

## Welke is onze positie? Of is onze gispositie vanuit de klassieke zeevaartkunde wel juist?

Er is een tijd geweest dat onze voorgangers vooral op de Poolster beroep deden om te navigeren. Men had reeds door dat de poolhoogte gelijk was aan de geografische breedte. Voor het vertrek bepaalde men de hoogte van de Poolster met behulp van (primitieve) hoekinstrumenten. Met de poolhoogte uit de vertrekhaven gekend zeilde men noord of zuid. Om terug te keren werd er in de tegenoverstelde richting gevaren tot men de Polarishoogte van de vertrekhaven bereikt had. Met een koerswijziging van negentig graden voer men dan oost of west langs de breedtecirkel van de thuishaven (de hoogte van de Poolster constant houdend) tot de thuishaven bereikt werd.

Maar nu we een sextant kunnen hanteren en wat wijzer geworden zijn in de astrofysica kunnen we onze positie bepalen (cf. het eerste artikel). We kunnen de zon of de sterren gebruiken.

### Zonsbestek

Het is 22 maart 2024 en we liggen met ons schip ergens in de Golf van Guinea (onder Ghana). Gispositie  $00^{\circ}00'00''N$  en  $000^{\circ}00'00''E$  (niet erg realistisch, maar om het ons gemakkelijk te maken ...). Het is de gispositie (approximative position), dus we denken dat we hier zijn, op basis van klassieke zeevaartkunde (rekening gehouden met stroom en wind) of zelfs op basis van GPS. Met de sextant willen we onze reële positie met behulp van de zon bepalen. We doen dit eerst op het moment dat de zon het hoogst staat. In het jargon 'zonsdoorgang of meridian passage'. Dit tijdstip vinden we makkelijk terug in tabellen: 12h07 UTC.

Day	Sun		Mer. Pass hh:mm
	Eqn.of Time 00 <sup>h</sup> mm:ss	12 <sup>h</sup> mm:ss	
22	06:52	06:43	12:07
23	06:34	06:25	12:06
24	06:15	06:06	12:06

Figuur 1 Zonsdoorgang (Mer. Pass.) 22 maart 2024 . Nautical Almanac tables.

Vooraleer te meten met de sextant willen we ter vergelijking de **berekende** hoogte van de zon kennen. Hiervoor bestaan tabellen. Gewoon als voorbeeld is hier een fragment weergegeven. De Greenwich uurhoek (GHA) en de declinatie op datum van 22 maart 2024 om 12h is omkaderd. De lokale uurhoek (LHA) van de zon om 12h07' is  $00^{\circ}04.3'$  en de declinatie  $00^{\circ}56.3' N$ . Aan de hand van een andere tabel kan met de lokale uurhoek en declinatie de hoogte ( $H_c$ ) en het azimut ( $Z$ ) berekend worden.

DUT1 = UT1-UTC = +0.1113 sec ΔT = TT-UT1 = +69.0727 sec

2024 March 22 to Mar. 24 UT

h	Sun			Moon			HP	Lat.	Twilight		Sunrise	Sunset	Twilight		
	GHA	Dec		GHA	ν	Dec			d	Naut.			Civil	Civil	Naut.
0	178°17.1	N00°44.3		30°07.9	15.2'	N16°33.1	11.9'	54.0'							
1	193°17.3	45.3		44°42.1	15.2'	16°21.2	11.9'	54.0'	N 72°	02:57	04:31	05:41	18:35	19:45	21:22
2	208°17.5	46.3		59°16.3	15.3'	16°09.3	12.1'	54.0'	N 70°	03:20	04:41	05:43	18:32	19:34	20:57
3	223°17.7	47.3		73°50.6	15.3'	15°57.2	12.0'	54.0'	68°	03:37	04:49	05:45	18:29	19:26	20:39
4	238°17.8	48.3		88°24.9	15.4'	15°45.2	12.2'	54.0'	66°	03:51	04:56	05:47	18:27	19:19	20:25
5	253°18.0	49.3		102°59.3	15.5'	15°33.0	12.2'	54.0'	64°	04:02	05:01	05:49	18:26	19:14	20:13
6	268°18.2	N00°50.2		117°33.8	15.5'	N15°20.8	12.2'	54.0'	62°	04:11	05:06	05:50	18:24	19:09	20:04
7	283°18.4	51.2		132°08.3	15.6'	15°08.6	12.3'	54.0'	60°	04:19	05:10	05:51	18:23	19:05	19:56
8	298°18.6	52.2		146°42.9	15.6'	14°56.3	12.4'	54.0'	N 58°	04:26	05:13	05:52	18:22	19:01	19:49
9	313°18.8	53.2		161°17.5	15.7'	14°43.9	12.4'	54.0'	56°	04:31	05:16	05:53	18:21	18:58	19:43
10	328°19.0	54.2		175°52.2	15.7'	14°31.5	12.4'	54.0'	54°	04:36	05:19	05:54	18:20	18:55	19:38
11	343°19.2	55.2		190°26.9	15.8'	14°19.1	12.6'	54.0'	52°	04:41	05:21	05:55	18:19	18:53	19:33
12	358°19.3	N00°56.2		205°01.7	15.8'	N14°06.5	12.5'	54.0'	50°	04:45	05:23	05:55	18:18	18:51	19:29
13	178°19.5	56.2		219°36.6	15.9'	13°54.0	12.7'	54.0'	45°	04:53	05:28	05:57	18:17	18:46	19:21
14	20°19.7	58.1		234°11.5	16.0'	13°41.3	12.6'	54.0'	N 40°	04:59	05:31	05:58	18:15	18:43	19:14
15	43°19.9	00°59.1		248°46.4	16.0'	13°28.7	12.7'	54.0'	35°	05:04	05:34	05:59	18:14	18:40	19:09
16	58°20.1	01°00.1		263°21.4	16.1'	13°16.0	12.8'	53.9'	30°	05:08	05:36	06:00	18:13	18:37	19:05
17	73°20.3	01°01.1		277°56.5	16.1'	13°03.3	13.0'	53.9'							

DECLINATION (0° - 14°) NORTH (L.H.A. greater than 180° ... Z<sub>n</sub>=Z  
L.H.A. less than 180° ... Z<sub>n</sub>=360°-Z) OR SOUTH (L.H.A. greater than 180° ... Z<sub>n</sub>=180°-Z  
L.H.A. less than 180° ... Z<sub>n</sub>=180°+Z) LAT 0°

LHA	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	LAT 0°	
Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z
0	90 00	-60	89 00	-60	88 00	-60	87 00	-60	86 00	-60	85 00	-60	84 00	-60	83 00	-60	82 00
1	89 00	-25	88 35	-49	88 00	-25	87 18	-49	86 35	-25	85 53	-49	85 10	-25	84 27	-49	83 44
2	88 00	-14	87 46	-36	87 00	-14	86 24	-36	85 39	-14	84 57	-36	84 14	-14	83 31	-36	82 48
3	87 00	-07	87 00	-07	86 50	-26	86 50	-26	86 30	-07	85 57	-26	85 14	-07	84 31	-26	83 48
4	86 00	-07	86 00	-07	85 53	-21	85 53	-21	85 36	-07	84 57	-21	84 14	-07	83 31	-21	82 48
5	85 00	-06	85 00	-06	84 54	-17	84 54	-17	84 36	-06	83 57	-17	83 14	-06	82 31	-17	81 48
6	84 00	-05	84 00	-05	83 55	-14	83 55	-14	83 36	-05	82 57	-14	82 14	-05	81 31	-14	80 48
7	83 00	-04	83 00	-04	82 56	-13	82 56	-13	82 36	-04	81 57	-13	81 14	-04	80 31	-13	79 48
8	82 00	-04	82 00	-04	81 56	-11	81 56	-11	81 36	-04	80 57	-11	80 14	-04	79 31	-11	78 48
9	81 00	-03	81 00	-03	80 57	-10	80 57	-10	80 36	-03	79 57	-10	79 14	-03	78 31	-10	77 48
10	80 00	-02	80 00	-02	79 57	-09	79 57	-09	79 36	-02	78 57	-09	78 14	-02	77 31	-09	76 48

DECL

LHA	0°			1°			2°		
Hc	d	Z	Hc	d	Z	Hc	d	Z	
0	90 00	-60	90 00	-60	0	88 00	-		
1	89 00	-25	90 00	-49	45	87 46	-		
2	88 00	-14	90 00	-36	63	87 10	-		
3	87 00	-07	90 00	-26	72	86 24	-		
4	86 00	-07	90 00	-21	76	85 32	-		
5	85 00	-06	90 00	-17	79	84 37	-		
6	84 00	-05	90 00	-14	81	83 41	-		
7	83 00	-04	90 00	-13	82	82 43	-		
8	82 00	-04	90 00	-11	83	81 45	-		
9	81 00	-03	90 00	-10	84	80 47	-		
10	80 00	-02	90 00	-09	84	79 48	-		

Vergeet nu maar de tabellen, er bestaan ook handige apps (bv. Nautical Almanac App en Celestial Nav) om die gegevens te achterhalen! Op de verschillen tussen de apps en de officiële tabellen gaan we nu even in en we kiezen hier voor de app. In de app voeren we de gispositie, datum, tijd van zonsdoorgang in. Meteen krijgen we de berekende hoogte (Hc)  $89^{\circ}03'56''$  en het Azimut  $356^{\circ}$  (afgerond). Het verwondert ons niet dan de zon op dat uur pal boven ons hoofd moet staan!

Het lukt ons om precies op het tijdstip van de meridian passage (12h07 UT) de hoogte van de zon met de sextant te schieten.

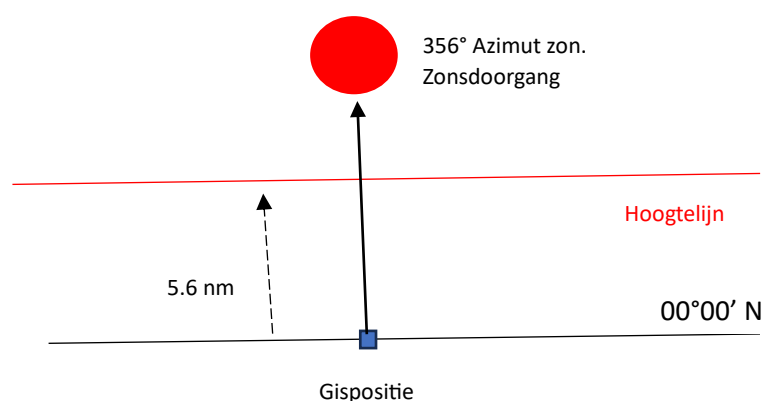
	Zon
Hoogte met sextant	$88^{\circ}57'00''$
DIP (ooghoogte 5 m) *	- 4'
Correctie Lower Limb**	+ 16'12''
<b>Hw (waargenomen hoogte)</b>	<b><math>89^{\circ}09'12''</math></b>

\* We bevinden ons niet op zeeniveau, maar op een luxejacht en staan 5 meter boven zeespiegel (eigenlijk boven de horizon). In tabellen vinden we de correctie van  $-4'$ .

\*\*Met de sextant meten we de hoogte van de onderkant van de zon, maar eigenlijk hebben we het midden van de zon nodig, dus moeten we corrigeren (in tabellen terug te vinden), hier  $16'12''$  als correctie.

De gemeten hoogte met de sextant (Hw) is groter dan de berekende hoogte (Hc). Het verschil ( $\Delta H$ ) bedraagt **5.6** boogminuten of nautical miles ( $89^{\circ}09'12'' - 89^{\circ}03'36' = 5'36''$  of  $5.6'$ ).

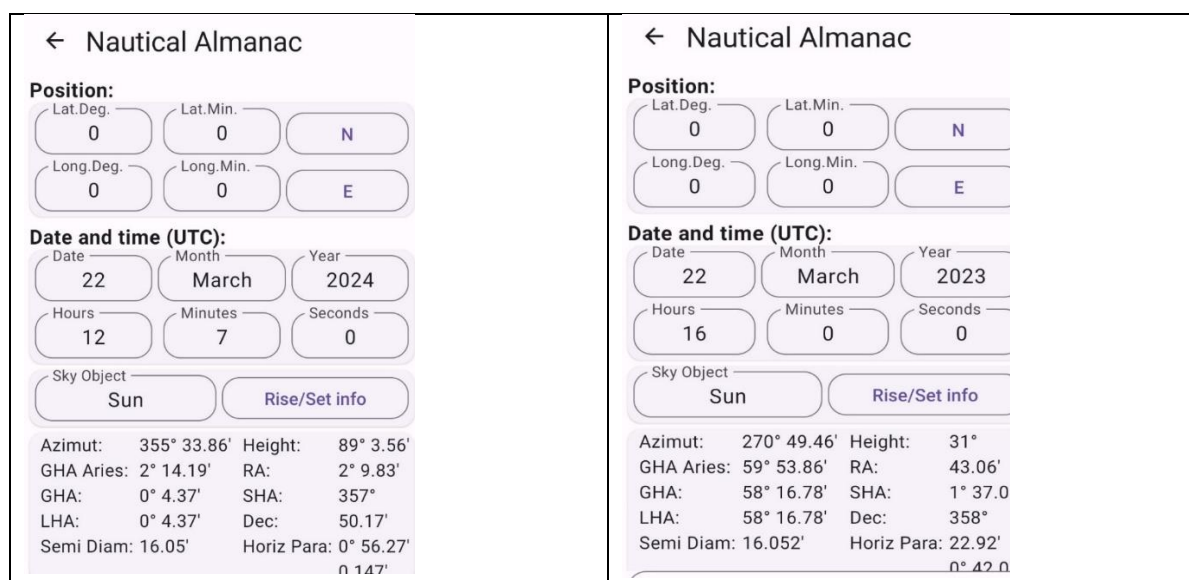
Vanuit onze gispositie tekenen we de Azimut (ware peiling) naar de zon. Die staat quasi loodrecht boven ons hoofd op dat tijdstip op de evenaar.



Op de lijn van het Azimut passen we dit verschil  $\Delta H$  (5.6 NM) af vanaf de gispositie in de **richting van** de zon. Op die afstand construeren we een loodlijn, de hoogtelijn. Tussen haakjes, er is in de astronavigatie een regel die zegt "als de waargenomen sextanthoogte > berekende hoogte, dan bevind ik mij meer naar het hemellichaam toe en vice versa".

We bevinden ons dus ergens op die hoogtelijn, maar we hebben een tweede hoogtelijn nodig om een snijpunt te bekomen (net zoals bij twee zichtpeilingen op 'aards niveau'). We maken het ons opnieuw gemakkelijk, we verzeilen niet maar blijven ter plaatse liggen. We wachten enkele uren om toch wat azimutspreiding te hebben. Om 16h nemen we er de sextant opnieuw bij en doen ook ons rekenwerk.

We voeren dezelfde gispositie en het tijdstip van de tweede meting (16h00 UTC) in de app in (én veronderstellen dat het internetbereik goed is!) We krijgen Azimut: 271° en Hc (calculated height): 31°. Dit zijn de berekende waarden.



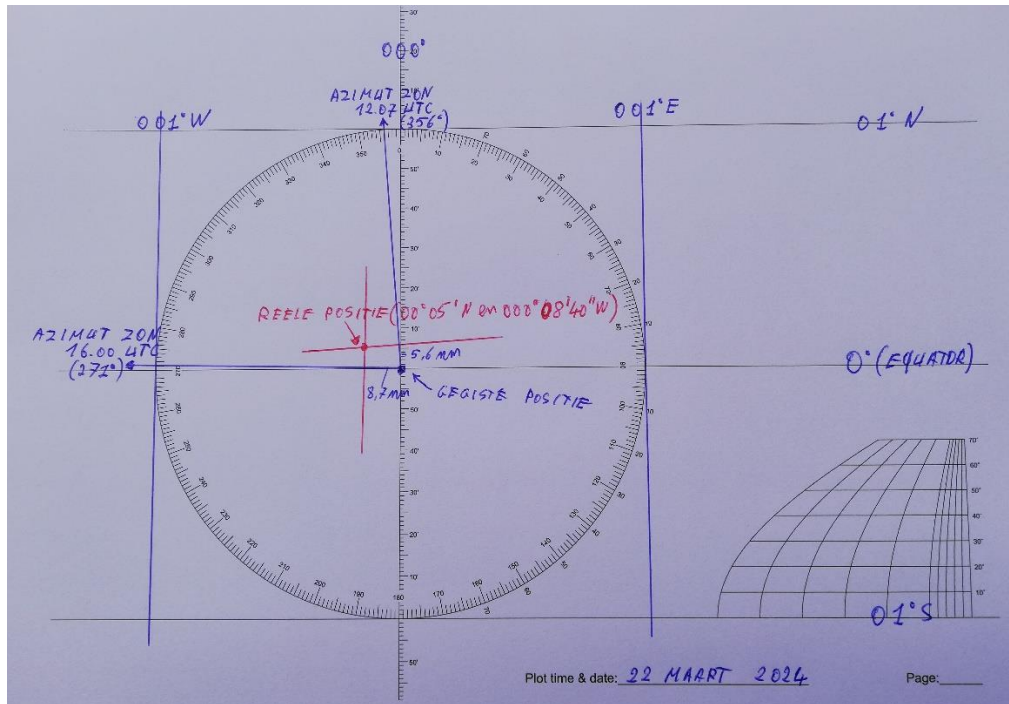
Figuur 2 Screenshot Nautical Almanac Sun. Zonsdoorgang (12.07) en tweede meting (16.00).

Met de sextant schieten we precies om 16h00 UTC de zon. De hoogte is 30°58'. We corrigeren weer voor de DIP (-04') en voor de onderkant (lower limb) + 14'42" (cf. Nautical Almanac Tables). Met de sextant meten we de onderkant maar we hebben het midden van de zon nodig om straks te vergelijken met de tabelgegevens. Dit maakt een waargenomen hoogte (**Hw**) van **31°08'42"**.

Opnieuw bepalen we het verschil tussen de berekende hoogte (31°) en de waargenomen hoogte (31°08'42"). Het verschil  $\Delta H$  is 8.7 (boog)minuten of nautische mijlen. Deze afstand afpassen op de Azimutlijn van de zon (271°) en terug de loodlijn. Dit kennen we al.

Het snijpunt van de loodlijn bij de tweede meting om 16.00 en deze bij zonsdoorgang s' middags geeft de reële positie. We kunnen dit allemaal uitzetten op een plottingsheet. Blanco exemplaren zijn van het internet te halen, o.a.

<https://www.starpath.com/downloads/UPS.pdf>. Op een plottingsheet wordt het duidelijker én kunnen we de reële positie gemakkelijk aflezen. Hoe dit in een plot kan uitgezet worden toont deze videofragment <https://www.youtube.com/watch?v=eLKNiYj5V-s&t=1511s> (let ook eens op de elegante manier om met geodriehoeken en liniaal om te gaan!)

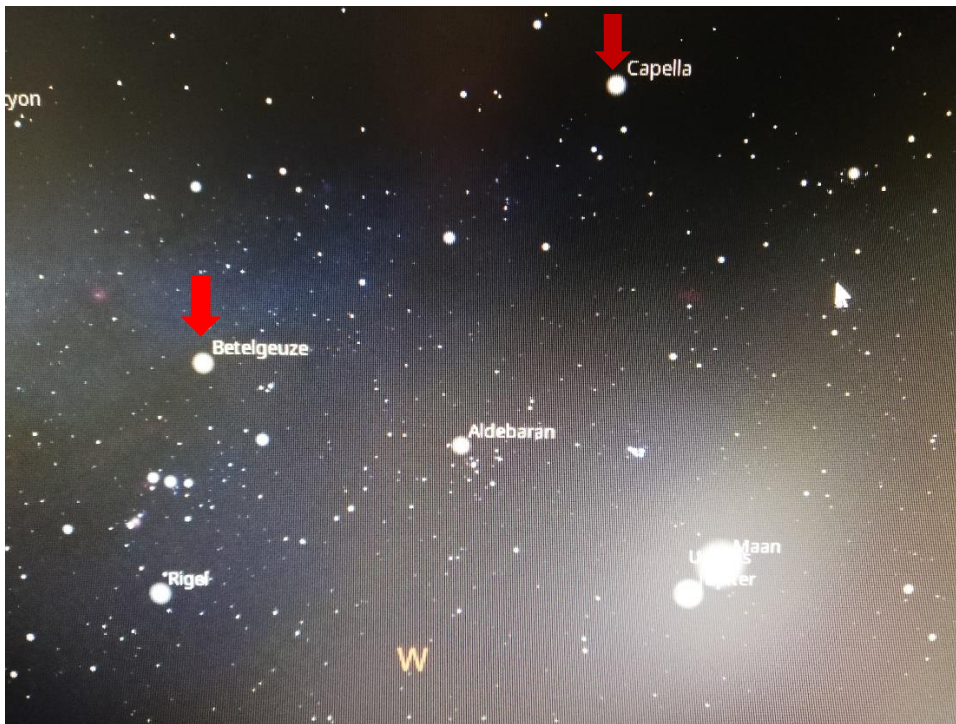


Figuur 3 Gispositie in 't midden (0°N en 0°E). Azimut lijn zon 356° (Mer. Pass) en 271° (16.00) DH 5.6 NM en 8.7 NM. Reële positie 00°05'N en 000°08'40"W.

### Stersbestek

Niet alleen overdag maar ook s' avonds met de sterren kunnen we met een sextant onze positie bepalen. Een voorbeeld. We verlaten de evenaar en varen naar de Noordzee nabij de Oostdyck zandbank. Onze gispositie is 51°20'10" N en 002°33'37" E (in decimale getallen: 51°20.16'N en 002°33.61'E). Voor alle duidelijkheid, de gispositie is de plaats waar we dénken te zijn op basis van klassieke zeevaartkunde (rekening gehouden met stroom en wind) of zelfs op basis van GPS. Met sextant willen we onze positie controleren en liefst bevestigd zien! En mocht de GPS uitgevallen zijn of tijdelijk niet beschikbaar (jamming of spoofing), dan is de sextant onze laatste redding.

Datum 10 april 2024 en besluiten vanavond onze positie te bepalen aan de hand van sterren. Betelgeuze en Capella lijken ons hiervoor geschikt qua hoogte, helderheid en azimutale spreiding.

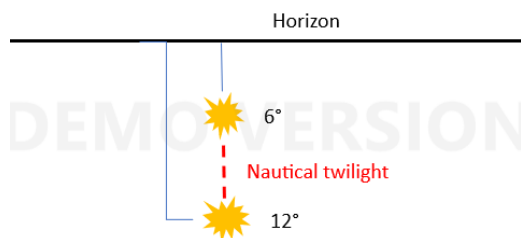


Figuur 4 Betelgeuze en Capella in NW tot NO richting op 10 april 2024 om 21h35 lokale tijd

Deze foto komt uit Stellarium, een gratis en gebruiksvriendelijk planetarium software. Is trouwens ter sprake gekomen tijdens het bezoek van de MYC aan Urania maart 2023.

We hebben geluk, het is onbewolkt, een heldere sterrenhemel.

Het beste moment om de metingen te doen is bij avondschemering. In het jargon heeft men het over *nautical twilight* en dit is terug te vinden in de Nautical Almanac.



Figuur 5 Nautical twilight (avondschemering) begint wanneer de zon 6° onder de horizon is en eindigt wanneer de zon 12° onder de horizon staat.

Het moment van de nautical twilight uit die tabellen moet uiteraard nog verrekend worden naar onze oosterlengte en onze lokale tijd. Op basis daarvan besluiten we onze metingen om 21h35 lokale tijd te doen. Voor het gemak nemen we aan dat we metingen van Betelgeuze en Capella op precies hetzelfde moment verrichten!

Dit zijn de resultaten van de sextant metingen.

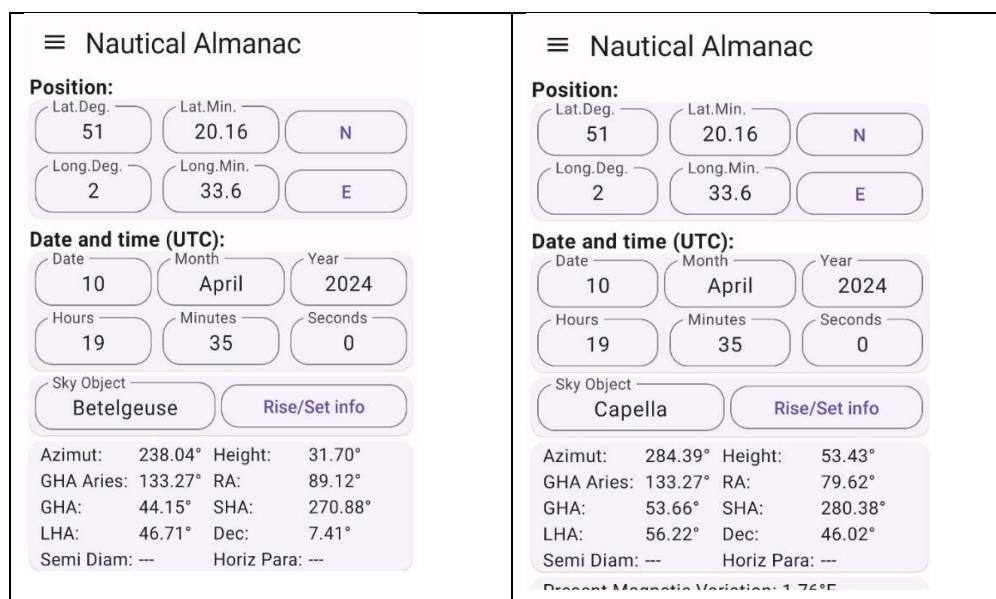
	<b>Betelgeuze</b>	<b>Capella</b>
Hoogte met sextant	31°42'00"	53°25'42"
Correctie voor ooghoogte* (bv. 2 meter)	-2'30"	-2'30"
Ha (apparent altitude)	31°39'30"	53°23'12"
Correctie voor de refractie*	-1'36"	-0'48"
<b>Hw (waargenomen hoogte)</b>	<b>31°37'54" ≈ 31°38'</b>	<b>53°22'24"</b>

\* Bij de afgelezen hoogte met sextant moeten een aantal correcties toegepast worden. Onder meer voor de hoogte waarop we staan ("DIP") en voor de refractie van het licht van de ster. Deze correcties vinden we terug in de Nautical Almanac 2024, pag. 281. ([https://thenauticalalmanac.com/TNARegular/2024\\_Nautical\\_Almanac.pdf](https://thenauticalalmanac.com/TNARegular/2024_Nautical_Almanac.pdf)). Hierop ingaan zou ons nu te ver brengen. Maar uiteindelijk bekomen we de **waargenomen** hoogte. Die hebben we straks nodig om te vergelijken met de **berekende** hoogte.

We hebben al de hoogte met de sextant *gemeten*, nu gaan we de hoogte én het Azimut (of ware peiling van het hemellichaam) *berekenen* met een app (Nautical Almanac in dit geval) op onze smartphone maar weet dat er voor die berekeningen ook boekwerken bestaan. We laten de app de berekeningen doen voor dezelfde gispositie (51°20'10" N en 002°33'37"E) en tijdstip (10/04/2024 om 21h35 Lokale tijd of 19h35 UTC).

	<b>Betelgeuze</b>	<b>Capella</b>
Azimut	238°	284.39°
Hc (Calculated height)	31.70°	53.42°
Hc omgezet in ° en 'en "	31°42'	53°26'
Waargenomen versus berekende hoogte) **	31°38'(Hw) - 31°42'(Hc)	53°22'24" -53°26'
<b>ΔH (minuten of nautical miles)</b>	<b>-4'</b>	<b>-3'36" of -3.6'nm</b>

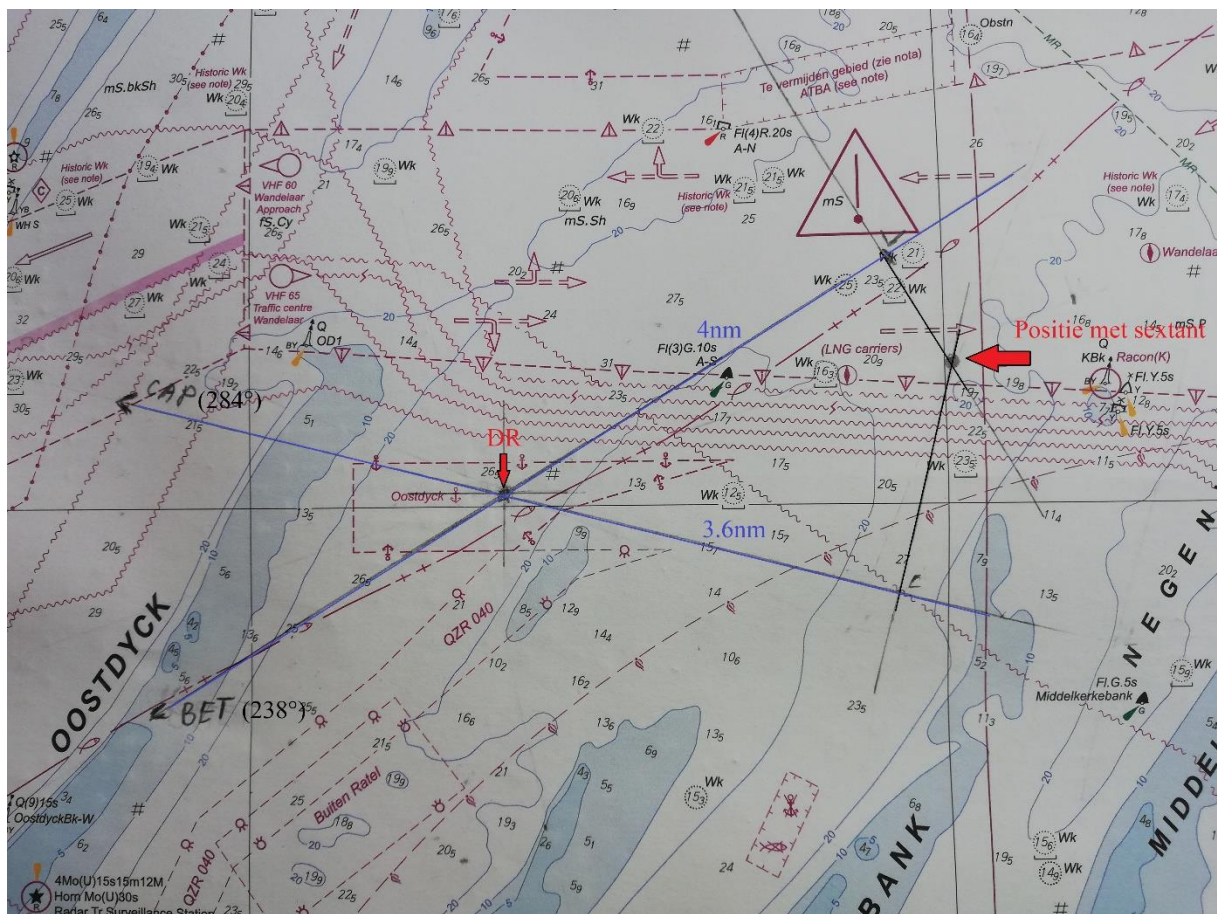
Zowel bij Betelgeuze als bij Capella bekomen we negatieve waarden, wat betekent dat we op onze azimutlijn verder van de ster verwijderd zijn dan ons gisgiste positie!



Figuur 5 Screenshot app Nautical Almanac voor Betelgeuze en Capella, berekende waarden

\*\*De *waargenomen* hoogte met sextant is verschillend van de *berekende* hoogte! Dit verschil  $\Delta H$  wordt in boogminuten of nautical miles (NM) uitgedrukt. Het is dit verschil dat we kunnen afpassen op de Azimut lijn in de zeekaart. De  $\Delta H$  (4' NM en 3.6' NM) passen we - zoals we gewoon zijn- af op de staande rand van de zeekaart en zetten die uit op de Azimut lijn. Hieruit trekken we op de Azimut lijn de loodlijn. Dit zijn onze hoogtelijnen. Het snijpunt van beide hoogtelijnen is onze werkelijke positie en vervangt onze gegiste positie! De coördinaten van deze nieuwe positie zijn op de kaartrand gemakkelijk af te lezen: 51°21'18"N en 002°40'12"E. We zitten dus iets noordelijker en zeker wat oostelijker dan dat we dachten.

U ziet, het lijkt misschien allemaal wat ingewikkeld, maar het principe is vrij eenvoudig. Het verschil in waargenomen hoogte (sextant) en berekende hoogte (app of tabellen) afzetten vanaf de gispositie op de peilingslijn van de ster en hierop een loodlijn construeren. We herhalen dit voor een tweede of zelfs derde ster en het snijpunt van de loodlijnen geeft ons de reële positie. Wat het nog makkelijker maakt is dat er (betalende) software bestaat om zelfs die hoogtelijnen te tekenen en meteen de coördinaten te geven.



Figuur 6 Gispositie (DR) en Azimut van Betelgeuze en Capella.  $\Delta H$  4' en 3.6'. Loodlijnen en positie met sextant