

FATTORE DI ABBUONO PER L'ELICA

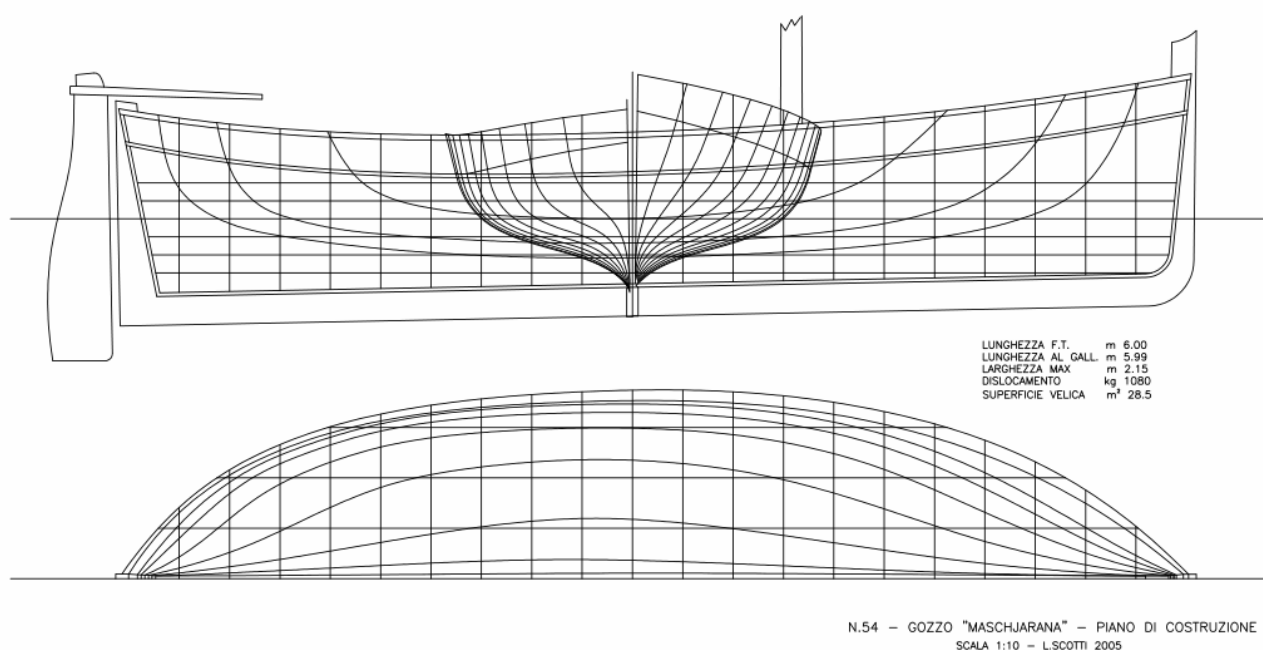
Febbraio 2020

Premessa

La revisione del fattore, rispetto allo studio del 2010, si rende necessaria, sia per adeguarlo alla nuova formula e sistema di compenso, sia perché viene richiesta la reintroduzione dell'abbuono per elica a tre pale, a suo tempo cancellato in seguito ad alcuni abusi.

Modello di riferimento

Lo studio è stato fatto sulla carena del gozzo "Maschjarana" di 6 metri, costruito a Stintino nel 2005, di cui si dispone del piano di costruzione. Tale imbarcazione, per le sue dimensioni intermedie, può essere considerata abbastanza rappresentativa.



piano di costruzione del gozzo "Maschjarana"

Strumenti di lavoro

Per la valutazione delle prestazioni del modello con o senza elica, è stato utilizzato il software di previsione di velocità elaborato dal M.I.T. per il sistema di compensi I.M.S., nella versione 1991. Esso consiste in due programmi distinti: uno per l'acquisizione degli offset e la determinazione delle caratteristiche della carena (Lines Processing Program), ed uno per la previsione di velocità vera e propria (Velocity Prediction Program).

Impiegando lo stesso software per le diverse configurazioni, si assume che gli eventuali errori, dovuti sia all'algoritmo interno che agli adattamenti alla vela latina descritti nel seguito, si compensino nel confronto.

Caratteristiche della carena

Il programma LPP elabora il file contenente gli offset della carena ed accetta alcuni dati d'ingresso variabili tra cui i bordi liberi a prua (FFM) e poppa (FAM) per determinare il galleggiamento e il momento raddrizzante (RMC) ricavato da una prova di stabilità per

determinare la posizione verticale del centro di gravità. Non avendo i dati sperimentali, si procede per tentativi modificando gli input fino ad ottenere il dislocamento e la posizione del centro di gravità ricavati dai calcoli di progetto.

Di seguito i risultati del programma LPP.

54 - "MASCHJARANA"

```

USYRU MHS JANUARY 1991 (BASIC/PC ver.) AW          AWD          APD
LPP - RUN: 01-28-2020 07:24:21          BW          BWD          BPD
                                          CW          CWD          CPD
CERT      0 SAIL      0          DW          DWD          DPD
                                          RM          RMC      11.0 WTINCL      0.0

YACHT:

CLASS:          FFM 0.773 WCBA          RUDL 0.000
                FAM 0.693 WCBB          RUDCR 0.000
                FFD 0.743 CBDA          RUDTR 0.000
OFFSETS:  54.OFF  FAD 0.664 CBDB          RUDCT 0.000
                FGOC 0.000 ECM 0.000 RUDTT 0.000
                LBGC 5.963 KCDA 0.000 RUDCG 0.000

                SG 0.000 MSW 5.0 RUDVL 0.000
                INCLINING DATE YEAR 0 RUDWS 0.000
                P 8.250 BAS 0.600
                SFJ 0.000 J 2.400 SHBI 2.400
                EB 0.000 MDL1 0.130 SHBIY 0.000

-- MEAS TRIM --          ----- SAILING TRIM -----
FLOTATION CONDITION:          0          1          2          3          4
HEEL IN DEGREES:          0          0          2          25          0
FLOTN FWD (LAP-ACTUAL): -0.0295 -0.0299 -0.0596 -0.0601 -0.1257 0.0954
FLOTN AFT, SG ADJUSTED: -0.0293 -0.0301 0.1007 0.1002 0.0216 0.3332
FWD FREEBOARD:          0.7730 0.7734 0.8031 0.8036 0.8692 0.6481
AFT FREEBOARD:          0.6930 0.6938 0.5630 0.5635 0.6421 0.3305
DISPL'T LBS-SW:          1078 1078 1453 1453 1453 3041
WETTED AREA:          10.55 10.53 11.64 11.63 10.85 14.58
RIGHTING MOM'T/DEG:          11 11 13 13 9 0
VCG ABOVE MEASM'T WL: 0.2635 0.2635 0.3702 0.3702 0.3702 0.3702
VCB ABOVE MEASM'T WL: -0.1286 -0.1300 -0.0851 -0.0866 -0.2618 0.0431
LCB AFT OF STEM:          3.0279 3.0279 3.2687 3.2687 3.2687 3.2876
PRISMATIC COEF:          0.5545 0.5545 0.5659 0.5659 0.5575 0.5972
SECOND MOM'T LENGTH: 6.2121 6.2111 6.2001 6.1994 6.0694 6.2882

----- THEORETIC STABILITY -----          ----- DRAFT FIGURES -----
HEEL IN          RT ARM          RANGE OF          DHK          0.841 @ 6.343
DEGREES          IN MT          POSITIVE          DHK0          0.701
STABILITY          ECE          0.000
                CBSA          0.000
                KEDA          0.000
                D          0.767 @ 6.343
                LOC.DRAFT 0.841
                ATEK          0.025

                25          0.148
                60          0.111 0 - 77
                90          -0.110 DEGREES
                120          -0.340
                150          -0.426
                165          -0.338

AREA POS STAB CURVE: 9 DG-MT          AREA NEG STAB CURVE: 29 DG-MT
POS AREA / NEG AREA: 0.301          KILOGM PER INCH OF IMMERSION: 169
MOMENT TO CHANGE TRIM 1 INCH: 44

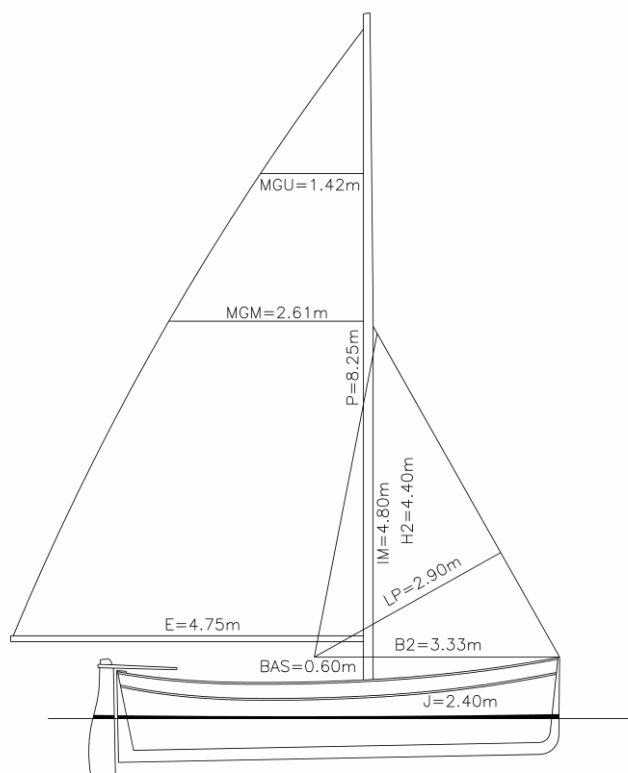
-----
Crew weight for this run 319 .

```

Il peso dell'equipaggio, al quale il programma, creato per imbarcazioni d'altura, aggiunge automaticamente una certa percentuale di effetti personali, è impostato in modo che l'effettivo imbarco di peso sia di 375 kg, corrispondente a cinque persone da 75 kg.

Piano velico equivalente

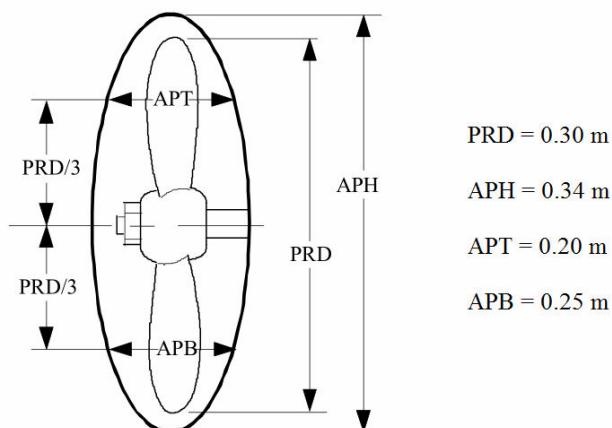
Il programma VPP è pensato per attrezzature marconi. Occorre quindi disegnare un piano velico equivalente che mantenga le stesse proporzioni e superfici effettive dell'armo latino.



Previsione di velocità

La previsione si ottiene mediante il programma VPP, nei tre casi senza elica, con elica a due pale e con elica a tre pale. Le dimensioni dell'elica previste sono le minime stabilite dal regolamento (diametro = 5% della lunghezza al galleggiamento) e la superficie corrispondente ai modelli commerciali con minor superficie (M12 per la 2 pale, E 12 per la 3 pale). Le imbarcazioni che non rispettano tali minimi, non potranno ricevere l'abbuono. La *superficie equivalente all'installazione dell'elica* (PIPA) da introdurre nel programma VPP è calcolata in base alle regole IMS per l'installazione in apertura (vedi figura):

In Aperture -- 606



5.2.3 In an aperture

For propellers of any type installed in an aperture PIPA shall be taken as the least of the values determined by the formulae:

$$PIPA = 0.07 \times (PRD)^2$$

$$PIPA = 0.07 \times (APT / 0.4)^2$$

$$PIPA = 0.07 \times (APH / 1.125)^2$$

$$PIPA = 0.07 \times (APB / 0.4)^2$$

Con le misure adottate per l'apertura si ottiene: $PIPA = 0.07 \times (PRD)^2 = 0.0063 \text{ m}^2$.

Le regole IMS prevedono, per questo tipo di installazione, eliche a 2 o 3 pale fisse, senza alcuna differenza nella superficie, calcolata presumibilmente per un valore intermedio.

Poiché invece nel nostro caso vi è l'interesse per un abbuono differenziato, si ritiene corretto ridurre del 20 % il valore calcolato per l'elica a due pale ed incrementarlo della stessa quantità per l'elica a tre o più pale.

Quindi per l'elica a due pale assumeremo: $PIPA = 0.0063 \times 0.8 = 0.0050 \text{ m}^2$,

mentre per l'elica a tre o più pale assumeremo: $PIPA = 0.0063 \times 1.2 = 0.0076 \text{ m}^2$.

La previsione del VPP viene quindi rielaborata con un programmino che tiene conto dell'angolo di scarroccio e calcola, sulla base di un miglio, i tempi di percorrenza di un percorso a triangolo Aivel e di un ipotetico percorso costiero costituito da bordeggio, traverso e poppa in parti uguali. Di seguito i risultati nelle diverse configurazioni.

54 - "MASCHJARANA" - SENZA ELICA - PREVISIONE DI VELOCITA' - K = 0.8534
PIPA = 0

VTW	BTW	VAW	BAW	V	VMG	SBA	RID	SMA	IT
6.0	49.1	8.12	30.1	3.491	1.997*	3.4	1.000	1.000	3
6.0	90.0	6.94	51.1	4.355	0.000	2.4	1.000	1.000	3
6.0	120.0	4.71	83.4	3.242	-1.621	1.0	1.000	1.000	3
6.0	175.4	2.93	171.5	2.484	-2.476	0.1	1.000	1.000	4
8.0	48.5	10.59	30.3	4.371	2.538*	6.9	1.000	1.000	4
8.0	90.0	8.91	53.8	5.259	0.000	3.2	1.000	1.000	3
8.0	120.0	6.26	84.8	4.165	-2.083	1.4	1.000	1.000	3
8.0	175.5	3.94	171.8	3.283	-3.273	0.3	1.000	1.000	4
10.0	47.0	12.52	30.3	4.701	2.829*	15.1	1.000	0.857	4
10.0	90.0	10.64	57.6	5.708	0.000	4.0	1.000	1.000	4
10.0	120.0	7.81	86.6	4.969	-2.485	1.9	1.000	1.000	3
10.0	175.8	4.98	172.4	4.042	-4.031	0.4	1.000	1.000	4
12.0	46.3	14.24	31.2	4.819	2.947*	16.7	0.950	0.778	4
12.0	90.0	12.34	60.6	6.058	0.000	5.3	1.000	1.000	4
12.0	120.0	9.35	89.7	5.450	-2.725	2.3	1.000	1.000	3
12.0	176.2	6.06	173.2	4.766	-4.755	0.6	1.000	1.000	4
14.0	46.1	15.84	32.2	4.912	3.017*	17.0	0.867	0.807	4
14.0	90.0	13.83	62.8	6.331	0.000	11.9	1.000	1.000	5
14.0	120.0	10.92	92.7	5.788	-2.894	2.8	1.000	1.000	3
14.0	177.6	7.29	175.8	5.329	-5.324	0.6	1.000	1.000	4
16.0	46.3	17.39	33.3	4.979	3.045*	17.4	0.798	0.835	4
16.0	90.0	14.94	64.3	6.478	0.000	19.2	0.989	1.000	7
16.0	120.0	12.51	95.1	6.087	-3.043	3.3	1.000	1.000	3
16.0	178.1	8.68	176.8	5.733	-5.730	0.8	1.000	1.000	3

v.vento [nodi]	PERCORSO A TRIANGOLO AIVEL (2/5 bord., 2/5 lasco, 1/5 poppa)			PERCORSO COSTIERO (1/3 bord., 1/3 trav., 1/3 poppa)		
	v.media [nodi]	t.reale [s/mg]	t.comp. [s/mg]	v.media [nodi]	t.reale [s/mg]	t.comp. [s/mg]
6.0	2.473	1455.9	1242.5	2.645	1361.0	1161.5
8.0	3.177	1133.0	966.9	3.372	1067.6	911.1
10.0	3.683	977.4	834.1	3.862	932.1	795.4
12.0	3.981	904.3	771.7	4.198	857.7	731.9
14.0	4.180	861.3	735.0	4.430	812.6	693.5
16.0	4.311	835.2	712.7	4.564	788.8	673.1

VTW = velocità vento reale [nodi]
BTW = angolo vento reale [gradi]
VAW = velocità vento apparente [nodi]
BAW = angolo vento apparente [gradi]
V = velocità della barca [nodi]

VMG = velocità contro vento [nodi]
SBA = sbandamento [gradi]
RID = riduzione vele [% superf.]
SMA = smagrimiento vele [% curv.]
IT = numero di iterazioni

(*) - in bolina si considera uno scarroccio di 6.0 gradi

54 - "MASCHJARANA" - CON ELICA 2 PALE - PREVISIONE DI VELOCITA` - K = 0.8307
PIPA = 0.0050

VTW	BTW	VAW	BAW	V	VMG	SBA	RID	SMA	IT
6.0	49.4	8.02	30.7	3.378	1.918*	3.3	1.000	1.000	3
6.0	90.0	6.84	52.2	4.192	0.000	2.3	1.000	1.000	3
6.0	120.0	4.70	85.0	3.114	-1.557	1.0	1.000	1.000	3
6.0	175.5	2.99	171.8	2.432	-2.424	0.1	1.000	1.000	4
8.0	48.6	10.49	30.8	4.247	2.460*	6.1	1.000	1.000	4
8.0	90.0	8.85	54.3	5.159	0.000	3.2	1.000	1.000	3
8.0	120.0	6.25	86.1	4.026	-2.013	1.4	1.000	1.000	3
8.0	175.6	4.01	172.0	3.216	-3.207	0.3	1.000	1.000	4
10.0	47.6	12.44	30.9	4.634	2.750*	15.1	1.000	0.873	4
10.0	90.0	10.61	57.8	5.645	0.000	4.0	1.000	1.000	4
10.0	120.0	7.80	87.5	4.845	-2.423	1.9	1.000	1.000	3
10.0	175.9	5.06	172.6	3.967	-3.957	0.4	1.000	1.000	4
12.0	46.9	14.15	31.7	4.763	2.873*	16.8	0.952	0.788	4
12.0	90.0	12.32	60.8	6.005	0.000	5.2	1.000	1.000	4
12.0	120.0	9.35	90.2	5.378	-2.689	2.3	1.000	1.000	3
12.0	176.1	6.14	173.1	4.685	-4.675	0.6	1.000	1.000	3
14.0	46.8	15.76	32.8	4.865	2.941*	17.1	0.867	0.818	4
14.0	90.0	13.82	63.0	6.284	0.000	11.6	1.000	1.000	5
14.0	120.0	10.92	93.0	5.732	-2.866	2.8	1.000	1.000	3
14.0	177.4	7.35	175.6	5.271	-5.265	0.7	1.000	1.000	4
16.0	46.9	17.32	33.8	4.937	2.978*	17.5	0.798	0.846	4
16.0	90.0	14.91	64.4	6.437	0.000	19.3	0.991	1.000	7
16.0	120.0	12.51	95.3	6.037	-3.019	3.3	1.000	1.000	3
16.0	178.0	8.73	176.7	5.689	-5.685	0.8	1.000	1.000	3

v.vento [nodi]	PERCORSO A TRIANGOLO AIVEL (2/5 bord., 2/5 lasco, 1/5 poppa)			PERCORSO COSTIERO (1/3 bord., 1/3 trav., 1/3 poppa)		
	v.media [nodi]	t.reale [s/mg]	t.comp. [s/mg]	v.media [nodi]	t.reale [s/mg]	t.comp. [s/mg]
6.0	2.384	1510.2	1254.5	2.559	1406.9	1168.7
8.0	3.084	1167.5	969.8	3.289	1094.6	909.2
10.0	3.590	1002.8	833.0	3.781	952.2	791.0
12.0	3.900	923.0	766.7	4.118	874.2	726.2
14.0	4.102	877.5	729.0	4.354	826.9	686.9
16.0	4.242	848.7	705.0	4.497	800.5	664.9

VTW = velocità vento reale [nodi] VMG = velocità contro vento [nodi]
 BTW = angolo vento reale [gradi] SBA = sbandamento [gradi]
 VAW = velocità vento apparente [nodi] RID = riduzione vele [% superf.]
 BAW = angolo vento apparente [gradi] SMA = smagrimento vele [% curv.]
 V = velocità della barca [nodi] IT = numero di iterazioni
 (*) - in bolina si considera uno scarroccio di 6.0 gradi

54 - "MASCHJARANA" - CON ELICA 3 PALE - PREVISIONE DI VELOCITA' - K = 0.8195
PIPA = 0.0076

VTW	BTW	VAW	BAW	V	VMG	SBA	RID	SMA	IT
6.0	49.5	7.97	31.0	3.321	1.881*	3.3	1.000	1.000	3
6.0	90.0	6.79	52.7	4.113	0.000	2.2	1.000	1.000	3
6.0	120.0	4.69	85.7	3.052	-1.526	1.0	1.000	1.000	3
6.0	175.5	3.01	171.9	2.406	-2.399	0.1	1.000	1.000	4
8.0	48.7	10.43	31.1	4.189	2.421*	5.8	1.000	1.000	4
8.0	90.0	8.82	54.6	5.104	0.000	3.1	1.000	1.000	3
8.0	120.0	6.25	86.7	3.958	-1.979	1.4	1.000	1.000	3
8.0	175.6	4.04	172.2	3.183	-3.174	0.3	1.000	1.000	4
10.0	47.9	12.39	31.2	4.597	2.709*	15.1	1.000	0.881	4
10.0	90.0	10.59	58.0	5.612	0.000	4.0	1.000	1.000	4
10.0	120.0	7.80	88.0	4.779	-2.389	1.9	1.000	1.000	3
10.0	175.9	5.10	172.7	3.929	-3.919	0.4	1.000	1.000	4
12.0	47.2	14.11	32.0	4.733	2.835*	16.8	0.952	0.793	4
12.0	90.0	12.31	60.9	5.977	0.000	5.2	1.000	1.000	4
12.0	120.0	9.35	90.4	5.339	-2.669	2.3	1.000	1.000	3
12.0	176.1	6.18	173.1	4.645	-4.634	0.6	1.000	1.000	3
14.0	47.1	15.72	33.1	4.840	2.906*	17.2	0.868	0.824	4
14.0	90.0	13.82	63.1	6.259	0.000	11.4	1.000	1.000	5
14.0	120.0	10.92	93.2	5.703	-2.851	2.8	1.000	1.000	3
14.0	177.3	7.38	175.4	5.240	-5.235	0.7	1.000	1.000	4
16.0	47.3	17.28	34.1	4.915	2.937*	17.6	0.798	0.852	4
16.0	90.0	14.90	64.5	6.416	0.000	19.4	0.993	1.000	7
16.0	120.0	12.51	95.5	6.012	-3.006	3.3	1.000	1.000	3
16.0	178.0	8.75	176.7	5.666	-5.662	0.8	1.000	1.000	3

v.vento [nodi]	PERCORSO A TRIANGOLO AIVEL (2/5 bord., 2/5 lasco, 1/5 poppa)			PERCORSO COSTIERO (1/3 bord., 1/3 trav., 1/3 poppa)		
	v.media [nodi]	t.reale [s/mg]	t.comp. [s/mg]	v.media [nodi]	t.reale [s/mg]	t.comp. [s/mg]
6.0	2.341	1537.5	1260.0	2.518	1429.9	1171.8
8.0	3.037	1185.5	971.6	3.246	1108.9	908.8
10.0	3.541	1016.7	833.2	3.738	963.1	789.2
12.0	3.859	933.0	764.6	4.077	883.0	723.6
14.0	4.065	885.6	725.7	4.317	833.9	683.4
16.0	4.201	856.9	702.3	4.458	807.5	661.8

VTW = velocità vento reale [nodi] VMG = velocità contro vento [nodi]
 BTW = angolo vento reale [gradi] SBA = sbandamento [gradi]
 VAW = velocità vento apparente [nodi] RID = riduzione vele [% superf.]
 BAW = angolo vento apparente [gradi] SMA = smagrimento vele [% curv.]
 V = velocità della barca [nodi] IT = numero di iterazioni
 (*) - in bolina si considera uno scarroccio di 6.0 gradi

Compensazione

Il fattore di compenso K dell'imbarcazione senza elica è quello calcolato secondo il regolamento 2019 in base alle dimensioni di stazza(*) ricavate dal piano di costruzione e dal piano velico, riportate nella tabella seguente:

LFT	LGL	B	BGL	HI - F	H1	B1	H2	B2	K
6.01	5.99	2.16	1.66	0.19	8.25	4.75	4.40	3.33	0.8534

Per la previsione con elica a due pale e con elica a tre pale è stato invece individuato il fattore K che dà la miglior compensazione nelle condizioni intermedie (10 – 11 nodi) sul percorso a triangolo.

Nella tabella che segue sono riportati per confronto i tempi compensati ottenuti nei due tipo di percorso con i fattori di compenso adottati.

Velocità Del vento	TRIANGOLO AIVEL Tempi compensati [s/miglio]			PERCORSO COSTIERO Tempi compensati [s/miglio]		
	senza elica K = 0.8534 LTSC = 5.021	elica 2 pale K = 0.8307 LTSC = 4.657	elica 3 pale K = 0.8195 LTSC = 4.4913	senza elica K = 0.8534 LTSC = 5.021	elica 2 pale K = 0.8307 LTSC = 4.657	elica 3 pale K = 0.8195 LTSC = 4.4913
6 nodi	1242.5	1254.5	1260.0	1161.5	1168.7	1171.8
8 nodi	966.9	969.8	971.6	911.1	909.2	908.8
10 nodi	834.1	833.0	833.2	795.4	791.0	789.2
12 nodi	771.7	766.7	764.6	731.9	726.2	723.6
14 nodi	735.0	729.0	725.7	693.5	686.9	683.4
16 nodi	712.7	705.0	702.3	673.1	664.9	661.8

Dal rapporto tra le lunghezze di stazza si ottiene quindi il fattore di correzione da applicare:

$$FME = 4.657/5.021 = 0.93 \text{ per l'elica a due pale,}$$

$$FME = 4.4913/5.021 = 0.89 \text{ per l'elica a tre o più pale.}$$

Note.

(*) – *le dimensioni di stazza sono quelle ricavate dal piano di costruzione e del piano velico che sono stati usati nelle simulazioni. Esse, a causa delle inevitabili tolleranze e modifiche, non sono esattamente uguali a quelle della barca realmente costruita.*