

# SOMMARIO

PREFAZIONE

VII

## PARTE PRIMA

## ELEMENTI ESSENZIALI DI NAVIGAZIONE ASTRONOMICA

<b>1. LA RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLA SFERA CELESTE</b>	<b>10</b>
<b>2. IL SESTANTE E LA MISURA DELLE ALTEZZE DEGLI ASTRI</b>	<b>14</b>
2.1. IL SESTANTE	14
2.2. LE CORREZIONI DELLE ALTEZZE MISURATE	16
<b>3. GLI ASTRI E LA SFERA CELESTE</b>	<b>22</b>
3.1. LE COORDINATE URANOGRAFICHE	22
3.2. LE COORDINATE ALTAZIMUTALI	24
3.3. LE COORDINATE LOCALI ORARIE	25
<b>4. IL TEMPO ASTRONOMICO</b>	<b>26</b>
4.1. IL CONCETTO DI GIORNO	26
4.2. L'EQUAZIONE DEL TEMPO	30
4.3. ANGOLI ORARI E LONGITUDINE	32
4.4. IL TEMPO MEDIO E L'OROLOGIO	33
4.5. GLI OROLOGI DI BORDO	35
<b>5. LA TEORIA DEL PUNTO NAVE ASTRONOMICO</b>	<b>37</b>
5.1. IL CERCHIO D'ALTEZZA	37
5.2. LA RETTA D'ALTEZZA E IL METODO ST. HILAIRE	39
5.3. IL TRIANGOLO DI POSIZIONE, L'ALTEZZA STIMATA E L'AZIMUT	42

## PARTE SECONDA

## IL PUNTO NAVE CON L'OSSERVAZIONE MERIDIANA

<b>6. INTRODUZIONE ALLA "MERIDIANA" - L'IMPORTANZA DELLA DECLINAZIONE</b>	<b>48</b>
6.1. LA DECLINAZIONE E LE STAGIONI	48
6.2. LA DECLINAZIONE E L'ALTEZZA MERIDIANA	52

<b>7. IL PASSAGGIO DEL SOLE AL MERIDIANO (PMS)</b>	<b>53</b>
<b>8. IL PUNTO NAVE ASTRONOMICO CON LA “MERIDIANA” - LA TEORIA</b>	<b>56</b>
8.1. IL CALCOLO DELLA LATITUDINE	56
8.2. IL CALCOLO DELLA LONGITUDINE	59
8.3. DIFFICOLTÀ E LIMITI DELLA “MERIDIANA”	60
<b>9. IL PUNTO NAVE ASTRONOMICO CON LA “MERIDIANA” - LA PRATICA</b>	<b>62</b>
<b>APPENDICE</b>	<b>79</b>

**PARTE TERZA      IL PUNTO NAVE ASTRONOMICO CON RETTE DI SOLE - LA PRATICA**

<b>10. IL PUNTO NAVE CON DUE RETTE</b>	<b>112</b>
10.1. PRINCIPI GENERALI	112
10.2. STRUMENTI DA UTILIZZARE	114
10.3. ESERCIZIO 28 APRILE 2005. PUNTO NAVE CON 2 RETTE DI SOLE. ANTI-MERI	115
10.4. VANTAGGI E SVANTAGGI DEI DUE METODI ANALIZZATI	135
10.5. PROCEDURA MISTA	136
<b>11. IL PUNTO NAVE CON TRE RETTE - PRIMO CASO</b>	<b>147</b>
11.1. VELOCITÀ BASSA INTERVALLO BREVE TRA LE OSSERVAZIONI ESERCIZIO 10 LUGLIO 2003	147
<b>12. IL PUNTO NAVE CON TRE RETTE - SECONDO CASO</b>	<b>189</b>
12.1. VELOCITÀ ALTA INTERVALLO RILEVANTE TRA LE OSSERVAZIONI ESERCIZIO 4 DICEMBRE 2018	189
<b>13. IL PUNTO NAVE CON IL SOLE PROSSIMO ALLO ZENIT</b>	<b>217</b>
13.1. CERCHI D'ALTEZZA RAVVICINATI - ESERCIZIO 1 MAGGIO 2018	217
<b>14. MATURITÀ 2018</b>	<b>231</b>

**PARTE QUARTA      IL PUNTO NAVE CON LE STELLE - LA PRATICA**

<b>15. PRINCIPI GENERALI</b>	<b>254</b>
------------------------------	------------

15.1. PARTICOLARITÀ	254
15.2. ERRORI NELLE ALTEZZE E LA SCELTA DEL PUNTO NAVE	270
15.3. IL PUNTO NAVE CON DUE RETTE	271
15.4. L'UTILIZZO DELLA BISETTRICE	271
15.5. IL PUNTO NAVE CON TRE RETTE	272
15.6. IL PUNTO NAVE CON QUATTRO RETTE	273
15.7. IL PUNTO NAVE CON CINQUE RETTE	275
15.8. IL CREPUSCOLO NAUTICO E I PREPARATIVI PER L'OSSEVAZIONE	276
<b>16. ESERCIZIO 25 MARZO 2003 CON TRE STELLE</b>	<b>282</b>
<b>17. ESERCIZIO 4 MAGGIO 2003 CON QUATTRO STELLE</b>	<b>308</b>
<b>18. ESERCIZIO 5 OTTOBRE 2018 CON CINQUE STELLE</b>	<b>332</b>
<b>19. IL RICONOSCIMENTO DELL'ASTRO INCOGNITO</b>	<b>374</b>

**PARTE QUINTA**

**SELEZIONE DI COMPITI DI Maturità**

<b>20. SELEZIONE DI COMPITI DI Maturità</b>	<b>384</b>
20.1. Maturità 1982	384
20.2. Maturità 1983	402
20.3. Maturità 1984	419
20.4. Maturità 1990	427
20.5. Maturità 1992	441
20.6. Maturità 1993	447
20.7. Maturità 1994	458
20.8. Maturità 1996	464
20.9. Maturità 1997	476
20.10. Maturità 1998	482
20.11. Maturità 2000	493
20.12. Maturità 2002	503
20.13. Maturità 2003	514
<b>BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE</b>	<b>531</b>

**PARTE QUARTA**

**IL PUNTO NAVE  
CON LE STELLE  
LA PRATICA**

## 15. PRINCIPI GENERALI

### 15.1. PARTICOLARITÀ

Lo schema logico è lo stesso già evidenziato per il sole e ha come scopo il calcolo del  $\Delta h$  e dell'azimut richiesti per il tracciamento di ciascuna retta d'altezza riferita alle stelle osservate con la sola eccezione della Polare.

In linea di principio, la risoluzione del triangolo sferico relativo a ciascuna retta di stella utilizzata, non si discosta da quella già vista per il sole. In particolare, rimane identico l'uso della Tavole HO 214 già dettagliatamente illustrato nella parte relativa al sole, compreso il criterio per stabilire il segno delle correzioni (cfr. Cap.10). Va tuttavia tenuto presente che, a differenza di quanto avveniva per il sole, esiste per le stelle con declinazione rilevante un valore limite di tale coordinata oltre il quale l'altezza diminuisce. Ragione per la quale bisognerà prestare molta attenzione al segno relativo alla prima correzione di  $h$ .

Ciò rilevato, l'unica differenza di procedura riguarda il calcolo dell'angolo al polo. A tal proposito è indispensabile ricordare quanto detto a suo tempo sul tempo sidereo (cfr. Cap.4). In particolare, si tenga presente che definiamo  $T_s$  e  $t_s$  rispettivamente gli angoli orari del punto gamma rispetto al meridiano di GW e rispetto a quello dell'osservatore; e che la differenza tra i due corrisponde alla longitudine dell'osservatore, secondo la consueta relazione che riguarda qualunque tipo di angolo orario:  $T_s \pm \lambda(E, W) = t_s$ , da cui  $\lambda(E) = t_s - T_s$  e  $\lambda(W) = T_s - t_s$ . Oltre a ciò, è da evidenziare il ruolo privilegiato della Polare, che può essere convenientemente impiegata anche da sola per il calcolo della latitudine, a somiglianza di quanto avveniva per la meridiana.

#### A) PROCEDURA PER IL CALCOLO DELL'ANGOLO AL POLO

Nel caso delle stelle, dato il loro numero, non si può applicare il metodo già esposto per il sole, partendo direttamente dall'angolo orario rispetto a GW. Allora, come già sappiamo, le Effemeridi riportano nelle pagine giornaliere i valori di co-ascensione retta  $\alpha$  e di declinazione  $\delta$  riferiti alle stelle più utilizzate nelle osservazioni astronomiche per la loro intensità luminosa (magnitudo). Per trovare l'angolo al polo, a una certa ora UT di un certo giorno, si ricorre a una relazione fondamentale che lega il tempo sidereo ( $T_s, t_s$ ) con la coascensione retta di un astro. Per comprenderla dobbiamo riprendere le nozioni di ascensione retta e di declinazione (Fig.15.1).

Ascensione retta  $\alpha$  è l'ampiezza angolare dell'arco di equatore compreso tra il punto  $\gamma$  e il piede del meridiano dell'astro contata in senso diretto da  $0^\circ$  a  $360^\circ$  (antiorario nell'emisfero N).

Declinazione  $\delta$  è l'altezza angolare dell'astro sull'equatore, o meglio, l'ampiezza angolare dell'arco di meridiano celeste compreso tra l'equatore e l'astro, contata da  $0^\circ$  a  $90^\circ$  verso N o verso S.

Per risolvere il nostro problema, anziché l'ascensione retta, useremo la coascensione retta,  $\alpha = (360 - \alpha)$ , contata in senso retrogrado (orario nell'emisfero N), cioè come gli angoli orari, da  $0^\circ$  a  $360^\circ$  (Fig.15.2).

Fig. 15.1

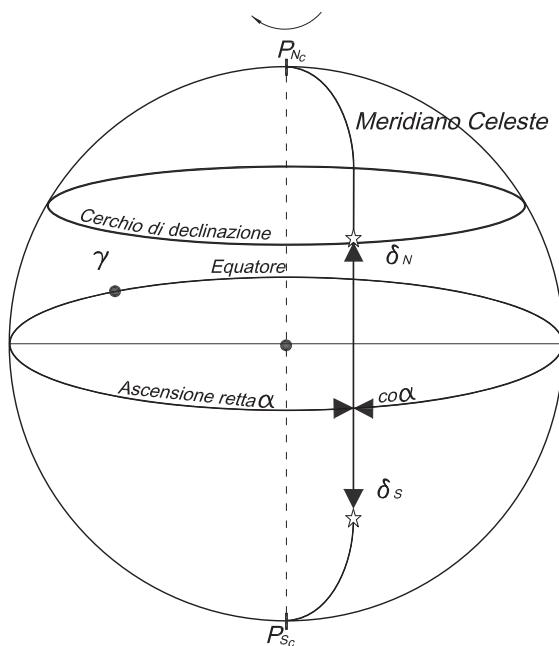
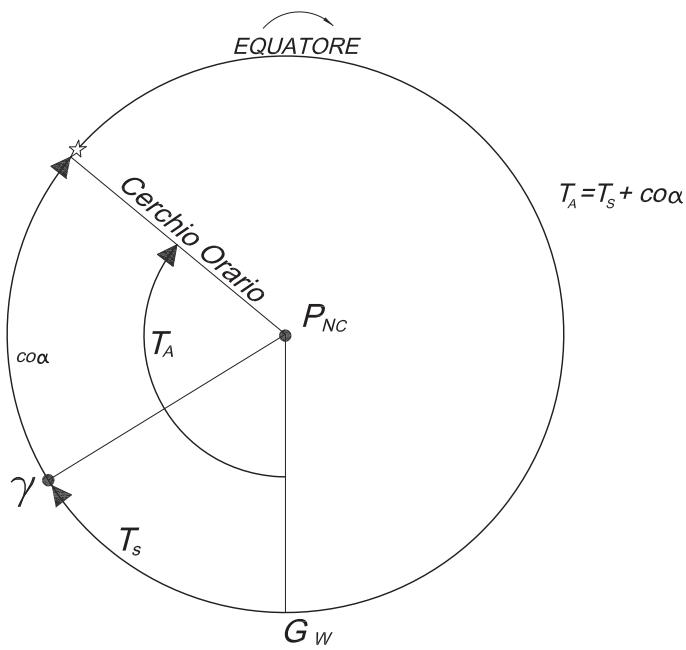


Fig. 15.2



Ora si considerino le seguenti figure in proiezione ortografica sul piano dell'equatore, riferite all'emisfero nord (Fig. 15.2; 15.2A; 15.2B).

Fig. 15.2A

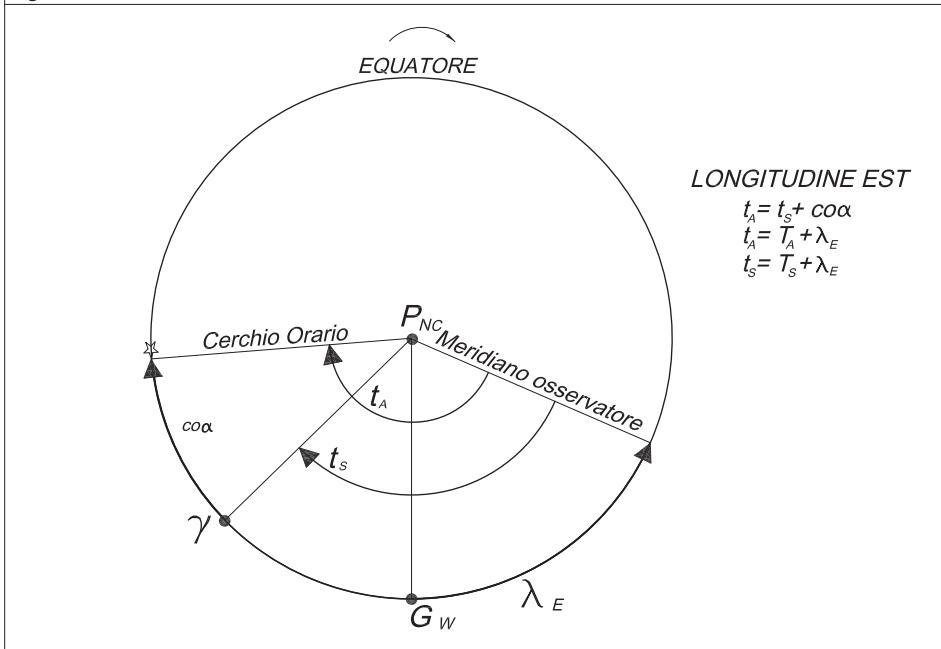
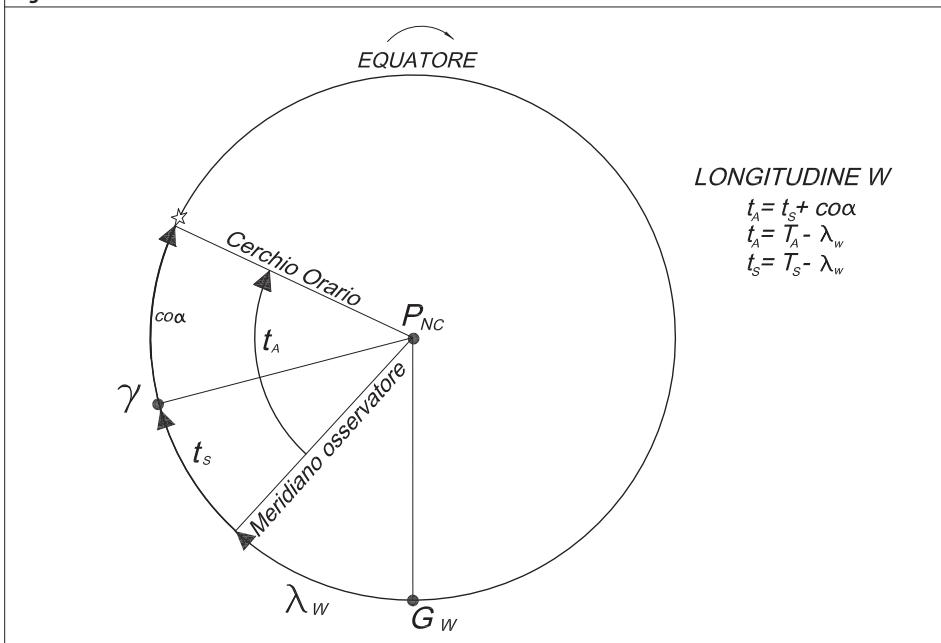


Fig. 15.2B



In esse sono riportati gli angoli orari del punto  $\gamma$  rispetto a GW (Ts) e rispetto a un osservatore in longitudine est e ovest (ts). Dal punto  $\gamma$ , come sappiamo, si conta la co $\alpha$  di una stella.

Quindi:  $ts = Ts + \lambda$  (E) oppure  $ts = Ts - \lambda$  (W) e in entrambi i casi  $ta = ts + co\alpha$ , ovvero l'angolo orario di una stella è uguale al tempo sidereo locale + co $\alpha$ . Questa relazione si può anche scrivere come segue:

$$Ts + co\alpha = Ta, Ta \pm (\lambda E/W) = ta$$

$$\text{da cui: } P E = 360^\circ - ta \quad \text{per astro a E}$$

$$P W = ta \quad \text{per astro a W}$$

come per il sole, che è proprio quello che si voleva stabilire.

### Esempio di calcolo

con l'uso degli estratti delle Effemeridi riportati di seguito si calcoli il 12 luglio 2003 alle UT 6h 21m 10s in  $\lambda s = 009^\circ 00' 0$  E l'angolo al polo di ALPHECCA o GEMMA.

$$\text{dalla pagina giornaliera per UT 6h} \quad Ts = 19^\circ 43' 5$$

$$\text{dalle pagine di interpolazione per 21m 10s} \quad pp = + 5^\circ 18' 4$$

dalla colonna stelle

$$Ts = 25^\circ 01' 9$$

$$+ co\alpha = + 126^\circ 17' 4$$

$$Ta = 151^\circ 19' 3$$

$$+ \lambda E = + 9^\circ 00' 0$$

$$ta = 160^\circ 19' 3 \quad PW = ta$$

oppure

$$Ts = 19^\circ 43' 5$$

$$pp = + 5^\circ 18' 4$$

$$Ts = 25^\circ 01' 9$$

$$+ \lambda E = + 9^\circ 00' 0$$

$$ts = 34^\circ 01' 9$$

$$+ co\alpha = + 126^\circ 17' 4$$

$$ta = 160^\circ 19' 3 \quad PW = ta$$

**SAB. 12, DOM. 13, LUN. 14**

LUGLIO 2003

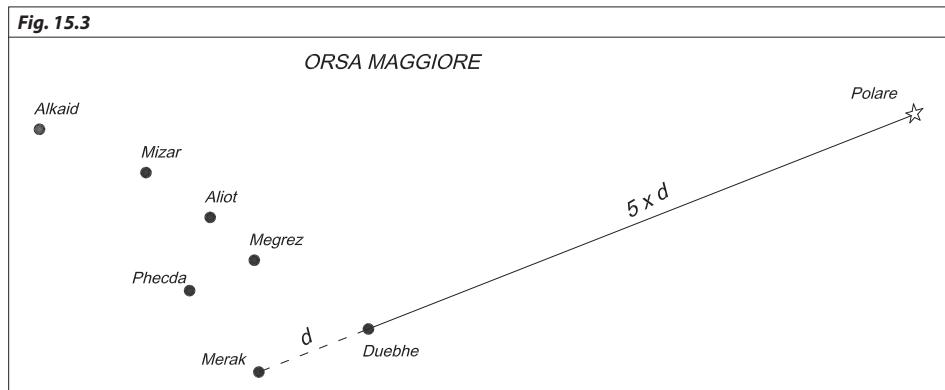
UT	SOLE		V	STELLE		Lat.	Crep. Naut.		Sorg. Sole	Sorgente Luna						
	T	Dec.		Ts	Nome		360 - $\alpha$	Dec.		h	m	h	m	h	m	
d h	.	.	.	.	.	.	.	.	N 72	.	.	.	.	.	.	
12 0	178 37.4	N22 03.4	289 28.7	Acamar	315 24.4	S40 17.2	N 70	.	.	.	.	.	.	.	.	
1 193 37.3	03.0	304 31.2	Achernar	333 32.4	S57 12.9	68	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
2 206 37.2	02.7	319 33.6	Acrux	173 18.5	S63 07.3	66	.	.	.	01 24	.	.	.	.	.	
3 222 37.1	02.3	334 36.1	Adhara	255 19.1	S28 58.5	64	.	.	.	02 06	21 31	.	23 40	23 20	.	
4 236 37.1	02.0	349 38.5	Aldebaran	290 58.6	N16 31.0	62	.	.	00 24	02 37	20 26	21 57	22 37	22 49		
5 253 37.0	01.7	4 41.0	Alloeth	166 27.4	N55 56.8	60	.	.	01 37	02 59	19 52	21 14	22 03	22 26		
6 266 36.9	N22 01.3	19 43.5	Alkaid	153 04.8	N49 18.1	N 58	*	*	02 10	03 16	19 16	19 27	20 45	21 37		
7 283 36.8	01.0	34 45.9	Almak	323 58.6	N42 20.6	56	00 23	02 34	03 31	03 31	19 07	20 23	21 17	21 51		
8 298 36.7	00.6	49 48.4	Al Nair	27 53.0	S46 56.5	54	01 29	02 53	03 44	18 50	20 05	21 00	21 37	.		
9 313 36.7	22 00.3	64 50.9	Alnilam	275 54.6	S1 11.9	52	02 00	03 09	03 55	18 36	19 49	20 46	21 25	.		
10 328 35.6	21 59.9	79 53.3	Alphard	218 04.1	S 8 40.3	50	02 22	02 22	04 05	18 23	19 36	20 33	21 15	.		
11 343 35.5	59.6	94 55.8	Alphecca	126 17.4	N26 42.3	45	03 02	03 49	04 15	17 58	19 06	20 07	20 53	.		
12 358 36.4	N21 59.3	109 58.3	Alpheratz	357 51.6	N29 06.4	N 40	03 29	04 10	04 42	17 37	18 47	19 46	20 35	.		
13 363 36.3	58.9	125 07.0	Altair	62 15.5	N 8 52.6	35	03 51	04 27	04 56	17 21	19 29	19 29	20 19	.		
14 28 36.3	58.6	140 03.2	Ankaa	352 23.2	S42 17.0	30	04 06	04 41	05 08	17 06	18 13	19 14	20 06	.		
15 43 36.2	58.2	155 05.7	Antares	112 35.5	S26 26.5	20	04 35	05 04	05 28	16 41	17 47	18 49	19 44	.		
16 58 36.1	57.9	170 08.1	Arcturus	146 02.7	N19 10.0	N 10	04 56	05 23	05 46	16 20	17 24	18 27	19 24	.		
17 73 36.0	57.5	185 10.6	Atria	107 44.1	S69 02.2	00	05 14	05 40	06 02	16 00	17 03	18 06	19 06	.		
18 88 36.0	N21 57.2	200 13.0	Avior	234 22.0	S59 31.2	S 10	03 30	03 56	05 16	15 41	16 42	17 46	18 47	.		
19 103 35.9	56.8	215 15.5	Bellatrix	278 40.7	N 6 21.2	20	05 44	06 12	06 35	15 20	16 20	17 24	18 28	.		
20 118 35.8	56.5	230 18.0	Betelgeuse	271 10.1	N 7 24.6	30	05 59	06 29	06 55	14 56	15 54	16 58	18 05	.		
21 133 35.7	56.1	245 20.4	Canopus	264 00.2	S52 41.7	35	06 07	06 39	07 06	14 42	15 39	16 43	17 51	.		
22 148 35.6	55.8	260 22.9	Capella	280 46.5	N46 00.1	40	06 16	06 49	07 19	14 26	15 21	16 26	17 36	.		
23 163 35.6	55.4	275 25.4	Castor	249 18.3	N31 05.0	45	06 25	07 02	07 35	14 06	15 00	16 05	17 17	.		
13 0	178 35.5	N21 55.1	290 27.8	Cor Caroli	165 57.3	N38 18.3	S 50	06 35	07 15	07 54	13 42	14 33	15 38	16 54	.	
1 193 35.4	54.7	305 03.6	Deneb	49 36.5	N45 17.4	52	06 40	07 23	08 03	03 31	14 20	15 25	16 43	.		
2 208 35.3	54.4	320 32.8	Denebola	182 41.7	N14 33.4	54	06 45	07 30	08 12	13 18	14 05	15 11	16 30	.		
3 223 35.3	54.0	335 35.2	Diphda	349 03.8	S17 56.0	58	06 50	07 38	08 24	13 02	13 48	14 53	16 18	.		
4 238 35.2	53.6	350 37.7	Dubhe	194 01.3	N61 44.3	58	06 56	07 47	08 37	12 45	13 26	14 32	15 58	.		
5 253 35.1	53.3	5 40.2	Elainth	278 22.9	N28 36.6	S 60	07 03	07 58	08 52	12 23	13 00	14 06	15 37	.		
6 268 35.0	N21 52.9	20 42.6	Eltain	90 49.3	N51 28.4	.	Lat.	Tram.	Crep. Naut.	11	Tramonto Luna					
7 283 35.0	52.6	35 45.1	Enif	33 54.5	N 9 53.4	.					12 12	13 20	15 25	16 43	.	
8 298 34.9	52.2	50 47.5	Formalhaut	15 32.3	S29 36.1	.					14 03	14 10	15 15	16 33	.	
9 313 34.8	51.9	65 80.0	Gacrux	172 10.0	S57 08.1	.					14 20	15 20	16 25	17 44	.	
10 328 34.7	51.5	80 52.5	Gienah	176 00.5	S17 33.7	.					14 28	15 35	16 42	17 59	.	
11 343 34.7	51.1	95 54.9	Hadar	148 59.1	S60 23.6	N 72	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
12 358 34.6	N21 50.8	110 74.4	Harnal	328 09.7	N23 26.6	N 70	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
13 13 34.5	50.4	125 59.9	Kaus Austr.	83 53.8	S34 23.1	68	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
14 28 34.4	50.1	141 02.3	Kochab	137 18.8	N74 08.6	66	02 22	02 43	03 04	.	.	.	.	.	.	
15 43 34.4	49.7	156 04.8	Merkabah	13 46.0	N15 13.3	64	22 01	02 21	02 53	.	.	.	.	01 08	.	
16 58 34.3	49.3	171 07.3	Menkar	314 23.4	N 6 62	62	21 33	23 35	23 58	02 44	03 40	04 40	05 20	.	.	
17 73 34.2	49.0	186 19.0	Menkent	148 16.8	S36 23.4	60	21 11	22 32	00 08	00 33	01 23	02 45	03 29	.		
18 88 34.2	N21 46.8	201 12.2	Merak	194 29.7	N56 22.8	N 58	20 54	21 59	.	00 27	00 58	01 52	03 10	.	.	
19 103 34.1	48.2	216 14.9	Miaia	221 42.4	S68 43.9	56	20 39	21 36	23 38	00 43	01 19	02 14	03 29	.	.	
20 118 34.0	47.9	231 17.1	Mirfak	308 52.0	N49 52.2	54	20 27	21 17	22 40	00 57	01 36	02 32	03 46	.	.	
21 133 33.9	47.5	246 19.6	Mizar	158 59.0	N54 54.8	52	20 16	21 20	22 10	01 09	01 50	02 48	04 00	.	.	
22 148 33.9	47.1	261 22.0	Nunki	76 07.6	S26 17.5	50	20 06	20 48	21 48	01 19	02 03	03 01	04 13	.	.	
23 163 33.8	46.8	276 24.5	Peacock	53 30.8	S36 43.4	45	19 45	20 22	21 09	01 42	02 29	03 29	04 38	.	.	
14 0	178 33.7	N21 46.4	291 27.0	Phact	275 03.8	S34 04.2	N 40	19 29	20 01	20 41	01 59	02 50	03 50	04 58	.	.
1 193 33.6	46.0	306 29.4	Polaris	321 20.2	N89 16.4	35	19 15	19 44	20 20	02 15	03 07	04 08	05 15	.	.	
2 208 33.6	45.7	321 31.9	Pollux	243 37.6	N22 01.2	30	19 03	19 30	20 03	02 28	03 22	04 24	05 30	.	.	
3 223 33.5	45.3	334 33.6	Procyon	245 08.2	N 5 13.1	20	18 43	19 07	19 36	02 50	03 48	04 50	05 54	.	.	
4 238 33.4	44.9	351 36.8	Rasalhague	96 13.4	N12 33.5	N 10	18 25	18 48	19 15	03 10	04 10	05 13	06 15	.	.	
5 253 33.4	44.5	6 36.3	Regulus	207 52.0	N12 57.2	09 00	18 31	19 57	02 08	03 40	03 54	04 56	05 35	.	.	
6 268 33.3	N21 44.2	21 41.8	Rigel	281 19.9	S 8 11.7	S 10	17 53	18 16	18 42	03 47	04 51	05 54	06 55	.	.	
7 283 33.2	43.8	36 44.2	Rigell Kent	140 02.5	S66 51.2	20	17 36	18 00	18 27	04 06	05 13	06 17	07 16	.	.	
8 298 33.2	43.4	51 46.7	Sabik	102 21.2	S12 51.8	30	17 16	17 42	18 12	02 49	03 58	04 43	05 40	.	.	
9 313 33.1	43.1	66 49.2	Saiph	273 01.6	S 9 40.0	35	17 05	17 33	18 04	04 43	05 54	06 58	07 54	.	.	
10 328 33.0	42.7	81 51.6	Schedar	349 48.6	N56 33.1	40	16 52	17 22	17 56	05 08	06 11	07 16	08 10	.	.	
11 343 33.0	42.3	96 54.1	Scheddi	33 11.4	S16 06.7	45	16 37	17 10	17 46	05 17	06 32	07 37	08 29	.	.	
12 358 32.8	N21 41.9	111 56.5	Shaula	96 32.2	S37 06.5	S 50	16 18	16 55	17 36	05 40	06 59	08 04	08 53	.	.	
13 13 32.8	41.5	126 52.6	Sirius	258 41.0	S16 43.1	52	16 09	16 49	17 31	01 51	02 11	08 17	09 17	.	.	
14 28 32.7	41.2	142 01.5	Spica	158 39.5	S11 10.7	54	15 59	16 41	17 26	06 04	07 26	08 32	09 18	.	.	
15 43 32.7	40.8	157 03.9	Suhail	222 22.6	S43 26.8	56	15 48	16 33	17 21	05 18	07 44	08 49	09 33	.	.	
16 58 32.6	40.4	172 06.4	Vega	80 43.8	N38 47.2	58	15 35	16 24	17 15	06 36	08 05	09 10	09 50	.	.	
17 73 32.5	40.0	187 06.9	Zuben ubi	137 14.0	S16 03.4	S 60	15 20	16 14	17 09	06 57	08 31	09 37	10 12	.	.	
18 88 32.5	N21 39.7	202 11.3	PIANETI		SOLE		LUNA		LUNA		LUNA					
19 103 32.4	39.3	217 13.8	P.M. Gior.		Equaz. Temp.		00h		12h		Pass. Mer.		Pass. Mer.			
20 118 32.3	36.9	232 16.3	P.M.		s.m.		m s		m s		Sup.		Int.			
21 133 32.3	36.5	247 18.7	GIOVE		217 01.6		12		05 38		12		06 24			
22 148 32.2	36.1	282 21.2	SATURNO		216 33.6		11		05 42		12		06 21			
23 163 32.1	N21 37.7	277 23.6	P.M.		14 08		14		05 45		12		06 21			
-0.1		-0.4		h. m.		12		05 45		12		06 21				
S.D.15.7		4 37.4		14		05 45										

20<sup>m</sup>21<sup>m</sup>

Sec.	SOLE E PIANETI	γ	LUNA	*/d pp	*/d pp	*/d pp	Sec.	SOLE E PIANETI	γ	LUNA	*/d pp	*/d pp	*/d pp
9	- -	- -	- -	- -	- -	- -	9	- -	- -	- -	- -	- -	- -
00	5 00.0	5 00.8	4 46.3	0.0 0.0	6.0 2.1	12.0 4.1	00	5 15.0	5 15.9	5 00.7	0.0 0.0	6.0 2.1	12.0 4.3
01	5 00.3	5 01.1	4 46.5	0.1 0.0	6.1 2.1	12.1 4.1	01	5 15.3	5 16.1	5 00.9	0.1 0.0	6.1 2.2	12.1 4.3
02	5 00.5	5 01.3	4 46.8	0.2 0.1	6.2 2.1	12.2 4.2	02	5 15.5	5 16.4	5 01.1	0.2 0.1	6.2 2.2	12.2 4.4
03	5 00.8	5 01.6	4 47.0	0.3 0.1	6.3 2.2	12.3 4.2	03	5 15.8	5 16.6	5 01.4	0.3 0.1	6.3 2.3	12.3 4.4
04	5 01.0	5 01.8	4 47.3	0.4 0.1	6.4 2.2	12.4 4.2	04	5 16.0	5 16.9	5 01.6	0.4 0.1	6.4 2.3	12.4 4.4
05	5 01.3	5 02.1	4 47.5	0.5 0.2	6.5 2.2	12.5 4.3	05	5 16.3	5 17.1	5 01.8	0.5 0.2	6.5 2.3	12.5 4.5
06	5 01.5	5 02.3	4 47.8	0.6 0.2	6.6 2.3	12.6 4.3	06	5 16.4	5 17.4	5 02.1	0.6 0.2	6.6 2.4	12.6 4.5
07	5 01.8	5 02.6	4 48.0	0.7 0.2	6.7 2.3	12.7 4.3	07	5 16.8	5 17.6	5 02.3	0.7 0.3	6.7 2.4	12.7 4.6
08	5 02.0	5 02.8	4 48.2	0.8 0.3	6.8 2.3	12.8 4.4	08	5 17.0	5 17.9	5 02.6	0.8 0.3	6.8 2.4	12.8 4.6
09	5 02.3	5 03.1	4 48.5	0.9 0.3	6.9 2.4	12.9 4.4	09	5 17.3	5 18.1	5 02.8	0.9 0.3	6.9 2.5	12.9 4.6
10	5 02.5	5 03.3	4 48.7	1.0 0.3	7.0 2.4	13.0 4.4	10	5 17.5	5 18.4	5 03.0	1.0 0.4	7.0 2.5	13.0 4.7
11	5 02.8	5 03.6	4 49.0	1.1 0.4	7.1 2.4	13.1 4.5	11	5 17.8	5 18.6	5 03.3	1.1 0.4	7.1 2.5	13.1 4.7
12	5 03.0	5 03.8	4 49.2	1.2 0.4	7.2 2.5	13.2 4.5	12	5 18.0	5 18.9	5 03.5	1.2 0.4	7.2 2.6	13.2 4.7
13	5 03.3	5 04.1	4 49.4	1.3 0.4	7.3 2.5	13.3 4.5	13	5 18.3	5 19.1	5 03.8	1.3 0.5	7.3 2.6	13.3 4.8
14	5 03.5	5 04.3	4 49.7	1.4 0.5	7.4 2.5	13.4 4.6	14	5 18.5	5 19.4	5 04.0	1.4 0.5	7.4 2.7	13.4 4.8
15	5 03.8	5 04.6	4 49.9	1.5 0.5	7.5 2.6	13.5 4.6	15	5 18.8	5 19.6	5 04.2	1.5 0.5	7.5 2.7	13.5 4.8
16	5 04.0	5 04.8	4 50.2	1.6 0.5	7.6 2.6	13.6 4.6	16	5 19.0	5 19.9	5 04.5	1.6 0.6	7.6 2.7	13.6 4.9
17	5 04.3	5 05.1	4 50.4	1.7 0.6	7.7 2.6	13.7 4.7	17	5 19.3	5 20.1	5 04.7	1.7 0.6	7.7 2.8	13.7 4.9
18	5 04.5	5 05.3	4 50.6	1.8 0.6	7.8 2.7	13.8 4.7	18	5 19.5	5 20.4	5 04.9	1.8 0.6	7.8 2.8	13.8 4.9
19	5 04.8	5 05.6	4 50.9	1.9 0.6	7.9 2.7	13.9 4.7	19	5 19.8	5 20.6	5 05.2	1.9 0.7	7.9 2.8	13.9 5.0
20	5 05.0	5 05.8	4 51.1	2.0 0.7	8.0 2.7	14.0 4.8	20	5 20.0	5 20.9	5 05.4	2.0 0.7	8.0 2.9	14.0 5.0
21	5 05.3	5 06.1	4 51.3	2.1 0.7	8.1 2.8	14.1 4.8	21	5 20.3	5 21.1	5 05.7	2.1 0.8	8.1 2.9	14.1 5.1
22	5 05.5	5 06.3	4 51.6	2.2 0.8	8.2 2.8	14.2 4.9	22	5 20.5	5 21.4	5 05.9	2.2 0.8	8.2 2.9	14.2 5.1
23	5 05.8	5 06.6	4 51.8	2.3 0.8	8.3 2.8	14.3 4.9	23	5 20.8	5 21.6	5 06.1	2.3 0.8	8.3 3.0	14.3 5.1
24	5 06.0	5 06.8	4 52.1	2.4 0.8	8.4 2.9	14.4 4.9	24	5 21.0	5 21.9	5 06.4	2.4 0.9	8.4 3.0	14.4 5.2
25	5 06.3	5 07.1	4 52.3	2.5 0.9	8.5 2.9	14.5 5.0	25	5 21.3	5 22.1	5 06.6	2.5 0.9	8.5 3.0	14.5 5.2
26	5 06.5	5 07.3	4 52.5	2.6 0.9	8.6 2.9	14.6 5.0	26	5 21.5	5 22.4	5 06.9	2.6 0.9	8.6 3.1	14.6 5.2
27	5 06.8	5 07.6	4 52.8	2.7 0.9	8.7 3.0	14.7 5.0	27	5 21.8	5 22.6	5 07.1	2.7 1.0	8.7 3.1	14.7 5.3
28	5 07.0	5 07.8	4 53.0	2.8 1.0	8.8 3.0	14.8 5.1	28	5 22.0	5 22.9	5 07.3	2.8 1.0	8.8 3.2	14.8 5.3
29	5 07.3	5 08.1	4 53.3	2.9 1.0	8.9 3.0	14.9 5.1	29	5 22.3	5 23.1	5 07.6	2.9 1.0	8.9 3.2	14.9 5.3
30	5 07.5	5 08.3	4 53.5	3.0 1.0	9.0 3.1	15.0 5.1	30	5 22.5	5 23.4	5 07.0	3.0 1.1	9.0 3.2	15.0 5.4
31	5 07.8	5 08.6	4 53.7	3.1 1.1	9.1 3.1	15.1 5.2	31	5 22.8	5 23.6	5 08.0	3.1 1.1	9.1 3.3	15.1 5.4
32	5 08.0	5 08.8	4 54.0	3.2 1.1	9.2 3.1	15.2 5.2	32	5 23.0	5 23.9	5 08.3	3.2 1.1	9.2 3.3	15.2 5.4
33	5 08.3	5 09.1	4 54.2	3.3 1.1	9.3 3.2	15.3 5.2	33	5 23.3	5 24.1	5 08.5	3.3 1.2	9.3 3.3	15.3 5.5
34	5 08.5	5 09.3	4 54.4	3.4 1.2	9.4 3.2	15.4 5.3	34	5 23.5	5 24.4	5 08.8	3.4 1.2	9.4 3.4	15.4 5.5
35	5 08.8	5 09.6	4 54.7	3.5 1.2	9.5 3.2	15.5 5.3	35	5 23.8	5 24.6	5 09.0	3.5 1.3	9.5 3.4	15.5 5.6
36	5 09.0	5 09.8	4 54.9	3.6 1.2	9.6 3.3	15.6 5.3	36	5 24.0	5 24.9	5 09.2	3.6 1.3	9.6 3.4	15.6 5.6
37	5 09.3	5 10.1	4 55.2	3.7 1.3	9.7 3.3	15.7 5.4	37	5 24.3	5 25.1	5 09.5	3.7 1.3	9.7 3.5	15.7 5.6
38	5 09.5	5 10.3	4 55.4	3.8 1.3	9.8 3.3	15.8 5.4	38	5 24.5	5 25.4	5 09.7	3.8 1.4	9.8 3.5	15.8 5.7
39	5 09.8	5 10.8	4 55.6	3.9 1.3	9.9 3.4	15.9 5.4	39	5 24.8	5 25.6	5 10.0	3.9 1.4	9.9 3.5	15.9 5.7
40	5 10.0	5 10.8	4 55.9	4.0 1.4	10.0 3.4	16.0 5.5	40	5 25.0	5 25.9	5 10.2	4.0 1.4	10.0 3.6	16.0 5.7
41	5 10.3	5 11.1	4 56.1	4.1 1.4	10.1 3.5	16.1 5.5	41	5 25.3	5 26.1	5 10.4	4.1 1.5	10.1 3.6	16.1 5.8
42	5 10.5	5 11.4	4 56.4	4.2 1.4	10.2 3.5	16.2 5.5	42	5 25.5	5 26.4	5 10.7	4.2 1.5	10.2 3.7	16.2 5.8
43	5 10.8	5 11.6	4 56.6	4.3 1.5	10.3 3.5	16.3 5.6	43	5 25.8	5 26.6	5 10.9	4.3 1.5	10.3 3.7	16.3 5.8
44	5 11.0	5 11.9	4 56.8	4.4 1.5	10.4 3.6	16.4 5.6	44	5 26.0	5 26.9	5 11.1	4.4 1.6	10.4 3.7	16.4 5.9
45	5 11.3	5 12.1	4 57.1	4.5 1.5	10.5 3.6	16.5 5.6	45	5 26.3	5 27.1	5 11.4	4.5 1.6	10.5 3.8	16.5 5.9
46	5 11.5	5 12.4	4 57.3	4.6 1.6	10.6 3.6	16.6 5.7	46	5 26.5	5 27.4	5 11.6	4.6 1.6	10.6 3.8	16.6 5.9
47	5 11.8	5 12.5	4 57.5	4.7 1.6	10.7 3.7	16.7 5.7	47	5 26.8	5 27.6	5 11.9	4.7 1.7	10.7 3.8	16.7 6.0
48	5 12.0	5 12.9	4 57.8	4.8 1.6	10.8 3.7	16.8 5.7	48	5 27.0	5 27.9	5 12.1	4.8 1.7	10.8 3.9	16.8 6.0
49	5 12.3	5 13.1	4 58.0	4.9 1.7	10.9 3.7	16.9 5.8	49	5 27.3	5 28.1	5 12.3	4.9 1.8	10.9 3.9	16.9 6.1
50	5 12.5	5 13.4	4 58.3	5.0 1.7	11.0 3.8	17.0 5.8	50	5 27.5	5 28.4	5 12.5	5.0 1.8	11.0 3.9	17.0 6.1
51	5 12.8	5 13.6	4 58.5	5.1 1.7	11.1 3.8	17.1 5.8	51	5 27.8	5 28.6	5 12.8	5.1 1.8	11.1 4.0	17.1 6.1
52	5 13.0	5 13.9	4 58.7	5.2 1.8	11.2 3.8	17.2 5.9	52	5 28.0	5 28.8	5 13.1	5.2 1.9	11.2 4.0	17.2 6.2
53	5 13.3	5 14.1	4 59.0	5.3 1.8	11.3 3.9	17.3 5.9	53	5 28.3	5 29.1	5 13.3	5.3 1.9	11.3 4.0	17.3 6.2
54	5 13.5	5 14.4	4 59.2	5.4 1.8	11.4 3.9	17.4 5.9	54	5 28.5	5 29.4	5 13.5	5.4 1.9	11.4 4.1	17.4 6.2
55	5 13.8	5 14.6	4 59.5	5.5 1.9	11.5 3.9	17.5 6.0	55	5 28.8	5 29.7	5 13.8	5.5 2.0	11.5 4.1	17.5 6.3
56	5 14.0	5 14.9	4 59.7	5.6 1.9	11.6 4.0	17.6 6.0	56	5 29.0	5 29.9	5 14.0	5.6 2.0	11.6 4.2	17.6 6.3
57	5 14.3	5 15.1	4 59.9	5.7 1.9	11.7 4.0	17.7 6.0	57	5 29.3	5 30.2	5 14.3	5.7 2.0	11.7 4.2	17.7 6.3
58	5 14.5	5 15.4	5 00.2	5.8 2.0	11.8 4.0	17.8 6.1	58	5 29.5	5 30.4	5 14.5	5.8 2.1	11.8 4.2	17.8 6.4
59	5 14.8	5 15.6	5 00.4	5.9 2.0	11.9 4.1	17.9 6.1	59	5 29.8	5 30.7	5 14.7	5.9 2.1	11.9 4.3	17.9 6.4
60	5 15.0	5 15.9	5 00.7	6.0 2.1	12.0 4.1	18.0 6.1	60	5 30.0	5 30.9	5 15.0	6.0 2.1	12.0 4.3	18.0 6.4

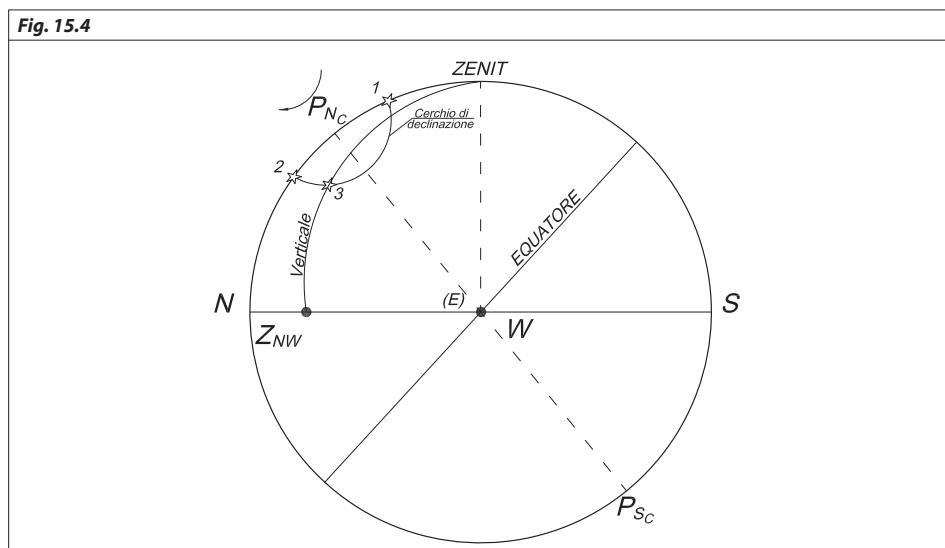
### B) LA POLARE ( $\alpha$ URSAE MINORIS)

Come indicato dal nome astronomico la Polare è la stella più luminosa della costellazione Orsa Minore. Trovare la Polare in cielo è facile: si individuano le ultime due stelle dell'Orsa Maggiore (Dubhe e Merak) e si prolunga questa distanza per 5 volte (Fig. 15.3).



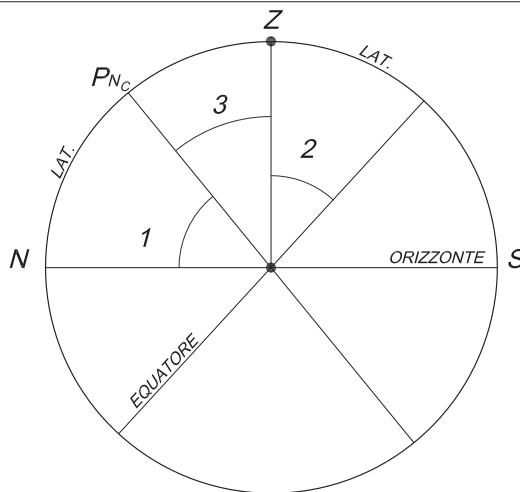
Dalle Effemeridi si trova che la  $\delta$  della Polare è poco più di  $89^\circ$ N. Come a dire che questa stella è vicinissima al Polo Nord con due importanti conseguenze che hanno fatto della Polare la stella di riferimento per i navigatori dell'emisfero nord nel corso dei secoli.

**Prima conseguenza** la Polare indica sull'orizzonte esattamente la direzione cardinale Nord quando si trova sul meridiano (sup. o inf.) dell'osservatore (posizione 1 e 2), e una direzione poco discosta dal Nord per qualunque altra posizione relativa al suo cerchio di declinazione (posizione 3), essendo il suo angolo azimutale  $Z$  verso E o verso W comunque molto piccolo (Fig. 15.4). Nella figura il cerchio di declinazione e  $Z$  risultano amplificati angolarmente per motivi di chiarezza rappresentativa.



**Seconda conseguenza** l'altezza vera della Polare sull'orizzonte, a meno della piccola differenza angolare che la separa dal Polo Nord, fornisce la latitudine, che corrisponde alla distanza angolare del Polo Nord dall'orizzonte (Fig. 15.5).

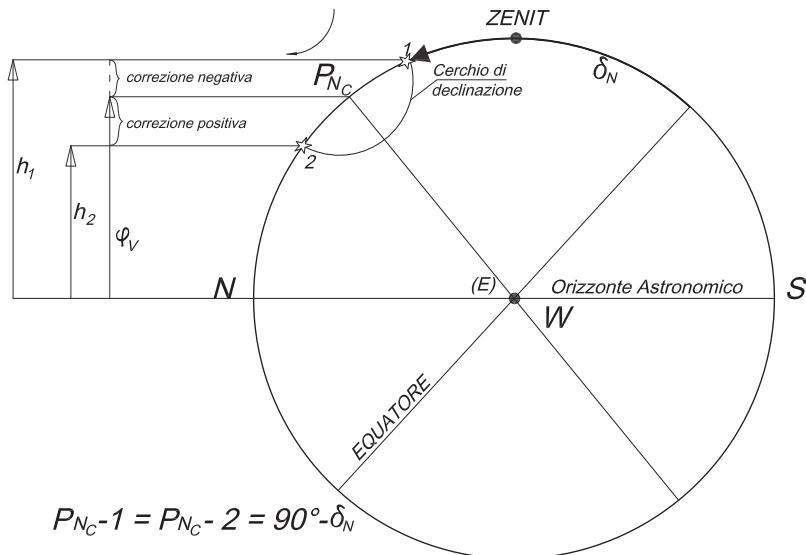
Fig. 15.5



Dalla figura si vede infatti che gli angoli 1 e 2 rappresentano entrambi la latitudine perché sono uguali, essendo per costruzione complementari allo stesso angolo 3. Le Effemeridi riportano nella tavola intitolata "Latitudine con osservazione di Polare" tre correzioni che consentono di passare molto semplicemente dall'altezza vera alla latitudine. La prima è funzione di  $ts$  riferito all'ora UT di osservazione. La seconda è funzione di  $ts$  e dell'altezza osservata  $h_o$ . La terza è funzione di  $ts$  e del mese. Le correzioni sono state rese tutte positive perciò bisognerà togliere un grado dal risultato ottenuto.

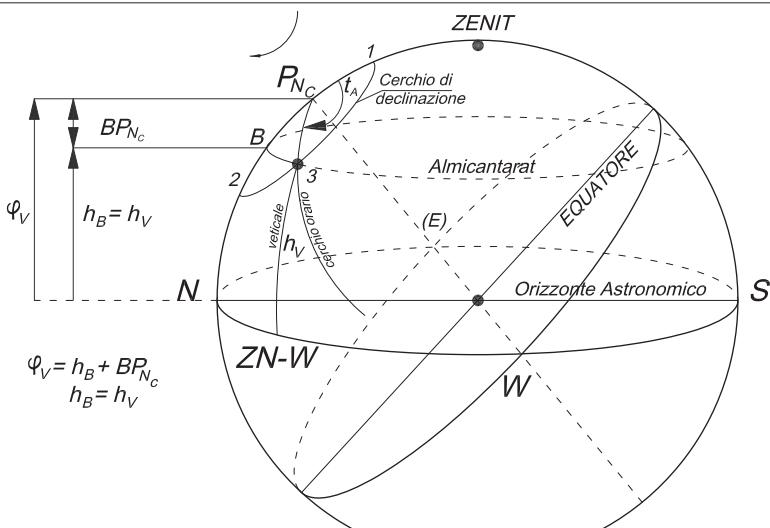
Quindi, dal punto di vista del calcolo, è tutto molto semplice, sebbene il significato concettuale delle correzioni, soprattutto della seconda, non sia affatto intuitivo. Diciamo allora che tutte e tre le correzioni sono riferite al  $ts$ , ovvero, a meno della  $\cos\alpha$ , all'angolo orario dell'astro  $ta$ , che definisce la posizione istantanea della Polare sul suo cerchio di declinazione. Dalla Fig. 15.6 risulta evidente che quando l'astro si trova sul meridiano (sup e inf) dell'osservatore nelle posizioni 1 e 2 si avrà rispettivamente  $\varphi_v = hv - (90^\circ - \delta)$  e  $\varphi_v = hv + (90^\circ - \delta)$ , essendo il corrispondente  $ta$   $0^\circ$  e  $180^\circ$ .

Fig. 15.6



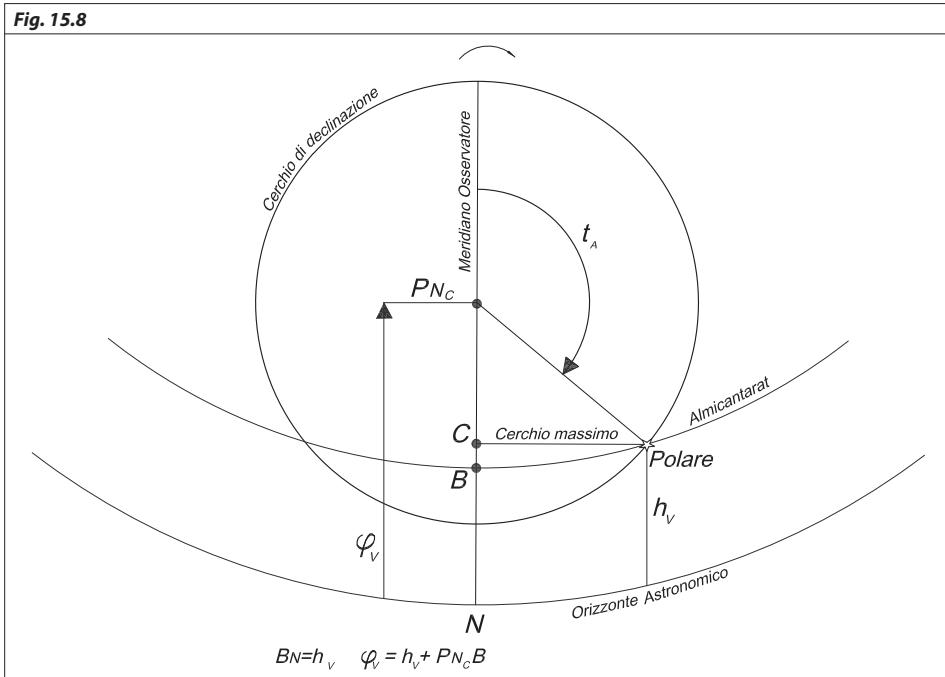
Per una posizione qualsiasi dell'astro dipendente dal valore di  $\alpha$  compreso tra  $0^\circ$  e  $360^\circ$ , invece, la correzione viene ottenuta ragionando sul triangolo (non sferico) che ha come vertici il PNc l'Astro e il punto B di intersezione tra l'almicantarato della Polare e il meridiano dell'osservatore. Tale punto, poiché l'almicantarato è un cerchio parallelo all'orizzonte, presenta la stessa altezza della Polare, consentendo di ritenere che la correzione da apportare all'altezza vera si identifichi con la sua distanza angolare dal Polo (Fig. 15.7).

Fig. 15.7



Ciò premesso, rileviamo come dal confronto tra i vari manuali scolastici di astronomia nautica emerga una trattazione di questo triangolo non univoca e, comunque, non in grado di spiegare adeguatamente il significato concettuale delle correzioni riportate nelle Effemeridi, specie della seconda. Ragione per la quale riteniamo che le indicazioni più convincenti siano quelle riportate in M. Bini, *Astronomia Nautica*, Livorno, Edizioni Stella del Mare 1970, p.288; se non altro perché hanno il merito di evidenziare la necessità di scomporre il triangolo in due parti dopo aver considerato l'arco di cerchio massimo condotto dalla posizione della Polare e perpendicolare al meridiano dell'osservatore per ottenere il triangolo sferico PNc-Polare-C talmente piccolo da poter essere considerato piano (Fig. 15.8).

Fig. 15.8



Dopodiché, la correzione da sommare algebricamente a  $h_v$  per ottenere la latitudine, è rappresentata da  $PNc - B = PNcC + CB$ , che include  $c1$  e  $c2$ . Quanto a  $c3$  essa tiene conto della differenza tra i valori standard di  $\delta$  e di  $\cos\alpha$  utilizzati per le prime due correzioni e quelli riferiti al mese relativo all'osservazione.

La  $c1$ , quella numericamente più rilevante, è ottenuta dalla relazione  $PNcC = (90^\circ - \delta) \times \cos ta = (90^\circ - \delta) \times (\cos ts + \cos\alpha)$ , tenendo presente che il coseno di  $ta$  è positivo per angoli compresi tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , e tra  $270^\circ$  e  $0^\circ$ , mentre è negativo per angoli compresi tra  $90^\circ$  e  $270^\circ$ , assumendo valore 1 e -1 per  $0^\circ$  e  $180^\circ$ , e annullandosi infine per  $90^\circ$  e  $270^\circ$ . Il che comporta che il valore della  $c1$  sia massimo quando la Polare si trova al meridiano superiore o inferiore dell'osservatore (cfr. Fig. 15.6), e che si annulli solo se coincidono l'altezza vera e la latitudine vera. Inoltre, va precisato che il segno della correzione deve essere positivo per valori negativi del coseno, essendo in tal caso l'altezza minore della latitudine e viceversa per valori positivi del coseno.

Nessuna dimostrazione analitica viene, invece, riportata per la c2, sebbene sia messa bene in evidenza che la sua funzione è di tener conto della differenza tra il cerchio massimo e l'almicantararat. Per trovare questa dimostrazione è necessario consultare il vetusto manuale di G. Severino, *Astronomia Nautica*, Editrice Antonio Milani 1962, pp. 352-353. È interessante notare che il risultato non è ricavato dal triangolo di cui si è detto finora, bensì dal triangolo sferico avente come vertici lo Zenit il Polo Nord Celeste e la Polare, sostituendo nella formula di Eulero il senh con sen ( $\varphi + P N c B$ ).

Trattandosi di un calcolo piuttosto lungo e specialistico, con l'applicazione delle formule di prostaferesi, riteniamo opportuno avervi solo accennato.

**Esempio** calcolare la  $\varphi v$  il 28 maggio 2003 UT = 21h 47m 10s  $\lambda s = 030^\circ W$

$h o = 34^\circ 12'.6$  e = 12 mt.

per UT = 21h  $T s = 200^\circ 59'.2$

per 47m 10s  $+ pp = 11^\circ 49'.4$

$T s = 212^\circ 48'.6$

$- \lambda w = 30^\circ 00'.0$

$ts = 182^\circ 48'.6$

$h o = 34^\circ 12'.6$  (alt oss già corretta di  $\gamma$ )

$+ c1 = + 13'.9$

$+ c2 = + 38'.6$  (-1°)

$h v = 34^\circ 05'.1$

$+ c1 = + 1^\circ 33'.1$

$+ c2 = + 0'.9$

$+ c3 = + 1.3$  (-1°)

$h v = 34^\circ 05'.1$

$\varphi v = 34^\circ 40'.4$

Valori desunti dalle Effemeridi:

- ▶  $T s$  dalla pagina del giorno in funzione di UT,  $pp$  dalla pagina dei minuti colonna Y (gamma maiuscolo);
- ▶  $c1$  e  $c2$  dalla tavola di correzione altezze di stelle. Due sole correzioni in assenza di semidiametro rese entrambe positive, quindi va sottratto un grado al risultato;
- ▶ per passare da  $h v$  a  $\varphi v$  vanno aggiunte le tre correzioni fornite dalla tavola intitolata "Latitudine con osservazione di Polare":  $c1$  è in funzione di  $ts$ ,  $c2$  di  $ts$  e  $h o$ ,  $c3$  di  $ts$  e del mese dell'osservazione. La tavola fornisce anche l'angolo azimutale Z della Polare ( $NO^\circ.5W$ ) con il suo cardine in funzione di  $ts$  e  $h o$ , da cui si desume l'azimut con le ben note relazioni ( $359^\circ.5$ ). A tal proposito val la pena di fare un'osservazione in vista del tracciamento della retta d'altezza relativa alla Polare. Il metodo speditivo appena analizzato implica che l'azimut da utilizzare sia sempre  $0^\circ$  gradi poiché di fatto presuppone la proiezione della Polare sul meridiano dell'osservatore al fine di ottenere direttamente la  $\varphi v$  rappresentabile con una retta disposta per parallelo in quanto luogo di posizione di ugual latitudine. Tuttavia, questa procedura non esclude la soluzione analitica quando l'azimut risulta diverso da  $0^\circ$ , ovvero in presenza di triangolo sferico. Con la conseguenza che in tal caso,

a rigore, la retta andrebbe tracciata con il suo  $\Delta h$  e il suo azimut. In pratica però, l'errore che si commette utilizzando l'azimut  $0^\circ$  anche in questo caso è trascurabile, proprio in considerazione del valore molto piccolo dell'angolo azimutale. Un esempio di calcolo analitico della Polare sarà dato nell'esercizio svolto al Cap.19 con cinque rette di stelle. Rileviamo infine che il valore dell'azimut della Polare può essere utilizzato nella procedura di verifica dell'errore della girobussola che, però, esula da questa trattazione.

46<sup>m</sup>

Sec.	SOLE E PIANETI	γ	LUNA	v/d pp	v/d pp	v/d pp	Sec.	SOLE E PIANETI	γ	LUNA	v/d pp	v/d pp	v/d pp
00	11 30.0	11 31.9	10 58.6	0.0 0.0	6.0 4.7	12.0 9.3	00	11 45.0	11 46.9	11 12.9	0.0 0.0	6.0 4.8	12.0 9.5
01	11 30.3	11 32.1	10 58.8	0.1 0.1	6.1 4.7	12.1 9.4	01	11 45.3	11 47.2	11 13.1	0.1 0.1	6.1 4.8	12.1 9.6
02	11 30.5	11 32.4	10 59.0	0.2 0.2	6.2 4.8	12.2 9.5	02	11 45.5	11 47.4	11 13.4	0.2 0.2	6.2 4.9	12.2 9.7
03	11 30.8	11 32.6	10 59.3	0.3 0.2	6.3 4.9	12.3 9.5	03	11 45.8	11 47.7	11 13.6	0.3 0.2	6.3 5.0	12.3 9.7
04	11 31.0	11 32.8	10 59.5	0.4 0.3	6.4 5.0	12.4 9.6	04	11 46.0	11 47.9	11 13.8	0.4 0.3	6.4 5.1	12.4 9.8
05	11 31.3	11 33.1	10 59.8	0.5 0.4	6.5 5.0	12.5 9.7	05	11 46.3	11 48.2	11 14.1	0.5 0.4	6.5 5.1	12.5 9.9
06	11 31.5	11 33.4	10 60.0	0.6 0.5	6.6 5.1	12.6 9.8	06	11 46.5	11 48.4	11 14.3	0.6 0.5	6.6 5.2	12.6 10.0
07	11 31.8	11 33.6	11 00.2	0.7 0.5	6.7 5.2	12.7 9.8	07	11 46.8	11 48.7	11 14.6	0.7 0.6	6.7 5.3	12.7 10.1
08	11 32.0	11 33.9	11 00.5	0.8 0.6	6.8 5.3	12.8 9.9	08	11 47.0	11 48.9	11 14.8	0.8 0.6	6.8 5.4	12.8 10.1
09	11 32.3	11 34.1	11 00.7	0.9 0.7	6.9 5.3	12.9 10.0	09	11 47.3	11 49.2	11 15.0	0.9 0.7	6.9 5.5	12.9 10.2
10	11 32.5	11 34.4	11 01.0	1.0 0.8	7.0 5.4	13.0 10.1	10	11 47.5	11 49.4	11 15.3	1.0 0.8	7.0 5.5	13.0 10.3
11	11 32.8	11 34.6	11 01.2	1.1 0.9	7.1 5.5	13.1 10.2	11	11 47.8	11 49.7	11 15.5	1.1 0.9	7.1 5.6	13.1 10.4
12	11 33.0	11 34.9	11 01.4	1.2 0.9	7.2 5.6	13.2 10.2	12	11 48.0	11 49.9	11 15.7	1.2 1.0	7.2 5.7	13.2 10.5
13	11 33.3	11 35.1	11 01.7	1.3 1.0	7.3 5.7	13.3 10.3	13	11 48.3	11 50.2	11 16.0	1.3 1.0	7.3 5.8	13.3 10.5
14	11 33.5	11 35.4	11 01.9	1.4 1.1	7.4 5.7	13.4 10.4	14	11 48.5	11 50.4	11 16.2	1.4 1.1	7.4 5.9	13.4 10.6
15	11 33.8	11 35.6	11 02.1	1.5 1.2	7.5 5.8	13.5 10.5	15	11 48.8	11 50.7	11 16.5	1.5 1.2	7.5 5.9	13.5 10.7
16	11 34.0	11 35.9	11 02.4	1.6 1.2	7.6 5.9	13.6 10.5	16	11 49.0	11 50.9	11 16.7	1.6 1.3	7.6 6.0	13.6 10.8
17	11 34.3	11 36.2	11 02.5	1.7 1.3	7.7 6.0	13.7 10.6	17	11 49.3	11 51.2	11 16.9	1.7 1.3	7.7 6.1	13.7 10.8
18	11 34.5	11 36.4	11 02.9	1.8 1.4	7.8 6.0	13.8 10.7	18	11 49.5	11 51.4	11 17.2	1.8 1.4	7.8 6.2	13.8 10.9
19	11 34.8	11 36.7	11 03.1	1.9 1.5	7.9 6.1	13.9 10.8	19	11 49.8	11 51.7	11 17.4	1.9 1.5	7.9 6.3	13.9 11.0
20	11 35.0	11 36.9	11 03.3	2.0 1.6	8.0 6.2	14.0 10.9	20	11 50.0	11 51.9	11 17.7	2.0 1.6	8.0 6.3	14.0 11.1
21	11 35.3	11 37.2	11 03.6	2.1 1.6	8.1 6.3	14.1 10.9	21	11 50.3	11 52.2	11 17.9	2.1 1.7	8.1 6.4	14.1 11.2
22	11 35.5	11 37.4	11 03.8	2.2 1.7	8.2 6.4	14.2 11.0	22	11 50.5	11 52.4	11 18.1	2.2 1.7	8.2 6.5	14.2 11.2
23	11 35.8	11 37.7	11 04.1	2.3 1.8	8.3 6.4	14.3 11.1	23	11 50.8	11 52.7	11 18.4	2.3 1.8	8.3 6.6	14.3 11.3
24	11 36.0	11 37.9	11 04.3	2.4 1.9	8.4 6.5	14.4 11.2	24	11 51.0	11 52.9	11 18.6	2.4 1.9	8.4 6.6	14.4 11.4
25	11 36.3	11 38.2	11 04.5	2.5 1.9	8.5 6.6	14.5 11.2	25	11 51.3	11 53.2	11 18.8	2.5 2.0	8.5 6.7	14.5 11.5
26	11 36.5	11 38.4	11 04.8	2.6 2.0	8.6 6.7	14.6 11.3	26	11 51.5	11 53.4	11 19.1	2.6 2.1	8.6 6.8	14.6 11.6
27	11 36.8	11 38.7	11 05.0	2.7 2.1	8.7 6.7	14.7 11.4	27	11 51.8	11 53.7	11 19.3	2.7 2.1	8.7 6.9	14.7 11.6
28	11 37.0	11 38.9	11 05.2	2.8 2.2	8.8 6.8	14.8 11.5	28	11 52.0	11 53.9	11 19.6	2.8 2.2	8.8 7.0	14.8 11.7
29	11 37.3	11 39.2	11 05.5	2.9 2.2	8.9 6.9	14.9 11.5	29	11 52.3	11 54.2	11 19.8	2.9 2.3	8.9 7.0	14.9 11.8
30	11 37.5	11 39.4	11 05.7	3.0 2.3	9.0 7.0	15.0 11.6	30	11 52.5	11 54.5	11 20.0	3.0 2.4	9.0 7.1	15.0 11.9
31	11 37.8	11 39.7	11 06.0	3.1 2.4	9.1 7.1	15.1 11.7	31	11 52.8	11 54.7	11 20.3	3.1 2.5	9.1 7.2	15.1 12.0
32	11 38.0	11 39.9	11 06.2	3.2 2.5	9.2 7.1	15.2 11.8	32	11 53.0	11 55.0	11 20.5	3.2 2.5	9.2 7.3	15.2 12.0
33	11 38.3	11 40.2	11 06.4	3.3 2.6	9.3 7.2	15.3 11.9	33	11 53.3	11 55.2	11 20.8	3.3 2.6	9.3 7.4	15.3 12.1
34	11 38.5	11 40.4	11 06.7	3.4 2.6	9.4 7.3	15.4 11.9	34	11 53.5	11 55.5	11 21.0	3.4 2.7	9.4 7.4	15.4 12.2
35	11 38.8	11 40.7	11 06.9	3.5 2.7	9.5 7.4	15.5 12.0	35	11 53.8	11 55.7	11 21.2	3.5 2.8	9.5 7.5	15.5 12.3
36	11 39.0	11 40.9	11 07.2	3.6 2.8	9.6 7.4	15.6 12.1	36	11 54.0	11 56.0	11 21.5	3.6 2.8	9.6 7.6	15.6 12.4
37	11 39.3	11 41.2	11 07.4	3.7 2.9	9.7 7.5	15.7 12.2	37	11 54.3	11 56.2	11 21.7	3.7 2.9	9.7 7.7	15.7 12.4
38	11 39.5	11 41.4	11 07.6	3.8 2.9	9.8 7.6	15.8 12.2	38	11 54.5	11 56.5	11 22.0	3.8 3.0	9.8 7.8	15.8 12.5
39	11 39.8	11 41.7	11 07.9	3.9 3.0	9.9 7.7	15.9 12.3	39	11 54.8	11 56.7	11 22.2	3.9 3.1	9.9 7.8	15.9 12.6
40	11 40.0	11 41.9	11 08.1	4.0 3.1	10.0 7.8	16.0 12.4	40	11 55.0	11 57.0	11 22.4	4.0 3.2	10.0 7.9	16.0 12.7
41	11 40.3	11 42.2	11 08.3	4.1 3.2	10.1 7.8	16.1 12.5	41	11 55.3	11 57.2	11 22.7	4.1 3.2	10.1 8.0	16.1 12.7
42	11 40.5	11 42.4	11 08.6	4.2 3.3	10.2 7.9	16.2 12.6	42	11 55.5	11 57.5	11 22.9	4.2 3.3	10.2 8.1	16.2 12.8
43	11 40.8	11 42.7	11 08.8	4.3 3.3	10.3 8.0	16.3 12.6	43	11 55.8	11 57.7	11 23.1	4.3 3.4	10.3 8.2	16.3 12.9
44	11 41.0	11 42.9	11 09.1	4.4 3.4	10.4 8.1	16.4 12.7	44	11 56.0	11 58.0	11 23.4	4.4 3.5	10.4 8.2	16.4 13.0
45	11 41.3	11 43.2	11 09.3	4.5 3.5	10.5 8.1	16.5 12.8	45	11 56.3	11 58.2	11 23.6	4.5 3.6	10.5 8.3	16.5 13.1
46	11 41.5	11 43.4	11 09.5	4.6 3.6	10.6 8.2	16.6 12.9	46	11 56.5	11 58.5	11 23.9	4.6 3.6	10.6 8.4	16.6 13.1
47	11 41.8	11 43.7	11 09.8	4.7 3.6	10.7 8.3	16.7 12.9	47	11 56.8	11 58.7	11 24.1	4.7 3.7	10.7 8.5	16.7 13.2
48	11 42.0	11 43.9	11 10.0	4.8 3.7	10.8 8.4	16.8 13.0	48	11 57.0	11 59.0	11 24.3	4.8 3.8	10.8 8.5	16.8 13.3
49	11 42.3	11 44.2	11 10.3	4.9 3.8	10.9 8.4	16.9 13.1	49	11 57.3	11 59.2	11 24.6	4.9 3.9	10.9 8.6	16.9 13.4
50	11 42.5	11 44.4	11 10.5	5.0 3.9	11.0 8.5	17.0 13.2	50	11 57.5	11 59.5	11 24.8	5.0 4.0	11.0 8.7	17.0 13.5
51	11 42.8	11 44.7	11 10.7	5.1 4.0	11.1 8.6	17.1 13.3	51	11 57.8	11 59.7	11 25.1	5.1 4.0	11.1 8.8	17.1 13.5
52	11 43.0	11 44.9	11 11.0	5.2 4.0	11.2 8.7	17.2 13.3	52	11 58.0	11 60.0	11 25.3	5.2 4.1	11.2 8.9	17.2 13.6
53	11 43.3	11 45.2	11 11.2	5.3 4.1	11.3 8.8	17.3 13.4	53	11 58.3	12 00.2	11 25.5	5.3 4.2	11.3 8.9	17.3 13.7
54	11 43.5	11 45.4	11 11.5	5.4 4.2	11.4 8.8	17.4 13.5	54	11 58.5	12 00.5	11 25.8	5.4 4.3	11.4 9.0	17.4 13.8
55	11 43.8	11 45.7	11 11.7	5.5 4.3	11.5 8.9	17.5 13.6	55	11 58.8	12 00.7	11 26.0	5.5 4.4	11.5 9.1	17.5 13.9
56	11 44.0	11 45.9	11 11.9	5.6 4.3	11.6 9.0	17.6 13.6	56	11 59.0	12 01.0	11 26.2	5.6 4.4	11.6 9.2	17.6 13.9
57	11 44.3	11 46.2	11 12.2	5.7 4.4	11.7 9.1	17.7 13.7	57	11 59.3	12 01.2	11 26.5	5.7 4.5	11.7 9.3	17.7 14.0
58	11 44.5	11 46.4	11 12.4	5.8 4.5	11.8 9.1	17.8 13.8	58	11 59.5	12 01.5	11 26.7	5.8 4.6	11.8 9.3	17.8 14.1
59	11 44.8	11 46.7	11 12.6	5.9 4.6	11.9 9.2	17.9 13.9	59	11 59.8	12 01.7	11 27.0	5.9 4.7	11.9 9.4	17.8 14.2
60	11 45.0	11 46.9	11 12.8	6.0 4.7	12.0 9.3	18.0 14.0	60	12 00.00	12 02.0	11 27.2	6.0 4.8	12.0 9.5	18.0 14.3

## CORREZIONI DELLE ALTEZZE DI STELLE E PIANETI

PRIMA CORREZIONE			SECONDA CORREZIONE			TERZA CORREZIONE						
Elevazione dell'occhio			Altezza osservata			Mese	Pianeta	ALTEZZA OSSERVATA				
h	m	s	h	m	s			0°	30°	55°	65°	75°
0.34	18.9	13.41	13.5	4.23	29.1	9.44	34.6					
0.43	18.8	13.72	13.4	4.26	29.2	9.56	34.7					
0.49	18.7	14.33	13.3	4.29	29.3	10.08	34.8					
0.58	18.6	14.63	13.2	4.32	29.4	10.20	34.9					
0.67	18.5	14.94	13.1	4.36	29.5	10.33	35.0					
0.76	18.4	15.54	13.0	4.39	29.6	10.46	35.1					
0.85	18.3	15.85	12.9	4.42	29.7	11.00	35.2					
0.98	18.2	16.46	12.8	4.46	29.8	11.14	35.3					
1.10	18.1	16.76	12.7	4.49	29.9	11.29	35.4					
1.22	18.0	17.37	12.6	4.53	30.0	11.45	35.5					
1.34	17.9	17.68	12.5	4.56	30.1	12.01	35.6					
1.49	17.8	18.29	12.4	5.00	30.2	12.18	35.7					
1.62	17.7	18.90	12.3	5.04	30.3	12.35	35.8					
1.77	17.5	19.20	12.2	5.08	30.4	12.54	35.9					
1.92	17.5	19.81	12.1	5.12	30.5	13.13	36.0					
2.10	17.4	20.42	12.0	5.16	30.6	13.33	36.1					
2.26	17.3	20.73	11.9	5.20	30.7	13.54	36.2					
2.44	17.2	21.34	11.8	5.24	30.8	14.16	36.3					
2.62	17.1	21.95	11.7	5.28	30.9	14.40	36.4					
2.80	17.0	22.56	11.6	5.32	31.0	15.04	36.5					
2.99	16.9	22.86	11.5	5.37	31.1	15.30	36.6					
3.20	16.8	23.47	11.4	5.41	31.2	15.57	36.7					
3.41	16.7	24.08	11.3	5.46	31.3	16.26	36.8					
3.63	16.6	24.69	11.2	5.51	31.4	16.56	36.9					
3.84	16.5	25.30	11.1	5.55	31.5	17.28	37.0					
4.05	16.4	25.91	11.0	6.00	31.6	18.02	37.1					
4.30	16.3	26.52	10.9	6.05	31.7	18.38	37.2					
4.54	16.2	26.82	10.8	6.11	31.8	19.17	37.3					
4.79	16.1	27.43	10.7	6.16	31.9	19.58	37.4					
5.03	16.0	28.04	10.6	6.21	32.0	20.42	37.5					
5.30	15.9	28.65	10.5	6.27	32.1	21.28	37.6					
5.58	15.8	29.26	10.4	6.32	32.2	22.19	37.7					
5.82	15.7	29.87	10.3	6.38	32.3	23.13	37.8					
6.13	15.6	30.78	10.2	6.44	32.4	24.11	37.9					
6.40	15.5	31.39	10.1	6.50	32.5	25.14	38.0					
6.71	15.4	32.00	10.0	6.56	32.6	26.22	38.1					
6.98	15.3	32.61	9.9	7.03	32.7	27.36	38.2					
7.28	15.2	33.22	9.8	7.09	32.8	28.56	38.3					
7.59	15.1	33.83	9.7	7.16	32.9	30.24	38.4					
7.92	15.0	34.44	9.6	7.23	33.0	32.00	38.5					
8.26	14.9	35.36	9.5	7.30	33.1	33.45	38.6					
8.56	14.8	35.97	9.4	7.37	33.2	35.40	38.7					
8.90	14.7	36.58	9.3	7.44	33.3	37.40	38.8					
9.27	14.6	37.19	9.2	7.52	33.4	40.08	38.9					
9.60	14.5	38.10	9.1	8.00	33.5	42.44	39.0					
9.97	14.4	38.71	9.0	8.08	33.6	45.36	39.1					
10.33	14.3	39.32	8.9	8.16	33.7	48.47	39.2					
10.70	14.2	40.23	8.8	8.25	33.8	52.18	39.3					
11.06	14.1	40.84	8.7	8.34	33.9	56.11	39.4					
11.46	14.0	41.45	8.6	8.43	34.0	60.28	39.5					
11.86	13.9	42.37	8.5	8.52	34.1	65.08	39.6					
12.22	13.8	42.98	8.4	9.02	34.2	70.11	39.7					
12.65	13.7	43.89	8.3	9.12	34.3	75.34	39.8					
13.05	13.6	44.50	8.2	9.23	34.4	81.13	39.9					
13.47	13.6	45.42		9.33	34.5	87.03	40.0					
				9.44		90.00						

Le correzioni sono tutte POSITIVE, ma dell'altezza calcolata bisogna togliere " per avere l'altezza vera.

**NOTA**  
Se l'altezza osservata, o l'elevazione dell'occhio, corrisponde esattamente al valore della tavola, scegliere il valore superiore fra le due correzioni possibili.

## LATITUDINE CON OSSERVAZIONE DI POLARE

## PRIMA CORREZIONE DELL'ALTEZZA VERA

	ts	correzione	ts	correzione	ts	correzione	ts	correzione	ts	correzione	ts	correzione
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
0	0 24.4	60	0 17.7	120	0 51.7	180	1 31.8	240	1 36.4	300	1 04.9	
1	23.9	61	18.0	121	52.5	181	32.3	241	38.1	301	04.2	
2	23.5	62	18.3	122	53.2	182	32.8	242	37.8	302	03.4	
3	23.0	63	18.6	123	54.0	183	33.2	243	37.5	303	02.7	
4	22.6	64	18.9	124	54.7	184	33.6	244	37.2	304	01.9	
5	0 22.1	65	0 19.2	125	0 55.5	185	1 34.1	245	1 36.9	305	1 01.2	
6	21.7	66	19.6	126	56.2	186	34.5	246	36.5	306	1 00.4	
7	21.3	67	19.9	127	57.0	187	34.9	247	36.2	307	0 59.7	
8	20.9	68	20.3	128	57.7	188	35.3	248	35.8	308	0 58.9	
9	20.5	69	20.7	129	58.5	189	35.6	249	35.5	309	0 58.2	
PP	10 0 20.2	70	0 21.1	130	0 59.2	190	1 36.0	250	1 35.1	310	0 57.4	
1.0	19.8	71	21.5	131	1 00.0	191	36.3	251	34.7	311	56.7	
12	19.4	72	21.9	132	0 0.7	192	36.7	252	34.3	312	55.9	
13	19.1	73	22.3	133	0 1.5	193	37.0	253	33.9	313	55.1	
14	18.8	74	22.8	134	0 2.3	194	37.3	254	33.5	314	54.4	
10 0.2	15 0 18.5	75	0 23.2	135	1 03.0	195	1 37.8	255	1 33.0	315	0 53.6	
20 0.3	16 0 18.5	76	23.7	136	0 3.8	196	37.9	256	32.6	316	52.9	
30 0.5	17 0 17.9	77	24.1	137	0 4.5	197	38.2	257	32.1	317	52.1	
40 0.7	18 0 17.6	78	24.6	138	0 5.2	198	38.5	258	31.6	318	51.4	
50 0.8	19 0 17.3	79	25.1	139	0 6.0	199	38.7	259	31.2	319	50.6	
20	0 17.1	80	0 25.6	140	1 06.7	200	1 39.0	260	1 30.7	320	0 49.9	
21	16.8	81	26.1	141	0 7.5	201	39.2	261	30.2	321	49.2	
0.8	22	16.6	82	26.6	142	0 8.2	202	39.4	262	29.7	322	48.4
23	16.4	83	27.1	143	0 8.9	203	39.7	263	29.2	323	47.7	
24	16.2	84	27.7	144	0 9.7	204	39.9	264	28.6	324	46.9	
10 0.1	25 0 16.0	85	0 28.2	145	1 10.4	205	1 40.0	265	1 28.1	325	0 46.2	
20 0.3	26 0 15.8	86	28.8	146	11.1	206	40.2	266	27.6	326	45.5	
30 0.4	27 0 15.7	87	29.4	147	11.8	207	40.4	267	27.0	327	44.8	
40 0.5	28 0 15.5	88	29.9	148	12.5	208	40.5	268	26.4	328	44.1	
50 0.7	29 0 15.4	89	30.5	149	13.2	209	40.6	269	25.9	329	43.3	
30	0 15.3	90	0 31.1	150	1 13.9	210	1 40.8	270	1 25.3	330	0 42.6	
31	15.1	91	31.7	151	14.6	211	40.9	271	24.7	331	41.9	
0.6	32	15.0	92	32.3	152	15.3	212	41.0	272	24.1	332	41.2
33	15.0	93	32.9	153	16.0	213	41.0	273	23.5	333	40.5	
34	14.9	94	33.5	154	16.7	214	41.1	274	22.9	334	39.8	
10 0.1	35 0 14.8	95	0 34.2	155	1 17.4	215	1 41.2	275	1 22.3	335	0 39.2	
20 0.2	36 0 14.6	96	34.8	156	18.0	216	41.3	276	21.7	336	38.6	
30 0.3	37 0 14.6	97	35.4	157	18.7	217	41.2	277	21.0	337	37.0	
40 0.4	38 0 14.7	98	36.1	158	19.4	218	41.3	278	20.4	338	37.1	
50 0.5	39 0 14.7	99	36.8	159	20.0	219	41.3	279	19.7	339	36.5	
40	0 14.7	100	0 37.4	160	1 20.7	220	1 41.5	280	1 19.1	340	0 35.8	
41	14.6	101	38.1	161	21.3	221	41.2	281	18.4	341	35.2	
0.4	42	14.8	102	38.8	162	21.9	222	41.2	282	17.8	342	34.5
43	14.9	103	39.4	163	22.5	223	41.1	283	17.1	343	33.9	
44	14.9	104	40.1	164	23.2	224	41.1	284	16.4	344	33.3	
45	0 15.0	105	0 40.8	165	1 23.8	225	1 41.0	285	1 15.7	345	0 32.7	
10 0.1	46 0 15.1	106	41.5	166	24.4	226	40.9	286	15.0	346	32.0	
20 0.1	47 0 15.2	107	42.2	167	25.0	227	40.8	287	14.3	347	31.4	
30 0.2	48 0 15.3	108	42.9	168	25.5	228	40.7	288	13.6	348	30.8	
40 0.3	49 0 15.4	109	43.6	169	26.1	229	40.6	289	12.9	349	30.3	
50	0 15.6	110	0 44.4	170	1 26.7	230	1 40.4	290	1 12.2	350	0 29.7	
51	15.7	111	45.1	171	27.2	231	40.3	291	11.5	351	29.1	
52	15.9	112	45.8	172	27.8	232	40.1	292	10.8	352	28.6	
53	16.1	113	46.5	173	28.3	233	40.0	293	10.1	353	28.0	
54	16.3	114	47.3	174	28.9	234	39.8	294	9.3	354	27.5	
55	0 16.5	115	0 48.0	175	1 29.4	235	1 39.6	295	1 08.6	355	0 26.9	
56	16.7	116	48.7	176	29.9	236	39.4	296	07.9	356	26.4	
57	16.9	117	49.5	177	30.4	237	39.1	297	07.1	357	25.9	
58	17.1	118	50.2	178	30.9	238	38.9	298	06.4	358	25.4	
59	17.4	119	51.0	179	31.4	239	38.6	299	05.7	359	24.9	
60	17.7	120	51.7	180	31.8	240	38.4	300	04.9	360	24.4	

NOTA - Le correzioni sono tutte POSITIVE, ma dall'altezza vera bisogna togliere t° per avere la latitudine.

## LATITUDINE CON OSSERVAZIONE DI POLARE

Alt.	ts																		
	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	220°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	360°
SECONDA CORREZIONE DELL'ALTEZZA VERA																			
10	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.8	0.9
20	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9
30	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9
40	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
45	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0
50	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
56	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0
61	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1
65	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.2	1.2	1.1
68	1.1	1.0	1.0	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1
70	1.2	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2
TERZA CORREZIONE DELL'ALTEZZA VERA																			
Gennaio	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2
Febbraio	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1
Marzo	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9
Aprile	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8
Maggio	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7
Giugno	0.6	0.7	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.6
Luglio	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.7
Agosto	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8
Settembre	1.0	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0
Ottobre	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2
Novembre	1.4	1.3	1.2	1.0	0.9	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.4	1.4	1.4
Dicembre	1.5	1.5	1.4	1.2	1.1	0.9	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.8	0.9	1.1	1.3	1.4	1.5	1.5

NOTA - Le correzioni sono tutte POSITIVE, ma dall'altezza vera bisogna togliere 1° per avere la latitudine.

## ANGOLO AZIMUTALE DELLA POLARE

Alt.	ts																		
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
	E	E	E	E	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	
c	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
10	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5
20	0.5	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5
30	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5
40	0.6	0.5	0.3	0.1	0.0	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.6	0.6
50	0.7	0.5	0.4	0.2	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.8	0.7
55	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0	0.2	0.5	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.1	0.9	0.8
60	0.9	0.7	0.5	0.2	0.0	0.3	0.5	0.7	1.0	1.1	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	0.9
65	1.1	0.8	0.5	0.3	0.0	0.3	0.6	0.9	1.1	1.3	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1
70	1.3	1.0	0.7	0.3	0.0	0.4	0.8	1.1	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.3
	W	W	W	W	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
	180°	190°	200°	210°	220°	230°	240°	250°	260°	270°	280°	290°	300°	310°	320°	330°	340°	350°	360°

## 15.2. ERRORI NELLE ALTEZZE E LA SCELTA DEL PUNTO NAVE

Se le misurazioni delle altezze non fossero affette da errori, le rette si intersecherebbero tutte nello stesso punto, che sarebbe certamente il Punto Nave esatto. In realtà, ciò non accade praticamente mai, e quindi diventa necessario chiarire come si deve ragionare per ottenere il Punto Nave più probabile. Diciamo anzitutto che, a somiglianza di quanto avviene in navigazione costiera, al crescere del numero dei luoghi di posizione impiegati aumenta l'affidabilità del risultato e, insieme, anche la possibilità di valutare gli errori commessi. Com'è noto, gli errori sono di due tipi. Quelli sistematici, che risultano sempre uguali in valore e segno, e quelli accidentali, variabili in valore e segno. Entrambi devono essere valutati una volta scelto il Punto Nave più probabile per deciderne l'affidabilità.

Gli errori sistematici sono:

- ▶ un valore sbagliato del gamma da inserire nel calcolo dell'altezza vera;
- ▶ un errore nel tempo, che, come già rilevato in precedenza, comporta uno spostamento per parallelo delle rette di una distanza che, a parità di errore, è funzione del coseno della latitudine;
- ▶ valori anomali della depressione dell'orizzonte e della rifrazione;
- ▶ valore sbagliato della elevazione dell'occhio;
- ▶ l'errore personale di collimazione, sul quale è necessario fare alcune considerazioni, per la sua rilevanza nella scelta del Punto Nave. Un osservatore allenato tende normalmente a tangenziare l'astro sull'orizzonte "bagnandolo" o "asciugandolo". Se conoscessimo esattamente la nostra posizione sarebbe facile concludere che nel primo caso l'altezza sarà maggiore di quella esatta e la retta risulterà spostata verso il punto subastrale nella direzione dell'azimut, perché il raggio del cerchio d'altezza vero diminuisce. Perciò la retta darà le spalle al PN e si tratterà di una retta "a sguardare" o che "sguarda". Nel secondo caso avverrà il contrario. L'altezza misurata minore di quella esatta comporterà un allontanamento della retta dal PN nella direzione inversa all'azimut e si tratterà di una retta "a guardare" o che "guarda". In tutti e due i casi, però, si tratta di rette orientate nella direzione dell'azimut indicata dalle frecce che risultano determinanti per valutare se una retta "sguarda" o "guarda" (Figg. 15.8A; 15.8B). Tuttavia, poiché il PN non è noto, bisognerà invertire il ragionamento scegliendo il PN più probabile, in modo che le rette risultino tutte "a guardare" o tutte "a sguardare".

Fig. 15.8A

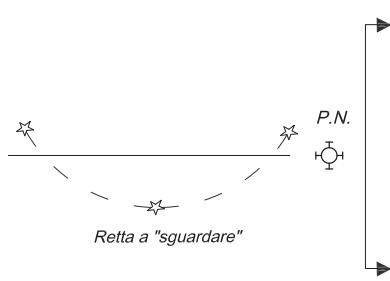


Fig. 15.8B



Gli errori accidentali sono invece dovuti a cause variabili e non prevedibili, quali una raffica di vento, il rollio, il beccheggio, un errore di lettura nella mostra o nel cronometro, un errore di lettura sulla scala graduata, oppure uno o più errori nella procedura di calcolo. Come si vedrà, entrambi gli errori sono valutabili solo dopo aver eseguito il tracciamento e aver scelto il Punto Nave più probabile.

### 15.3. IL PUNTO NAVE CON DUE RETTE

È intuitivo che il Punto Nave con due sole rette, per quanto ravvicinate e con pochissimi errori di trasporto, non è affidabile per l'impossibilità di riconoscere e valutare qualunque tipo di errore in quanto, comunque, le due rette si incontrano in un punto.

Sarà quantomeno opportuno che le due stelle osservate abbiano una differenza di azimut più vicina possibile ai 90° gradi per ridurre, come nel caso dei rilevamenti costieri, la superficie di incertezza derivante dall'intersezione delle due fasce di incertezza che rappresentano gli errori cumulativi delle misure effettuate.

### 15.4. L'UTILIZZO DELLA BISETTRICE

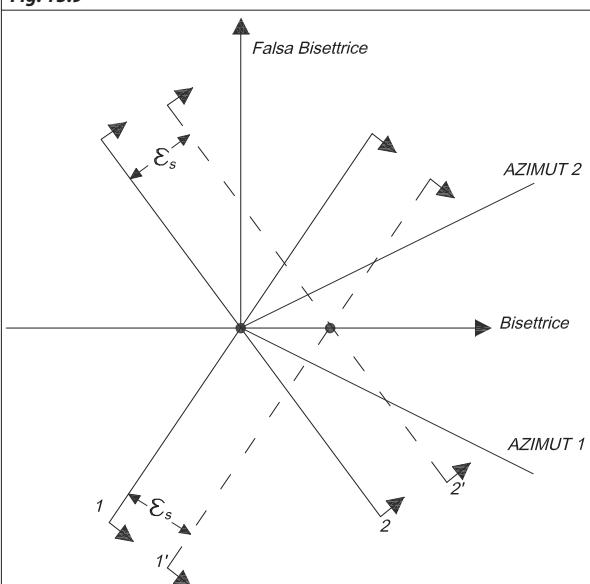
Utilizzando almeno tre rette, il Punto Nave viene ottenuto dall'intersezione delle bisettrici tracciate per ciascuna coppia di rette, che dovrà essere anche la bisettrice del loro azimut.

Il vantaggio della bisettrice è di eliminare l'errore sistematico, poiché attribuendo ad entrambe le rette lo stesso errore  $\epsilon$  esse continuano ad intersecarsi lungo la stessa bisettrice. Possiamo allora definire la bisettrice come il luogo di posizione di ugual differenza di altezza tra due stelle (Fig. 15.9).

Naturalmente, anche nel caso delle bisettrici, in quanto

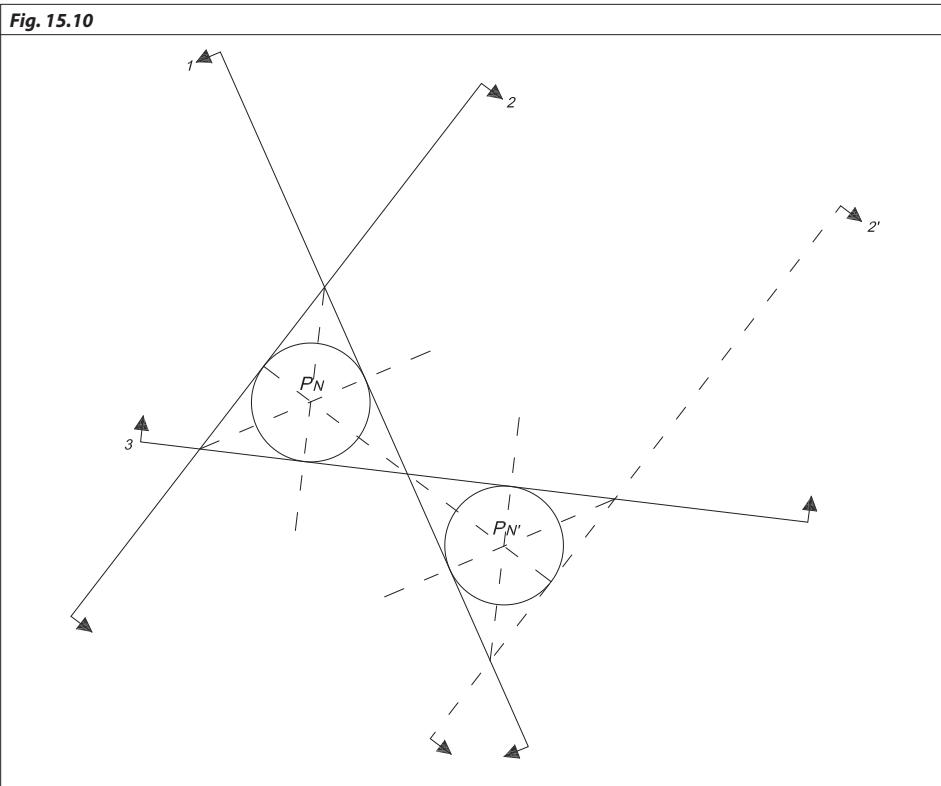
luoghi di posizione, il Punto Nave sarà tanto più affidabile quanto migliore sarà il loro angolo di intersezione in funzione del numero di rette impiegate. Va tuttavia precisato che, le bisettrici non eliminano l'errore sistematico nel tempo, poiché anch'esse, come le rette, vengono spostate verso est o verso ovest di una quantità che, lo ripetiamo, dipende dall'entità dell'errore e dal coseno della latitudine.

Fig. 15.9



### 15.5. IL PUNTO NAVE CON TRE RETTE

Il miglior Punto Nave con tre rette è ottenuto scegliendo tre rette in copertura d'orizzonte con differenza d'azimut ottimale di  $120^\circ$ , dalla cui intersezione si ottiene un triangolo equilatero, in cui è possibile inscrivere un cerchio tangente alle rette con il centro definito dall'intersezione delle bisettrici che rappresenta il PN (Fig. 15.10). In questo caso le bisettrici coincidono con le mediane e, di conseguenza, il baricentro (intersezione delle mediane) coincide con l'incentro (intersezione delle bisettrici). Tuttavia si tratta di un punto poco affidabile per l'impossibilità di valutare l'entità degli errori commessi, anche disponendo di tre rette tutte "a guardare" o "a sguardare". Sembra infatti che, essendo il PN per costruzione equidistante dalle rette, non ci sia alcun errore accidentale, con la conseguenza che il raggio del cerchio inscritto rappresenterebbe l'errore sistematico in valore e segno. Ma non è così.



Infatti se, con riferimento alla Fig. 15.10, attribuissimo per esempio alla retta 2 un certo errore accidentale, si otterebbe il PN' dall'intersezione delle bisettrici del nuovo triangolo così ottenuto, che parrebbe affetto solo da un errore sistematico (di segno opposto rispetto a PN), mentre, in realtà, esso deriva dall'errore accidentale che noi stessi abbiamo introdotto. Nella pratica, però, è molto difficile disporre di tre rette sguardate esattamente di  $120^\circ$ , perciò si dovrà, se possibile, osservare stelle che si avvicinino quanto più possibile a que-

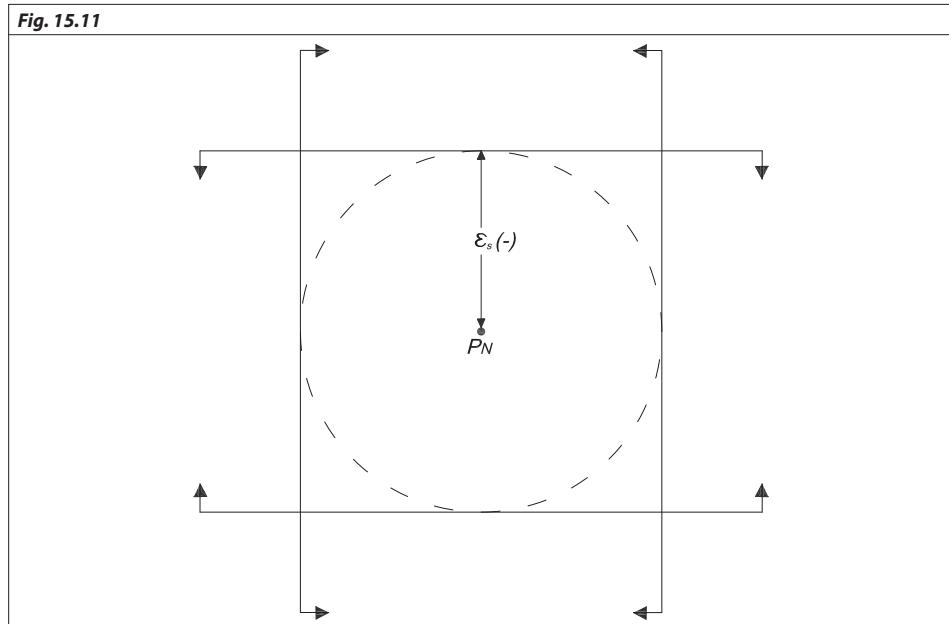
sta condizione ideale, evitando comunque di osservare all'interno di un settore inferiore a  $180^\circ$ . Dopodiché, il PN più probabile sarà costituito dall'intersezione delle bisettrici, mentre solo le dimensioni del triangolo non più equilatero così ottenuto saranno indicative dell'attendibilità del punto che, ovviamente, diminuirà al crescere della superficie di incertezza.

Tuttavia, se la somma delle due differenze d'azimut delle tre rette fosse inferiore a  $180^\circ$ , il PN più probabile risulterebbe dall'intersezione della miglior bisettrice, quella relativa alla miglior differenza d'azimut, con la terza retta. Analogamente nel caso in cui una delle rette fosse la Polare, riteniamo che il PN più attendibile sia dato dall'intersezione della bisettrice delle altre due rette con la Polare, in considerazione del fatto che, anche isolatamente, essa fornisce la latitudine.

### 15.6. IL PUNTO NAVE CON QUATTRO RETTE

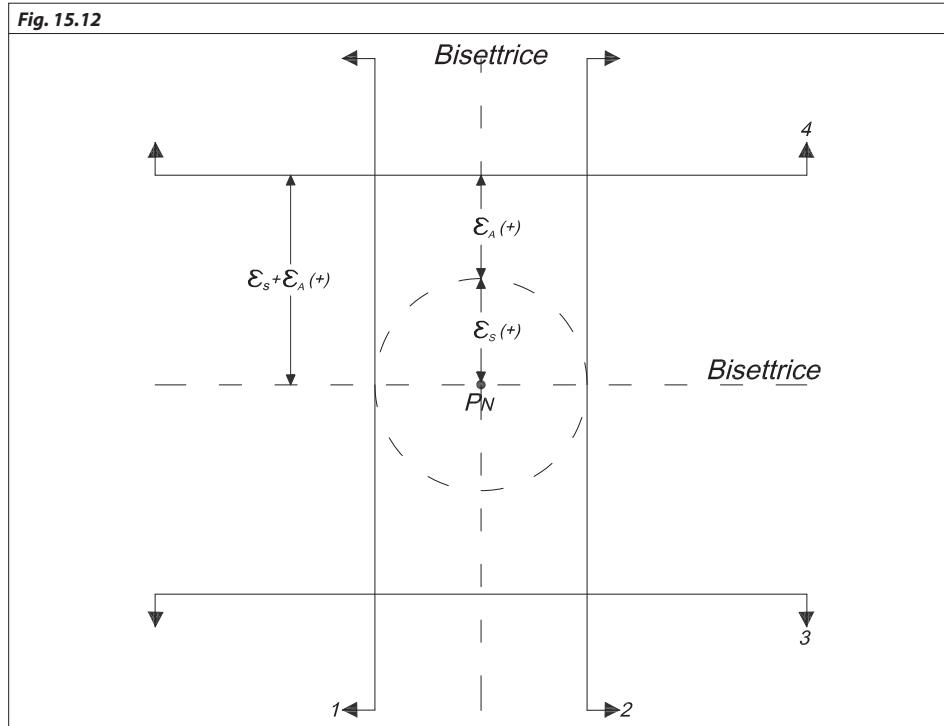
Quattro rette consentono di ottenere un buon PN consentendo di valutare sia gli errori sistematici che quelli accidentali. Affinché l'angolo di intersezione delle bisettrici sia il più vicino a quello ottimale di  $90^\circ$ , è necessario che le stelle osservate abbiano differenze di azimut prossime a  $90^\circ$ , in modo che le bisettrici si riferiscano a coppie di rette con differenze di azimut prossime a  $180^\circ$ . Ma ciò non è sufficiente a garantire la bontà del PN. È infatti necessario che tutte le rette siano orientate nello stesso modo rispetto al PN. Tutte "a guardare" o tutte "a sguardare", per avere la certezza che le stelle siano state osservate con lo stesso criterio di collimazione. Inoltre, com'è intuitivo, la superficie d'incertezza definita dalle quattro rette non dovrà essere troppo estesa. Vediamo alcuni esempi chiarificatori. Per esempio, nel PN della Fig.15.11 abbiamo solo errore sistematico, uguale (in valore e segno) per tutte le 4 rette. Punto attendibile: errori uguali e dello stesso segno (-) per altezze minori "a guardare".

Fig. 15.11



Invece, nel punto della *Fig. 15.12* gli errori sono diversi per le singole coppie di rette, pur avendo lo stesso segno (+): rette "a sguardare". Se tra 1 e 2 abbiamo, per esempio, 1' e tra 3 e 4 abbiamo 2', significa che l'errore sistematico è di 1' e quello accidentale tra 3 e 4 è 1'. Il punto è buono, ma meno attendibile del precedente.

*Fig. 15.12*



Ancora meno attendibile è il punto della *Fig. 15.13*, in cui gli errori sono addirittura di segno contrario: sistematico e accidentale positivo tra 1 e 2 (rette "a sguardare"), negativo e solo sistematico tra 3 e 4 (rette "a guardare"). In questo caso potrebbe essere sbagliata una retta qualsiasi: infatti spostando, per esempio, la 1 in 1', o la 4 in 4', la situazione migliorerebbe sensibilmente, ottenendo PN' con 4 rette "a guardare" e PN" con 4 rette "a sguardare". La presenza di una 5<sup>a</sup> retta consentirebbe subito di capire dov'è l'errore.