	11.4	37 08.1	7.0	19 53.5	13.2	60.3	
05	258 09.5	12.3	51 34.1	6.8	20 06.7	13.0	60.3	
06	273 09.6	S 6 13.3	65 59.9	6.8	20 19.7	12.9	60.2	

App. Alt.	0°-4°		5°-9°		10°-14°		15°-19°		20°-24°		25°-29°		30°-34°		App. Alt.
	Corr ^s	Corr ^t	Corr ^s	Corr ^t	Corr ^s	Corr ^t	Corr ^s	Corr ^t	Corr ^s	Corr ^t	Corr ^s	Corr ^t	Corr ^s	Corr ^t	
00	0	33.8	5	58.2	10	62.1	15	62.8	20	62.2	25	60.8	30	58.9	00
10	35.9	58.5	6	58.2	11	62.1	16	62.7	21	62.0	26	60.8	31	58.8	10
20	37.8	58.7	7	58.9	12	62.2	17	62.7	22	61.9	27	60.7	32	58.8	20
30	39.6	58.9	8	59.3	13	62.3	18	62.7	23	61.9	28	60.7	33	58.7	30
40	41.2	59.1	9	59.4	14	62.3	19	62.7	24	61.8	29	60.6	34	58.6	40
50	42.6	59.3	10	59.3	15	62.4	20	62.7	25	61.8	30	60.6	35	58.5	50
00	1	44.0	11	59.5	16	62.4	21	62.7	26	61.8	31	60.5	36	58.5	00
10	45.2	59.7	12	59.5	17	62.4	22	62.7	27	61.7	32	60.5	37	58.4	10
20	46.3	59.9	13	59.9	18	62.5	23	62.7	28	61.7	33	60.4	38	58.3	20
30	47.3	60.0	14	60.0	19	62.5	24	62.7	29	61.7	34	60.3	39	58.2	30
40	48.3	60.2	15	60.2	20	62.5	25	62.7	30	61.6	35	60.3	40	58.2	40
50	49.2	60.3	16	60.3	21	62.6	26	62.7	31	61.6	36	60.2	41	58.1	50
00	2	50.0	17	60.5	22	62.6	27	62.7	32	61.5	37	60.2	42	58.0	00
10	50.8	60.6	18	60.6	23	62.6	28	62.7	33	61.5	38	60.1	43	57.9	10
20	51.4	60.7	19	60.7	24	62.6	29	62.7	34	61.5	39	60.0	44	57.8	20
30	52.1	60.9	20	60.9	25	62.6	30	62.7	35	61.5	40	60.0	45	57.8	30
40	52.7	61.0	21	61.0	26	62.6	31	62.7	36	61.5	41	59.9	46	57.7	40
50	53.3	61.1	22	61.1	27	62.6	32	62.7	37	61.5	42	59.8	47	57.6	50
00	3	53.8	23	61.2	28	62.7	33	62.7	38	61.5	43	59.7	48	57.5	00
10	54.3	61.3	24	61.3	29	62.7	34	62.7	39	61.5	44	59.7	49	57.4	10
20	54.8	61.4	25	61.4	30	62.7	35	62.7	40	61.4	45	59.6	50	57.4	20
30	55.2	61.5	26	61.5	31	62.8	36	62.5	41	61.4	46	59.6	51	57.3	30
40	55.6	61.6	27	61.6	32	62.8	37	62.5	42	61.3	47	59.5	52	57.2	40
50	56.0	61.6	28	61.6	33	62.8	38	62.4	43	61.3	48	59.4	53	57.1	50
00	4	56.4	29	61.7	34	62.8	39	62.4	44	61.2	49	59.3	54	57.0	00
10	56.7	61.8	30	61.8	35	62.8	40	62.3	45	61.2	50	59.3	55	57.0	10
20	57.1	61.9	31	61.9	36	62.8	41	62.3	46	61.1	51	59.2	56	56.9	20
30	57.4	61.9	32	61.9	37	62.8	42	62.3	47	61.1	52	59.1	57	56.8	30
40	57.7	62.0	33	62.0	38	62.8	43	62.2	48	61.0	53	59.1	58	56.7	40
50	57.9	62.1	34	62.1	39	62.8	44	62.2	49	61.0	54	59.0	59	56.6	50

H.P.	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	L	U	H.P.		
54.0	0.3	0.9	0.3	0.9	0.4	1.0	0.5	1.1	0.6	1.2	0.7	1.3	0.9	1.5	54.0
54.3	0.7	1.1	0.7	1.1	0.7	1.2	0.8	1.3	0.9	1.4	1.1	1.5	1.2	1.7	54.3
54.6	1.1	1.4	1.1	1.4	1.1	1.4	1.2	1.5	1.3	1.6	1.4	1.7	1.5	1.8	54.6
54.9	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.7	1.6	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	54.9
55.2	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	55.2
55.5	2.2	2.0	2.2	2.0	2.3	2.1	2.3	2.1	2.4	2.2	2.4	2.3	2.5	2.4	55.5
55.8	2.6	2.2	2.6	2.2	2.6	2.3	2.7	2.3	2.7	2.4	2.8	2.4	2.9	2.5	55.8
56.1	3.0	2.4	3.0	2.5	3.0	2.5	3.0	2.5	3.1	2.6	3.1	2.6	3.2	2.7	56.1
56.4	3.4	2.7	3.4	2.7	3.4	2.7	3.4	2.7	3.4	2.8	3.5	2.8	3.5	2.9	56.4
56.7	3.7	2.9	3.7	2.9	3.8	2.9	3.8	2.9	3.8	3.0	3.8	3.0	3.9	3.0	56.7
57.0	4.1	3.1	4.1	3.1	4.1	3.1	4.1	3.1	4.2	3.1	4.2	3.2	4.2	3.2	57.0
57.3	4.5	3.3	4.5	3.3	4.5	3.3	4.5	3.3	4.5	3.3	4.5	3.4	4.6	3.4	57.3
57.6	4.9	3.5	4.9	3.5	4.9	3.5	4.9	3.5	4.9	3.5	4.9	3.5	4.9	3.6	57.6
57.9	5.3	3.8	5.3	3.8	5.2	3.8	5.2	3.7	5.2	3.7	5.2	3.7	5.2	3.7	57.9
58.2	5.6	4.0	5.6	4.0	5.6	4.0	5.6	4.0	5.6	3.9	5.6	3.9	5.6	3.9	58.2
58.5	6.0	4.2	6.0	4.2	6.0	4.2	6.0	4.2	6.0	4.1	5.9	4.1	5.9	4.1	58.5
58.8	6.4	4.4	6.4	4.4	6.4	4.4	6.3	4.4	6.3	4.3	6.3	4.3	6.2	4.2	58.8
59.1	6.8	4.6	6.8	4.6	6.7	4.6	6.7	4.6	6.7	4.5	6.6	4.5	6.6	4.4	59.1
59.4	7.2	4.8	7.1	4.8	7.1	4.8	7.1	4.8	7.0	4.7	7.0	4.7	6.9	4.4	59.4
59.7	7.5	5.1	7.5	5.0	7.5	5.0	7.5	5.0	7.4	4.9	7.3	4.8	7.2	4.7	59.7
60.0	7.9	5.3	7.9	5.3	7.9	5.2	7.8	5.2	7.8	5.1	7.7	5.0	7.6	4.9	60.0
60.3	8.2	5.5	8.2	5.5	8.2	5.4	8.2	5.4	8.1	5.3	8.0	5.2	7.9	5.1	60.3
60.6	8.7	5.7	8.7	5.7	8.6	5.7	8.6	5							

6.3.3 Tähtien tosisuuntima ts ja korkeusero H_c **Korkeuskeino: Tähtien (☆) tosisuuntima (ts) ja korkeusero (a)**

GMT: $5^h24^m18^s$ DR positio φ +/-: $57^\circ00'N$ λ +/-: $004^\circ30'E$
 Tähti: Pollux

Korkeusero a:	$xx^\circ xx,xx'$	Selitys:
H_s	<u>$59^\circ51,7'$</u>	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)
I	<u>$-3'$</u>	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.
dip	<u>$-9,6'$</u>	Korjaus N.A.:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)
App. Alt.	= <u>$59^\circ39,7'$</u>	Apparent altitude.
R	<u>$-0,5'$</u>	Refraktio korjaus N.A.:sta App. Alt. arvon mukaan
H_o	= <u>$59^\circ39,2'$</u>	Height observed
H_c	- <u>$59^\circ33,1'$</u>	Laske $H_c \Rightarrow \sin H_c = (\sin \varphi * \sin \delta) + (\cos \varphi * \cos \delta * \cos LHA)$
a	= <u><u>$6,1'$</u></u>	korkeusero a kaariminuutteina = $H_o - H_c$

LHA:	$xx^\circ xx,xx'$	Selitys:
∇ GHA 5^h	<u>$92^\circ40,8'$</u>	Ariespisteen GHA:n tuntikohtainen arvo N.A.:sta GMT:n mukaan.
minuutti- ja sekuntikorjaukset	<u>$6^\circ05,5'$</u>	∇ GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset N.A.:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivuilta
λ +/-	<u>$+004^\circ30'$</u>	DR longitudi
∇ LHA	= <u>$103^\circ16,3'$</u>	Ariespisteen LHA
SHA	<u>$243^\circ34,1'$</u>	Sidereal Hour Angle, Sideerinen tuntikulma NA:sta
LHA	= <u><u>$346^\circ50,4'$</u></u>	Local Hour Angle
		Jos tulos $> 360^\circ$, niin tulos $-360^\circ =$ tosi LHA

Deklinaatio δ :	$xx^\circ xx,xx'$	Selitys:
δ +/-:	<u><u>$+28^\circ0,7'$</u></u>	Tähtien deklinaatioon ei tehdä d-korjausta

tosisuunta ts :	$xx^\circ xx,xx'$	Selitys:
Az :	<u><u>$LHA > 180^\circ \Rightarrow Az = ts$</u></u>	Taivaankappaleen Az kaavalla:
ts:	<u><u>$156^\circ37,7'$</u></u>	$\cos Az = \frac{(\sin \delta - \sin H_c * \sin \varphi)}{(\cos H_c * \cos \varphi)}$

Muista: jos $LHA > 180^\circ \Rightarrow Az = ts$ | jos $LHA < 180^\circ \Rightarrow ts = 360^\circ - Az$

196		2006 OCTOBER 7, 8, 9 (SAT., SUN., MON.)														
UT	ARIES	VENUS -3.8			MARS +1.6			JUPITER -1.8			SATURN +0.6			STARS		
	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	Name	SHA	Dec		
700	15 30.2	187 24.7	S 1 58.9	177 54.9	S 6 53.5	148 03.5	S16 52.9	230 52.0	N15 04.0	Acamar	315 21.8	S40 16.4				
01	30 32.6	202 24.3	2 00.2	192 55.8	54.2	163 05.5	53.0	245 54.2	04.0	Achernar	335 29.7	S57 12.0				
02	45 35.1	217 23.9	01.4	207 56.7	54.8	178 07.5	53.2	260 56.5	03.9	Acrux	173 16.3	S63 08.1				
03	60 37.6	232 23.5	02.7	222 57.7	55.5	193 09.4	53.3	275 58.7	03.8	Adhara	255 16.6	S28 58.5				
04	75 40.0	247 23.1	03.9	237 58.6	56.1	208 11.4	53.5	291 00.9	03.7	Aldebaran	290 55.2	N16 31.6				
05	90 42.5	262 22.7	05.2	252 59.5	56.8	223 13.4	53.6	306 03.2	03.7							
06	105 44.9	277 22.3	S 2 06.4	268 00.4	S 6 57.4	238 15.3	S16 53.7	321 05.4	N15 03.6	Alioth	166 25.4	N55 55.4				
07	120 47.4	292 22.0	07.7	283 01.4	58.1	253 17.3	53.9	336 07.6	03.5	Alkaid	153 03.2	N49 16.8				
08	135 49.9	307 21.6	08.9	298 02.3	58.7	268 19.3	54.0	351 09.9	03.5	Al Nair	27 49.7	S46 55.8				
09	150 52.3	322 21.2	10.2	313 03.2	6 59.4	283 21.2	54.1	6 12.1	03.4	Alnilam	275 51.5	S 1 11.6				
10	165 54.8	337 20.8	11.4	328 04.1	7 00.0	298 23.2	54.3	21 14.3	03.3	Alphard	238 01.4	S 8 41.0				
11	180 57.3	352 20.4	12.7	343 05.1	00.6	313 25.2	54.4	36 16.5	03.2							
12	195 59.7	7 20.0	S 2 14.0	358 06.0	S 7 01.3	328 27.1	S16 54.6	51 18.8	N15 03.2	Alphecca	126 15.6	N26 41.6				
13	211 02.2	22 19.6	15.2	13 06.9	01.9	343 29.1	54.7	66 21.0	03.1	Alpheratz	357 48.6	N29 07.8				
14	226 04.7	37 19.2	16.5	28 07.9	02.6	358 31.1	54.8	81 23.2	03.0	Altair	62 13.2	N 8 53.2				
15	241 07.1	52 18.8	17.7	43 08.8	03.2	13 33.0	55.0	96 25.5	03.0	Arcturus	353 20.2	S42 16.1				
16	256 09.6	67 18.4	19.0	58 09.7	03.9	28 35.0	55.1	111 27.7	02.9	Antares	112 32.9	S26 26.9				
17	271 12.0	82 18.0	20.2	73 10.6	04.5	43 37.0	55.3	126 29.9	02.8							
18	286 14.5	97 17.6	S 2 21.5	88 11.6	S 7 05.2	58 39.9	S16 55.4	141 32.1	N15 02.7	Arcturus	146 00.7	N19 08.9				
19	301 17.0	112 17.2	22.7	103 12.5	05.8	73 40.9	55.5	156 34.4	02.7	Alra	107 39.8	S69 02.7				
20	316 19.4	127 16.8	24.0	118 13.4	06.5	88 42.9	55.7	171 36.6	02.6	Avior	234 20.6	S59 31.4				
21	331 21.9	142 16.4	25.2	133 14.3	07.1	103 44.8	55.8	186 38.8	02.5	Belatrix	278 37.4	N 6 21.6				
22	346 24.4	157 16.0	26.5	148 15.3	07.8	118 46.8	55.9	201 41.1	02.5	Betelgeuse	271 06.8	N 7 24.7				
23	1 26.8	172 15.6	27.7	163 16.2	08.4	133 48.8	56.1	216 43.3	02.4							
800	16 29.3	187 15.2	S 2 29.0	178 17.1	S 7 09.1	148 50.7	S16 56.2	231 45.5	N15 02.3	Canopus	263 58.4	S52 41.5				
01	31 31.8	202 14.8	30.2	193 18.0	09.7	163 52.7	56.4	246 47.8	02.3	Capella	280 41.9	N46 00.3				
02	46 34.2	217 14.4	31.5	208 19.0	10.3	178 54.7	56.5	261 50.0	02.2	Deneb	49 35.0	N45 18.5				
03	61 36.7	232 14.0	32.7	223 19.9	11.0	193 56.6	56.6	276 52.2	02.1	Denebola	182 39.2	N14 32.2				
04	76 39.2	247 13.6	34.0	238 20.8	11.6	208 58.6	56.8	291 54.5	02.0	Diphda	349 00.7	S17 56.8				
05	91 41.6	262 13.2	35.2	253 21.7	12.3	224 00.6	56.9	306 56.7	02.0							
06	106 44.1	277 12.8	S 2 36.5	268 22.7	S 7 12.9	239 02.5	S16 57.1	321 58.9	N15 01.9	Dubhe	193 58.2	N61 42.8				
07	121 46.5	292 12.4	37.7	283 23.6	13.6	254 04.5	57.2	337 01.2	01.8	Elnath	278 19.0	N28 36.9				
08	136 49.0	307 12.0	39.0	298 24.5	14.2	269 06.4	57.3	352 03.4	01.8	Eltanin	90 48.7	N51 29.5				
09	151 51.5	322 11.6	40.2	313 25.4	14.9	284 08.4	57.5	7 05.6	01.7	Enif	33 52.0	N 9 54.5				
10	166 53.9	337 11.2	41.5	328 26.4	15.5	299 10.4	57.6	22 07.9	01.6	Fomalhaut	15 29.2	S29 35.2				
11	181 56.4	352 10.8	42.7	343 27.3	16.2	314 12.3	57.8	37 10.1	01.6							
12	196 58.9	7 10.4	S 2 44.0	358 28.2	S 7 16.8	329 14.3	S16 57.9	52 12.3	N15 01.5	Gasrux	172 07.6	S57 09.0				
13	212 01.3	22 10.0	45.3	13 29.1	17.5	344 16.3	58.0	67 14.5	01.4	Genesh	175 58.0	S17 34.6				
14	227 03.8	37 09.6	46.5	28 30.0	18.1	359 18.3	58.2	82 16.8	01.3	Hadar	148 56.3	S60 24.4				
15	242 06.3	52 09.2	47.8	43 31.0	18.7	14 29.2	58.3	97 19.0	01.3	Hamal	328 06.4	N23 29.8				
16	257 08.7	67 08.8	49.0	58 31.9	19.4	29 22.2	58.4	112 21.2	01.2	Kaus Aust.	83 50.7	S34 23.1				
17	272 11.2	82 08.4	50.3	73 32.8	20.0	44 24.1	58.6	127 23.5	01.1							
18	287 13.6	97 08.0	S 2 51.5	88 33.7	S 7 20.7	59 26.1	S16 58.7	142 25.7	N15 01.1	Kochab	137 20.3	N74 07.7				
19	302 16.1	112 07.6	52.8	103 34.7	21.3	74 28.0	58.9	157 27.9	01.0	Markab	13 43.3	N15 14.6				
20	317 18.6	127 07.2	54.0	118 35.6	22.0	89 30.0	59.0	172 30.2	00.9	Menkar	314 20.2	N 4 07.2				
21	332 21.0	142 06.8	55.3	133 36.5	22.6	104 32.0	59.1	187 32.4	00.9	Meneant	148 14.2	S36 24.2				
22	347 23.5	157 06.4	56.5	148 37.4	23.3	119 33.9	59.3	202 34.6	00.8	Misplacidus	221 41.7	S69 44.3				
23	2 26.0	172 06.0	57.8	163 38.3	23.9	134 35.9	59.4	217 36.9	00.7							
900	17 28.4	187 05.6	S 2 59.0	178 39.3	S 7 24.5	149 37.9	S16 59.6	232 39.1	N15 00.6	Mirfak	308 47.6	N49 53.2				
01	32 30.9	202 05.2	3 00.3	193 40.2	25.2	164 39.8	59.7	247 41.3	00.6	Nunki	76 04.7	S26 17.4				
02	47 33.4	217 04.8	01.5	208 41.1	25.8	179 41.8	16 59.8	262 43.6	00.5	Raasos	43 27.0	S66 44.1				
03	62 35.8	232 04.4	02.8	223 42.0	26.5	194 43.7	17 00.0	277 45.8	00.4	Rothos	243 34.1	N28 00.7				
04	77 38.3	247 04.0	04.0	238 43.0	27.1	209 45.7	00.1	292 48.1	00.4	Prutosi	245 05.2	N 5 12.7				
05	92 40.8	262 03.6	05.3	253 43.9	27.8	224 47.7	00.2	307 50.3	00.3							

ZT		INCREMENTS AN											
m	SUN PLANETS	ARIES	MOON	$\frac{\delta}{d}$	Corr ^a	$\frac{\delta}{d}$	Corr ^a	$\frac{\delta}{d}$	Corr ^a	$\frac{\delta}{d}$	Corr ^a	$\frac{\delta}{d}$	Corr ^a
s	o	f	o	f	f	f	f	f	f	f	f	f	f
00	6 00-0	6 01-0	5 43-6	0-0	0-0	6-0	2-5	12-0	4-9				
01	6 00-3	6 01-2	5 43-8	0-1	0-0	6-1	2-5	12-1	4-9				
02	6 00-5	6 01-5	5 44-1	0-2	0-1	6-2	2-5	12-2	5-0				
03	6 00-8	6 01-7	5 44-3	0-3	0-1	6-3	2-6	12-3	5-0				
04	6 01-0	6 02-0	5 44-6	0-4	0-2	6-4	2-6	12-4	5-1				
05	6 01-3	6 02-2	5 44-8	0-5	0-2	6-5	2-7	12-5	5-1				
06	6 01-5	6 02-5	5 45-0	0-6	0-2	6-6	2-7	12-6	5-1				
07	6 01-8	6 02-7	5 45-3	0-7	0-3	6-7	2-7	12-7	5-2				
08	6 02-0	6 03-0	5 45-5	0-8	0-3	6-8	2-8	12-8	5-2				
09	6 02-3	6 03-2	5 45-7	0-9	0-4	6-9	2-8	12-9	5-3				
10	6 02-5	6 03-5	5 46-0	1-0	0-4	7-0	2-9	13-0	5-3				
11	6 02-8	6 03-7	5 46-2	1-1	0-4	7-1	2-9	13-1	5-3				
12	6 03-0	6 04-0	5 46-5	1-2	0-5	7-2	2-9	13-2	5-4				
13	6 03-3	6 04-2	5 46-7	1-3	0-5	7-3	3-0	13-3	5-4				
14	6 03-5	6 04-5	5 46-9	1-4	0-6	7-4	3-0	13-4	5-5				
15	6 03-8	6 04-7	5 47-2	1-5	0-6	7-5	3-1	13-5	5-5				
16	6 04-0	6 05-0	5 47-4	1-6	0-7	7-6	3-1	13-6	5-6				
17	6 04-3	6 05-2	5 47-7	1-7	0-7	7-7	3-1	13-7	5-6				
18	6 04-5	6 05-5	5 47-9	1-8	0-7	7-8	3-2	13-8	5-6				
19	6 04-8	6 05-8	5 48-2	1-9	0-8	7-9	3-2	13-9	5-7				

Kuva 8: Nautical Almanac, Copyright Coucil for the Central Laboratory of the research Coucils

6.3.4 Planeetan tosisuuntima ts ja korkeusero H_c

GMT: 9.10.2006	5 ^h 24 ^m 18 ^s	DR positio: φ +/-: +57°00' N	λ +/-: +004°30' E
Planeetta:	Saturn ♄	♀ ♂ ♃ ♄	
Korkeusero a:	xx°xx,xx'	Selitys:	
H_s	33°49,5'	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)	
I	-3'	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.	
dip	-9,6'	Korjaus N.A.:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)	
App. Alt.	= 33°36,9'	Apparent altitude.	
R	-1,4'	Refraktio korjaus N.A.:sta App. Alt. arvon mukaan	
H_o	= 33°35,5'	Height observed	
H_c	- 33°27,1'	Laske $H_c \Rightarrow \sin H_c = (\sin \varphi * \sin \delta) + (\cos \varphi * \cos \delta * \cos LHA)$	
a	8,4'	korkeusero a kaariminuutteina = $H_o - H$	
LHA:	xx°xx,xx'	Selitys:	
GHA	307°50,3'	GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta	
minuutti- ja sekuntikorjaukset	+6°04,5'	GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset N.A.:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivuilta	
λ +/-	-004°30'	DR longitudi	
v_{corr}	(+)0,9	v-arvo GHA sarakkeen alimmalta riviltä. Tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle josta korjaus	
LHA	= 309°25,7'	Local Hour Angle Jos tulos > 360°, niin tulos-360° = tosi LHA	
Deklinaatio δ :	xx°xx,xx'	Selitys:	
δ +/-	N15°00,3'	Deklinaatio N.A.:sta	
d_{corr}	-0,0'	d-arvo GHA sarakkeen alimmalta riviltä. Tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle josta korjaus	
δ :	= N15°00,3'	Jos deklinaatio kasvaa niin d on + merkistä. Laskevan deklinaation d korjaus on - merkinen	
tosisuunta ts:	xx°xx,xx'	Selitys:	
Az:	Az = ts	Taivaankappaleen Az kaavalla:	$\cos Az = \frac{(\sin \delta - \sin H_c * \sin \varphi)}{(\cos H_c * \cos \varphi)}$
ts:	116°35,4'		

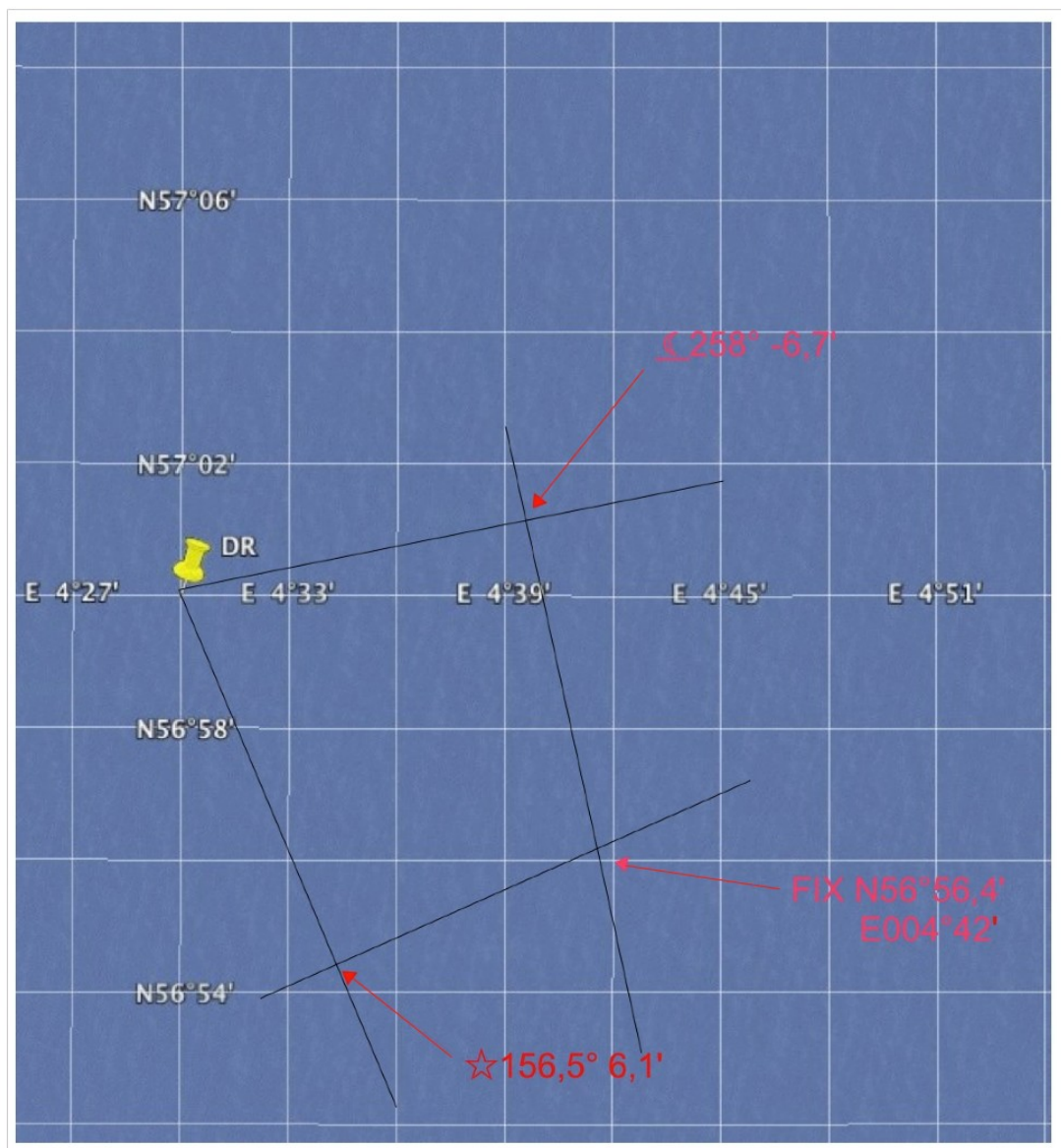
Muista: jos $LHA > 180^\circ \Rightarrow Az = ts$ | jos $LHA < 180^\circ \Rightarrow ts = 360^\circ - Az$

196 2006 OCTOBER 7, 8, 9 (SAT., SUN., MON)

UT	ARIES		VENUS -3.8		MARS +1.6		JUPITER -1.8		SATURN +0.6	
	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec
700	15 30.2	187 24.7 S	1 58.9	177 54.9 S	6 53.5	148 03.5 S	16 52.9	230 52.0 N	15 04.0	
01	30 32.6	202 24.3	2 00.2	192 55.8	54.2	163 05.5	53.0	245 54.2	04.0	
02	45 35.1	217 23.9	01.4	207 56.7	54.8	178 07.5	53.2	260 56.5	03.9	
03	60 37.6	232 23.5	02.7	222 57.7	55.5	193 09.4	53.3	275 58.7	03.8	
04	75 40.0	247 23.1	03.9	237 58.6	56.1	208 11.4	53.5	291 00.9	03.7	
05	90 42.5	262 22.7	05.2	252 59.5	56.8	223 13.4	53.6	306 03.2	03.7	
06	105 44.9	277 22.3	6 06.4	268 00.4	5 57.4	238 15.3	53.7	321 05.4	N15 03.6	
07	120 47.4	292 22.0	07.7	283 01.4	58.1	253 17.3	53.9	336 07.6	03.5	
08	135 49.9	307 21.6	08.9	298 02.3	58.7	268 19.3	54.0	351 09.9	03.5	
09	150 52.3	322 21.2	10.2	313 03.2	6 59.4	283 21.2	54.1	6 12.1	03.4	
10	165 54.8	337 20.8	11.4	328 04.1	7 00.0	298 23.2	54.3	21 14.3	03.3	
11	180 57.3	352 20.4	12.7	343 05.1	00.6	313 25.2	54.4	36 16.5	03.2	
12	195 59.7	7 20.0 S	2 14.0	358 06.0	5 7 01.3	328 27.1	S16 54.6	51 18.8	N15 03.2	
13	211 02.2	22 19.6	15.2	13 06.9	01.9	343 29.1	54.7	66 21.0	03.1	
14	226 04.7	37 19.2	16.5	28 07.9	02.6	358 31.1	54.8	81 23.2	03.0	
15	241 07.1	52 18.8	17.7	43 08.8	03.2	373 33.1	55.0	96 25.5	03.0	
16	256 09.6	67 18.4	19.0	58 09.7	03.9	388 35.0	55.1	111 27.7	02.9	
17	271 12.0	82 18.0	20.2	73 10.6	04.5	403 37.0	55.3	126 29.9	02.8	
18	286 14.5	97 17.6	21.5	88 11.6	5 7 05.2	58 38.9	S16 55.4	141 32.1	N15 02.7	
19	301 17.0	112 17.2	22.7	103 12.5	05.8	73 40.9	55.5	156 34.4	02.7	
20	316 19.4	127 16.8	24.0	118 13.4	06.5	88 42.9	55.7	171 36.6	02.6	
21	331 21.9	142 16.4	25.2	133 14.3	07.1	103 44.8	55.8	186 38.8	02.5	
22	346 24.4	157 16.0	26.5	148 15.3	07.8	118 46.8	55.9	201 41.1	02.5	
23	1 26.8	172 15.6	27.7	163 16.2	08.4	133 48.8	56.1	216 43.3	02.4	
800	16 29.3	187 15.2 S	2 29.0	178 17.1 S	7 09.1	148 50.7 S16 56.2	231 45.5	N15 02.3		
01	31 31.8	202 14.8	30.2	193 18.0	09.7	163 52.7	56.4	246 47.8	02.3	
02	46 34.2	217 14.4	31.5	208 19.0	10.3	178 54.7	56.5	261 50.0	02.2	
03	61 36.7	232 14.0	32.7	223 19.9	11.0	193 56.6	56.6	276 52.2	02.1	
04	76 39.2	247 13.6	34.0	238 20.8	11.6	208 58.6	56.8	291 54.5	02.0	
05	91 41.6	262 13.2	35.2	253 21.7	12.3	224 00.6	56.9	306 56.7	02.0	
06	106 44.1	277 12.8	36.5	268 22.7	12.9	239 02.5 S16 57.1	321 58.9	N15 01.9		
07	121 46.5	292 12.4	37.7	283 23.6	13.6	254 04.5	57.2	337 01.2	01.8	
08	136 49.0	307 12.0	39.0	298 24.5	14.2	269 06.4	57.3	352 03.4	01.8	
09	151 51.5	322 11.6	40.2	313 25.4	14.9	284 08.4	57.5	7 05.6	01.7	
10	166 53.9	337 11.2	41.5	328 26.4	15.5	299 10.4	57.6	22 07.9	01.6	
11	181 56.4	352 10.8	42.7	343 27.3	16.2	314 12.3	57.8	37 10.1	01.6	
12	196 58.9	7 10.4 S	2 44.0	358 28.2 S	7 16.8	329 14.3 S16 57.9	52 12.3	N15 01.5		
13	212 01.3	22 10.0	45.3	13 29.1	17.5	344 16.3	58.0	67 14.5	01.4	
14	227 03.8	37 09.6	46.5	28 30.0	18.1	359 18.2	58.2	82 16.8	01.3	
15	242 06.3	52 09.2	47.8	43 31.0	18.7	374 20.2	58.3	97 19.0	01.3	
16	257 08.7	67 08.8	49.0	58 31.9	19.4	389 22.2	58.4	112 21.2	01.2	
17	272 11.2	82 08.4	50.3	73 32.8	20.0	404 24.1	58.6	127 23.5	01.1	
18	287 13.6	97 08.0	51.5	88 33.7 S	7 20.7	59 26.1 S16 58.7	142 25.7	N15 01.1		
19	302 16.1	112 07.6	52.8	103 34.7	21.3	74 28.0	58.9	157 27.9	01.0	
20	317 18.6	127 07.2	54.0	118 35.6	22.0	89 30.0	59.0	172 30.2	00.9	
21	332 21.0	142 06.8	55.3	133 36.5	22.6	104 32.0	59.1	187 32.4	00.9	
22	347 23.5	157 06.4	56.5	148 37.4	23.3	119 33.9	59.3	202 34.6	00.8	
23	2 26.0	172 06.0	57.8	163 38.3	23.9	134 35.9	59.4	217 36.9	00.7	
900	17 28.4	187 05.6 S	2 59.0	178 39.3 S	7 24.5	149 37.9 S16 59.6	232 49.1	N15 00.6		
01	32 30.9	202 05.2	3 00.3	193 40.2	25.2	164 39.8	59.7	247 41.3	00.6	
02	47 33.4	217 04.8	01.5	208 41.1	25.8	179 41.8	16 59.8	262 43.6	00.5	
03	62 35.8	232 04.4	02.8	223 42.0	26.5	194 43.7	17 00.0	277 45.8	00.4	
04	77 38.3	247 04.0	04.0	238 43.0	27.1	209 45.7	00.1	292 48.1	00.4	
05	92 40.8	262 03.6	05.3	253 43.9	27.8	224 47.7	00.2	307 50.3	00.3	
06	107 43.2	277 03.2	6 06.5	268 44.8 S	7 28.4	239 49.6 S17 00.4	322 52.5	N15 00.2		
07	122 45.7	292 02.8	07.8	283 45.7	29.1	254 51.6	00.5	337 54.8	00.2	
08	137 48.2	307 02.4	09.0	298 46.6	29.7	269 53.6	00.7	352 57.0	00.1	
09	152 50.7	322 02.0	10.3	313 47.5	30.3	284 55.5	00.8	7 59.2	00.0	
10	167 53.1	337 01.6	11.5	328 48.5	31.0	299 57.5	00.9	23 01.5	15 00.0	
11	182 55.6	352 01.2	12.8	343 49.4	31.6	314 59.4	01.1	38 03.7	14 59.9	
12	197 58.0	7 00.8 S	14.0	358 50.3 S	7 32.3	330 01.4 S17 01.2	53 05.9	N14 59.8		
13	213 00.5	22 00.4	15.3	13 51.2	32.9	345 03.4	01.4	68 08.2	59.7	
14	228 03.0	37 00.0	16.5	28 52.2	33.6	0 05.3	01.5	83 10.4	59.7	
15	243 05.5	52 00.0	17.8	43 53.1	34.2	15 07.3	01.6	98 12.6	59.6	
16	258 08.0	67 00.0	19.0	58 54.0	34.9	30 09.2	01.8	113 14.9	59.5	
17	273 10.5	82 00.0	20.3	73 54.9	35.5	45 11.2	01.9	128 17.1	59.5	
18	288 13.0	97 00.0	21.5	88 55.8 S	7 36.1	60 13.2 S17 02.1	143 19.3	N14 59.4		
19	303 15.5	112 00.0	22.8	103 56.8	36.8	75 15.1	02.2	158 21.6	59.3	
20	318 18.0	127 00.0	24.0	118 57.7	37.4	90 17.1	02.3	173 23.8	59.3	
21	333 20.5	142 00.0	25.3	133 58.6	38.1	105 19.0	02.5	188 26.1	59.2	
22	348 23.0	157 00.0	26.5	148 59.5	38.7	120 21.0	02.6	203 28.3	59.1	
23	3 25.5	172 00.0	27.8	164 00.4	39.4	135 23.0	02.7	218 30.5	59.1	
00	18 28.0	187 00.0	29.0	179 01.3	40.0	150 25.0	02.8	233 32.7	59.0	
01	33 30.5	202 00.0	30.3	194 02.2	40.7	165 27.0	02.9	248 34.9	58.9	
02	48 33.0	217 00.0	31.5	209 03.1	41.4	180 29.0	03.0	263 37.1	58.8	
03	63 35.5	232 00.0	32.8	224 04.0	42.1	195 31.0	03.1	278 39.3	58.7	
04	78 38.0	247 00.0	34.0	239 04.9	42.8	210 33.0	03.2	293 41.5	58.6	
05	93 40.5	262 00.0	35.3	254 05.8	43.5	225 35.0	03.3	308 43.7	58.5	
06	108 43.0	277 00.0	36.5	269 06.7	44.2	240 37.0	03.4	323 45.9	58.4	
07	123 45.5	292 00.0	37.8	284 07.6	44.9	255 39.0	03.5	338 48.1	58.3	
08	138 48.0	307 00.0	39.0	299 08.5	45.6	270 41.0	03.6	353 50.3	58.2	
09	153 50.5	322 00.0	40.3	314 09.4	46.3	285 43.0	03.7	7 52.5	58.1	
10	168 53.0	337 00.0	41.5	329 10.3	47.0	300 45.0	03.8	23 54.7	58.0	
11	183 55.5	352 00.0	42.8	344 11.2	47.7	315 47.0	03.9	39 56.9	57.9	
12	198 58.0	7 00.0 S	44.0	359 12.1	48.4	330 49.0	04.0	55 59.1	57.8	
13	214 00.5	22 00.0	45.3	14 13.0	49.1	345 51.0	04.1	71 61.3	57.7	
14	229 03.0	37 00.0	46.5	29 13.9	49.8	360 53.0	04.2	87 63.5	57.6	
15	244 05.5	52 00.0	47.8	44 14.8	50.5	375 55.0	04.3	103 65.7	57.5	
16	259 08.0	67 00.0	49.0	59 15.7	51.2	390 57.0	04.4	119 67.9	57.4	
17	274 10.5	82 00.0	50.3	74 16.6	51.9	405 59.0	04.5	135 70.1	57.3	
18	289 13.0	97 00.0	51.5	89 17.5	52.6	420 61.0	04.6	151 72.3	57.2	
19	304 15.5	112 00.0	52.8	104 18.4	53.3	435 63.0	04.7	167 74.5	57.1	
20	319 18.0	127 00.0	54.0	119 19.3	54.0	450 65.0	04.8	183 76.7	57.0	
21	334 20.5	142 00.0	55.3	134 20.2	54.7	465 67.0	04.9	199 78.9	56.9	
22	349 23.0	157 00.0	56.5	149 21.1	55.4	480 69.0	05.0	215 81.1	56.8	
23	4 25.5	172 00.0	57.8	164 22.0	56.1	495 71.0	05.1	231 83.3	56.7	
00	19 28.0	187 00.0	59.0	179 22.9	56.8	510 73.0	05.2	247 85.5	56.6	
01	34 30.5	202 00.0	60.3	194 23.8	57.5	525 75.0	05.3	263 87.7	56.5	
02	49 33.0	217 00.0	61.5	209 24.7	58.2	540 77.0	05.4	279 89.9	56.4	
03	64 35.5	232 00.0	62.8	224 25.6	58.9	555 79.0	05.5	295 92.1	56.3	
04	79 38.0	247 00.0	64.0	239 26.5	59.6	570 81.0	05.6	311 94.3	56.2	
05	94 40.5	262 00.0	65.3	254 27.4	60.3	585 83.0	05.7	327 96.5	56.1	
06	109 43.0	277 00.0	66.5	269 28.3	61.0	600 85.0	05.8	343 98.7	56.0	
07	124 45.5	292 00.0	67.8	284 29.2	61.7	615 87.0	05.9	359 100.9	55.9	
08	139 48.0	307 00.0	69.0	299 30.1	62.4	630 89.0	06.0	375 103.1	55.8	
09	154 50.5	322 00.0	70.3	314 31.0	63.1	645 91.0	06.1	391 105.3	55.7	
10	169 53.0	337 00.0	71.5	329 31.9	63.8	660 93.0	06.2	407 107.5	55.6	
11	184 55.5									

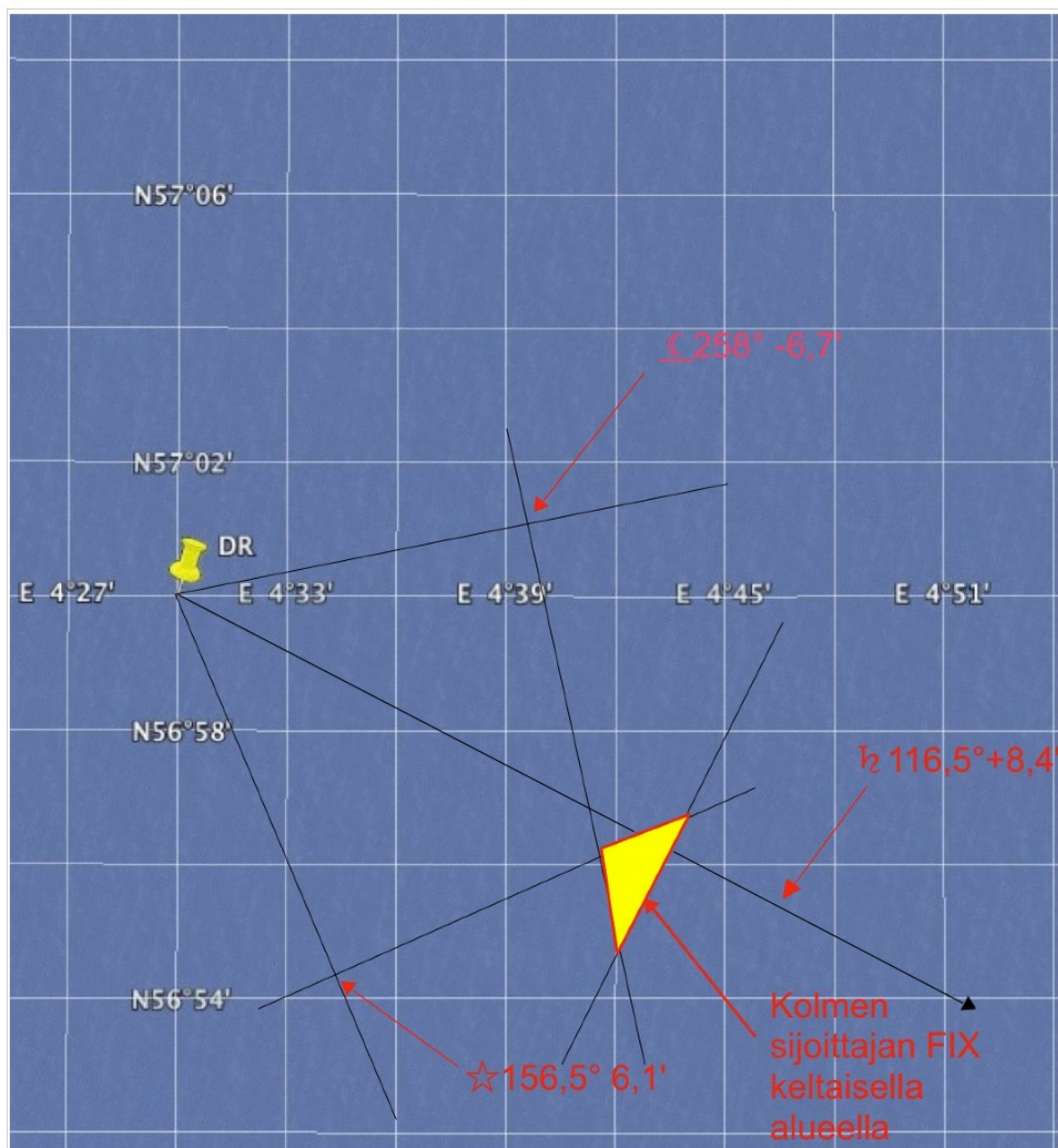
6.3.5 Sijoittajien määrittäminen

1. Merkitse karttaan tai plotting sheetille DR positio
2. Piirrä mittaamillesi taivaankappaleille sijoittajat (LOP)
 - korkeuseron a mittainen jana ts suuntaan (jos a on negatiivinen, jana cosuuntaan)
 - etäisyyden a kohdalle piirretään keskinormaali (viiva ts+90°)
 - FIX on kahden keskinormaalin leikkauspiste



Kuva 10: Korkeuskeino, sijoittajat

3. Jos piirretä useampia sijoittajia kuin kaksi, ne rajaavat alueen jonka sisällä FIX on
- mitä useampi sijoittaja, sitä tarkempi FIX



Kuva 11: Korkeuskeino, sijoittajat

7 MUITA ASTRONOMISEN NAVIGOINNIN MITTAUKSIA

Tähän lukuun on kerätty tavallisia navigoinnin tukena käytettyjä astronomisen navigoinnin toimenpiteitä. Vaikka astronomisen navigoinnin merkitys on kuluneiden vuosikymmenten aikana vähentynyt, on osa niistä vielä säännöllisessä käytössä. Seuraavana esiteltävä hyrräkompassin osoitusvirheen tarkistus suoritetaan laivoissa säännöllisesti - tämä onkin usein ensimmäinen astronomisen navigoinnin toimi, johon navigoija osallistuu. Luvussa 7.2 esiteltävä tuntemattoman taivaankappaleen tunnistaminen on hyödyllinen taito, jos tietokonetta ja planetaario-ohjelmaa ei ole saatavilla tai esimerkiksi Nautical Almanacan tähtikartasta ei ole apua. Viimeisenä esiteltävä auringon ylämeridiaanin ohitus on kenties varhaisin sekstantilla suoritettu toimi. Jotta esimerkiksi longitudi voidaan kuun kulmaetäisyysmenetelmällä todeta, on syytä selvittää oma paikallinen aika eli Local Meantime. Helpoin tapa siihen, on mitata paikallinen keskipäivä eli hetki, jolloin aurinko on korkeimmillaan taivaalla.

7.1 Hyrräkompassin osoitusvirheen tarkistus

GMT: 9.10.2006	<u>05h24m18s</u> Betelegeuse	GPS Positio: φ +/- <u>N57°00'</u> λ +/-: <u>E004°30'</u>
Hyrräsuuntima hs:	<u>160°</u>	Suunni taivaankappale hyrräkompassilla
LHA:	xx°xx,xx'	Selitys:
GHA: ($\star \vee$ GHA)	<u>92°40,8'</u>	Taivaankappaleen GHA: tuntikohtainen arvo N.A.:sta, tähdellä ariespisteen GHA
increments and corrections	<u>6°05,5'</u>	GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset N.A.:sta GMT:n mukaan increments and corrections sivuilta
v_{corr}	---	Kuulla ja planeetoilla GHA:n v-korjaus
λ +/-	<u>+4°30'</u>	Tarkka longitudi
($\star \vee$ IHA)	= <u>103°16,3'</u>	
(+ \star S H \mathbb{A})	<u>271°06,8'</u>	
LHA	= <u>374°23,1'</u> <u>=14°23,1'</u>	Local Hour Angle Jos tulos > 360°, niin tulos-360° = tosi LHA
Deklinaatio δ :	xx°xx,xx'	Selitys:
δ +/-	<u>N7°24,7'</u>	Deklinaatio N.A.:sta, interpoloi tuntien erotus. Deklinaation d-korjaus N.A.:sta. d-arvo löytyy GHA sarakkeen alimmalta riviltä. Arvon lukua vastaava korjaus löytyy increments and corrections sivulta sekuntisarakkeiden oikealta puolelta.
d_{corr}	---	Jos deklinaatio kasvaa niin d on + merkkistä. Laskevan deklinaation d korjaus on - merkinen
δ +/-	= <u>N7°24,7'</u>	

$$\tan AZ = \frac{\sin LHA}{\cos \varphi \cdot \tan \delta - \sin \varphi \cdot \cos LHA}$$

$$\tan Az = -0,335033$$

$$Az = -18,52255 \approx -18^{\circ}31,4'$$

Päätellen Az ja ts suhde:

$$Az > 0 \text{ ja } LHA > 180^{\circ} \Rightarrow ts = 180^{\circ} - Az$$

$$Az > 0 \text{ ja } LHA < 180^{\circ} \Rightarrow ts = 360^{\circ} - Az$$

$$Az < 0 \text{ ja } LHA > 180^{\circ} \Rightarrow ts = Az * (-1)$$

$$Az < 0 \text{ ja } LHA < 180^{\circ} \Rightarrow ts = 180^{\circ} - Az$$

$$ts = \underline{161^{\circ}28,6'}$$

$$hs = 160^{\circ}$$

$$ts = 161^{\circ}28,6'$$

$$\text{Osoitusvirhe} = +1^{\circ}28,6'$$

196											2006 OCTOBER 7, 8, 9 (SAT., SUN., MON.)																						
UT		ARIES			VENUS -3.8			MARS +1.6			JUPITER -1.8			SATURN +0.6			STARS																
		GHA		Dec		GHA		Dec		GHA		Dec		GHA		Dec		Name		SHA		Dec											
d	h	°	'	°	'	°	'	°	'	°	'	°	'	°	'	°	'		°	'	°	'	'										
7	00	15	30.2	187	24.7	S	1	58.9	177	54.9	S	6	53.5	148	03.5	S	16	52.9	230	52.0	N	15	04.0	Acamar	315	21.8	S	40	16.4				
	01	30	32.6	202	24.3		2	00.2	192	55.8		54.2	163	05.5		53.0		245	54.2		04.0			Achernar	335	29.7	S	57	12.0				
	02	45	35.1	217	23.9		01.4		207	56.7		54.8	178	07.5		53.2		260	56.5		03.9			Acruz	173	16.3	S	63	08.1				
	03	60	37.6	232	23.5		02.7		222	57.7		55.5	193	09.4		53.3		275	58.7		03.8			Adhara	255	16.6	S	58	50.5				
	04	75	40.0	247	23.1		03.9		237	58.6		56.1	208	11.4		53.5		291	00.9		03.7			Aldebaran	290	55.2	N	16	31.6				
	05	90	42.5	262	22.7		05.2		252	59.5		56.8	223	13.4		53.6		306	03.2		03.7												
	06	105	44.9	277	22.3	S	2	06.4	268	00.4	S	6	57.4	238	15.3	S	16	53.7	321	05.4	N	15	03.6			Alioth	166	25.4	N	55	55.4		
	07	120	47.4	292	22.0		07.7		283	01.4		58.1	253	17.3		53.9		336	07.6		03.5					Alkaid	153	03.2	N	49	16.8		
	08	135	49.9	307	21.6		08.9		298	02.3		58.7	268	19.3		54.0		351	09.9		03.5					Al Na'ir	27	49.7	S	46	55.8		
	09	150	52.3	322	21.2		10.2		313	03.2		6	59.4	283	21.2		54.1		6	12.1		03.4				Alniham	275	51.5	S	1	11.6		
	10	165	54.8	337	20.8		11.4		328	04.1		7	00.0	298	23.2		54.3		21	14.3		03.3				Alphard	218	01.4	S	8	41.0		
	11	180	57.3	352	20.4		12.7		343	05.1		00.6		313	25.2		54.4		36	16.5		03.2											
	12	195	59.7		7	20.0	S	2	14.0	358	06.0	S	7	01.3	328	27.1	S	16	54.6	51	18.8	N	15	03.2			Alphecca	126	15.6	N	26	41.6	
	13	211	02.2	22	19.6		15.2		13	06.9		01.9		343	29.1		54.7		66	21.0		03.1					Alpheratz	357	46.6	N	29	07.8	
	14	226	04.7	37	19.2		16.5		28	07.9		02.6		350	31.1		54.8		81	23.2		03.0					Altair	62	13.2	N	8	53.2	
	15	241	07.1	52	18.8		17.7		43	08.8		03.2		13	33.0		55.0		96	25.5		03.0					Ankaa	353	20.2	S	42	16.1	
	16	256	09.6	67	18.4		19.0		58	09.7		03.9		28	35.0		55.1		111	27.7		02.9					Antares	112	32.9	S	26	26.9	
	17	271	12.0	82	18.0		20.2		73	10.6		04.5		43	37.0		55.3		126	29.9		02.8											
	18	286	14.5	97	17.6	S	2	21.5	88	11.6	S	7	05.2	58	38.9	S	16	55.4	141	32.1	N	15	02.7				Arcturus	146	00.7	N	19	08.9	
	19	301	17.0	112	17.2		22.7		103	12.5		05.8		73	40.9		55.5		156	34.4		02.7					Atria	107	39.8	S	69	02.7	
	20	316	19.4	127	16.8		24.0		118	13.4		06.5		88	42.9		55.7		171	36.6		02.6					Avior	234	20.6	S	59	31.4	
	21	331	21.9	142	16.4		25.2		133	14.3		07.1		103	44.8		55.8		186	38.8		02.5					Bellatrix	278	37.3	N	4	21.6	
	22	346	24.4	157	16.0		26.5		148	15.3		07.8		118	46.8		55.9		201	41.1		02.4					Betelgeuse	271	06.0	N	7	24.7	
	23	1	26.8	172	15.6		27.7		163	16.2		08.4		133	48.8		56.1		216	43.3		02.4											
	8	00	16	29.3	187	15.2	S	2	29.0	178	17.1	S	7	09.1	148	50.7	S	16	56.2	231	45.5	N	15	02.3			Canopus	263	58.4	S	52	41.5	
	01	31	31.8	202	14.8		30.2		193	18.0		09.7		163	52.7		56.4		246	47.8		02.3					Capella	280	41.9	N	46	00.3	
	02	46	34.2	217	14.4		31.5		208	19.0		10.3		178	54.7		56.5		261	50.0		02.2					Deneb	49	35.0	N	45	18.5	
	03	61	36.7	232	14.0		32.7		223	19.9		11.0		193	56.6		56.6		276	52.2		02.1					Denebola	182	39.2	N	14	32.2	
	04	76	39.2	247	13.6		34.0		238	20.8		11.6		208	58.6		56.8		291	54.5		02.0					Diphda	349	00.7	S	17	56.8	
	05	91	41.6	262	13.2		35.2		253	21.7		12.3		224	00.6		56.9		306	56.7		02.0											
	06	106	44.1	277	12.8	S	2	36.5	268	22.7	S	7	12.9	239	02.5	S	16	57.1	321	58.9	N	15	01.9				Dubhe	193	58.2	N	61	42.8	
	07	121	46.5	292	12.4		37.7		283	23.6		13.6		254	04.5		57.2		337	01.2		01.8					Elnath	278	19.0	N	28	36.9	
	08	136	49.0	307	12.0		39.0		298	24.5		14.2		269	06.4		57.3		352	03.4		01.8					Eltanin	90	48.7	N	51	29.5	
	09	151	51.5	322	11.6		40.2		313	25.4		14.9		284	08.4		57.5		7	05.6		01.7					Enif	33	52.0	N	9	54.5	
	10	166	53.9	337	11.2		41.5		328	26.4		15.5		299	10.4		57.6		22	07.9		01.6					Fomalhaut	15	29.2	S	29	35.2	
	11	181	56.4	352	10.8		42.7		343	27.3		16.2		314	12.3		57.8		37	10.1		01.6											
	12	196	58.9		7	10.4	S	2	44.0	358	28.2	S	7	16.8	329	14.3	S	16	57.9	52	12.3	N	15	01.5			Gacrux	172	07.6	S	57	09.0	
	13	212	01.3	22	10.0		45.3		13	29.1		17.5		344	16.3		58.0		67	14.5		01.4					Gienah	175	58.0	S	17	34.6	
	14	227	03.8	37	09.6		46.5		28	30.0		18.1		359	18.2		58.2		82	16.8		01.3					Hadar	148	56.3	S	60	24.4	
	15	242	06.3	52	09.2		47.8		43	31.0		18.7		14	20.2		58.3		97	19.0		01.3					Hamal	328	06.4	N	23	29.8	
	16	257	08.7	67	08.8		49.0		58	31.9		19.4		29	22.2		58.4		112	21.2		01.2					Kaus Aust.	83	50.7	S	34	23.1	
	17	272	11.2	82	08.4		50.3		73	32.8		20.0		44	24.1		58.6		127	23.5		01.1											
	18	287	13.6	97	08.0	S	2	51.5	88	33.7	S	7	20.7	59	26.1	S	16	58.7	142	25.7	N	15	01.1				Kochab	137	20.3	N	74	07.7	
	19	302	16.1	112	07.6		52.8		103	34.7		21.3		74	28.0		58.9		157	27.9		01.0					Markab	13	43.3	N	15	14.6	
	20	317	18.6	127	07.2		54.0		118	35.6		22.0		89	30.0		59.0		172	30.2		00.9					Menkar	314	20.2	N	4	07.2	
	21	332	21.0	142	06.8		55.3		133	36.5		22.6		104	32.0		59.1		187	32.4		00.9					Menkent	148	14.2	S	36	24.2	
	22	347	23.5	157																													

7.2 Tuntemattoman taivaankappaleen tunnistaminen

GMT: 9.10.2006	$5^h24^m18^s$	DR positio: φ +/-:	$57^{\circ}00'N$	λ +/-:	$004^{\circ}30'E$
Tähti:	???				
Hyrräsuuntima hs:	$xx^{\circ}xx,xx'$	Selitys:			
hs:	$155,5^{\circ}$	Suunni tuntematon taivaankappale hyrräkompassilla jotta saat karkean suunnan laskemista varten. $0,5^{\circ}$ tarkkuus riittää.			
H_o :	$xx^{\circ}xx,xx'$	Selitys:			
H_s	$59^{\circ}51,7'$	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)			
I	$-3'$	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.			
dip	$-9,6'$	Korjaus N.A.:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)			
App. Alt.	= $59^{\circ}39,7'$	Apparent altitude.			
R	$-0,5'$	Refraktio korjaus N.A.:sta App. Alt. arvon mukaan			
H_o	= $59^{\circ}33,1'$	Height observed			
Laske δ :	$xx^{\circ}xx,xx'$	Selitys:			
δ +/-:	$N28^{\circ}9,3'$	Kaava: $\sin \delta = \sin H_o * \sin \varphi + \cos H_o * \cos \varphi * \cos hs$ hs = taivaankappaleen hyrräkompassilla suunnittu suunta			
Laske SHA:	$xx^{\circ}xx,xx'$	Selitys:			
HA:	$13^{\circ}47,4'$	Laske HA kaavalla: $\cos HA = \frac{\sin H_o - \sin \varphi * \sin \delta}{\cos \delta * \cos \varphi}$			
LHA: $360^{\circ} - HA =$	$346^{\circ}12,3'$	jos $hs > 180^{\circ} \Rightarrow LHA = HA$ jos $hs < 180^{\circ} \Rightarrow LHA = 360^{\circ} - HA$			
λ +/-:	$+004^{\circ}30'$	DR longitudi			
GHA:	= $350^{\circ}42,3'$	GHA = LHA +/- λ			
∇ GHA	- $98^{\circ}46,3'$	Ariespisteen GHA N.A.:sta havaintohetken GMT:n mukaan. SHA = GHA - ∇ GHA			
SHA	= $251^{\circ}56'$	Etsi lähimpänä laskemiasi SHA:n ja δ arvoja oleva tähti N.A.:sta havaintohetken sivulta. Löydettyäsi tähden aloita alusta ja laske tähden a ja ts kuten tavallisesti.			
Tuntematon:	δ : $N28^{\circ}9,3'$ SHA: $251^{\circ}56'$				
Adhara:	δ : $S28^{\circ}58,5'$ SHA: $255^{\circ}16,6'$				
Pollux:	δ : $N28^{\circ}0,7'$ SHA: $243^{\circ}34,1'$				
SHA:t poikkeavat monta astetta, mutta deklinaatio varmistaa, että kyseessä on Pollux.					

196		2006 OCTOBER 7, 8, 9 (SAT., SUN., MON.)																
UT	ARIES			VENUS -3.8			MARS +1.6			JUPITER -1.8			SATURN +0.6			STARS		
	GHA	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	GHA	Dec	Name	SHA	Dec		
SATURDAY	7 00	15 30.2	187 24.7 S 1	58.9	177 54.9 S 6	53.5	148 03.5 S16	52.9	230 52.0 N15	04.0	Acamar	315 21.8 S40	16.4					
	01	30 32.6	202 24.3	2 00.2	192 55.8	54.2	163 05.5	53.0	245 54.2	04.0	Achernar	335 29.7 S57	12.0					
	02	45 35.1	217 23.9	01.4	207 56.7	54.8	178 07.5	53.2	260 56.5	03.9	Acruz	173 16.3 S63	08.1					
	03	60 37.6	232 23.5	.. 02.7	222 57.7	.. 55.5	193 09.4	.. 53.3	275 58.7	.. 03.8	Adhara	255 16.6 S28	58.5					
	04	75 40.0	247 23.1	03.9	237 58.6	56.1	208 11.4	53.5	291 00.9	03.7	Aldebaran	290 55.2 N16	31.6					
	05	90 42.5	262 22.7	05.2	252 59.5	56.8	223 13.4	53.6	306 03.2	03.7								
	06	105 44.9	277 22.3 S 2	06.4	268 00.4 S 6	57.4	238 15.3 S16	53.7	321 05.4 N15	03.6	Alioth	166 25.4 N55	55.4					
	07	120 47.4	292 22.0	07.7	283 01.4	58.1	253 17.3	53.9	336 07.6	03.5	Alkaid	153 03.2 N49	16.8					
	08	135 49.9	307 21.6	08.9	298 02.3	58.7	268 19.3	54.0	351 09.9	03.5	Al Na'ir	27 49.7 S46	55.8					
	09	150 52.3	322 21.2	.. 10.2	313 03.2	6 59.4	283 21.2	.. 54.1	6 12.1	.. 03.4	Alnilam	275 51.5 S 1	11.6					
	10	165 54.8	337 20.8	11.4	328 04.1	7 00.0	298 23.2	54.3	21 14.3	03.3	Alphard	218 01.4 S 8	41.0					
	11	180 57.3	352 20.4	12.7	343 05.1	00.6	313 25.2	54.4	36 16.5	03.2								
	12	195 59.7	7 20.0 S 2	14.0	358 06.0 S 7	01.3	328 27.1 S16	54.6	51 18.8 N15	03.2	Alphecca	126 15.6 N26	41.6					
	13	211 02.2	22 19.6	15.2	13 06.9	01.9	343 29.1	54.7	66 21.0	03.1	Alpheratz	357 48.6 N29	07.8					
	14	226 04.7	37 19.2	16.5	28 07.9	02.6	358 31.1	54.8	81 23.2	03.0	Altair	62 13.2 N 8	53.2					
	15	241 07.1	52 18.8	.. 17.7	43 08.8	.. 03.2	13 33.0	.. 55.0	96 25.5	.. 03.0	Ankaa	353 20.2 S42	16.1					
	16	256 09.6	67 18.4	19.0	58 09.7	03.9	28 35.0	55.1	111 27.7	02.9	Antares	112 32.9 S26	26.9					
	17	271 12.0	82 18.0	20.2	73 10.6	04.5	43 37.0	55.3	126 29.9	02.8								
	18	286 14.5	97 17.6 S 2	21.5	88 11.6 S 7	05.2	58 38.9 S16	55.4	141 32.1 N15	02.7	Arcturus	146 00.7 N19	08.9					
	19	301 17.0	112 17.2	22.7	103 12.5	05.8	73 40.9	55.5	156 34.4	02.7	Atria	107 39.8 S69	02.7					
	20	316 19.4	127 16.8	24.0	118 13.4	06.5	88 42.9	55.7	171 36.6	02.6	Avior	234 20.6 S59	31.4					
	21	331 21.9	142 16.4	.. 25.2	133 14.3	.. 07.1	103 44.8	.. 55.8	186 38.8	.. 02.5	Bellatrix	278 37.4 N 6	21.6					
	22	346 24.4	157 16.0	26.5	148 15.3	07.8	118 46.8	55.9	201 41.1	02.5	Betelgeuse	271 06.8 N 7	24.7					
23	1 26.8	172 15.6	27.7	163 16.2	08.4	133 48.8	56.1	216 43.3	02.4									
SUNDAY	8 00	16 29.3	187 15.2 S 2	29.0	178 17.1 S 7	09.1	148 50.7 S16	56.2	231 45.5 N15	02.3	Canopus	263 58.4 S52	41.5					
	01	31 31.8	202 14.8	30.2	193 18.0	09.7	163 52.7	56.4	246 47.8	02.3	Capella	280 41.9 N46	00.3					
	02	46 34.2	217 14.4	31.5	208 19.0	10.3	178 54.7	56.5	261 50.0	02.2	Deneb	49 35.0 N45	18.5					
	03	61 36.7	232 14.0	.. 32.7	223 19.9	.. 11.0	193 56.6	.. 56.6	276 52.2	.. 02.1	Denebola	182 39.2 N14	32.2					
	04	76 39.2	247 13.6	34.0	238 20.8	11.6	208 58.6	56.8	291 54.5	02.0	Diphda	349 00.7 S17	56.8					
	05	91 41.6	262 13.2	35.2	253 21.7	12.3	224 00.6	56.9	306 56.7	02.0								
	06	106 44.1	277 12.8 S 2	36.5	268 22.7 S 7	12.9	239 02.5 S16	57.1	321 58.9 N15	01.9	Dubhe	193 58.2 N61	42.8					
	07	121 46.5	292 12.4	37.7	283 23.6	13.6	254 04.5	57.2	337 01.2	01.8	Elnath	278 19.0 N28	36.9					
	08	136 49.0	307 12.0	39.0	298 24.5	14.2	269 06.4	57.3	352 03.4	01.8	Eltanin	90 48.7 N51	29.5					
	09	151 51.5	322 11.6	.. 40.2	313 25.4	.. 14.9	284 08.4	.. 57.5	7 05.6	.. 01.7	Enif	33 52.0 N 9	54.5					
	10	166 53.9	337 11.2	41.5	328 26.4	15.5	299 10.4	57.6	22 07.9	01.6	Fomalhaut	15 29.2 S29	35.2					
	11	181 56.4	352 10.8	42.7	343 27.3	16.2	314 12.3	57.8	37 10.1	01.6								
	12	196 58.9	7 10.4 S 2	44.0	358 28.2 S 7	16.8	329 14.3 S16	57.9	52 12.3 N15	01.5	Gacrux	172 07.6 S57	09.0					
	13	212 01.3	22 10.0	45.3	13 29.1	17.5	344 16.3	58.0	67 14.5	01.4	Gienah	175 58.0 S17	34.6					
	14	227 03.8	37 09.6	46.5	28 30.0	18.1	359 18.2	58.2	82 16.8	01.3	Hadar	148 56.3 S60	24.4					
	15	242 06.3	52 09.2	.. 47.8	43 31.0	.. 18.7	14 20.2	.. 58.3	97 19.0	.. 01.3	Hamal	328 06.4 N23	29.8					
	16	257 08.7	67 08.8	49.0	58 31.9	19.4	29 22.2	58.4	112 21.2	01.2	Kaus Aust.	83 50.7 S34	23.1					
	17	272 11.2	82 08.4	50.3	73 32.8	20.0	44 24.1	58.6	127 23.5	01.1								
	18	287 13.6	97 08.0 S 2	51.5	88 33.7 S 7	20.7	59 26.1 S16	58.7	142 25.7 N15	01.1	Kochab	137 20.3 N74	07.7					
	19	302 16.1	112 07.6	52.8	103 34.7	21.3	74 28.0	58.9	157 27.9	01.0	Markab	13 43.3 N15	14.6					
	20	317 18.6	127 07.2	54.0	118 35.6	22.0	89 30.0	59.0	172 30.2	00.9	Menkar	314 20.2 N 4	07.2					
	21	332 21.0	142 06.8	.. 55.3	133 36.5	.. 22.6	104 32.0	.. 59.1	187 32.4	.. 00.9	Menkent	148 14.2 S36	24.2					
	22	347 23.5	157 06.4	56.5	148 37.4	23.3	119 33.9	59.3	202 34.6	00.8	Miaplacidus	221 41.7 S69	44.3					
23	2 26.0	172 06.0	57.8	163 38.3	23.9	134 35.9	59.4	217 36.9	00.7									
MONDAY	9 00	17 28.4	187 05.6 S 2	59.0	178 39.3 S 7	24.5	149 37.9 S16	59.6	232 39.1 N15	00.6	Mirfak	308 47.6 N49	53.2					
	01	32 30.9	202 05.2	3 00.3	193 40.2	25.2	164 39.8	59.7	247 41.3	00.6	Nunki	76 04.7 S26	17.4					
	02	47 33.4	217 04.8	01.5	208 41.1	25.8	179 41.8	16 59.8	262 43.6	00.5	Peacock	53 27.0 S56	43.1					
	03	62 35.8	232 04.4	.. 02.8	223 42.0	.. 26.5	194 43.7	17 00.0	277 45.8	.. 00.4	Pollux	243 34.1 N28	00.7					
	04	77 38.3	247 04.0	04.0	238 43.0	27.1	209 45.7	00.1	292 48.1	00.4	Procyon	245 05.2 N 5	12.7					
	05	92 40.8	262 03.6	05.3	253 43.9	27.8	224 47.7	00.2	307 50.3	00.3								
	06	107 43.2	277 03.2 S 3	06.5	268 44.8 S 7	28.4	239 49.6 S17	00.4	322 52.5 N15	00.2	Rasalhague	96 11.4 N12	33.4					
	07	122 45.7	292 02.8	07.8	283 45.7	29.1	254 51.6	00.5	337 54.8	00.2	Regulus	207 49.2 N11	56.2					
	08	137 48.1	307 02.4	09.0	298 46.6	29.7	269 53.6	00.7	352 57.0	00.1	Rigel	281 16.9 S 8	11.3					
	09	152 50.6	322 02.0	.. 10.3	313 47.6	.. 30.3	284 55.5	.. 00.8	7 59.2	.. 00.0	Rigli Kent.	139 59.8 S60	51.9					
	10	167 53.1	337 01.6	11.5	328 48.5	31.0	299 57.5	00.9	23 01.5	15 00.0	Sabik	102 18.7 S15	44.1					
	11	182 55.5	352 01.2	12.8	343 49.4	31.6	314 59.4	01.1	38 03.7	14 59.9								
	12	197 58.0	7 00.8 S 3	14.0	358 50.3 S 7	32.3	330 01.4 S17	01.2	53 05.9 N14	59.8	Schedar	349 46.2 N56	34.6					
	13	213 00.5	22 00.4	15.3	13 51.2	32.9	345 03.4	01.4	68 08.2	59.7	Shaula	96 29.1 S37	06.7					
	14	228 02.9	37 00.0	16.5	28 52.2	33.6	0 05.3	01.5	83 10.4	59.7	Sirius	258 38.3 S16	43.2					
	15	243 05.4	51 59.6	.. 17.8	43 53.1	.. 34.2	15 07.3	.. 01.6	98 12.6	.. 59.6	Spica	158 37.1 S11	11.7					
	16	258 07.9	66 59.2	19.0	58 54.0	34.9	30 09.2	01.8	113 14.9	59.5	Suhail	222 56.6 S43	27.2					
	17	273 10.3	81 58.8	20.3	73 54.9	35.5	45 11.2	01.9	128 17.1	59.5								
	18	288 12.8	96 58.4 S 3	21.5	88 55.8 S 7	36.1	60 13.2 S17	02.1	143 19.3 N14	59.4	Vega	80 42.6 N38	47.6					
	19	303 15.3	111 58.0	22.8	103 56.8	36.8	75 15.1	02.2	158 21.6	59.3	Zuben'ubi	137 11.5 S16	04.2					
	20	318 17.7	126 57.6	24.0	118 57.7	37.4	90 17.1	02.3	173 23.8	59.3								

7.3 Auringon ylämeridiaanin ohitus

- Ylämeridiaanin ohituksen mittauksella määritetään paikallinen keskiaika auringon ollessa korkeimmalla kohdallaan, keskipäivällä. Saatu aika on Local Meantime LMT
- Havaittajan longitudi on LMT-aikaero GMT:hen verrattuna kaariasteiksi ja minuuteiksi muutettuna. Ylämeridiaanin ohituksen hetken auringon GHA = λ .
- Latitudi määritetään ylämeridiaanin ohituksessa seuraavasti:

1. Latitudi ja deklinaatio samanmerkkiset; $\varphi > \delta$ $\varphi = 90^\circ - (H_0 - \delta)$

2. Latitudi ja deklinaatio samanmerkkiset; $\varphi < \delta$ $\varphi = H_0 - (90^\circ - \delta)$

3. Latitudi ja deklinaatio erimerkkiset $\varphi = 90^\circ - (H_0 + \delta)$

- Aikaero Δt seuraavaan ylämeridiaanin ohitukseen laivan ollessa liikkeellä saadaan seuraavasti:

$$\Delta t = \frac{360^\circ - \text{LHA}}{15 + \frac{\sin TS * \text{vauhti}}{\cos \varphi * 60}}$$

$$\text{LHA} = \text{GHA} + / - \lambda$$

- Auringon korkeus mitataan toistuvasti aloittaen hetki laskettua ylämeridiaanin ohituksen hetkeä aiemmin. Muutamilla mittauksilla voidaan helposti todeta, mikä oli auringon korkein kohta. Mittausten ajat tulee ottaa tarkasti ylös, ja mittausten välin tulee olla vakiomittainen.

GMT:9.10.2006	11h00m	DR positio: ϕ +/-:	57°00' N	λ +/-:	004°30' E											
LHA:	xx°xx,xx'		Selitys:													
GHA	348°10,5'		Auringon GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta													
minuutti-ja sekuntikorjaukset	--		GHA minuutti-ja sekuntikorjaukset N.A.:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivulta													
λ +/-	+004°30'		DR longitudi													
LHA =	352°40,5'		Local Hour Angle													
Δt : <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td></td> <td>$\Delta t =$</td> <td>$360^\circ - \text{LHA}$</td> </tr> <tr> <td>v=10kts</td> <td rowspan="2">15+</td> <td>$\sin \text{TS} * \text{vauhti}$</td> </tr> <tr> <td>TS=25°</td> <td>$\cos \phi * 60$</td> </tr> <tr> <td></td> <td>$\Delta t =$</td> <td>0,484h * 60 = 29m3s</td> </tr> </table>							$\Delta t =$	$360^\circ - \text{LHA}$	v=10kts	15+	$\sin \text{TS} * \text{vauhti}$	TS=25°	$\cos \phi * 60$		$\Delta t =$	0,484h * 60 = 29m3s
	$\Delta t =$	$360^\circ - \text{LHA}$														
v=10kts	15+	$\sin \text{TS} * \text{vauhti}$														
TS=25°		$\cos \phi * 60$														
	$\Delta t =$	0,484h * 60 = 29m3s														
Mittaukset:	1.	2.	3.	4.	5.	6.										
H _s	26°35,7'	26°35,8'	26°35,7'													
Aika	11h28m40s	11h29m00s	11h29m20s													
\odot H _s	26°35,8'		Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)													
I	-3'		Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.													
dip	-9,6'		Korjaus N.A.:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)													
App. Alt. =	26°23,2'		Apparent altitude.													
R	+14,3'		Refraktio korjaus N.A.:sta App. Alt. arvon mukaan													
H _o =	26°37,5'		Height observed													
δ +/-	S6°18,5'		Deklinaatio N.A.:sta, interpoloi tarvittaessa.													
d _{corr} +/-	-0,5'		Deklinaation d-korjaus N.A.:sta.													
δ +/-	S6°18'															
1. Latitudi ja deklinaatio samanmerkkiset; $\phi > \delta$			$\phi = 90^\circ - (H_o - \delta)$													
2. Latitudi ja deklinaatio samanmerkkiset; $\phi < \delta$			$\phi = H_o - (90^\circ - \delta)$													
3. Latitudi ja deklinaatio erimerkkiset →			$\phi = 90^\circ - (H_o + \delta)$		57°04,5'N											

8 LOPUKSI

Merimatkojen aikana, vahdin kestäessä on perämiehellä usein tarjolla tilaisuuksia suorittaa astronomisia havaintoja ja mittauksia. Tämän opinnäytetyön haasteena ja tavoitteena oli laatia merenkulkijalle helppokäyttöisiä laskupohjia, joiden avulla kynnys astronomisen paikanmäärityksen suorittamiseen madaltuisi.

Opinnäytetyön liitteistä löytyy kopioitavia pohjia, joita navigoija voi käyttää sellaisenaan havaintojen tekoon. Laskupohjista löytyy lisäksi tarvittavat matemaattiset kaavat tarpeellisten laskutoimitusten tekoon. Laskupohjien laadinnassa erityistä huomiota on kiinnitetty siihen, että ne auttaisivat parhaalla tavalla navigoijaa, joka ei ole säännöllisesti suorittanut astronomista paikanmääritystä. Astronomisen paikanmäärityksen taidot jo hyvin hallitseva ei laskupohjia tarvitse. Kokenut sekstantin käyttäjä voi sen sijaan tarkastella opinnäytetyön alkupuolelta löytyvää kuun kulmaetäisyysmenetelmää. Kuun kulmaetäisyysmenetelmä tarjoaa varmasti haasteita taitavallekin navigoijalle.

Astronominen paikanmääritys suomalaisissa aluksissa nykypäivänä on aihe, jota ei ole tilastollisesti tutkittu. Tämän opinnäytetyön johdannossa esitetään eräitä oletettavia astronomisen paikanmäärityksen asemasta laivatyön arjessa. Olettamat tarjoavat luonnollisen aiheen uudelle tutkimukselle, jossa pyrittäisiin tilastollisesti tutkimaan astronomisen paikanmäärityksen taitoja ja käyttöä suomalaisen laivapäällystön piirissä. Tämän tutkimuksen tuloksena syntyneitä laskupohjia voisi luontevasti asettaa laajan käyttäjäkunnan testattavaksi osana tutkimusta. Aihetta olisi tutkia myös muiden kuin Suomen lipun alla purjehtivien laivojen eri kansallisuuksien merenkulkijoiden astronomisen navigoinnin taitoja.

LÄHTEET

Bowditch, N. 2002. The American Practical Navigator. Bethesda, Maryland. National imagery and mapping agency.

Hänninen, J., Peltola, V. 2005. Kaavakokoelma merenkulkijoille.

HistoricAtlas. Centennia Software [verkkodokumentti]. [Viitattu 29.3.2010]. Saatavilla: <http://www.HistoricalAtlas.com/lunars/>

Johnson, D. & Nurminen, J. 2007. Meritie, Navigoinnin Historia. Helsinki. Art-Print Oy.

Löfgren, K. 2005. Avomerinavigointi. Helsinki. Yliopistopaino.

Nautical Almanac. 2006. Commercial Edition. Arcata, California. Paradise Cay Publications Inc.

Pearson, N. Lunar distances explained along with a starter kit for the shore bound navigator [verkkodokumentti]. [Viitattu 29.3.2010]. Saatavilla: <http://members.verizon.net/~vze3nfrm/LunarsFiles/Lunars1.pdf>

Seasources.net. [verkkodokumentti]. [Viitattu 29.3.2010]. Saatavilla: <http://www.seasources.net/Celestial%20Navigation/LINES%20OF%20POSITION.htm>

Sobel, D. 1995. Longitudi. Juva. WSOY

Sumner, T. 1851. Finding a Ship's Position at Sea. Boston. Thomas Groom & Co. Digitaalinen kopio. [Viitattu 29.3.2010] Saatavilla: <http://books.google.com/books?id=9jrFbN2gS54C>

Tähtitiedettä Harrastajille. 1965. Ursan julkaisuja IV. Porvoo. WSOY

Wepster, S. Precomputed Lunar Distances [verkkodokumentti]. [Viitattu 29.3.2010]. Saatavilla: <http://www.staff.science.uu.nl/~wepst101/ldtab.html>

LIITTEET

Korkeuskeino: Auringon alareunasta (\odot) mitattu tosisuuntima (ts) ja korkeusero (a)

GMT:	_____	DR positio: φ +/-:	_____	λ +/-:	_____
Korkeusero a:	xx°xx,xx'	Selitys:	_____		
\odot H _s	_____	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)			
I	_____	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.			
dip	_____	Korjaus NA:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)			
App. Alt.	=	Apparent altitude.			
R	_____	Refraktio korjaus NA:sta App. Alt. arvon mukaan			
H _o	=	Height observed			
H _c	-	Laske H _c $\Rightarrow \sin H_c = (\sin \varphi * \sin \delta) + (\cos \varphi * \cos \delta * \cos LHA)$			
a	_____	Korkeusero a kaariminuutteina = H _o -H _c			
Laske LHA:	xx°xx,xx'	Selitys:	_____		
GHA	_____	Auringon GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta			
minuutti- ja sekuntikorjaukset	_____	GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset NA:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivuilta			
λ +/-	_____	DR longitudi			
LHA	=	Local Hour Angle, Jos tulos > 360°, niin tulos-360° = tosi LHA			
_____	_____	_____			
Deklinaatio δ :	xx°xx,xx'	Selitys:	_____		
δ +/-	_____	Deklinaatio NA:sta, interpoloi tuntien erotus.			
	_____	Deklinaation d-korjaus NA:sta. d-arvo löytyy GHA sarakkeen alimmalta riviltä. Arvon lukua vastaava korjaus löytyy increments and corrections sivulta sekuntisarakkeiden oikealta puolelta.			
d _{corr}	_____	Jos deklinaatio kasvaa niin d on + merkkistä. Laskevan deklinaation d korjaus on - merkinen			
δ +/-	=	_____			
Az:	xx°xx,xx'	Selitys:	_____		
Az:	_____	Käytä Atzimuutti kaavaa:	$\cos Az = \frac{(\sin \delta - \sin H_c * \sin \varphi)}{(\cos H_c * \cos \varphi)}$		
ts:	_____				

Muista: jos LHA > 180° \Rightarrow Az = ts | jos LHA < 180° \Rightarrow ts = 360° - Az

Korkeuskeino: Kuun alareunasta (\ominus) mitattu tosisuunta (ts) ja korkeusero (a)

GMT:	_____	DR positio: φ +/-: _____	λ +/-: _____
Korkeusero a:	xx°xx,xx'	Selitys:	
\ominus H _s	_____	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant) lower limb	
I	_____	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.	
dip	_____	Korjaus NA:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)	
App. Alt.	= _____	Apparent altitude.	
altitude correction	_____	Kuun refraktio ja HP korjaus NA:kan viimeiseltä sivulta.	
HP correction (UL \Rightarrow -30')	_____	HP-korjaus tuntikohtaisesti d-arvon vierestä \Rightarrow tällä arvolla sisään NA:kan viimeiselle sivulle.	
H _o	= _____	Height observed	
H _c	- _____	Laske H _c $\Rightarrow \sin H_c = (\sin \varphi * \sin \delta) + (\cos \varphi * \cos \delta * \cos LHA)$	
a	= _____	korkeusero a kaariminuutteina = H _o -H	
LHA:	xx°xx,xx'	Selitys:	
GHA	_____	Auringon GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta	
Minuutti- ja sekuntikorjaukset	_____	GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset NA:sta GMT:n mukaan increments and corrections sivuilta	
λ +/-	_____	DR longitudi	
V _{corr}	_____	v-korjaus GHA arvon vierestä \Rightarrow tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle	
LHA	= _____	Local Hour Angle	
		Jos tulos > 360°, niin tulos-360° = tosi LHA	
Deklinaatio δ :	xx°xx,xx'	Selitys:	
δ +/-	_____	Deklinaatio NA:sta, interpoloi tuntien erotus.	
d _{corr} +/-	_____	d-korjaus deklinaatio arvon vierestä, tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle.	
δ :	_____	d korjauksen etumerkki δ tendenssin mukaan. (\nearrow = +, \searrow = -)	
tosisuunta ts:	xx°xx,xx'	Selitys:	
Az:	_____	Taivaankappaleen Az	
ts:	_____	kaavalla: $\cos Az = \frac{(\sin \delta - \sin H_c * \sin \varphi)}{(\cos H_c * \cos \varphi)}$	

Muista: jos LHA > 180° \Rightarrow Az = ts | jos LHA < 180° \Rightarrow ts = 360° - Az

Korkeuskeino: Tähtien (☆) tosisuuntima (ts) ja korkeusero (a)

GMT: _____ DR positio φ +/-: _____ λ +/-: _____

Tähti: _____

Korkeusero a:	xx°xx,xx'	Selitys:
H_s	_____	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)
I	_____	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.
dip	_____	Korjaus NA:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)
App. Alt.	= _____	Apparent altitude.
R	_____	Refraktio korjaus NA:sta App. Alt. arvon mukaan
H_o	= _____	Height observed
H_c	- _____	Laske $H_c \Rightarrow \sin H_c = (\sin \varphi * \sin \delta) + (\cos \varphi * \cos \delta * \cos LHA)$
a	= _____	korkeusero a kaariminuutteina = $H_o - H_c$

Laske LHA:	xx°xx,xx'	Selitys:
$\mathcal{V}GHA$	_____	Ariespisteen GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta GMT:n mukaan
minuutti- ja sekuntikorjaukset	_____	$\mathcal{V}GHA$ minuutti- ja sekuntikorjaukset NA:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivuilta
λ +/-	_____	DR longitudi
$\mathcal{V}LHA$	= _____	Ariespisteen LHA
+SHA	_____	Sidereal Hour Angle, Sideerinen tuntikulma NA:sta
LHA	= _____	Local Hour Angle
		Jos tulos > 360°, niin tulos-360° = tosi LHA

Deklinaatio δ :	xx°xx,xx'	Selitys:
δ +/-:	_____	Tähtien deklinaatioon ei tehdä d-korjausta

tosisuuntima ts:	xx°xx,xx'	Selitys:
Az: = _____		Taivaankappaleen Az kaavalla:
ts: = _____		$\cos Az = \frac{(\sin \delta - \sin H_c * \sin \varphi)}{(\cos H_c * \cos \varphi)}$

Muista: jos $LHA > 180^\circ \Rightarrow Az = ts$ | jos $LHA < 180^\circ \Rightarrow ts = 360^\circ - Az$

Korkeuskeino: Planeetan tosisuuntima (ts) ja korkeusero (a)
(Venus ♀; Mars ♂; Jupiter ♃; Saturn ♄)

GMT:	_____	DR positio:φ +/-: _____ λ +/-: _____
Planeetta:	_____	♀ ♂ ♃ ♄
Korkeusero a:	xx°xx,xx'	Selitys:
H _s	_____	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)
I	_____	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.
dip	_____	Korjaus NA:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)
App. Alt.	= _____	Apparent altitude.
R	_____	Refraktio korjaus NA:sta App. Alt. arvon mukaan
H _o	= _____	Height observed
H _c	- _____	Laske H _c ⇒ sinH _c = (sinφ*sinδ)+(cosφ*cosδ*cosLHA)
a	= _____	korkeusero a kaariminuutteina = H _o -H
LHA:	xx°xx,xx'	Selitys:
GHA	_____	GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta
minuutti-ja sekuntikorjaukset	_____	GHA minuutti-ja sekuntikorjaukset NA:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivuilta
λ +/-	_____	DR longitudi
v _{corr}	_____	v-arvo GHA sarakkeen alimmalta riviltä. Tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle josta korjaus
LHA	= _____	Local Hour Angle
		Jos tulos > 360°, niin tulos-360° = tosi LHA
Deklinaatio δ:	xx°xx,xx'	Selitys:
δ +/-	_____	Deklinaatio NA:sta
d _{corr}	_____	d-arvo GHA sarakkeen alimmalta riviltä. Tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle josta korjaus
δ :	= _____	Jos deklinaatio kasvaa niin d on + merkkistä. Laskevan deklinaation d korjaus on - merkinen
tosisuuntima ts:	xx°xx,xx'	Selitys:
Az:	_____	Taivaankappaleen Az
ts:	_____	kaavalla: $\cos Az = \frac{(\sin \delta - \sin H_c * \sin \varphi)}{(\cos H_c * \cos \varphi)}$

Muista: jos LHA>180°⇒ Az = ts | jos LHA<180°⇒ ts = 360°-Az

Paikan määrittäminen Longitudiikalla (Sumner's Line)

GMT:	_____	DR positio: φ +/-: _____ λ +/-: _____
Taivaankappale:	_____	
Hyrräsuuntima hs:	xx°xx,xx'	Selitys:
hs:	_____	Suunnit taivaankappale hyrräkompassilla
H ₀ :	xx°xx,xx'	Selitys:
H _S :	_____	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)
I:	_____	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.
dip:	_____	Korjaus NA:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)
App. Alt. =	_____	Apparent altitude.
R / Alt. correction (HP)	_____	Refraktion korjaus tai jos kysessä on kuu, altitude correction ja HP korjaus NA:sta.
H _o =	_____	Height observed
Deklinaatio δ :	xx°xx,xx'	Selitys:
δ +/-	_____	Deklinaatio NA:sta
d _{corr} +/-	_____	d-korjaus, tällä arvolla sisään increments and corrections sivulle. Tähdellä ei d-korjausta
δ :	_____	
LHA:	xx°xx,xx'	Selitys:
HA:	_____	HA cos kaavalla: $\cos HA = \frac{\sin H_o - \sin \varphi * \sin \delta}{\cos \varphi * \cos \delta}$
LHA:	_____	jos hs > 180° ⇒ LHA = HA jos hs < 180° ⇒ LHA = 360° - HA (Jos LHA tulos > 360°, niin tulos - 360° = tosi LHA)
Sijoituspiste λ_s :	xx°xx,xx'	Selitys:
GHA: (☆ \mathcal{V} GHA)	_____	Taivaankappaleen GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta.
minuutti- ja sekuntikorjaukset	_____	GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset NA:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivuilta
v _{corr} (☆ SHA)	_____	Kuulla ja planeetoilla v-korjaus,
GHA: =	_____	Tähden GHA = \mathcal{V} GHA + SHA
LHA -	_____	
λ_s : =	_____	Sijoituspisteen $\lambda_s = \text{GHA} - \text{LHA}$
		Tarkista sijoituspisteen λ merkki E/W ⇒ sama kuin DR λ

GMT:n ja Longitudin määrittäminen kuuetaisyys eli Lunar Distance -menetelmällä ☉ | ☾

DR DATE & LMT: _____ DR ϕ +/-: _____ DR λ +/-: _____
 GMT tasatunnit: _____ GMT tasatunti ennen mittausta
 _____ GMT tasatunti mittauksen jälkeen

Mittausjärjestys:

1. Kuu
2. Taivaankappale
3. LD (lunar distance)
4. Kuu
5. Taivaankappale

kuun korkeusmittaukset: 1.mittaus 4.mittaus

mittausaika DR GMT: _____ DR GMT: _____
 H_s _____ H_s _____
 I _____ I _____
 dip _____ dip _____
 App. alt.= _____ App. alt.= _____
 _____ _____

Interpoloi kuun korkeus LD mittauksen aikaan: ☾ App.alt.= _____

Valitun taivaankappaleen korkeusmittaukset: 2.mittaus 5.mittaus

mittausaika DR GMT: _____ DR GMT: _____
 H_s _____ H_s _____
 I _____ I _____
 dip _____ dip _____
 App. alt.= _____ App. alt.= _____

Interpoloi tavaankappaleen korkeus LD mittauksen DR GMT aikaan: App.alt = _____

LD_s mittaus 3. mittaus

mittausaika DR GMT: _____
 LD_s: _____
 I: _____
 Apparent LD: _____

Ylimääräisiä mittauksia tarkkuuden parantamiseksi	
GMT: _____	GMT: _____
LD _s : _____	LD _s : _____
GMT: _____	GMT: _____
LD _s : _____	LD _s : _____

GMT:n ja Longitudin määrittäminen kuuetaisyys eli Lunar Distance -menetelmällä ☉ | ☾

Lasketaan kuun ja valitun taivaankappaleen geosentrinen etäisyys LD_c havaintohetken GMT tasatunnille ja seuraavalle GMT tasatunnille

taivaankappale: _____	taivaankappale: _____
1.GMT h: _____	2.GMT h: _____
GHA1: _____	GHA1: _____
$\delta 1$: _____	$\delta 1$: _____
☾ ☾	☾ ☾
GHA2: _____	GHA2: _____
$\delta 2$: _____	$\delta 2$: _____

Muista deklinaation d-korjaus ja planeetoilla ja kuulla GHA:n v-korjaus

Kuuetaisyydet kaavalla: $\cos LD_c = \sin \delta 1 * \sin \delta 2 + \cos \delta 1 * \cos \delta 2 * \cos (GHA2 - GHA1)$

1. LD_c : _____

2. LD_c : _____

Lasketaan Observed Lunar Distance LD_o

Apparent LD: _____

(☉ SD:) _____

☾ SD: _____

Aug. of ☾ SD: _____

$LD_o =$ _____

App.alt. ☾ HP: _____

Auringon mittauksessa SD löytyy N.A. päivä sivuilta

☾ SD = $0,2724 * HP$

Augmentation of moon's semidiameter:

☾ App. alt: correction: +x,x'

App. alt. < 10° 0,0'

< 30° 0,1'

< 56° 0,2'

< 90° 0,3'

Lasketaan todellinen kuuetaisyys LD_T

Kuun parallaksin ja refraktion kokonaiskorjaus $\underline{C}AC$, käytä aiemmin laskettua $\underline{C}App$. alt

N.A. Altitude correction tables Moon,
taulukon ylempi korjaus

N.A. Altitude correction tables Moon,
taulukon alempi korjaus

Interpoloi päässälaskuna Lower ja Upper
limb arvojen keskiarvo

= _____ *(-1) korjaus vaihtaa merkkiä

$\underline{C}AC =$ _____

laske myös $\underline{C}H_o$ myöhempää kaavaa varten

Kokonaiskorjaus AC vaikutuksen osuuden määrittävä lisäkorjaus B:

kaava:

$$B = \frac{\sin \underline{C}H_o - \cos LD_o * \sin TH_o}{\cos TH_o * \sin LD_o}$$

missä T=taivaankappale.

käytä T:n tilalla sopivaa merkkiä, esim
auringolla ☉

B= _____

Taivaankappaleen (parallaksin) ja refraktion kokonaiskorjaus AC, käytä aiemmin laskettua App.alt

N.A. Altitude corrections Sun, Stars
and Planets: _____

*(-1) korjaus vaihtaa merkkiä

AC = _____

laske myös taivaankappaleen H_o myöhempää kaavaa
varten

Kokonaiskorjaus AC vaikutuksen osuuden määrittävä lisäkorjaus A:

kaava:

$$A = \frac{\sin TH_o - \cos LD_o * \sin \underline{C}H_o}{\cos \underline{C}H_o * \sin LD_o}$$

missä T=taivaankappale.

käytä T:n tilalla sopivaa merkkiä, esim
auringolla ☉

GMT:n ja Longitudin määrittäminen kuetäisyys eli Lunar Distance -menetelmällä ☉ | ☾

Kuun korkeuden muutoksesta aiheutuvan virheen korjaus Quadratic correction Q:

kaava:
$$Q = \frac{0,55 * dh^2 * \cot LD_o * (1 - A^2)}{3438}$$

dh= _____

Missä **dh** on ensimmäisen kuukorkeuden ja toisen kuukorkeuden erotus: height difference

Jotta kaava antaa ulos minuitteja siinä on jako 3438:lla

Q= _____

Todellinen kuetäisyys LD_T:

kaava:
$$LD_T = LD_o + \underline{C}AC * A + AC * B + Q$$

LD_T= _____

Todellisen GMT määrittäminen:

interpoloidaan laskettu LD_T tasatuntien 1.LD_C ja 2.LD_C väliin

GMT = _____

-LMT _____

Longitudi= _____

muutetaan asteiksi ja
kaariminuuteiksi

λ= _____

GMT:	_____	GPS Positio: φ +/- _____	λ +/-: _____
Hyrräsuuntima hs:	_____	Suunni taivaankappale hyrräkompassilla	
LHA:	xx°xx,xx'	Selitys:	
GHA: ($\star \vee$ GHA)	_____	Taivaankappaleen GHA: tuntikohtainen arvo NA:sta, tähdellä ariespisteen GHA	
increments and corrections	_____	GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset NA:sta GMT:n mukaan increments and corrections sivuilta	
v_{corr}	_____	Kuulla ja planeetoilla GHA:n v-korjaus	
λ +/-	_____	Tarkka longitudi	
($\star \vee$ LHA)	= _____	Local Hour Angle	
($+\star$ S H A)	_____	Jos tulos > 360°, niin tulos-360° = tosi LHA	
LHA	= _____		
Deklinaatio δ :	xx°xx,xx'	Selitys:	
δ +/-	_____	Deklinaatio NA:sta, interpoloi tuntien erotus.	
d_{corr}	_____	Deklinaation d-korjaus NA:sta. d-arvo löytyy GHA sarakkeen alimmalta riviltä. Arvon lukua vastaava korjaus löytyy increments and corrections sivulta sekuntisarakkeiden oikealta puolelta.	
δ +/-	= _____	Jos deklinaatio kasvaa niin d on + merkistä. Laskevan deklinaation d korjaus on - merkinen	

$$\tan AZ = \frac{\sin LHA}{\cos \varphi \cdot \tan \delta - \sin \varphi \cdot \cos LHA}$$

$$\tan Az =$$

$$Az = _____$$

Päätelen Az ja ts suhde:

$$Az > 0 \text{ ja } LHA > 180^\circ \Rightarrow ts = 180^\circ - Az$$

$$Az > 0 \text{ ja } LHA < 180^\circ \Rightarrow ts = 360^\circ - Az$$

$$Az < 0 \text{ ja } LHA > 180^\circ \Rightarrow ts = Az * (-1)$$

$$Az < 0 \text{ ja } LHA < 180^\circ \Rightarrow ts = 180^\circ - Az$$

$$ts = _____$$

Korkeuskeino: Tähtien tunnistaminen

GMT:	_____	DR positio: φ +/-: _____	λ +/-: _____
Tähti:	_____		
Hyrräsuuntima hs:	xx°xx,xx'	Selitys:	
hs:	_____	Suunni tuntematon taivaankappale hyrräkompassilla jotta saat karkean suunnan laskemista varten. 0,5° tarkkuus riittää.	
H _o :	xx°xx,xx'	Selitys:	
H _s	_____	Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)	
I	_____	Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.	
dip	_____	Korjaus NA:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)	
App. Alt.	= _____	Apparent altitude.	
R	_____	Refraktio korjaus NA:sta App. Alt. arvon mukaan	
H _o	= _____	Height observed	
Laske δ :	xx°xx,xx'	Selitys:	
δ +/-:	_____	Kaava: $\sin \delta = \sin H_o * \sin \varphi + \cos H_o * \cos \varphi * \cos hs$	
		hs = taivaankappaleen hyrräkompassilla suunnittu suunta	
Laske SHA:	xx°xx,xx'	Selitys:	
HA:	_____	Laske HA kaavalla: $\cos HA = \frac{\sin H_o - \sin \varphi * \sin \delta}{\cos \delta * \cos \varphi}$	
LHA:	_____	jos hs > 180° ⇒ LHA = HA jos hs < 180° ⇒ LHA = 360° - HA	
λ +/-:	_____	DR longitudi	
GHA:	= _____	GHA = LHA +/- λ	
∇ GHA	- _____	Ariespisteen GHA NA:sta havaintohetken GMT:n mukaan.	
SHA	= _____	SHA = GHA - ∇ GHA	
		Etsi lähimpänä laskemiasi SHA:n ja δ arvoja oleva tähti NA:sta havaintohetken sivulta. Löydettyäsi tähden aloita alusta ja laske tähden a ja ts kuten tavallisesti.	

Auringon ylämeridiaanin ohitus

GMT: _____ DR positio: φ +/-: _____ λ +/-: _____

LHA: _____ $xx^\circ xx,xx'$ Selitys: _____

GHA _____ Auringon GHA:n tuntikohtainen arvo NA:sta

minuutti- ja sekuntikorjaukset _____ GHA minuutti- ja sekuntikorjaukset N.A.:sta GMT:n mukaan Increments and corrections sivuilta

λ +/- _____ DR longitudi

LHA = _____ Local Hour Angle

Δt :

$$\Delta t = \frac{360^\circ - \text{LHA}}{15 + \frac{\sin TS * \text{vauhti}}{\cos \varphi * 60}}$$

$\Delta t =$ _____

Mittaukset:	1.	2.	3.	4.	5.	6.
H _s						
Aika						

\odot H_s _____ Taivaankappaleen korkeus luettuna sekstantin kaarelta (Height sextant)

I _____ Indeksikorjaus (Index error). Tarkista korjaus horisontista ennen mittausta.

dip _____ Korjaus N.A.:sta silmäkorkeuden mukaan (Height of eye)

App. Alt. = _____ Apparent altitude.

R _____ Refraktio korjaus N.A.:sta App. Alt. arvon mukaan

H_o = _____ Height observed

δ +/- _____ Deklinaatio N.A.:sta, interpoloi tarvittaessa.

d_{corr} +/- _____ Deklinaation d-korjaus N.A.:sta.

δ +/- _____

1. Latitudi ja deklinaatio samanmerkkiset; $\varphi > \delta$ $\varphi = 90^\circ - (H_o - \delta)$ _____

2. Latitudi ja deklinaatio samanmerkkiset; $\varphi < \delta$ $\varphi = H_o - (90^\circ - \delta)$ _____

3. Latitudi ja deklinaatio erimerkkiset $\varphi = 90^\circ - (H_o + \delta)$ _____