

Fascinantul Mitsubishi Zero, inegalabilul avion de luptă fără egal, bazat pe portavioane, de la Dogfighter¹ la Kamikaze (II)²

O ANALIZĂ COMPARATIVĂ A MOTORULUI NAKAJIMA SAKAE ÎN RAPORT CU PRINCIPALELE MOTOARE DE AVIOANE STEA

Dr. ing. Horia SALCĂ¹

¹ Cercetător independent, Torquay, Marea Britanie-UK
horia.salca@gmail.com

REZUMAT. Al Doilea Război Mondial a fost câștigat în laboratoare și fabrici, prin inovațiile și producțiile militare și nu pe câmpul de luptă, prin sacrificiu uman. Într-adevăr, soluțiile tehnice originale și aplicarea celor mai noi rezultate ale cercetării științifice în tehnologia militară au adus rezultate spectaculoase în diferite momente ale războiului și au asigurat finalul acestuia, când Superfortăreața *Enola Gay*, pilotată de căpitanul Paul W. Tibbets Jr a lansat pe 6 august 1945 bomba atomică de pe Hiroshima, iar trei zile mai târziu, a doua bombă a fost aruncată asupra orașului Nagasaki. În perioada interbelică, pregătindu-se de război, japonezii au adoptat cele mai bune soluții tehnice, din punct de vedere calitativ, conștienți că nu puteau depăși producția industrială britanică și americană, în primul rând din lipsă de resurse. De fapt, lipsa resurselor a fost miza principală a războiului pentru japonezi. Această nouă lucrare își propune să readucă în atenție povestea unuia dintre cele mai importante avioane de vânătoare și bombardament din istoria celui de-al Doilea Război Mondial: Mitsubishi A6M, cunoscut în special ca Mitsubishi Zero. Este firesc ca o aeronavă de înaltă performanță să aibă un motor adecvat. Așa a fost cazul avionului Mitsubishi Zero, echipat cu motorul excepțional Nakajima Sakae. Pentru a ajunge la concluzii corecte despre performanțele acestuia, am efectuat o analiză comparativă a motorului cu altele din aceeași soluție constructivă. Am considerat un număr de 606 motoare, ale căror date se află în arhivele Muzeului Național al Aerului și Spațiului (Smithsonian); Am separat motoarele cu arhitectura în stea (radială) și am întocmit lista de caracteristici funcționale de tip de bază. După procesarea datelor, am ajuns la o matrice compactă, pe care am analizat-o statistic. Subliniez noutatea absolută a analizei statistice ample folosite și concluzia la care am ajuns: Nakajima Sakae este cel mai puternic motor dintre cele studiate. Am extins teoria similitudinii motoarelor cu ardere internă cu motoarele de aeronave. Prin această teorie am reușit cu succes evaluarea calitativă a motoarelor cu ardere internă, indiferent de arhitectură, număr de cilindri, tip de motor, caracteristici dimensionale etc., comparându-le pe baza unei anumite clase de mărime.

Cuvinte cheie: Al Doilea Război Mondial, aviație, Mitsubishi Zero, Nakajima Sakae, similitudinea motoarelor cu ardere internă, analiză statistică.

ABSTRACT. The World War II was won in laboratories and factories, through innovation and military production and not on the battlefield, through human sacrifice³. Indeed, the original technical solutions and the application of the latest results of scientific research in military technology brought spectacular results at various times of the war and ensured its end, when the Superfortress *Enola Gay*, piloted by Captain Paul W. Tibbets Jr launched on August 6, 1945 the atomic bomb on Hiroshima, and three days later, the second bomb was dropped on the city of Nagasaki. In the interwar period, preparing for war, the Japanese adopted the best technical solutions, in terms of

¹ *Dogfight* sau *dog fight* este o luptă aeriană între avioane de luptă desfășurată la distanță apropiată. Acest tip de lupte aeriene au avut loc pentru prima dată în Mexic, în 1913, la scurt timp după inventarea avionului. În timpul celui de-al Doilea Război Mondial a fost o componentă importantă în lupta aeriană, dar astăzi se crede că vitezele din ce în ce mai mari și armele cu rază mai lungă de acțiune fac ca luptele cu câini să fie depășite.

² Prima parte a acestui documentar, în limba engleză, a apărut în *Buletinul AGIR*, nr. 2, aprilie-iunie 2022, pp. 32-36, ISSN 2247-3548, https://www.buletinulagir.agir.ro/numar_revista.php?id=164.

³ Mike Ibeji (producer), *War Factories*, Wag TV, UK, documentar, Viasat History, 2020, https://www.imdb.com/title/tt11281232/?ref=adv_li_tt.

quality, aware that they could not exceed British and American industrial production, primarily due to lack of resources. In fact, the lack of resources was the main stake of the war for the Japanese. This new paper aims to bring to attention the story of one of the most important fighters in the history of World War II: Mitsubishi A6M, known especially as the Mitsubishi Zero. It is natural that a high-performance aircraft could only have a suitable engine. Such was the case with the Mitsubishi Zero fighter, equipped with the exceptional Nakajima Sakae engine. In order to reach fair conclusions about its performance, I performed a comparative analysis of the engine with others of the same constructive solution. I considered a number of 606 engines in the Smithsonian National Air and Space Museum archives; I separated the engines with the star / radial cylinder arrangement and compiled the list of basic type-functional characteristics. After processing the data, I arrived at a compact matrix, which I analysed statistically. I highlight the absolute novelty of the extensive statistical analysis used and the conclusion I reached: Nakajima Sakae is the most powerful engine among those studied. I extended the theory of the similarity of internal combustion engines to aircraft engines. Through this theory we have successfully managed the qualitative assessment of internal combustion engines, regardless of architecture, number of cylinders, engine type, dimensional characteristics, etc., comparing them on the basis of a specific size class.

Keywords: World War II, aviation, Mitsubishi Zero, Nakajima Sakae, similarity of internal combustion engines, statistical analysis.

1. MOTORUL NAKAJIMA SAKAE FOLOSIT DE AVIONUL DE VÂNĂTOARE MITSUBISHI ZERO⁴

Nakajima Sakae (Sakae înseamnă prosperitate în limba japoneză) a fost un motor în stea, răcit cu aer, cu 14 cilindri, pe două rânduri, folosit pentru o serie de avioane de luptă ale Marinei Imperiale Japoneze și Armatei Imperiale Japoneze puțin înainte și mai ales în timpul celui de-al Doilea Război Mondial. Motorul a fost proiectat de Nakajima Aircraft Company cu numele de cod NAM, ca o versiune redusă și avansată a designului anterior NAL (Army Type 97 850 CP radial motor, Nakajima Ha5). Forțele Aeriene ale Armatei Imperiale Japoneze au numit prima serie Ha25 și versiunile ulterioare au fost desemnate Ha105 și Ha115, în sistemul de desemnare Hatsudoki și Ha-35 în sistemul de desemnare unificat, în timp ce desemnarea Serviciului Aerian al Marinei Imperiale Japoneze a fost Nakajima NK1, cu subtipuri identificate prin numere de model; astfel, Nakajima NK1 Sakae seriile: 10, 20 și 30. Un total de 21.166 au fost realizate de Nakajima; 9.067 au fost produse de alte firme. Tipul militar 99, radial (în stea), răcit cu aer este denumire de lungă durată data de armată pentru motorul radial Nakajima NK1 (denumirea dată de Marină), numit Sakae, cu versiunile:

- NK1C Sakae 12: 925 CP (690 kW), 940 CP (701 kW), 975 CP (727 kW);
- NK1D Sakae 11: 970 CP (723 kW), 985 CP (735 kW);
- NK1F Sakae 21: 1.115 CP (831 kW), 1.130 CP (843 kW);
- NK1E Sakae 31: 1.130 CP (843 kW), sporit la 1.210 CP (902 kW) cu injecție apă-metanol.

Caracteristici generale:

- Tip: motor în stea (radial) cu două rânduri, cu 14 cilindri, răcit cu aer;
- Alezaj: 130 mm (5,1 inchi);
- Cursa: 150 mm (5,9 inchi);
- Capacitate cilindrică: 27,9 litri (1.687 in³);
- Lungime: 1.600 mm (63 inchi);
- Diametru: 1.150 mm (45 inchi);
- Greutate netă: 590 kg (1.300 lb);

Componente:

- Distribuție: cu supape în cap (în chiulasă);
- Supraalimentator: acționat în trepte, cu două viteze;
- Sistem de alimentare: 2 BBL D.D. carburator cu plutitor, cu controlul automat al amestecului și controler de supraalimentare (dispozitiv folosit pentru a crește presiunea produsă de turbocompresor);
- Tip de combustibil: kerosen cu cifra octanică 92;
- Sistem de răcire: aer;

Performanță:

- Putere de ieșire: 842,64 kW (1.130 CP) la altitudine;
- Putere specifică: 30,2 kW/l (0,66 CP/in³);
- Raport de compresie: 7:1;
- Raport putere/greutate: 1,428 kW/kg (0,869 CP/lb)

Pentru a ajunge la concluzii juste legate de performanțele motorului Nakajima Sakae, am încercat o amplă analiză comparativă a motorului cu altele de aceeași soluție constructivă⁵. În acest sens, eu am luat în considerare un număr cât mai mare de

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Nakajima_Sakae.

⁵ În fapt, această analiză a fost utilizată în teza mea de doctorat vizând motorul prototip IAR-7M, care nu a fost însă publicată până acum. Teza de doctorat: „Motorul IAR-7M, o realizare brașoveană originală”, conducător de doctorat prof. dr. ing., dr. H.C. Florea Dudiță, a fost susținută la Universitatea „Transilvania” din Brașov în 21 decembrie 2006, din comisie făcând parte: prof. dr. ing. Barbu Nourăș Lupulescu, prof. dr. ing., dr. H.C. Corneliu Berbente, prof. dr. ing., dr. H.C. Gheorghe Bobescu și prof. dr. ing., dr. H.C. Alexandru Herlea.

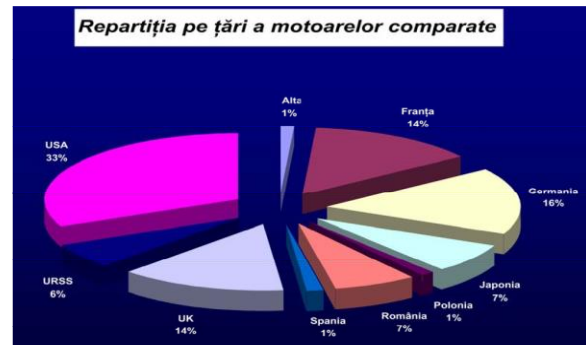
O ANALIZĂ COMPARATIVĂ A MOTORULUI NAKAJIMA SAKAE

motoare. Eu am identificat cea mai bogată arhivă ca fiind aceea aparținând lui National Air and Space Museum de la prestigioasa Smithsonian Institution din Washington D.C. – nici nu se putea altfel – posesorul celei mai mari colecții din lume de aparate de zbor și rachete, inclusiv de motoare. Am pornit de la o listă preliminară de 606 motoare de avion, le-am separat pe cele cu dispunerea cilindrilor în stea și am întocmit lista caracteristicilor tipo-funcționale de bază, care cuprinde: alezajul (D), cursa (S), nr. cilindri (i), masa (m), turația nominală (nn), puterea nominală (Pn), momentul maxim maxim (Mmax), turația la momentul maxim (nM), supraalimentat, raportul de comprimare (ϵ), cilindreea unitară (Vs), cilindreea totală (Vt), viteza medie piston (vmp), presiunea medie efectivă (pme), puterea litrică (PL), puterea (PS), încălzirea termică (φ_a), factorul de compartimentare (ρ_v), cifra de solicitare termică (θ), cantitatea de căldură medie (q), răcirea, raportul cursă/alezaj (λ). După procesarea datelor și eliminarea din tabel a celor incomplete, am ajuns la o matrice compactă 10 x 32, pe care am analizat-o statistic. Am prezentat mai jos, sumar, metodele statistice utilizate și concluziile pe care le-am desprins, după fiecare mărime analizată în parte.

Țin să evidențiez noutatea absolută a analizei statistice pentru acest tip motor, anvergura acesteia, cu interpretările histogramelor privitoare la mărimile luate în calcul și prezentarea concluziei la care s-a ajuns: Nakajima Sakae este cel mai performant motor dintre cele studiate. Am extins teoria similitudinii motoarelor cu ardere internă, teorie dezvoltată de profesorul Radu Mărdărescu pentru motoare de automobile și tractoare, și asupra motoarelor de avion. Prin această teorie s-a încercat și s-a reușit, cu succes, aprecierea calitativă a motoarelor cu ardere internă, indiferent de arhitectură, numărul cilindrilor, tipul motorului (doi sau patru timpi), aprindere (prin scânteie sau prin compresie), cu supraalimentare sau nu, caracteristici dimensionale etc., compararea acestora pe seama unei clase de mărimi specifice.

Teoria similitudinii motoarelor cu ardere internă. Mi-am propus să contribui la extinderea teoriei similitudinii motoarelor cu ardere internă, teorie fundamentată la Brașov – grație profesorului Radu Emil Mărdărescu (1907-1968), unul dintre părinții motorului prototip IAR-7M – și asupra motoarelor de avion. Prin această teorie s-a încercat și s-a reușit, cu succes, aprecierea calitativă a motoarelor cu ardere internă, indiferent de arhitectura, numărul cilindrilor, tipul motorului (doi sau patru timpi, cu aprindere prin scânteie sau prin compresie, răcire cu apă sau cu aer, cu supraalimentare sau nu ș.a.), caracteristici dimensionale

etc., compararea acestora pe seama unei clase de mărimi specifice. Această teorie s-a concentrat pe motoarele pentru și tractoare fiind folosită cu succes pentru evaluarea – în vederea omologării – motoarelor SR 101 și SR 211, în anii '60. Prezenta lucrare aplică teoria similitudinii la motoarele de avion cu piston, cu dispunerea cilindrilor în stea, fapt care conduce la o clasificare fidelă a performanțelor motorului studiat între cele ale unor motoare contemporane (cu o bună aproximație).



Metode statistice de studiu utilizate. Prezint succint fundamentele metodelor statistice utilizate de mine pentru studierea comparativă a motorului I.A.R.-7M cu un număr final de 32 motoare (matricea 10x32), pe baza unor literaturii de specialitate în care locul central îl ocupă lucrările [I.10] și [I.41].

2. GRUPAREA UNITĂȚILOR STATISTICE

Pentru a grupa unitățile pe intervale egale trebuie parcurse următoarele etape:

a) calculul amplitudinii variației:

$$A = x_{\max} - x_{\min} ,$$

unde: x_{\max} – nivelul maxim al variabilei „x”;

x_{\min} – nivelul minim al variabilei „x”.

b) stabilirea prin analiză a numărului de grupe r

c) determinarea mărimii intervalelor de grupare (h), ca raport între amplitudinea variației (A) și numărul de grupe (r):

$$h = \frac{A}{r}$$

Pentru repartițiile aproximativ normale se recomandă utilizarea relației lui Herbert Sturges:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{1 + 3,322 \lg n}$$

d) formarea intervalelor de grupare prin cumularea succesivă, la limita inferioară, a mărimii intervalului.

3. METODA DISTANȚEI RELATIVE

Această metodă face parte din categoria metodelor care calculează distanța dintre elementele (unitățile teritoriale) unui spațiu m dimensional, unde m este numărul caracteristicilor cuprinse în analiză.

Tabelul 1

Unități teritoriale	X_1	X_2	...	X_j	...	X_m
1	x_{11}	x_{21}	...	x_{j1}	...	x_{m1}
2	x_{12}	x_{22}	...	x_{j2}	...	x_{m2}
.
.
n	x_{1n}	x_{2n}	...	x_{jn}	...	x_{mn}

Metoda presupune:

- alegerea unei unități fictive ale cărei caracteristici prezintă nivelele minime (sau maxime) observate în colectivitatea reală;
- alegerea unui procedeu de măsurare a distanței dintre unitățile reale și această unitate fictivă (pentru fiecare caracteristică analizată);
- stabilirea unui procedeu de agregare a informațiilor obținute pentru fiecare unitate reală.

Agregarea informațiilor într-un indice sintetic cu nivele distincte pentru fiecare unitate a colectivității permite măsurarea decalajelor reale dintre unități, precum și valorificarea rezultatelor ierarhizării multicriteriale în cercetările statistice ulterioare bazate pe procedee parametriche. Pentru exemplul ales se aplică metoda distanțelor relative dintre unități, distanțe calculate ca mărimi relative de coordonare față de unitatea cu performanță maximă:

$$d_{ij} \% = \frac{x_{ij}}{\max_{1 \leq i \leq n}(x_{ij})} \cdot 100$$

pentru $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$.

În vederea agregării mărimilor relative de coordonare într-un indice sintetic se utilizează media geometrică:

$$\bar{d}_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m d_{ij}}$$

pentru $i = \overline{1, n}$,

Opțiunea pentru agregarea de tip multiplicativ este determinată de următoarele considerente:

- un produs de indicatori conduce la calculul unei medii geometrice, care beneficiază de avantajul de a fi mai puțin expusă influenței față de variantele extreme, deci este o mărime mai exactă decât media aritmetică;
- probabilitatea de a înregistra la două sau mai multe unități teritoriale același produs este mai mică

decât aceea a sumelor egale, micșorând astfel intervenția subiectivă în stabilirea ierarhiei finale.

Indicele sintetic (distanța medie) poate fi valorificat ca atare sau poate fi adus la o formă mai comprehensibilă prin recalcularea lui:

$$I_i = \frac{\bar{d}_i}{\max_{1 \leq i \leq n}(\bar{d}_i)}$$

pentru $i = \overline{1, n}$.

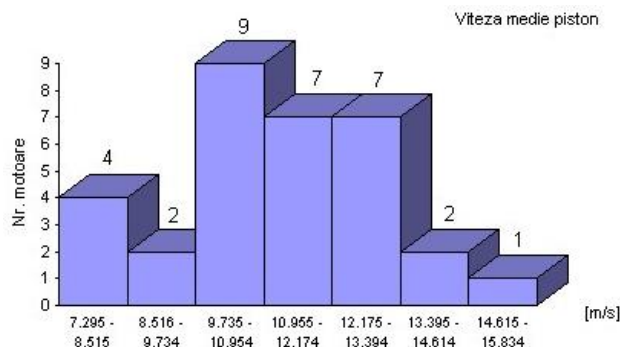
4. STUDIUL COMPARATIV AL PRINCIPIALELOR MĂRIMI CARACTERISTICE ALE UNOR MOTOARE DE AVION ÎN STEA CU CELE ALE I.A.R.-7M/ MITSUBISHI SAKAE

4.1. VITEZA MEDIE PISTON, v_{mp} [Pa] (tabelul 2)

Una dintre cerințele proiectării unui motor este reprezentată de realizarea de viteze medii piston cât mai mici posibil, pentru a atinge parametrii impuși (putere, moment motor). De asemenea, o viteză medie de piston mică favorizează procesul de umplere datorită vitezelor moderate a încărcăturii proaspete. În același timp, viteza medie a pistonului mică înseamnă uzuri mici și constituie un factor pozitiv pentru o resursă mare de durabilitate.

Tabelul 2

Nr. crt.	Intervale		Frecvențe
1	7.295 - 8.515	8,515033278	4
2	8.516 - 9.734	9,734887374	2
3	9.735 - 10.954	10,95474147	9
4	10.955 - 12.174	12,17459557	7
5	12.175 - 13.394	13,39444966	7
6	13.395 - 14.614	14,61430376	2
7	14.615 - 15.834	15,83415785	1
8			32



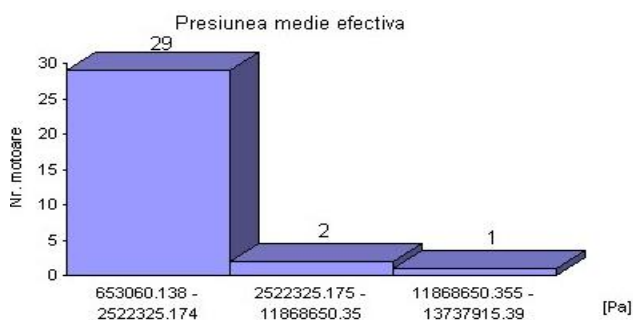
O ANALIZĂ COMPARATIVĂ A MOTORULUI NAKAJIMA SAKAE

4.2. PRESIUNEA MEDIE EFECTIVĂ, p_{me} [Pa] (tabelul 3)

Presiunea medie efectivă este un factor determinant al puterii motorului. Cu cât este mai mare, putem vorbi de un motor performant. Singura restricție în cazul unui raport de comprimare ridicat (7:1) este detonația. Marele atu al acestui motor îl reprezintă organizarea mișcării încărcăturii proaspete în camera de ardere și răcirea bine controlată prin gradul de nervurare, ce au condus la funcționare corespunzătoare în regim de forțaj, cu o singură bujie pe cilindru, datorită defectării unui magnetou. Ca și compromis în avantajul performanțelor motorului raportul de comprimare corespunde scopurilor construcției.

Tabelul 3

Nr. crt.				
1	2522325,174	29	Intervale	Frecvențe
2	4391590,21	0	653060.138 - 2522325.174	29
3	6260855,246	1	2522325.175 - 11868650.35	2
4	8130120,282	0	11868650.355 - 13737915.39	1
5	9999385,318	1		
6	11868650,35	0		
7	13737915,39	1		
8		0		

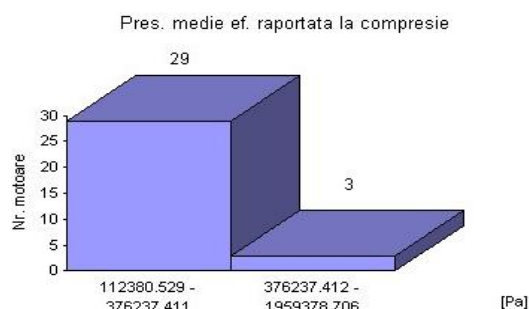


4.3. PRESIUNEA MEDIE EFECTIVĂ RAPORTATĂ LA COMPRESIE, p_{me}/ϵ [Pa] (tabelul 4)

Valoarea raportului dintre presiunea medie efectivă și compresie reflectă soluția energetică, respectiv calitatea ei. Și din analiza raportului p_{me}/ϵ rezultă calitatea soluțiilor adoptate de realizatorii motorului. Probele de forțaj au confirmat funcționarea la presiuni medii efective mai mari decât cea corespunzătoare puterii maxime din tema de proiectare.

Tabelul 4

Nr. crt.				
1	376237,4114	29	Intervale	Frecvențe
2	640094,2938	0	112380.529 - 376237.411	29
3	903951,1762	0	376237.412 - 1959378.706	3
4	1167808,059	1		
5	1431664,941	0		
6	1695521,823	1		
7	1959378,706	1		
8		0		

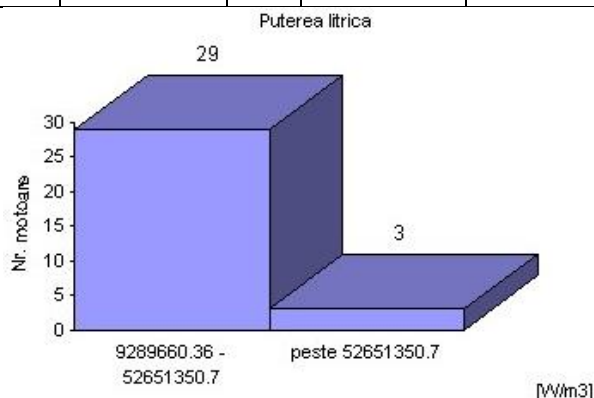


4.4. PUTEREA LITRICĂ, P_l [W/m³] (tabelul 5)

Performanța motorului crește cu puterea litrică, însă, în cazul de față, este restricționată de turație (a se vedea mai sus v_{mp}) și de presiunea medie efectivă.

Tabelul 5

Nr. crt.				
1	52651350,7	29	Intervale	Frecvențe
2	96013041,03	0	9289660.36 - 52651350.7	29
3	139374731,4	1	peste 52651350.7	3
4	182736421,7	0		
5	226098112	0		
6	269459802,4	1		
7	312821492,7	1		
8		0		

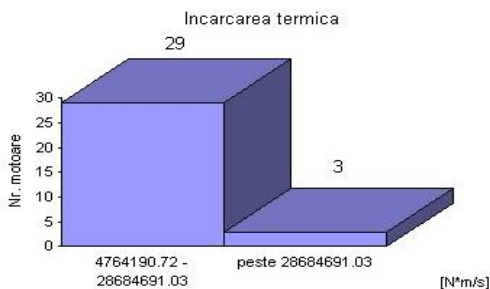


4.5. ÎNCĂRCAREA TERMICĂ, ϕ_a [N*m/s] (tabelul 6)

În mod inevitabil, datorită alezajelor mari, motoarele de aviație cu piston au încărcare termică superioară la aceeași presiune medie efectivă față de motoarele de automobil. Din această cauză se ajunge la tensiuni mecanice de origine termică în piston, chiulasă și cilindru. Motorul suportă o încărcare termică mare, iar măsurile constructive, în special gradul de nervurare al cilindrului, chiulasei, capului de piston, au demonstrat – și în practică – cu ocazia probelor efectuate, faptul că motorul poate face față la solicitări superioare celor de serviciu.

Tabelul 6

Nr. crt.				
1	28684691,03	29	Intervale	Frecvențe
2	52605191,33	0	4764190.72 - 28684691.03	29
3	76525691,63	1	peste 28684691.03	3
4	100446191,9	0		
5	124366692,2	1		
6	148287192,5	0		
7	172207692,8	1		
8		0		



4.6. FACTOR DE COMPARTIMENTARE, ρ_v [m⁻¹] (tabelul 7)

Alături de puterea litrică, încărcarea termică și cifra de solicitare termică, factorul de compartimentare este determinant pentru limitele de forță ale unui motor.

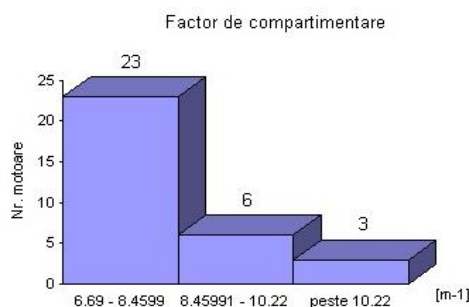
4.7. CIFRA DE SOLICITARE TERMICĂ, θ [W] (tabelul 8)

Este dezirabil ca mărimea numită cifra de solicitare termică să fie cât mai mică la o construcție dată. Ca factor sintetic, cifra de solicitare termică oferă criterii de

apreciere a clasei și limitelor de utilizare ale unui motor. Deși în acest caz valoarea $\theta = 1368439,539$, măsurile constructive corespund pentru o cifră de solicitare termică cu 35÷40 % mai mare.

Tabelul 7

Nr. crt.				
1	8,459933431	23	Intervale	Frecvențe
2	10,22038074	6	6.69 - 8.4599	23
3	11,98082806	0	8.45991 - 10.22	6
4	13,74127537	0	peste 10.22	3
5	15,50172268	1		
6	17,26217	1		
7	19,02261731	1		
8		0		



4.8. CANTITATE DE CĂLDURĂ MEDIE, q [N/m²*s] (tabelul 9)

Această mărime reprezintă cantitatea de căldură ce se scurge prin cilindru. Valoarea obținută 1368439,5 (W/m² x s) este similară celor întâlnite la motoarele de record (sport), dar este uzuală pentru cele de avion. Ea corespunde presiunii medii efective a motorului.

Tabelul 8

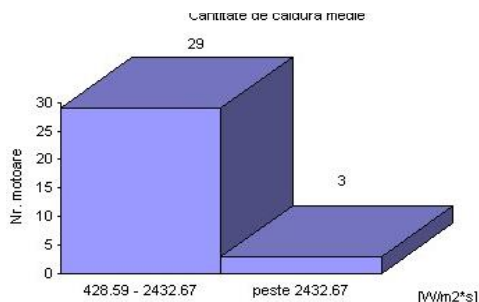
Nr. crt.				
1	1866426,486	22	Intervale	Frecvențe
2	3224617,869	7	508235.1 - 1866426.486	22
3	4582809,252	1	1866426.487 - 3224617.869	7
4	5941000,634	0	peste 3224617.869	3
5	7299192,017	1		
6	8657383,4	0		
7	10015574,78	1		
8		0		

O ANALIZĂ COMPARATIVĂ A MOTORULUI NAKAJIMA SAKAE



Tabelul 9

Nr. crt.				
1	2432,673806	29	Intervale	Frecvențe
2	4436,750908	0	428.59 - 2432.67	29
3	6440,828011	1	peste 2432.67	3
4	8444,905113	0		
5	10448,98222	1		
6	12453,05932	0		
7	14457,13642	1		
8		0		



4.9. Raportul cursă/alezaj, $\lambda = S/D$ [-] (tabelul 10)

Datorită raportului cursă/alezaj subunitar a fost posibilă optimizarea umplerii, pe două căi: prima, construcția oferă posibilitatea utilizării unei supape de admisie mari, iar, a doua, vitezele medii ale încărcăturii proaspete pe lângă supapă sunt mai mici, fapt care, la rândul său, duce la mărirea randa

mentului umplerii. Un raport cursă/alezaj subunitar conduce la soluții constructive compacte și ușoare, fapt care se reflectă în greutatea specifică: 0,81 kg/CP (11×10^{-4} kg/W).

4.10. Puterea specifică aferentă masei, P_s [W/kg] (tabelul 11)

Principala condiționare este dată de raportul cursă/alezaj și presiunea medie efectivă. Trebuie ținut cont de faptul că deși I.A.R.-7M era destinat unui avion de școală, pe motor sunt montate sistemele și mecanismele specifice motoarelor destinate avioanelor militare, de puteri mult mai mari (un singur exemplu: I.A.R.1.000A, de pe avionul de vânătoare I.A.R.-80, avea 1.040 CP, față de numai 370 CP ai I.A.R.-7M). Din această cauză, la o evaluare corectă, trebuie avută în vedere destinația motorului și nu exclusiv o anumită performanță. Fără aceste echipamente (pentru conducerea mitralierei, a tunului ș.a.) masa ar fi scăzut simțitor, cu consecință în creșterea puterii specifice. Nu în ultimul rând, trebuie menționat că acest motor este un prototip, iar varianta finală, de serie, cunoaște numeroase optimizări, inclusiv sub raportul masei totale.

4.11. Scor final cu situarea motorului I.A.R.-7M, respectiv a motorului Nakajima Sakae

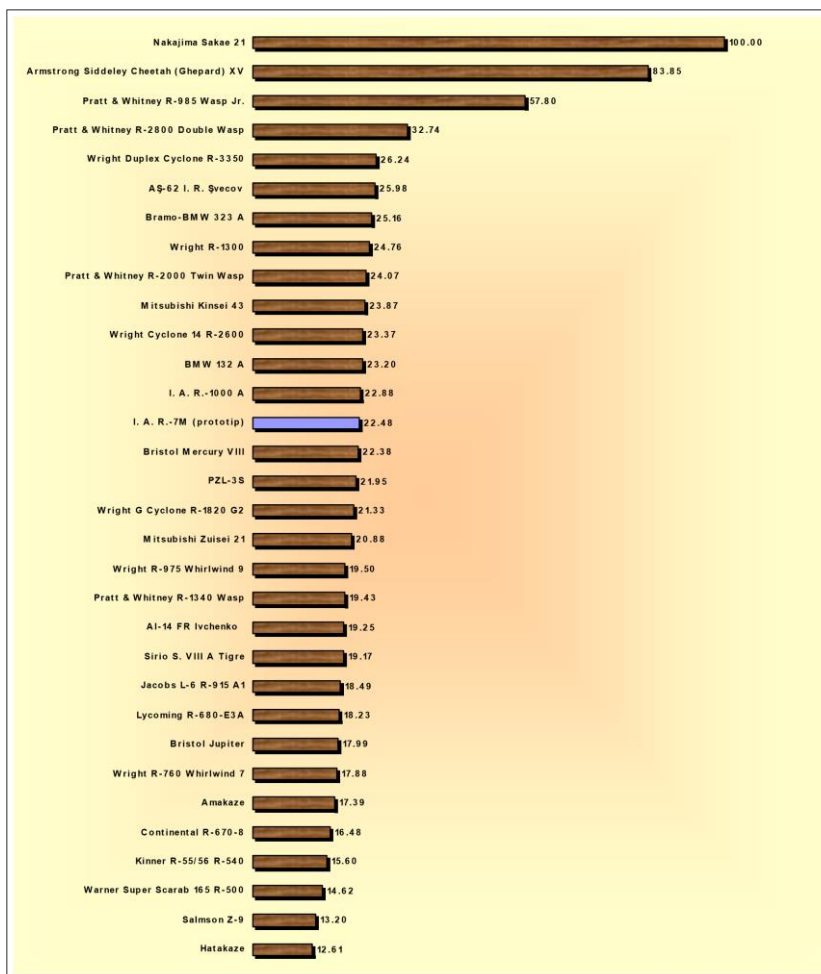
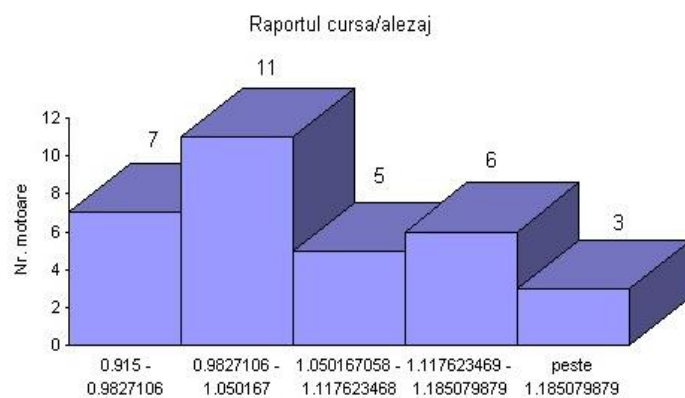
În diagrama de mai sus este prezentat scorul final al studiului statistic: Nakajima Sakae se află pe primul loc, iar prototipul I.A.R.-7M se află pe locul 14 dintr-un total de 31 motoare analizate după mărimile prezentate și interpretate până acum, fără nici o concesie de la rigoare.

P.S. Din rațiuni de spațiu nu am mai prezentat calculele și anexele aferente.

Tabelul 10

Nr. crt.					
1	0,982710648	7	0,915254237	Intervale	Frecvențe
2	1,050167058	11		0.915 - 0.9827106	7
3	1,117623468	5		0.9827106 - 1.050167	11
4	1,185079879	6		1.050167058 - 1.117623468	5
5	1,252536289	1		1.117623469 - 1.185079879	6
6	1,319992699	1		peste 1.185079879	3
7	1,38744911	1			
8		0			

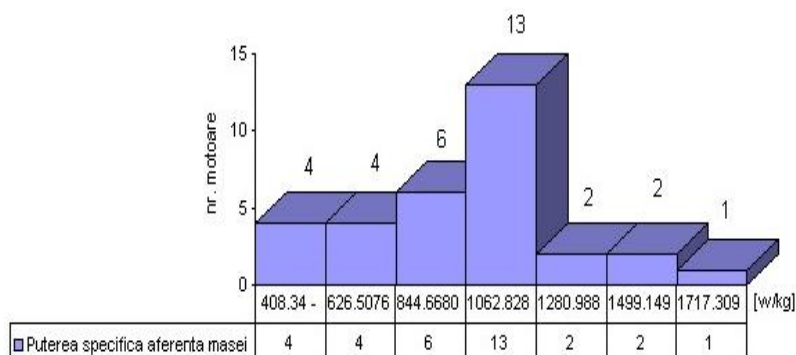
CREATIVITATE, INVENTICĂ, ROBOTICĂ



Tabelul 11

Nr. crt.				Intervale	Frecvențe
1	626,5076102	4	408,3471877		
2	844,6680326	4		408.34 - 626.5076102	4
3	1062,828455	6		626.5076103 - 844.6680326	4
4	1280,988877	13		844.6680327 - 1062.828455	6
5	1499,1493	2		1062.828456 - 1280.988877	13
6	1717,309722	2		1280.988878 - 1499.1493	2
7	1935,470145	1		1499.1494 - 1717.309722	2
8				1717.309722 - 1935.470145	1

FASCINANTUL MITSUBISHI ZERO, INEGALABILUL AVION DE LUPTĂ FĂRĂ EGAL



BIBLIOGRAFIE

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/Dogfight>.
- [2] Mike Ibeji (producer), *War Factories*, Wag TV, UK, documentary, Viasat History, 2020, https://www.imdb.com/title/tt11281232/?ref=adv_li_tt.
- [3] Horia Salcă, *The Fascinating Mitsubishi Zero, The Unparalleled Carrier-Based Fighter Aircraft, From Dog-fighter to Kamikaze (I)*, în *Buletinul AGIR*, nr. 2, aprilie-iunie 2022, pp. 32-36, ISSN 2247-3548, https://www.buletinulagir.agir.ro/numar_revista.php?id=164.
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Nakajima_Sakae.
- [5] Horia Salcă, *Motorul IAR-7M, o realizare brașoveană originală*, teză de doctorat, conducător: prof. dr. ing., dr. H.C. Florea Dudiță, susținută la Universitatea Transilvania din Brașov, 21 decembrie 2006.
- [6] Gheorghe Mihoc, Virgil Craiu, *Tratat de Statistică matematică*, Vol. I: *Selecție și estimare* (1976, 451 p.), Vol. II: *Verificarea ipotezelor statistice* (1977, 405 p.), Vol. III: *Analiza secvențială* (1979, 396 p.), Vol. IV: *Corelație și regresie liniară* (1981, 427 p.), Editura Academiei R.S.R., București, 1976-1981.
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Mitsubishi_A6M_Zero.
- [8] <https://en.wikipedia.org/wiki/Kamikaze>.

Despre autor

Dr. ing. **Horia SALCA**

Cercetător privat, Torquay, Marea Britanie (UK)

Este un publicist recunoscut în istoria aviației, în Brașov și nu numai. A publicat articole și cărți despre istoria aviației și istoria tehnologiei, recunoscute la nivel național și internațional.