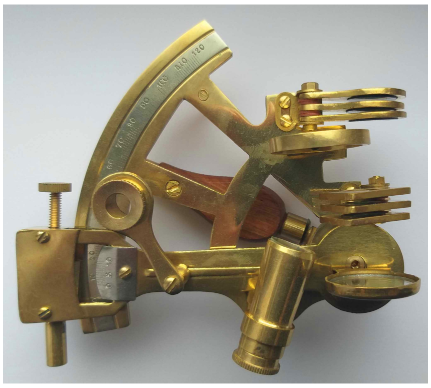
Lodní navigace se sextantem

Již od 15. století byli navigátoři vybaveni mechanickými pomůckami, které jim umožňovaly změřit úhlovou vzdálenost dvou objektů (např. hvězd, Slunce a horizontu nebo význačných bodů na vzdálené pevnině). Z takových pomůcek zde zmíníme např. Jakubovu hůl, astroláb nebo námořní sextant.[1] Jako zajímavost poznamenejme, že i přes své stáří má konkrétně sextant stále své místo jako záloha při náhlém výpadku signálu GPS a dokonce se testuje i jeho potenciální nouzová využitelnost ve vesmíru.



Obrázek 1: Námořní sextant (foto autora)

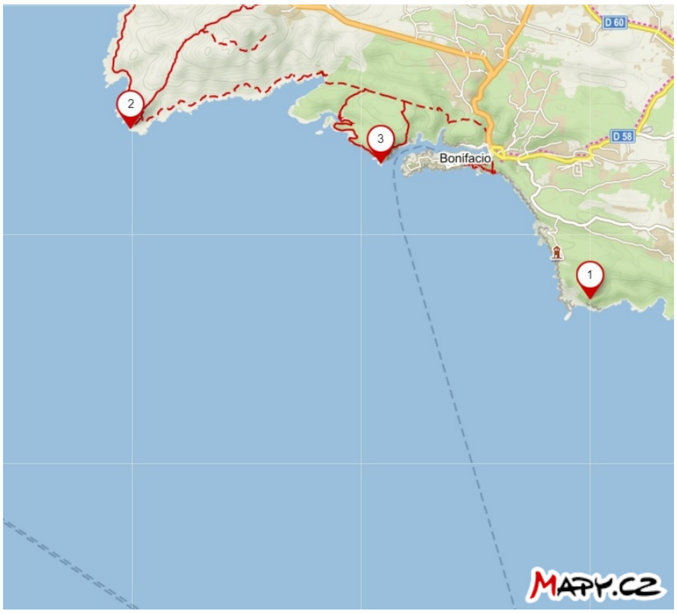
[1] Více informací o historii navigace mohou zájemci najít např. v článku [1].

Zadání (úloha 1)

Na mapě jsou vyznačeny polohy tří majáků blízko města Bonifacio na Korsice (obr. 2). Kapitán lodi na moři změřil dvě úhlové vzdálenosti[2] θ dvojice majáků následovně:

- $\theta\,(2, 3) = 52°$
- $\theta\,(1, 3) = 35°$

Sestrojte na mapě (viz pracovní list) bod označující polohu lodi v čase měření. Předpokládejme, že měření proběhla rychle za sebou, tzn. poloha lodi se prakticky nezměnila.

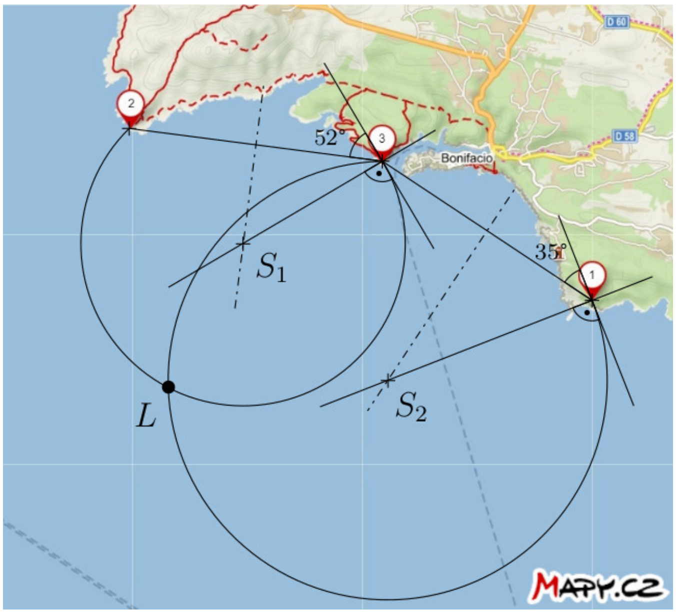


Obrázek 2: Zadání úlohy 1

Řešení (úloha 1)

Jestliže úhlová vzdálenost mezi majáky 2 a 3 činí 52°, nachází se loď někde na ekvigonále úsečky s koncovými body 2 a 3 příslušné řečenému úhlu. Podobně se také nachází na ekvigonále úsečky s koncovými body 1 a 3 příslušné úhlu 35°, tedy se loď musí nacházet v průsečíku dvou ekvigonál (obr. 3).

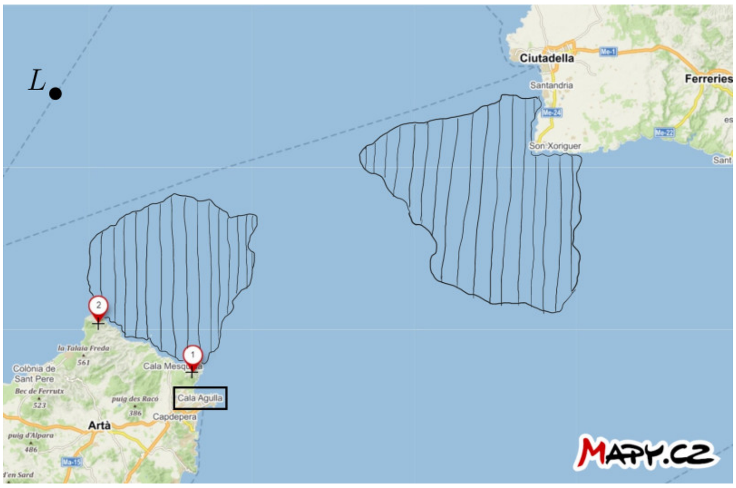
[2] Úhlovou vzdáleností θ dvou objektů A a B (vzhledem k pozorovateli P) rozumíme velikost konvexního úhlu APB.



Obrázek 3: Vyřešená úloha 1

Zadání (úloha 2)

Na mapě úžiny mezi ostrovy Mallorca a Menorca jsou vyznačeny dva výrazné body ① a ② na pevnině a poloha lodi L. Kromě toho se také na moři nachází dvě oblasti nebezpečných vod, ve kterých se nachází podvodní překážky (obr. 4 a pracovní list).

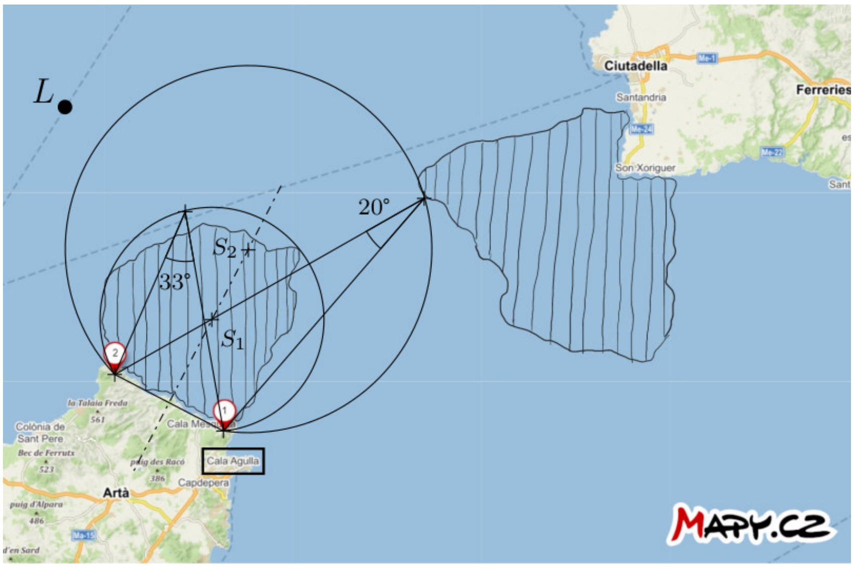


Obrázek 4: Zadání úlohy 2

Najděte způsob, jak proplout lodí nebezpečnými vodami do přístavu Cala Agulla. Využijte toho, že kapitán lodi umí v libovolném okamžiku změřit úhlovou vzdálenost dvou řečených bodů.

Řešení (úloha 2)

Sestrojme větší oblouky kružnic k_1 a k_2, které prochází body ① a ② (tedy mají střed na ose úsečky ①②) a které mají následující další vlastnost: oblouk kružnice k_1 těsně uzavírá přístavu bližší nebezpečnou oblast a oblouk kružnice k_2 se dotýká vzdálenější oblasti. Každý z těchto oblouků je přitom podmnožinou nějaké ekvigonály úsečky ①②. Změřme nyní obvodové úhly příslušné těmto obloukům – u našeho zadání je to přibližně 33° pro oblouk kružnice k_1 a 20° pro oblouk kružnice k_2 (obr. 5).



Obrázek 5: Vyřešená úloha 2

Jestliže je oblouková vzdálenost bodů ① a ② vzhledem k lodi menší než 33°, můžeme říci, že se loď nachází s jistotou mimo nebezpečnou oblast bližší přístavu. Naopak, jestliže bude řečená oblouková vzdálenost větší než 20°, loď se nachází mimo nebezpečnou oblast vzdálenější přístavu.

Formulujme nyní strategii proplutí: Kapitán lodi zamíří přímou cestou např. k bodu ② a během plavby měří obloukovou vzdálenost bodů ① a ②. Až bude tato vzdálenost větší než 20° (ale stále menší než 33°), stočí loď vlevo ve směru plavby a obepluje nebezpečné místo tak, že úhlovou vzdálenost obou bodů vzhledem k lodi udržuje mezi 20° a 33°. Tak je zajištěno, že loď zůstane v bezpečné oblasti mezi oběma oblouky.

Poznámka. Využitím obdobně zadaných úloh ve výuce matematiky na jedné základní škole v Athénách se daleko podrobněji zabývali Vroutsis, Psycharis a Triantafillou (2022).

Zdroje

[1] Vondrák J. (2013). Historie navigace – od kvadrantu k GNSS. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, 58 (1)*. Str. 11–20.

[2] Gaskill M. (2018). *Deep Space Navigation: Tool Tested as Emergency Navigation Device*. NASA. https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/Sextant_ISS

[3] Vroutsis, N., Psycharis, G., Triantafillou, C. (2022). Crossing the boundaries between school mathematics and marine navigation through authentic tasks. *For the Learning of Mathematics, 42(3)*. Str. 2–9.