Distanze delle boe e delle secche ottenute da foto digitali

Costantino Sigismondi *prof.sigismondi@icra.it*
(ICRA/Sapienza Università di Roma e ITIS G. Ferraris, Roma)
Submitted September 17th 2023, revised and accepted October 17th

Abstract The distances over the sea can be evaluated by the angular distance from the horizon at a given observing height above sea level. The Earth's sphere with average radius 6373 km is used to compute the distance of a buoy through a photo with angularly calibrated field of view.
The sandbanks' bathymetry 4h/3 is evaluated where the h-tall waves break.
Sommario Le distanze su mare sono calcolate a partire dalla distanza angolare dall'orizzonte e dal raggio medio della Terra di 6373 km. Il Campo di vista della camera fotografica è stato precedentemente calibrato.
La batimetria delle secche è i 4/3 dell'altezza delle onde, dove si rompono.
Keywords: Trigonometry; refraction; topography; geodesy; sandbank; buoy

Introduzione: la calibrazione del campo di vista è la prima operazione da fare sulle fotografie digitali. È stato dimostrato, durante la congiunzione Giove-Venere del 2022 che la precisione delle misure angolari usando foto con zoom identico è precisa entro ±1.7′. Trasformeremo distanze in pixel in distanze angolari dall'orizzonte del mare, per valutare la distanza di una boa a circa 200 metri, usando il modello di Terra sferica. Alla distanza di 200 m, secondo il regolamento marittimo, la boa segnala il limite di avvicinamento alla riva per le barche, nelle zone balneabili. **Campo di vista angolare:** 30 cm @ 1 m di distanza a 4x di ingrandimento digitale fanno un c.d.v.=16.7°, che diventano 2.685° col cannocchiale da 6.22x.
La boa in fig. 1 si trova 528 pixel sotto l'orizzonte, fotografato con 2048 pixel su 2.685°, ossia con una risoluzione di 4.72′′/pixel. La distanza della boa è la soluzione più vicina dell'equazione di secondo grado rappresentata dall'intersezione della linea di vista con la boa e la sfera terrestre. L'altra soluzione 170 km è non fisica, perché è dietro e sotto l'orizzonte del mare. Per risolvere l'equazione con i dati reali è stato opportuno usare excel.



Fig. 1 Boa del Gambrinus di Ostia (Roma), al cannocchiale 6.2x è 41.53′ sotto l'orizzonte marino, fotografata da circa 2.5 m slm. Essendo il diametro della lente del cannocchiale 18 mm, la risoluzione angolare massima è 100/18=5.6′′ nella banda visibile dello spettro elettromagnetico (λ=550 nm). d_{boa}=196 m

Modello di Terra sferica: tangenza e secante della linea di vista: la Terra ha un raggio medio di 6373 km, e da 2.5 m slm lo sguardo arriva tangente a tale sfera ideale a 5645 m, che è la distanza geometrica dell'orizzonte. Rispetto all'orizzontale (linea perpendicolare allo zenith, ossia al filo a piombo) l'orizzonte marino si trova –senza effetti refrattivi- sotto di θ=arccos(R/R+h), la depressione geometrica dell'orizzonte.

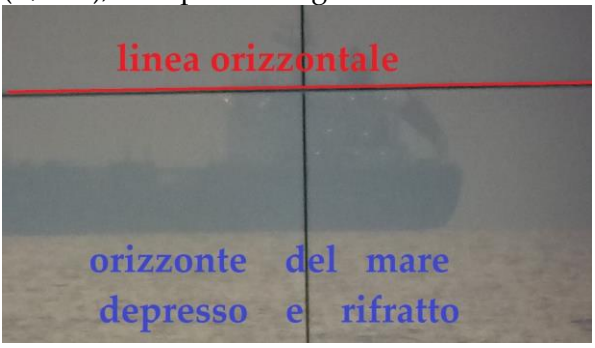


Fig. 2 Orizzonte da 5 m slm (Ostia, rotonda Cristoforo Colombo) θ_{mis}=4.87′, luogo di ripresa dei tramonti Ago-Ott '23.

L'orizzonte marino in fig. 2 subisce la rifrazione, perché l'aria era a 26°C e l'acqua a 23°C a 1018 mb di pressione. Quello geometrico sarebbe a θ_{5m}=4.31': la rifrazione lo abbassa di 0.56'
Nel calcolo geometrico che segue dobbiamo tenere conto che la depressione rifratta dell'orizzonte a 5.5 km è diversa dalla rifrazione a 200 metri, che forse potremmo trascurare. Quindi la distanza angolare della boa dall'orizzonte è diminuita dalla rifrazione, che per 2.5 metri slm assumiamo proporzionale a quella rilevata a 5 m. Se per 5 m la rifrazione extra valeva 0.56', per 2.5 m di quota la assumiamo valere 0.28'.
Così la boa dista 41.53'+ 0.28'=41.81' dall'orizzontale.
A quale distanza dall'osservatore si trova l'intersezione tra la linea di vista 41.81' sotto l'orizzontale e la sfera terrestre tangente 2.5 m sotto il punto di osservazione?
Usando un foglio excel per gestire dati reali con le relative incertezze, si risolve questa equazione di secondo grado, ottenendo 196 m, ho usato lo schema fig. 7 in fondo all'articolo.
Un'altra boa è stata osservata sia con mare calmo che agitato ed appare a distanze diverse dall'orizzonte marino. La boa, infatti, è ancorata con una cima molto lunga (circa 20 metri) al fondo del mare, così da assecondare il moto ondoso.
Sempre con la stessa scala angolare di 4.72''/pixel, la distanza dall'orizzonte marino è 293 pixel in asse, che da 2.5 m slm corrispondono a 255 m come distanza della boa dalla riva.



Fig. 3 Boa a 293 pixel dall'orizzonte il 14 X calma-dx ed il 15 X.

La boa in fig. 3 è sempre alla stessa distanza, ed è spostata di 20 m a Ovest il 15 ottobre, nella direzione del vento con mare agitato con onde di 1.8 m, foto nel centro e a sinistra: la boa va su e giù cambia altezza e fa 432 px e 358 px dall'orizzonte.
Le due foto sono separate da 1 secondo. L'altezza misurata di quelle onde arrivava a 1.7 m, e ciò spiega la differenza rilevata nella distanza dall'orizzonte in pixel. Per osservare la boa a distanze angolari inferiori dall'orizzonte la ho fotografata in asse, poi da circa 350 m a Est dell'asse, e da 820 m a Ovest.



Fig. 4 la stessa boa in asse, a -350 m e a +820 m. Pari ingrandimento e stessa quota della foto sul livello del mare. Si noti come cambia il colore dell'acqua col Sole in asse a sx e dx.

Batimetria al largo: le due secche davanti a Ostia l'ultima boa esaminata si trova 140 m al largo della prima secca, che è a 110 m dalla riva; queste misure sono state prese a nuoto, contando le bracciate e facendo la proporzione con 250 m trigonometrici. Nella prima mareggiata le onde di 1.7 m si infrangevano circa 6.5 s prima di raggiungere la boa, e impiegavano altri 12 s a raggiungere la prima secca (profonda solo 1 m) dove si rompevano di nuovo. Ad 11.7 m/s=140/12 queste onde percorrono circa 76 m per raggiungere la boa dopo essersi rotte, per aver raggiunto un fondale la cui profondità p sta all'altezza h dell'onda h>3/4p,[1] da cui p<4/3h; e con h=1.7 la

[1] When does a breaking wave occur in the ocean? A breaking wave occurs when one of three things happen: The crest of the wave forms an angle less

seconda secca ha una profondità p<2.26 m e si trova 76 m più al largo della boa, a circa 325-330 m dalla riva.
Anche l'altezza delle onde al largo è stata stimata con lo stesso metodo trigonometrico. La foto in fig. 6 è stata presa 2 secondi dopo quella a sx di fig. 3: la base visibile di quell'onda è a 311 metri dalla riva ed è alta 1.72 m. Tra quel frangente e la seconda secca (circa 210 m) ci sono 4 onde complete, per cui la loro lunghezza d'onda si stima pari a 50 metri. La seconda condizione per la rottura dell'onda $h>\lambda/7$,[1]pertanto, non può verificarsi perché onde di 7 metri non starebbero in piedi su un fondale così basso (5 metri a 500 metri di distanza).[2]
Tra le due secche, c'è il canalone dove si crea la corrente *longshore* diretta parallelamente alla riva, quando il mare è mosso, solcata perpendicolarmente da *rip currents*, che riportando al largo l'eccesso di acqua spinto a riva dalle onde.
Queste due correnti sono pericolose perché possono trascinare con sé i nuotatori che tentassero di risalirle, senza assecondarle nuotando al più perpendicolarmente ed esse, per uscirne fuori.

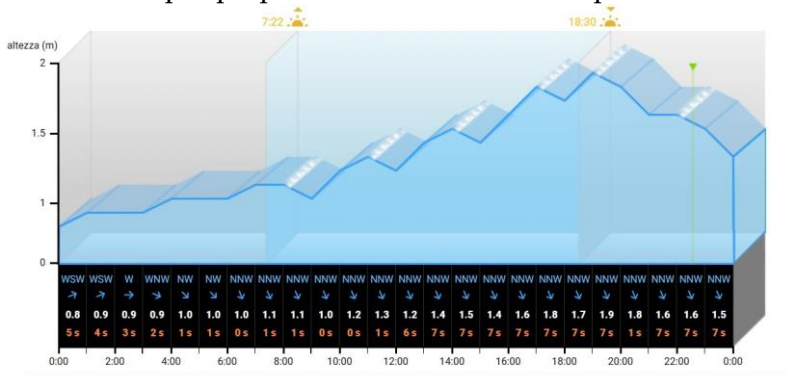


Fig. 5 Moto ondoso il 15 ott 23 (meteopesca.com Lido di Ostia) è indicata l'altezza in m e il periodo T in secondi. $\lambda \sim 5T^2/3$.[3]

than 120˚; The wave height is greater than one-seventh of the wavelength (H > 1/7 L); or The wave height is greater than three-fourths of the water depth (H > 3/4 D). *How are waves affected by water depth? Short-Question*
[2] Dato ISPRA, *Cartografia tematica dei fondali laziali*, 170/2012.

Applicando la formula di Bascom[3] al periodo di 6.5 s λ=70 m in alto mare. Qui abbiamo valutato λ=50 metri, ma già le onde "sentono" il fondo e stanno rallentando.



Fig. 6 a destra: onda oltre la boa di fig. 3 e 4, a sinistra frangenti della prima secca. 15 Ott h 17:30, con onde da 1.8 m (cfr. fig. 5).

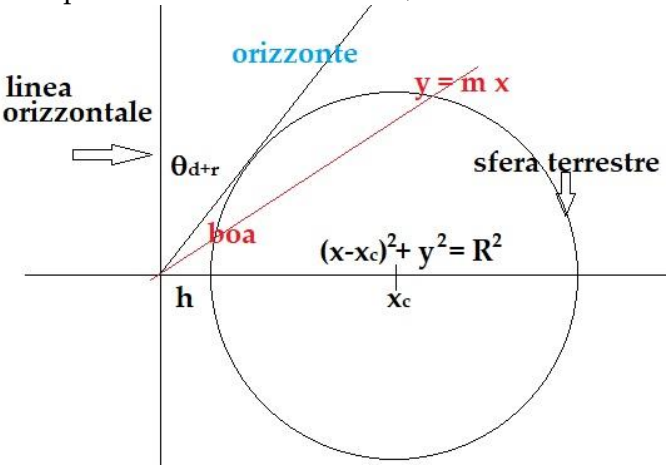


Fig. 7 Schema cartesiano usato per l'equazione di II grado.
Referenze C. Sigismondi,https://youtu.be/4aEtb4ZEPKw 2023
D. Gaeta, *Il nuoto in mare mosso*, Amazon (2022).

[3] W. Bascom, *Un buco in fondo al mare*, Bompiani, MI (1963) p. 138.