

**ŠOLA ZA ČASTNIKE  
20. GENERACIJA  
SPECIALIZACIJA LETALSTVO**

**ZAKLJUČNA NALOGA**

**SISTEMI NA LETALU EUROFIGHTER TYPHOON**



Kandidat, slušatelj: ndes., Matej Erman  
Mentor: npor., Gregor Virant

Maribor, september 2009



REPUBLIKA SLOVENIJA  
**MINISTRSTVO ZA OBRAMBO**  
**Slovenska vojska**  
Poveljstvo za doktrino, razvoj,  
izobraževanje in usposabljanje  
Šola za častnike

---

Številka:

Datum:

## ZAKLJUČNA NALOGA

# SISTEMI NA LETALU EUROFIGHTER TYPHOON

Kandidat, slušatelj: ndes., Matej Erman

Mentor: npor., Gregor Virant

---

Maribor, september 2009

Engelsova ulica 15, 2111 Maribor

Telefon: 02 332 2227, fax: 02 332 1035, e-pošta: pdriu@mors.si

Identifikacijska št. za DDV: (SI) 47978457, MŠ: 5268923, TRR: 01100-63701911

## POVZETEK

Letalo Eurofighter Typhoon velja za eno izmed najmodernejših večnamenskih bojnih letal. Kljub izjemni bojni moči pa ima letalo le enega člana posadke. Drugega člana posadke - častnika za upravljanje z orožji - so nadomestili številni sistemi, ki so namenjeni razbremenitvi pilota v zahtevnih nalogah in mu omogočati sprejemanje pravih odločitev.

Namen tega dela je predstaviti osnovne značilnosti letala Eurofighter Typhoon in opisati ključne sisteme in funkcije letala, ki so namenjeni napadanju in obrambi ter izdelati seznam oborožitve, ki jo lahko to letalo uporablja.

Ker se piloti Slovenske vojske na Pilatusih PC-9M pod okriljem Nata že nekaj časa redno usposablajo in vadijo postopke prestrezanja skupaj z italijanskimi Eurofighterji, pa upam, da jim bo to delo v pomoč pri spoznavanju zmogljivosti letala Eurofighter Typhoon.

Ključne besede:

- Eurofighter Typhoon
- sistemi
- avionika
- oborožitev

## **SUMMARY**

Airplane Eurofighter Typhoon is one of the newest multi-purpose military aircraft. Despite the remarkable fighting power, it requires only one crew member. Another crew member - RIO - have been replaced by a number of systems which are intended to relieve the pilot in difficult tasks and give him enough time and information for good decision making.

The purpose of this work is to present the basic features of Eurofighter Typhoon aircraft and describe key attack / defend systems and functions of the aircraft and compile a list of weapons which can be attached to the aircraft.

Pilots of Slovenian Armed Forces in Pilatus PC-9M's have regular interception trainings with Italian Eurofighters so I hope that this work will help them to learn about combat capabilities of Eurofighter Typhoon.

### Keywords:

- Eurofighter Typhoon
- systems
- avionics
- armament

## Kazalo

1	Uvod.....	1
2	O letalu Eurofighter Typhoon.....	2
2.1	Tehnični podatki.....	3
3	Splošno o sistemih .....	6
4	Pilotska kabina .....	6
4.1	HUD .....	7
4.2	Čelada.....	9
4.3	MHDD .....	10
4.4	VTAS.....	12
5	Komunikacija.....	13
6	Navigacija .....	13
6.1	Inercialni referenčni sistem.....	14
7	Avtopilot .....	14
8	AIS .....	15
9	DASS .....	16
9.1	DAC.....	16
9.2	ESM.....	16
9.3	RWR.....	17
9.4	LWR .....	17
9.5	MAW.....	17
9.6	Metalci vab za infrardeče in radarsko vodene rakete.....	17
9.7	ECM .....	18
9.8	TRD .....	18
10	Radarski CAPTOR .....	18
10.1	Zgodovina .....	18
10.2	Tehnologija.....	19
10.3	Načini in funkcije .....	20
11	PIRATE .....	22
12	IFF.....	23
13	UCS.....	23
14	IMRS .....	24
15	Spremljanje »zdravja« .....	24
16	Podatkovno vodilo MIDS.....	24
17	ACS .....	25

18	Oborožitev .....	25
18.1	Top.....	26
18.2	Zrak - zrak .....	27
18.2.1	AIM-120 AMRAAM .....	27
18.2.2	BVRAAM .....	27
18.2.3	Sky Flash / Aspide .....	28
18.2.4	AIM-9 Sidewinder .....	28
18.2.5	ASRAAM.....	29
18.2.6	IRIS-T.....	29
18.3	Zrak - zemlja .....	30
18.3.1	Lasersko vodene bombe / JDAM.....	30
18.3.2	Storm Shadow .....	30
18.3.3	TAURUS.....	31
18.3.4	ALARM .....	31
18.3.5	HARM.....	32
18.3.6	Brimstone .....	32
18.3.7	BL755 .....	33
18.3.8	DWS-39.....	33
18.3.9	Harpoon.....	33
18.3.10	Penguin.....	34
19	Zaključek .....	37
20	Literatura .....	38
21	Seznam slik .....	39
22	Izjava o avtorstvu.....	41

# 1 UVOD

Ko so bojna letala postajala čedalje bolj učinkovita pri detekciji, uničevanju in izogibanju sovražnikov, se je povečalo tudi breme in delo pilota v kokpitu. V nekaterih primerih je to pomenilo, da je letalo potrebovalo dva člana posadke, in sicer pilota in oficirja za elektroniko. Specifikacije za Eurofighterja so narekovale potrebo po enosedeznem lovcu, ki bo sposoben opravljati funkcije, ki bi drugače zahtevale dva člana posadke. To je vodilo v izboljšanje vmesnika med pilotom in letalom na vseh nivojih uporabe. Detekcija tarč je morala biti "tišja", bolj natančna in bolj zmogljiva in seveda bolj avtomatizirana. Sistemi za obrambo bi morali uporabljati svojo "pamet" in bi ukrepali glede na kritično situacijo. Sistemi za orožja bi morali biti bolj primerni za spreminjajočo se situacijo in dovolj zmogljivi, da premagajo novo generacijo okretnih lovcev. Izpopolniti pa bi morali biti tudi sisteme za navigacijo. Kot posledica izjemne okretnosti letala so se povečali tudi G pospeški na pilota, kar je povečalo verjetnost za izgubo zavesti med zahtevnim manevriranjem. V letalo so zato vgradili učinkovit varnostni sistemi v sili. Eurofighterjevi inženirji so rešili ogromno zgoraj naštetih problemov. Letalo je enostavno za upravljanje, pa tudi njegova avionika poskrbi za dobršno mero povratnih informacij. To pa ne pomeni, da je letenje med bojem z Eurofighterjem enostavno, ampak je zaradi svoje moči in prevlade veliko lažje.

Slovenski zračni prostor trenutno nadzirajo Natova letala, med drugim tudi italijanski Eurofighterji. Slovenski in italijanski piloti pa tudi v okviru Nata sodelujejo pri urjenju prestrežanja v zraku, kjer so italijanski lovci prestrezniki, slovenski Pilatusi PC-9 pa vsiljivci. Ker pa je Eurofighter Typhoon relativno novo letalo, je o njegovih bojnih zmogljivostih znanega precej malo, zato upam, da bo ta zaključna naloga v pomoč slovenskim pilotom pri urjenju in razumevanju Eurofighterjevih spodobnosti.

Prvi del diplomske naloge bom namenil predstavitvi splošnih informacij o letalu. Sledilo bo opisovanje sistemov, predvsem tistih, za katere mislim, da so pomembni za bojevanje in prevlado v z zraku. Na koncu bom izdelal še seznam orožja, ki ga lahko uporablja Eurofighter z osnovnimi tehničnimi podatki.

## 2 O LETALU EUROFIGHTER TYPHOON

Pred dobrima dvema desetletjema so nekatere evropske države spoznale, da čas velikih bojnih letal počasi mineva, ali pa so vsaj predragi za posamezne države. Tako se je porodila zamisel o skupnem večnamenskem bojnem letalu četrte generacije z dvema motorjema in z maso praznega okrog 10 ton. Decembra 1983 so se sestali šefi štabov letalskih sil Francije, Nemčije, Italije, Španije in Velike Britanije. Naslednje leto so že začeli s študijem o izvedljivosti projekta. Leta 1985 je Francija zaradi nestrinjanja z Veliko Britanijo izstopila iz projekta in se odločila za taktičnega lovca Rafale po zasnovi in proizvodnji domačega Dassaulta. Vodilne letalske proizvajalke štirih sodelujočih držav British Aerospace, DASA, Alenia in VASA so osnovale družbo s skupnim upravljanjem za razvoj letala Eurofighter Jagdflugzeug GmbH. Ob tem so podobno družbo Eurojet GmbH ustanovili še štirje proizvajalci motorjev Rolls-Royce, MTU, Fiat Aviazione in ITP. Decembra 1987 so program prečistili, glavne pogodbe o motorjih in oboroženih sistemih pa podpisali 23. novembra 1988. Dokument je vseboval tudi spisek zahtev, katere naloge naj bi novo evropsko bojno letalo zmoglo. Tako so prišli do projekta dvomotornega enosedežnega letala z velikimi zmogljivostmi in manevrskimi sposobnostmi, predvidenega za doseganje premoči v zraku tako izven vizualnega dosega kot v bližinskih zračnih bojih v vsakem vremenu, ponoči in podnevi. Program je leta 1992 začasno zastal, saj je Nemčija zahtevala pocenitev in študijo o alternativnih predlogih. Že konec istega leta so sprejeli kompromis in nadaljevali s projektom. Leta 1998 so sodelujoče države naročile 620 letal. Krstni polet je letalo opravilo 27. marca 1994, 4. avgusta 2003 pa je Nemčija prevzela prvo serijo letal.

Slika 1 Uradni logotip projekta Eurofighter Typhoon.



Slika 2 Letalo Eurofighter Typhoon.





## 2.1 TEHNIČNI PODATKI

Posadka: 1 (operativno letalo), 2 (trenažno letalo)

Operativna življenjska doba: 25 let / 6000 ur

Cena: 80 mio €

Dolžina: 15,96 m

Razpetina kril: 10,95 m

Višina: 5,28 m

Površina kril: 50 m<sup>2</sup>

Površina kanadrov: 2,40 m

Osnovna masa: 10995 kg

Največja vzletna masa: 23000 kg

Pogonski agregat: 2 x Eurojet EJ200 turboventilacijski motor z dodatnim izgorevanjem

Potisk: 2 x 60 kN

Potisk z dodatnim zgorevanjem: 2 x 90 kN

Največja hitrost na višinah: nad 2 macha (2495 km/h, 1347 kts)

Največja hitrost na višini morja: 1,2 macha

Največja hitrost brez uporabe dodatnega izgorevanja (supercruise): 1,1 macha

Dolet: 2900 km (1566 nm)

Bojni radij, napad na zemeljske cilje, nizko-nizko-nizko: 601 km (373nm)

Bojni radij, napad na zemeljske cilje, visoko-nizko-visoko: 1389 km (863 nm)

Bojni radij za zračno obrambo s tri urno patroljo: 185 km (115nm)

Bojni radij za zračno obrambo z 10 minutnim čakanjem: 1389 km (863 nm)

Dolet z dodatnimi rezervoarji: 3,790 km (2046 nm)

Najvišja višina: 19,812 m (65,000 ft)

Hitrost vzpenjanja: >315 m/s (62,000 ft/min)

Obremenitev kril: 311 kg/m<sup>2</sup>

Največje obremenitve g: +9 / -3

Razmerje potisk/masa: 1.16

Najmanjša dolžina vzletno pristajalne steze: 700 m

Čas od zaleta do vzleta: 8 s

Čas od zalet do 35000 ft (10,5 km): 2,5 min

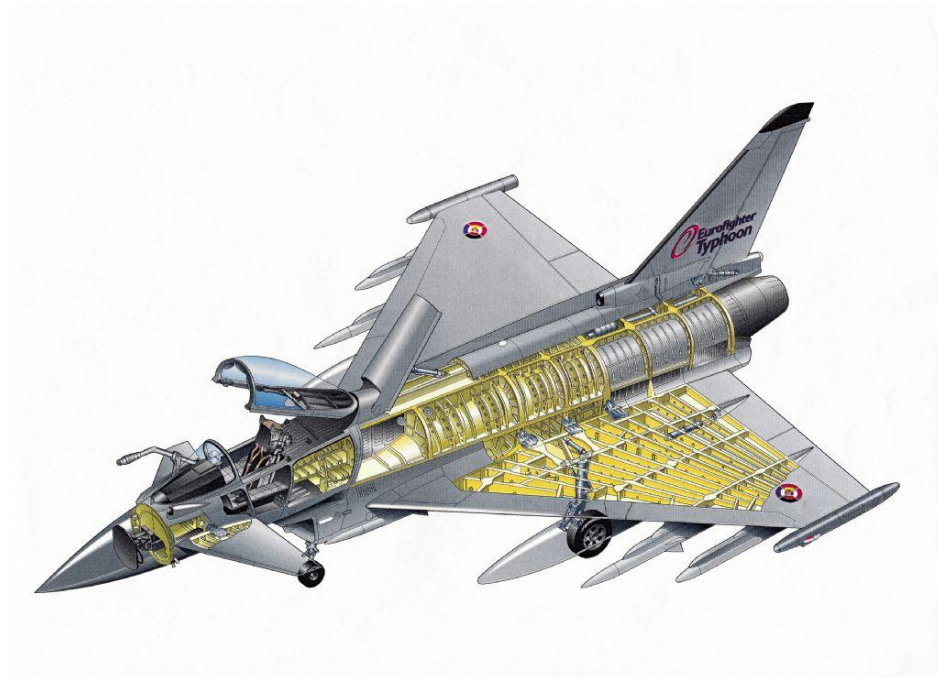
Pospeševanje na nizki višini od 200 kts do 1 Mach: 30 s

Število obesnih točk za orožje: 13

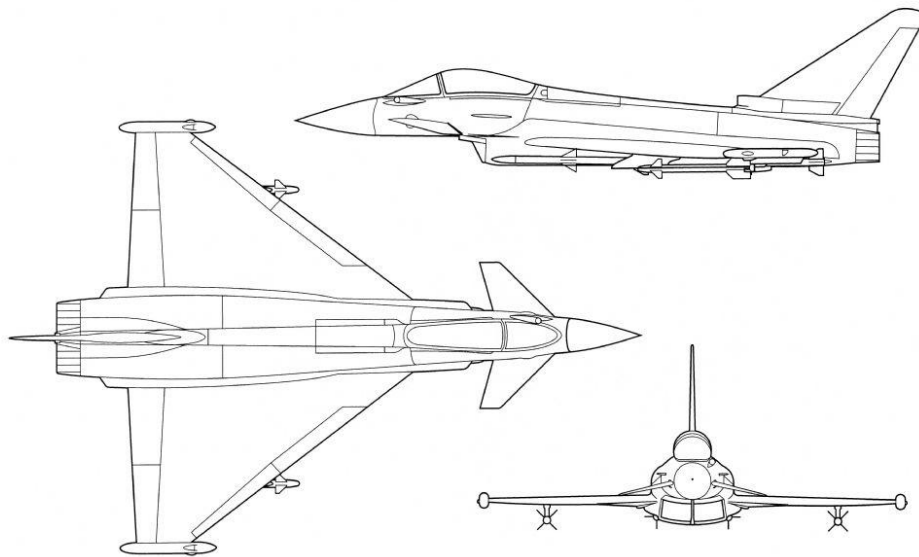
Največja masa oborožitve: 7500 kg

Zgradba: 75% kompozit iz ogljikovih vlaken, 12% plastika ojačena s steklenimi vlakni, 15% kovine (titan, aluminij), 3% ostalo.

Slika 3 Delni prerez.



Slika 4 Pogled iz treh smeri.



**Eurofighter**

**Slika 5 Obremenitve, ki jih lahko letalo doseže med letom, so računalniško omejene na +9 / -3 G.**



**Slika 6 Dva motorja Eurojet EJ200 proizvedeta več potiska, kot znaša masa letala.**



### 3 SPLOŠNO O SISTEMIH

Cilj letalskih sistemov na letalu Eurofighter Typhoon je, da čim bolj razbremenijo pilota med delovanjem na bojišču, da se ta lahko posveča nalogi ali boju. Napredna digitalna avionika na letalu je modularna. Modularna zasnova omogoča enostavno razširitev ali zamenjavo sistemov. Posamezni sistemi so povezani tudi z optičnimi vodili. Skupno je na voljo 7 vodil za podatkovni promet letalskih sistemov. Poleg petih digitalnih vodil MIL-STD1553B (100 Mbit/s), sta na voljo še dve optični vodili STANAG-3910 (1000 Mbit/s).

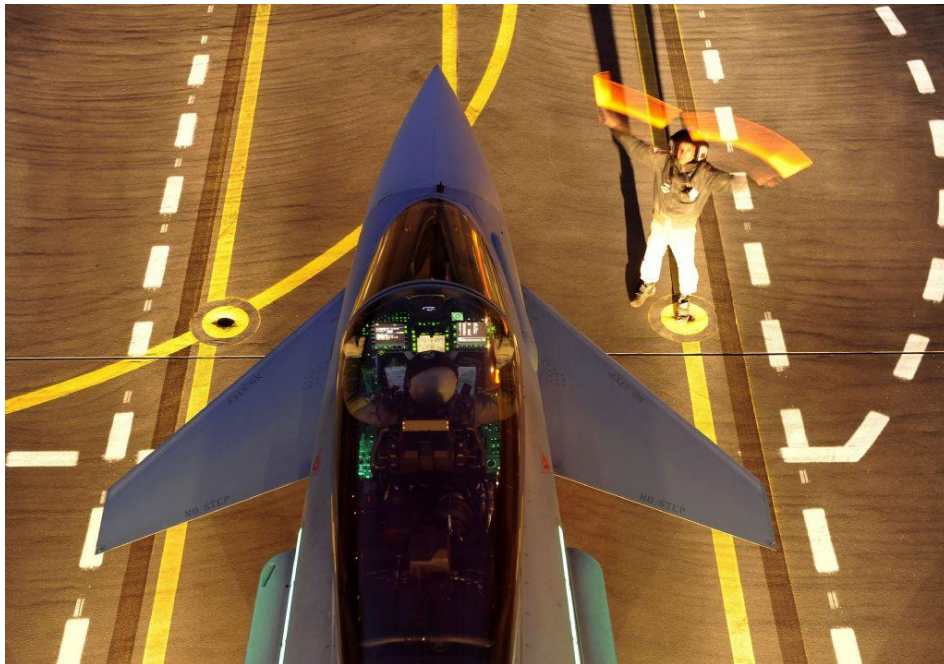
Avionika je v temeljih razdeljena na sedem področij, ki so med sabo povezane s podatkovnimi vodili:

- pilotska kabina (prikaz informacij / upravljanje letala),
- upravljanje z ognjem, identifikacija in navigacija,
- DASS,
- upravljanje z orožjem,
- IFF,
- spremljanje in kontrola,
- komunikacija in identifikacija.

### 4 PILOTSKA KABINA

Ker je letalo Eurofighter Typhoon enosedežno letalo, je bila posebna pozornost namenjena snovanju pilotske kabine in njenih sistemov. Rezultat je visoko avtomatiziran kokpit, ki posreduje pilotu prave informacije z minimalnim pilotovim posredovanjem. Ta samodejnost je v večji meri dosežena s sistemom AIS (sistem za napad in identifikacijo), ki združuje vse razpoložljive senzorje in pridobljene informacije iz zunanjih virov v celovito sliko, zaradi česar pilotu ni potrebno preverjati več sistemov naenkrat. Vsi podatki v zvezi s pilotsko kabino so obdelani z enoto **CIU (Cockpit Information Unit - Enota za informacije v kokpitu)** podjetja Teldix. Enota je modularna s procesorjem 68020 in koprocesorjem 68882 in je zmožna procesirati visoke količine podatkov, ki jih dobiva.

Slika 7 Pri zasnovi pilotske kabine so za čim boljšo ergonomijo porabili ogromno razvojnih ur.



#### 4.1 HUD

Head up display oziroma elektrooptični prikazovalnik je eden izmed najbolj pomembnih naprav za posredovanje informacij pilotu. Je širokokotne zasnove ( $35^\circ \times 25^\circ$ ) in je zasnovan tako kot podobni sistemi: polprosojno odbojno steklo, ki je pred pilotovim pogledom naprej. Vidljivost naprej pa kljub temu ni preveč okrnjena, zahvaljujoč zasnovi z minimalističnim držalom stekla.

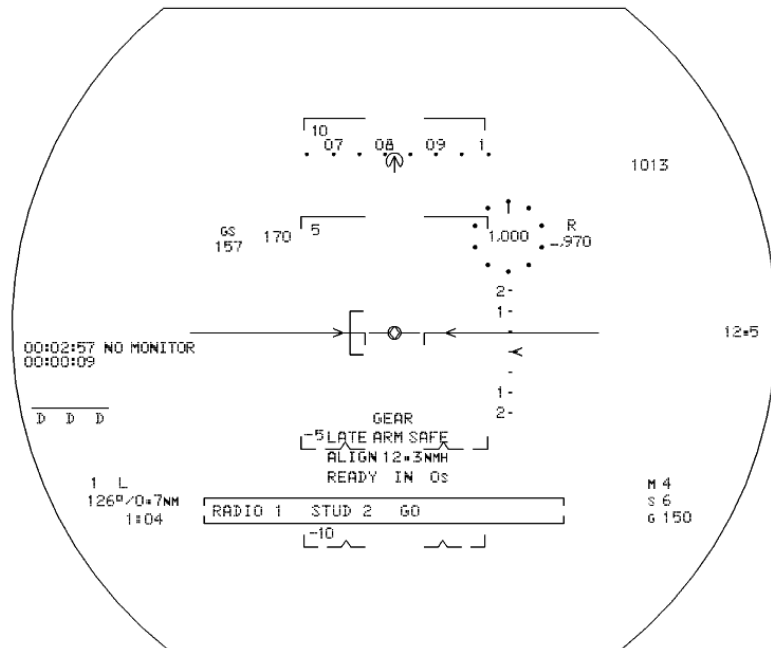
HUD je zmožen prikazati celo vrsto podatkov in simbolov o letenju, od osnovnih informacij kot sta, višina, smer hitrost in položaj letala do podatkov o orožju in specifičnem sistemu merjenja za posamezno orožje. Na polprosojnem prikazovalniku se denimo prikazujejo še podatki za izogibanje terenu, pri uporabi nevodnih bomb se izriše mesto preračunanega zadetka bombe, rakete pa se prikazujejo v obliki kara. Slika iz infrardeče kamere sistema PIRATE je moč neposredno preslikati na HUD za letenje ob zmanjšani vidljivosti brez potrebe, da bi moral pilot opazovati preostale zaslone.

Pod elektrooptičnim prikazovalnikom se nahaja prikazovalnik sistema **MIDS** - **večnamenskega sistema za razširjanje informacij**, ki je namenjen prikazovanju različnih nalog in kritičnih podatkov. Zraven njega se nahajajo na vsaki strani po trije večnamenski gumbi, ki služijo za hiter dostop do določenih funkcij. Pod njem je še nekaj manjših prikazovalnikov, ki so namenjeni prikazu izbrane radijske frekvence, gorivu. HUD vsebuje tudi snemalnik videa in zvoka.

Slika 8 Polprosojni prikazovalnik v višini pilotovih oči.



Slika 9 Primer prikaza na polprosojnem prikazovalniku HUD.



## 4.2 ČELADA

Pilotova čelada v letalu Eurofighter je visoko razvita in popolnoma integrirana z različnimi sistemi. Združuje osnovno okrepljeno zaščitno školjko, vgrajeni namerilni vizir (**HMS - Helmet Mounted Sight**), opremo za nočno gledanje (**NVG/NVE - night vision equipment**), mikrofoni in slušalki (za komunikacijo in glasovno ukazovanje) ter kisikovo masko.

Namerilni vizir je narejen iz odbojnega polprosojnega materiala, na katerega odsevata sliko dva katodna monitorja visoke ločljivosti. Slika pokriva 40° pilotovega vidnega polja, kar zagotavlja, da ni nobene informacije zunaj človeškega vidnega polja. HMD prikazuje identične podatke kot HUD, zaradi lažje interpretacije pa je uporabljena popolnoma ista simbologija. Največja prednost te čelade je sistem optičnega sledenja, ki zaznava premike pilotove glave in usmerja senzorje v smer pilotovega pogleda. Tako lahko pilot izstrelil določene rakete kratkega dosega kar s pogledom preko rame. Tako kot na HUD, je mogoče prikazovati sliko infrardeče kamere sistema PIRATE kar na vizir.

Ker pa je Typhoon namenjen letenju v vsakršnih razmerah, pilotu precej olajša delo v čelado vgrajeni nočnogled. Sestavljen je iz dveh kamer na vsaki strani čelade, ki prikazuje sliko na vizir in pilotu prikazujeta stereoskopsko sliko.

**Slika 10** Moderna čelada ne služi samo za zaščito, temveč tudi za posredovanje informacij.



Slika 11 Pri pogledu iz strani se dobro vidi ena izmed kamer nočnogleda.



### 4.3 MHDD

Kratice pomeni **Multi-function Head Down Display** oziroma **večnamenski spodnji prikazovalnik**. To so trije barvni zasloni na tekoče kristale z aktivno matrico (AMLCD). Monitorji imajo visoko ločljivost in so sposobni prikazovati barvno shemo, celozaslonski video in monokromatsko sliko iz infrardeče kamere sistema PIRATE. Okrog vsakega prikazovalnika je 17 gumbov, ki imajo določljive funkcije, ki omogočajo izbiranje različnih postavitev slike in izbiro sistemov. Vsak izmed spodnjih zaslonov omogoča prikaz informacij iz raznih sistemov vključujoč DASS, radar, laserski označevalnik ciljev, sistemske informacije, informacije o orožju, premikajočo karto, PIRATE ... V praksi je določen privzet pogled za vsakega izmed treh prikazovalnikov, ki se določi samodejno glede na trenutno situacijo in nalogo. Za razliko od nekaterih bojnih letal novejša generacije Eurofighter nima na dotik občutljivih zaslonov, saj naj bi bili ti manj zanesljivi.

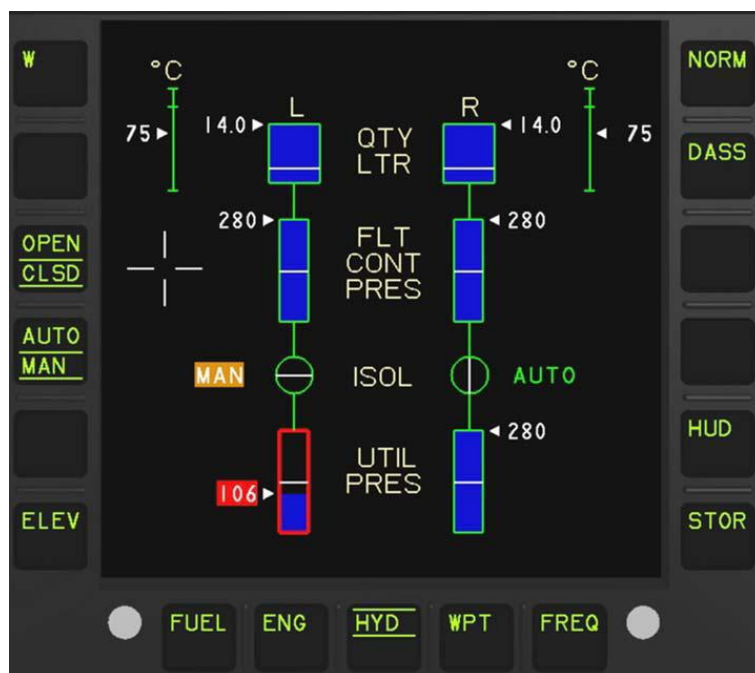
Največ podatkov o dogajanju okrog sebe pilot dobi na spodnjem sredinskem zaslonu, kjer se prikazuje premikajoča topografska karta (**Moving Map Display**). Na karto je mogoče preslikati informacije iz ostalih senzorjev, da pilot dobi realno sliko bojišča in mu omogoči učinkovito izbiro strategije za napad ali izmik.



Slika 12 Trije večnamenski prikazovalniki MHDD.



Slika 13 Primer grafike za hidravlični sistem na prikazovalniku MHDD.



#### 4.4 VTAS

Ena izmed pomembnih komponent integracije in povezovanja človek-letalo je kombinacija sistemov **DVI (Direct Voice Input - neposredno glasovno upravljanje)** in **HOTAS (Hands on Throttle And Stick - roki na krmilni palici in ročici potiska)**. Oba sistema sta združena v **VTAS**, kar pomeni **Voice, Throttle And Stick - glas, potisk in palica**.

DVI je ključni sistem v kabini tega letala. Namenjen je prepoznavanju človeškega govora. Sistem je zelo robusten, saj je bilo potrebno upoštevati glasno okolje v pilotski kabini in velike obremenitve na pilota ob manevrih, ki vplivajo na njegov glas in sposobnost govorjenja. Sistem vsebuje več algoritmov za prepoznavo govora, ima vgrajen slovar 200 besed, odzivni čas 200 ms, in 95% učinkovitost. Vsako letalo je potrebno posebej "naučiti" razumeti svojega pilota. DVI pilotu omogoča nadzor nad 26 nekritičnimi sistemi, kot so sprememba načina delovanja radarja, sprememba prikaza na monitorju, navigacija in podobno. Skupaj s sistemom HOTAS pilotu olajša delo v kabini in potrebo po opazovanju različnih instrumentov, pritiskanje gumbov itd.

HOTAS je sklop palice in ročice za potisk, ki imata vsaka po 12 gumbov, ki se jim lahko določi namembnost. Ta stikala imajo funkcije tako na napadnih in obrambnih sistemih, kar pilotu omogoča, da ima roke na krmilih tudi ob zahtevnejših nalogah. Nadalje se na palici nahaja usmerjevalo kazalca za posamezen spodnji prikazovalnik.

**Slika 14** Številni gumbi na krmilni palici pilotu omogočajo kontrolo določenih sistemov z rokami na palici in ročici za potisk.



## 5 KOMUNIKACIJA

Za komunikacijo je Eurofighter Typhoon opremljen z naprednim sistemom **Camu (Communication Audio Management Unit – enota za upravljanje glasovne komunikacije)**. Vsebuje glasovni opozorilni in komunikacijski sistem in sistem za glasovno upravljanje. Za komunikacijo UHF / VHF letalo uporablja radijske postaje od Rohde & Schwarz, BAe System, Elmer Enosa. Naprave so združene v sistem SATURN (Second-generation Anti-jam UHF Radio for NATO – Nato Radio UHF odporen proti motenju druge generacije). Tako UHF kot VHF oddajniki in sprejemniki uporabljajo nezaščitene kanale, medtem ko se lahko na UHF postaje omogočajo zaščiten način komuniciranja.

## 6 NAVIGACIJA

Typhoon uporablja modern navigacijski sistem, ki omogoča zelo natančno navigacijo. Srce sistema je laserski inercialni navigacijski sistem (**Lins – Laser Inertial Navigation System**) LN-93EF italijanskega proizvajalca Litton z natančnostjo zanosa 1 NM/uro. Prav tako je na voljo diferencialni satelitski sistem GPS (**DGPS – Differential Global Positioning System**). Ta uporablja informacije iz satelitov za doseganje metrske natančnosti. GPS pa ni primarni navigacijski sistem, temveč samo dopolnitev sistema LINS, kar zagotavlja natančno navigacijo in časovno uskladitev, nadalje pa je Eurofighter, tako kot vsa moderna letala, kompatibilen z radio navigacijskim sistemom TACAN (Tactical Air Navigation – sistem za taktično navigacijo v zraku). Letalo je opremljeno še s sistemom za referenčno navigacijo po terenu (**TRN – Terrain Reference Navigation**) in sistemom za opozarjanje pred bližanjem terena TEPROM II (**Terrain Profile Matching – spremljanje profila terena**), ki ga v letalstvu bolje poznamo pod kratico **GPWS (Ground Proximity And Warning System)**. Teprom uporablja digitalno kartografijo in skupaj s sistemoma LINS in GPS omogoča natančno navigacijo brez napak po obrisu terena na minimalni višini, tako v ročnem (opozarjanje pilota, če leti pod določeno radarsko višino) kot tudi v avtomatskem načinu. Pilotu je v pomoč še **digitalna premikajoča topografska karta MMD (moving map display)**, ki je privzeto prikazana na sredinskem spodnjem prikazovalniku v pilotovi kabini. Pilot lahko izbira med tremi merili: 1:500000 za splošno navigacijo, 1:100000 za načrtovanje leta in 1:5000 za natančno navigacijo in identifikacijo tarč. Na prikazovalniku topografske karte je možno spremljati še načrt leta in položaje sovražnikovih enot. Za pomoč pri pristajanju je Eurofighter opremljen s sistemoma **ILS (Instrument Landing System – sistem za instrumentalno pristajanje)** in **MLS (Microwave Landing System – mikrovalovni pristajalni sistem)**. Ta NATO kompatibilen sistem omogoča samodejno pristajanje letala po ICAO CAT 2, kar razbremeni delo pilota ponoči ali v slabi vidljivosti.



## 8 AIS

V večini starejših bojnih letal je bil posamezen senzor obravnavan kot ločen vir informacij. Zaradi tega so bili včasih podatki med sabo dvoumni, kar je povečalo obremenitev pilota in nadalje onemogočalo učinkovito avtomatizacijo več sistemov.

Zato je pomembna in ključna funkcija, ki jo ima Typhoon tako imenovano združevanje senzorjev. Vsi senzori v letalu so povezani. Sistem za identifikacijo napada (**AIS - Attack Identification System**) ovrednoti pridobljene podatke od vseh tipal in ustvari sliko taktične situacije, privzeto na sredinskem prikazovalniku v kokpitu. Prednost tega je, da pilotu ni potrebno spremljati podatkov iz posameznega zaznavnega sistema (denimo na ločenih prikazovalnikih), prav tako pa so s takšnim združevanjem tipal poveča natančnost pri odkrivanju ciljev ali groženj ter njihovem sledenju. Tako denimo radar, IRST, DASS posredujejo informacije o ciljnih pilotovi čeladi, ki prikazuje pilotu pomembne informacije na vizir. Pilot je tako manj obremenjen z neprestanim spremljanjem številnih informacij, kar še poveča bojno moč evropskega lovca.

V Eurofighterju je takšno združevanje senzorjev doseženo s sistemom **AIS (Attack and Identification System - Sistem za napadanje in identifikacijo)**. AIS združi vse podatke z glavnih senzorjev na letalu, kot tudi z ostalimi letečimi senzorskimi platformami, kot so **AWACS (Airborne Warning And Control System)**, **ASTOR (Airborne Stand-off Radar)**, **JSTARS (Joint Surveillance Target Attack Radar System)** preko podatkovnega sistema **MIDS (Multi-function Information Distribution System - večnamenski sistem za razširjanje informacij)**. Dodatno AIS integrira vse sisteme za napad in obrambo, kot so: DASS, ACS, navigacija in komunikacija.

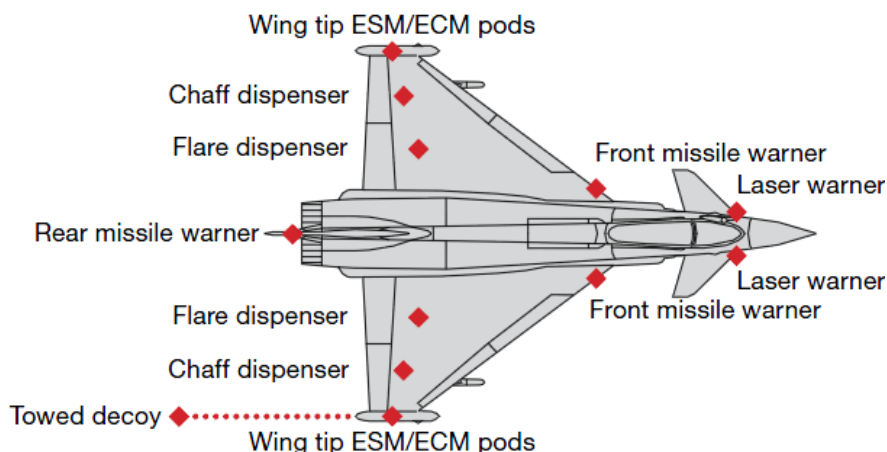
AIS je zgrajen iz dveh ločenih enot: računalna za avioniko **AC (Avionics Computer)** in računalna za navigacijo **NC (Navigation Computer)**. Računalnika sta povezana med sabo preko vodila STANAG-3910 z ostalimi glavnimi sistemi, kot so radar, ACS, PIRATE. Oba računalnika sta identična in sestavljena iz glavne procesne enote Motoroline 68020 z matematičnim koprocesorjem 68882 in nekaj namenskih procesorjev z omejenim naborom funkcij za operacije s plavajočo vejico.

S takim združevanjem podatkov dobi pilot samo en vir informacij brez navzkrižnih podatkov, kar mu olajša delo in poveča njegovo zaznavanje situacije, hkrati pa poveča avtomatizacijo sistemov. V praksi lahko tako Eurofighter identificira cilje na razdalji več kot **150 nm (280 km)** in jih preuči ter razvrsti glede na grožnjo pri več kot **100 nm (185 km)**. AIS pa ima še eno pomembno funkcijo, to je kontrola emisij iz senzorjev (npr. radarja) (**EMCON - Emission Control**), kar zmanjša možnost detekcije letala in še dodatno olajša delo pilotu.

## 9 DASS

Časi, ko so lovskim letalom predstavljali edini vir groženj topovski izstrelki, so že zdavnaj minili. Danes letalom pretijo številne vodene rakete, ki so čedalje bolj napredne in »pametne«. Zato ima Eurofighter sistem **DASS (Defensive Aids Sub System – podsistem obrambnih sredstev)**, ki je avtomatski sistem za elektronsko bojevanje narejen posebej za letalo Eurofighter. Vključuje napredni radarski opozorilnik, laserski opozorilnik, aktivni opozorilnik za rakete, metalec infrardečih in radarskih vab, radarski motilec in vabo, ki jo letalo vleče za sabo. Sistem identificira, poišče in razvrsti grožnje glede na prioritete in izvaja aktivne protiukrepe. Sistem deluje popolnoma samodejno, kar med morebitno grožnjo med bitko pilota razbremeni med že tako stresnim okoljem. Seveda je možno upravljati z DASSom tudi ročno. Sistem se nahaja v dveh kontejnerjih na koncih krila, v krilu samem, v repu in sprednjem delu trupu letala. Sistem je popolnoma integriran in ne potrebuje nobene dodatne opreme na podkrilnih ali podtrupnih nosilcih. Modularna zasnova omogoča enostavno dodajanje ali menjanje opreme z novejšo. DASS pa služi tudi pasivnemu iskanju tarč.

**Slika 16** Položaj senzorjev iz leve proti desni: ESM/ECM kontejner, metalec radarskih vab, metalec infrardečih vab, sprednji opozorilnik za rakete, laserski opozorilnik, zadnji opozorilnik za rakete itd.



### 9.1 DAC

Najbolj pomemben del sistema DASS je **DAC (Defensive Aids Computer – računalnik obrambnih pripomočkov)**. DAC nadzoruje vse komponente sistema in samodejno preverja (**EVALUATING**) informacije.

### 9.2 ESM

**ESM (Electronic Support Measures – Elektronsko podprti ukrepi)** je naprava, ki se nahaja v kontejnerjih na koncu kril. To so pasivni senzori, ki zaznajo radijsko valovanje motilnikov. Sistem se dopolnjuje z opozorilnikom radarske detekcije in služi tudi kot pasivni iskalnik morebitnih groženj.

### 9.3 RWR

DASS vključuje štiri sodobne opozorilnike radarske detekcije (**RWR – Radar Warning Receiver – Sprejemnik radarske nevarnosti**). Opozorilniki pokrivajo 360° okrog letala. Ko radarski snop valov 'zadane' letalo Eurofighter, tega zazna RWR in ugotovi točen položaj letala ter izlušči signal IFF, kjer ugotovi ali je letalo zaveznik ali sovražnik. Sistem še primerja radarski signal z lastno bazo podatkov o različnih tipih radarjev in poskuša ugotoviti tip letala. Sistem prav tako ugotovi, ali je bilo letalo z radarskim signalom samo obsevano ali tudi zajeto. Dodatno lahko RWR zaznane grožnje razvrsti po nevarnosti in informacije posreduje pilotu. Detektor zazna signale od 100 MHz DO 10 GHz ter zna odkrivati, locirati in identificirati še ostala radijska oddajanja.

### 9.4 LWR

Nekatera letala Eurofighter bodo opremljena še z laserskim opozorilnim sprejemnikom (**LWR – laser Warning Receiver**). Naprava zazna laserska obsevanje letala z laserjem, saj nekateri lovci uporabljajo laserske daljinomere v kombinaciji s senzorji za pasivno odkrivanje letal.

### 9.5 MAW

Kratice pomeni **Missile Approach Warner – opozorilnik za izstreljene vodene rakete**. Sistem pokriva celotno letalo in omogoča učinkovito opozarjanje na izstreljene sovražnikove vodene rakete zrak-zrak in zemlja-zrak. Deluje s pomočjo pulz doplerjevega radarja in je lociran na treh mestih: na korenih kril in na zadku letala. Vsaka izstreljena raketa na letalo Eurofighter bo zaznana in prikazana na zaslonu sistema DASS. Sistem lahko loči med infrardečo in radarsko vodeno raketo, zazna količino raket izstreljenih na letalo in njihovo lokacijo. Pilotu pa poleg teh informacij predlaga še optimalni manever za izmik raketam.

### 9.6 METALCI VAB ZA INFRARDEČE IN RADARSKO VODENE RAKETE

Eurofighter Typhoon je pod krili opremljen s štirimi metalci vab. Ti skupaj vsebujejo 320 vab proti radarskim grožnjam in 36 kartuš proti infrardečim grožnjam. Te vabe so ene izmed najučinkovitejših aktivnih protiukrepov proti raketam tipa zemlja-zrak in zrak-zrak. Kartuše z radarskimi vabami vsebujejo številne kovinske trakove, ki so povečini iz aluminija. Po izmetu vsebine kartuše z radarskimi vabami, nastane "oblak" kovinskih trakcev, ki učinkovito odbijajo radarske signale in zmedejo ali preusmerijo približujočo se raketo, ki posledično zgreši cilj.

Svetlobne vabe proti infrardečim grožnjam pa so magnezijevi naboji, ki so pred izmetom aktivirani. Po vžigu oddajajo veliko količino toplote, ki motijo infrardeče iskalce in tako preusmerijo rakete. Moderne rakete pa so že precej manj občutljive na take protiukrepe. Sistem DASS samodejno aktivira infrardeče in radarske protiukrepe v zaporedju, ki zagotavlja najvišjo učinkovitost.

## 9.7 ECM

DASS vsebuje tudi sistem za elektronske protiukrepe **ECM (Electronic Counter Measures)**. To je motilnik sovražnikovih radarjev, ki otežuje ali onemogoči sledenje in zaklepanje tarč. Sistem oddaja lažne odboje signalov nasprotnikovega radarja, ki jih ima v svoji bazi podatkov. Sovražnikov radar težko loči prave odboje od lažnih, zato težko dobi realno sliko kje se Eurofighter nahaja. Typhoonov elektronski motilnik je usmerjen, kar pomeni, da pošilja signale samo v smeri letala, katerega radar namerava motiti. To zmanjša možnost, da bi bilo letalo odkrito s pomočjo ostalih letal v okolici, kar je bila šibka točka starejših sistemov ECM. Z usmerjenim ECM tako motimo samo manjše število nasprotnikovih radarjev, kar zmanjša verjetnost, da letalo odkrijejo. Eurofighterjev ECM se aktivira samodejno in moti sovražnikov radar, ki nam predstavlja največjo grožnjo.

## 9.8 TRD

**Towed Radar Decoy** ali **vlečena radarska sonda** je naprava za elektronsko motenje, ki jo letalo na 100 metrov dolgi vrvi iz kevlarja vleče za sabo. Prednost take izvedbe je, da se motilni signali ne oddajajo neposredno z letala in četudi sovražnikovi radarji locirajo motilnik, je letalo bolj ali manj varno pred grožnjami. Naprava je pritrjena na kontejner od sistemov ECM / ESM.

## 10 RADAR CAPTOR

V prejšnjem poglavju sem opisal defenzivi sistem DASS, sedaj pa se bom osredotočil na ofenzivne. Podatke o položaju sovražnih pa tudi prijateljskih enotah lahko pridobimo s številnimi senzori, ki pa so lahko aktivni ali pasivni. Aktivni morajo za skeniranje območja oddajati signale, pasivni pa ne. Prednost aktivnih senzorjev je praviloma večji doseg, vendar lahko z oddajanjem signalov tudi razkrijemo svoj položaj, saj lahko radarske signale pasivno prestreže kako drugo letalo. Radar je glavni aktivni senzor za pridobivanje informacij o prijateljskih ali sovražnih plovilih ali vozilih. Radar Captor so razvili posebej za letalo Eurofighter.

### 10.1 ZGODOVINA

Leta 1990 so se podjetja Gec Marconi (Velika Britanija), DASA (Nemčija), INISEL (Španija) in FIAR (Italija) združila v konzorcij Euro radar z namenom, da razvijejo radar za letalo Eurofighter. Radar je na začetku nosil oznako ECR-90. Odločili so se, da bodo za nov radar zgradili na platformi že obstoječih radarjev, kot so: AN/APG-65, Fox Hunter in Blue Vixen. Prvega so opustili zaradi morebitnih tehnoloških problemov, drugega pa zaradi slabih zmogljivosti. Tako so vzeli za osnovo radar, ki ga ima Sea Harrier: Blue Vixen. Prve teste z ECR-90A so opravili v januarju 1993, ki so ga namestili na letalo BAC-111. Prva prototipa letala Eurofighter, ki so jima vgradili ta radar sta bila DA4 in DA5, se pravi 4. in 5. prototip. S serijsko produkcijo so začeli leta 1999 in nadaljevali z razvojem še naslednje leto. Skupno bodo izdelali 619 radarjev.



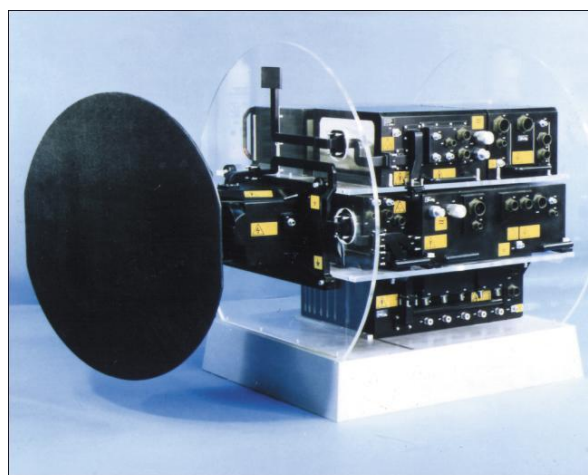
## 10.2 TEHNOLOGIJA

CAPTOR je digitalni večnamenski pulzodoplerski radar. V primerjavi z ostalimi modernimi radarji, ta še vedno uporablja običajno mehansko premikajočo anteno. Za tako izvedbo so se odločili, ker so menili, da tehnologija s fiksno anteno še ni bila dovolj zrela. CAPTORJEVA antena tako ni najmodernejša, a radar je kljub temu eden izmed boljših na svetu. Radar ima modularno zasnovo, kar omogoča enostavno menjavo delov. Antena je ploščata in lahka, da jo močan motor hitro usmeri v željeno smer. Oddajnik deluje na napetosti 30-50 kV, celoten radar pa je težak 193 kg. Deluje na frekvencah od 8 - 12 GHz z nizko, srednjo in dolgo frekvenco oddajanja pulzov - od 1000 do 200000 pulzov na sekundo. Oddajanje kratkih pulzov zmanjša emisijsko sliko letala. Računska moč radarja je 3 milijarde operacij na sekundo, programska oprema pa ima 1,2 milijona vrstic kode. Le-to lahko zlahka nadgradijo, kar pomeni, da je mogoče radarju v prihodnosti dodati še kakšne nove funkcije. CAPTOR uporablja tri podatkovne kanale: enega za lociranje tarče, drugega za sledenje tarči in tretjega za prepoznavanje in odpravljanje motenj od nasprotnikovih motilnikov. Radar ima namreč odlične zmogljivosti za detekcijo sovražnikovih motilnikov in izvajanje ustreznih protiukrepov.

Kljub zasnovi z mehansko anteno radar omogoča zelo visoke hitrosti skeniranja. Prav tako lahko hkrati deluje v načinu zrak-zrak kot tudi zrak-zemlja, kar je pravzaprav funkcija, ki je v domeni radarjev s fiksno anteno in usmerjenim snopom. Območje skeniranja je +/- 60 ° po vertikalni in navpični ravnini, kar pomeni, da lahko radar spremlja in išče tarče visoko nad njim ali nizko nad tlemi, denimo večje rakete dolgega dosega ali objekte z slabšo odbojnostjo radarskih signalov. Radar je zmožen odkrivati večje cilje (denimo transportna letala in bombnike) **več kot 300 km stran**, manjša lovska letala pa do **160 km**.

Bojne zmogljivosti radarja CAPTOR tudi niso zanemarljive. Sledi lahko do 20 tarčam naenkrat, jih identificira in razvrsti glede na prioriteto, ter napade do 8 naenkrat. To pomeni, da je s pomočjo spremljanja več ciljev naenkrat možno izstreliti več raket v kratkem zaporedju na vsak cilj posebej.

Slika 17 Radar Captor z gibljivo anteno in modularno elektroniko.



### 10.3 NAČINI IN FUNKCIJE

CAPTOR je radar, ki ima več različnih načinov delovanja za zrak-zrak in zrak-zemlja. V povezavi z napravo za odkrivanje prijateljev ali sovražnikov IFF, lahko med množico vozil, plovil in sredstev izlušči morebitne tarče. Še posebej se radar izkaže za boj preko vidnega polja (BVR - Beyond Visual Range).

Radar ima naslednje načine delovanja zrak-zrak:

- BVR (Preko vidnega polja)
- RWS (Range While Scan - skeniranje območja z določanjem položaja letal)
- TWS (Track While Scan - skeniranje območja s hkratnim spremljanjem morebitnih tarč).
- VS (Velocity Search - ugotavljanje hitrosti odkritih letal).

RWS služi kot primarni način za iskanje tarč na večjih razdaljah, kjer lahko spremljamo samo eno tarčo naenkrat. Način VS najde tarče še na večjih razdaljah, vendar brez informacije o dejanski oddaljenosti. TWS pa je Eurofighterjev privzeti način. Omogoča odkrivanje in sledenje več ciljev naenkrat, spremljanje in razporejanje glede na prioriteto.

Poleg načinov za boj preko vidnega polja ima CAPTOR še načine za bližinski boj, ki omogočajo hitro napadanje posameznega cilja:

- Boresight Acquisition - določanje tarč s pomočjo krožnega merka
- Vertical Acquisition - določanje tarč z navpičnim pasom
- Slaved Acquisition - določanje tarč z usmerjanjem radarja
- HUD Acquisition - določanje tarč z polprosojnim zaslonom

V prvem načinu radar skenira le malo krožno območje pred letalom. V navpičnem načinu radar skenira le navpično pred letalom, kar je uporabno za napadanje tarč, ki so nad nosom Eurofighterja. V načinu HUD radar določi tarče, ki so "v območju" polprosojnega zaslona v višini pilotovih oči, medtem ko v načinu z usmerjanjem radarskega snopa radar sledi obračanju pilotove glave, ki preko merka na vizirju določi tarčo. V teh načinih se radar usmeri le v spremljanje ene tarče in hkrati izračuna najprimernejši trenutek za proženje glede na izbrano orožje.

Ker je Eurofighter Typhoon večnamensko vojaško letalo, omogoča radar CAPTOR še številne načine delovanja tipa zrak-zemlja:

- Sea - način delovanja na morju
- DBS / SAR (Doppler Beam Sharpening - ostrenje dopplerjevega žarka / Syntetic Aperature Radar - Radar z umetno zaslonko
- GMTI / T (Ground Moving Target Indication / Track - prikaz premikajočih tarč na tleh in njihovo sledenje)
- AG-Ranging (določanje razdalje med Eurofighterjem in ciljem na tleh)
- PVU (Precision Velocity Update - neprestano določanje hitrosti)
- TA (Terrain Avoidance - izogibanje terenu)
- FTT (Fixed Target Track - sledenje določeni tarči)

Z uporabo funkcije DBS / SAR radar zgradi relief terena z natančnostjo enega metra. To omogoča odkrivanje in identifikacijo zemeljskih ciljev in lažji navigaciji. Možno je celo zbiranje podatkov o nepremičnih objektih, zaznavanje ovir in njihovo izogibanje. V morskem načinu CAPTOR išče cilje na morju na razdaljah več kot 130 km. Način PVU določi natančno hitrost letala glede na tla in služi kot pripomoček navigacijskem sistemu.

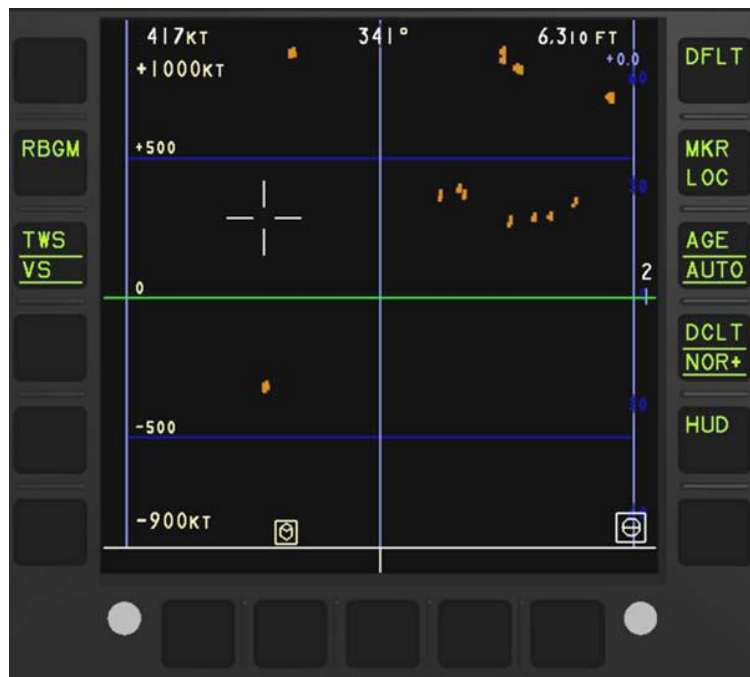
Slika 18 Slika radarskega prikaza, kjer so prikazani azimuti in razdalje do odkritih objektov.



Slika 19 Klasični radarski prikaz z azimuti in krožnicami, ki označujejo oddaljenost.



Slika 20 Način za ugotavljanje hitrosti zaznanih letal.



## 11 PIRATE

Poleg radarja CAPTOR služi kot primarni senzor za iskanje in spremljanje tarč pasivni sistem PIRATE (Passive Infrared Airborne Tracking Equipment - pasivna leteča infrardeča oprema za sledenje). Ta omogoča zaznavanje ciljev brez oddajanja kakršnihkoli signalov, zaradi česar je lahko letalo manj »opazno«. Razvili so ga v združenem konzorciju EURO FIRST (Fiar - Italija, Thales Optronics - Velika Britanija, Technobit - Španija). PIRATE je slikovni infrardeči senzor zadnje generacije. Sistem se lahko v operacijah tipa zrak-zrak uporabi kot **IRST (Infra Red Search and Track - infrardeče iskanje in sledenje)**, v operacijah zrak-zemlja pa kot **FLIR (Forward Looking Infra Red - Naprej usmerjeno infra rdeče)**. Sistem se nahaja v kroglasti izboklini na levi strani kokpita in vsebuje infrardeči slikovni senzor CCD, analogni procesor signalov, premikajoče ogledalo, pripadajoče programje pa je v celoti integrirano v AIS in povezano z ostalimi senzori. IR senzor deluje na valovnih dolžinah 3-8 in 8-11  $\mu\text{m}$ . Hitrost obdelave slike znaša 24 milijonov pik na sekundo. Način IRST v operacijah zrak-zrak služi v sistemu PIRATE za pasivno iskanje in sledenje ciljev v zraku s pomočjo zaznavanja toplotnih virov z IR kamero. Deluje pa v naslednjih načinih zrak-zrak:

- MTT (Multi Target Track - sledenje več tarčam)
- Sector Acquisition (določanje območja)
- Slaved Acquisition (določanje z usmerjanjem)
- STT (Single Target Track - Spremljanje ene tarče)
- Identification STT (Identifikacija posamezne tarče).

V načinu MTT PIRATE opazuje določeno območje in je sposoben spremljati in določiti prioriteto do 200 tarčam naenkrat in hkrati iskati nove cilje. V načinu Sector Acquisition sistem opazuje točno določeno območje (denimo v smeri radarja) in išče cilje na manjšem območju. Način Slaved Acquisition omogoča, da sistem išče tarče s pomočjo podatkov pridobljenih od ostalih senzorjev. Ko je tarča najdena, sistem preklopi v način STT za spremljanje posamezne tarče. V tem načinu delovanja je osveževanje podatkov o cilju

hitrejše in natančnejše. Lahko se uporabi tudi funkcijo za identifikacijo, kjer pilot vidi dejansko sliko tarče celo za vidnim poljem človeškega očesa.

Doseg sistema je približno **50 do 80 km**, v optimalnih pogojih do **150 km**. Identifikacija tarč je možna do 40 km daleč, vendar je potrebno vedeti, da lahko na sistem precej vplivajo vremenski pogoji.

PIRATE se lahko uporablja kot naprava FLIR. Prikaže lahko IR sliko visoke ločljivosti terena pred letalom na vizirju čelade, polprosojnem prikazovalniku ali prikazovalniku v kokpitu. Pilot tako vidi pokrajino pred sabo v popolni temi ali v slabšem vremenu, kar mu omogoča prikrito nizko letenje tudi v najzahtevnejših pogojih. Pilot lahko celo obrača glavo in IR kamera v sistemu PIRATE mu bo sledila ter pošiljala realno sliko.

Sistem je popolnoma modularen in omogoča enostavno menjavo ali nadgrajevanje komponent.

**Slika 21** V izboklini na zgornji levi strani nosu letala se nahajajo senzorji sistema PIRATE.



## 12 IFF

Vsa moderna lovska letala so opremljena z napravami IFF (Identification Friend or Foe - identifikacija prijatelja ali sovražnika). Za Eurofighterja so razvili napredno in nadrgradljivo tovrstno opremo, ki je v celoti kompatibilna s standardi NATO in vsebuje sprejemnik in transponder z načinom S. Enota IFF je v celoti integrirana v preko MIL STD 1553B podatkovnega vodila z radarjem in ostalimi sistemi. Uporablja se jo za določanje in razlikovanje odkritih tarč kot prijateljske ali sovražne.

## 13 UCS

Pri tem bojnem letalu so prvič uporabili zasnovo, kjer pomožni podsistem spremlja in kontrolira glavni sistem. To je sistem **UCS (Utility Control System – uporabni kontrolni sistem)**, ki je sestavljen iz šestih računalnikov povezanih preko dveh vodil do prikazovalnega sistema, vključuje pa med drugim tudi računalnik za gorivo, prikazovalnik podatkov in sistem za odkrivanje napak.

## 14 IMRS

**IMRS (integrated Display and Recording System – integriran sistem za prikaz in snemanje)** je sistem za diagnostiko. Zabeleži vse sistemske napake in jih posredujejo pilotu glede na prioriteto. Sistem pilotu tudi prikaže morebitne rešitve za nastal problem. Sistem vključuje tudi snemalnik podatkov o letu.

## 15 SPREMLJANJE »ZDRAVJA«

Eurofighter Typhoon je prvo lovsko letalo, ki ima vgrajen tako imenovani sistem za spremljanje »zdravja« letala. Skupek 20 senzorjev je vgrajenih v strukturo letala in merijo obremenitve. Vsako šestnajstinko sekunde so podatki iz vseh senzorjev poslani v centralno procesno enoto. Posebej se izvajajo še meritve na motorjih. To omogoča zgodnejše odkrivanje težav in poenostavljeno vzdrževanje. Stanje motorjev in strukture letala je mogoče očitati vsak trenutek. Do teh podatkov lahko dostopa pilot med letenjem ali tehniki na tleh preko prikazovalnika za vzdrževalce, ki je ob levi strani vstopnika za zrak. S pomočjo teh informacij in sistemov za snemanje slike in zvoka se zaradi optimalnega vzdrževanja zanesljivost poveča, zmanjša pa se možnost za napake.

## 16 PODATKOVNO VODILO MIDS

**MIDS (Multifunction Information Distribution System - večnamenski sistem za razširjanje informacij)** skrbi za komunikacijo in izmenjavo informacij ter podatkov s sosednjimi enotami. Eurofighter lahko na primer prejema podatke iz letala AWACS ali zemeljske radarske postaje. Podatki se prikažejo na taktični karti na prikazovalniku v pilotovi kabini. Sistem AIS lahko preverja in združi pridobljene podatke z lastnimi in zgradi karseda natančno sliko bojišča. Pilot ima tako odličen pregled nad situacijo tudi brez uporabe lastnih senzorjev. Na tak način povsem pasivno pridobi podatke o letalih in zemeljskih tarčah na velikem območju, prav tako lahko pridobi podatke o individualnih tarčah in jih napade z raketami dolgega dosega brez uporabe lastnega radarja. Tu je še izmenjava podatkov med največ 8 Eurofighterji o položaju letal in določanju tarč. Pilot v vsakem trenutku ve, kje so njegovi kolegi, kar omogoča boljšo koordinacijo in natančnejše taktične postopke. Nadalje se preko sistema pošiljajo še ukazi, vremenske napovedi, glasovna in besedilna sporočila.

## 17 ACS

Za nadzor orožja na letalu Eurofighter skrbi sistem ACS (Armament Control System - sistem za nadzor oborožitve). Sistem spremlja zalogo orožja in streliva ter upravlja z orožjem, ki ga želi pilot uporabiti. Prav tako skrbi, da se katero izmed orožij ne bi sprožilo po pomoti, a kljub temu dovoli, da lahko pilot izbere vsako orožje, če to želi. ACS uporablja poseben računalnik za optimalno in čim bolj natančno izrabo vsakega orožja, ki ga poseduje letalo. Sistem je preko vodil MIL STD-1760 in 1553B povezan s preostalimi sistemi na letalu. Pilotu samodejno predlaga najprimernejše orožje za določen cilj, medtem ko sprejema podatke iz ACS ali primarnih senzorjev. Sistem ima tudi opcijo samodejnega proženja pri uporabi topa v zračnih dvobojih.

## 18 OBOROŽITEV

Poglavje o oborožitvi je v tem delu le informativne narave, saj se mi zdi pomembno, da je za poznavanje bojnih zmogljivosti poleg tehničnih karakteristik in delovanja sistemov bistvenega pomena tudi poznavanje oborožitve, ki jo lahko letalo nosi.

Eurofighter ima **13** zunanjih obesnih nosilcev za orožja in gorivo (3 mokre točke), po 4 na vsakem krilu in 5 pod trupom. Skupna največja dovoljena masa orožja ter goriva znaša nad 7500 kg.

**Slika 22 Eurofighter Typhoon med testiranjem letenja s težkim obesnim tovorom. Letalo nosi 4 vodene bombe Paveway II, 4 rakete zrak-zrak AMRAAM in 2 IRIS-T ter 3 1000 litrske rezervoarje z gorivom.**



## 18.1 TOP

Slika 23 Top Mauser BK-27



Opis: vgrajeni enocevni top BK-27 podjetja MauserWerke GmbH

Kaliber: 27 mm

Hitrost streljanja: 1700 nabojev v minuti

Število nabojev: 150

Masa orožja: 100 kg

Masa izstrelkov: 260 g

Masa izstreljenih izstrelkov v sekundi: 8 kg/s

Vrste nabojev: zrak-zrak (visoko eksplozivni, visoko eksplozivni s samouničenjem) zrak-površina (oklepno prebojni, oklepno prebojni visoko eksplozivni, oklepno prebojni visoko eksplozivni s samouničenjem), večnamenski (pol oklepno prebojni visoko eksplozivni, večnamenski), vadbeni (vadbeni, sledilni vadbeni, vadbeni s krhko kroglo).



## 18.2 ZRAK - ZRAK

### 18.2.1 AIM-120 AMRAAM

Slika 24 AIM-120 AMRAAM



**Opis:** AIM-120 napredna raketa zrak-zrak srednjega dosega ameriške izdelave namenjena napadanju na cilje izven vidnega polja.

**Dolžina / razpetina:** 3,65 m / ni podatka

**Doseg:** 48 km

**Masa:** 157 kg

**Pogon:** raketni pogon na trdo gorivo

**Tip bojne glave:** visoko eksplozivna razpršilna

**Vodenje med letom:** INS / podatkovno vodilo

**Vodenje pred zadetkom:** lastni radar

### 18.2.2 BVRAAM

Slika 25 BVRAAM



**Opis:** raketa zrak-zrak srednjega dosega evropske izdelave namenjena napadanju na cilje izven vidnega polja.

**Dolžina / razpetina:** 3,65 m / ni podatka

**Doseg:** nad 100 km

**Masa:** nad 160 kg

**Pogon:** raketni pogon na trdo gorivo Boron

**Tip bojne glave:** visoko eksplozivna razpršilna

**Vodenje med letom:** INS / dvosmerno podatkovno vodilo

**Vodenje pred zadetkom:** lastni radar

### 18.2.3 Sky Flash / Aspide

**Opis:** raketa zrak-zrak srednjega dosega evropske izdelave, ki se zgleduje po ameriški AIM-7 s pol aktivnim sledenjem namenjena uporabi v vseh razmerah.

**Dolžina / razpetina:** 3,68 m / 1,02 m

**Doseg:** 45 km

**Masa:** 193 kg

**Pogon:** raketni pogon na trdo gorivo Aerojet / Rocketdyne

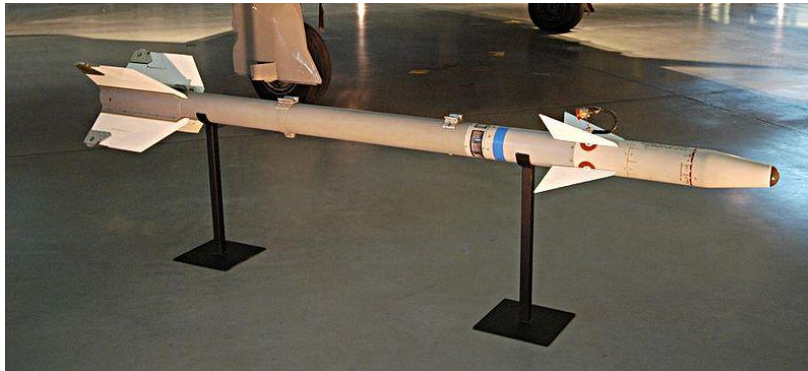
**Tip bojne glave:** visoko eksplozivna razpršilna

**Vodenje med letom:** eno pulzno pol aktivno radarsko sledenje

**Aktiviranje vžigalnika:** trčenje / zamik

### 18.2.4 AIM-9 Sidewinder

Slika 26 AIM-9 Sidewinder



**Opis:** raketa zrak-zrak kratkega dosega ameriške izdelave z IR vodenjem

**Dolžina / razpetina:** 2,87 m / ni podatka

**Doseg:** 8 km

**Masa:** 87 kg

**Pogon:** raketni pogon na trdo gorivo

**Tip bojne glave:** visoko eksplozivna razpršilna

**Vodenje med letom:** infra rdeče

**Aktiviranje vžigalnika:** bližina

## 18.2.5 ASRAAM

Slika 27 ASRAAM



**Opis:** napredna raketa zrak-zrak kratkega dosega ameriško britanske izdelave s pametnim IR vodenjem

**Dolžina / razpetina:** 2,7 m / 0,45 m

**Doseg:** 15 km

**Masa:** 87 kg

**Pogon:** dvojni raketni pogon na trdo gorivo

**Tip bojne glave:** visoko eksplozivna razpršilna

**Vodenje med letom:** infra rdeč pametni senzor z ločljivostjo 128x128 pik / INS

**Aktiviranje vžigalnika:** trčenje / bližina

## 18.2.6 IRIS-T

Slika 28 IRIS-T



**Opis:** napredna raketa zrak-zrak kratkega dosega evropske izdelave s pametnim IR vodenjem. Narejena je bila posebej za Eurofighter namesto rakete AIM-9 in vsebuje zadnjo različico programja za zaznavanje protiukrepov.

**Dolžina / razpetina:** 2,96 m / 0,44 m

**Doseg:** približno 25 km

**Masa:** 127 kg

**Pogon:** raketni pogon na trdo gorivo

**Tip bojne glave:** visoko eksplozivna razpršilna

**Vodenje med letom:** infra rdeč pametni senzor z ločljivostjo 64x64 pik / INS

**Aktiviranje vžigalnika:** lastni radar

## 18.3 ZRAK - ZEMLJA

### 18.3.1 Lasersko vodene bombe / JDAM

Slika 29 JDAM



**Opis:** Klasične železne prosto padajoče bombe, se niso bistveno spremenile že od samih začetkov vojnega letalstva, se pa je spremenil način ciljanja. Moderna letala uporabljajo laserske sisteme kot je **TIALD (Thermal Imaging And Laser Designation System - Toplotna slika in sistem za lasersko označevanje)** s katerim z laserjem osvetlijo želeno tarčo (to lahko storijo tudi druge enote, denimo pehota ali mehanizirane enote), temu žarku pa potem sledi prosto padajoča bomba. To je izvedeno s sistemom kakršen je **Paveway**, ki je pravzaprav dodatek s usmerjevalnimi krilci in pametnimi senzorji, ki se pritrdijo na klasične letalske bombe in omogočajo bombi, da jadra proti svojem cilju. Sistem ima omejitve, saj ne deluje v slabi vidljivosti oz. slabem vremenu, ki predstavlja oviro laserski svetlobi. Zato so razvili še **Enhanced Paveway** in **JDAM (Joint Direct Attack Munition - skupno strelivo za neposredne napade)**. Ta usmerjevalna sistema uporabljata še inercialno navigacijo in GPS za natančno bombardiranje ciljev v vseh vremenskih pogojih.

**Doseg:** okrog 30 km

### 18.3.2 Storm Shadow

Slika 30 Storm Shadow



**Opis:** konvencionalno oborožena samostojna raketa križarka britanske proizvodnje. Natančno orožje namenjeno uničevanju ciljev visoke vrednosti znotraj varovanega sovražnikovega ozemlja.

**Dolžina / razpetina:** 5,1 m / 2,84 m

**Doseg:** nad 250 km

**Masa:** okrog 1300 kg

**Pogon:** turboventilacijski motor

**Tip bojne glave:** BROACH / visoko eksplozivna

**Vodenje med letom:** GPS / INS / primerjanje ozemlja

**Vodenje pred zadetkom:** slikovni infra rdeč senzor

### 18.3.3 TAURUS

Slika 31 Taurus



**Opis:** nemška različica križarske rakete

**Dolžina / razpetina:** 5,1 m / ni podatka

**Doseg:** nad 400 km

**Masa:** 1400 kg

**Pogon:** turboventilacijski motor

**Tip bojne glave:** MEPHISTO / visoko eksplozivna

**Vodenje med letom:** GPS / INS / primerjanje ozemlja

**Vodenje pred zadetkom:** slikovni infra rdeč senzor

### 18.3.4 ALARM

Slika 32 ALARM



**Opis:** Popolnoma avtonomna proti radiacijska (ali radarska) raketa. Lahko se izstrelji direktno na (radarsko) tarčo ali pa se jo sproži v avtonomnem načinu, kjer se povzpne na 10 km višine in se usmeri direktno proti cilju ali pa jadra proti tlom in vmes išče radarske izvore. Lahko pa na višini tudi odpre padalo in skenira območje pod sabo ter išče radarske izvore. Ko najde tarčo, odvrže padalo in se usmeri proti njej.

**Dolžina / razpetina:** 4,3 m / 0,72 m

**Doseg:** 93 km

**Masa:** 265 kg

**Pogon:** dvostopenjski raketni motor na trdo gorivo

**Tip bojne glave:** visoko eksplozivna razpršilna

**Vodenje med letom:** pasivno radarsko sledenje / INS

**Vodenje pred zadetkom:** naprej usmerjen daljinomer

### 18.3.5 HARM

Slika 33 Harm



**Opis:** Pametna proti radarska raketa z dvema načinoma delovanja: obrambnim, za napadanje neposrednih radarskih groženj in pred določeno, kjer se v raketo že prej sprogramira za razpoznavanje in razporejanje možnih tarč.

**Dolžina / razpetina:** 4,14 m / 1,01 m

**Doseg:** nad 48 km

**Masa:** 363 kg

**Pogon:** dvojni raketni motor na trdo gorivo

**Tip bojne glave:** visoko eksplozivna

**Vodenje med letom:** pasivno radarsko sledenje

**Vodenje pred zadetkom:** ni podatka

### 18.3.6 Brimstone

Slika 34 Brimstone



**Opis:** Pametna proti oklepna raketa s slikovnim senzorjem visoke ločljivosti in z direktnim in indirektnim načinom delovanja.

**Dolžina / razpetina:** 1,8 m / 0,3 m

**Doseg:** nad 32 km

**Masa:** približno 50 kg

**Pogon:** raketni motor na trdo gorivo

**Tip bojne glave:** enojna / dvojna

**Vodenje med letom:** INS / podatkovno vodilo

**Vodenje pred zadetkom:** radar

### 18.3.7 BL755

**Opis:** Protioklepna kasetna bomba

**Dolžina / razpetina:** 2,5 m / ni podatka

**Doseg:** ni podatka

**Masa:** 272 kg

**Pogon:** prosti pad

**Tip bojne glave:** 147 protioklepnih visoko eksplozivnih bombic

**Vodenje med letom:** radarski višinomer

**Aktiviranje vžigalnika:** piezoelektrični vžigalnik

### 18.3.8 DWS-39

**Opis:** Večnamenska kasetna bomba.

**Dolžina / razpetina:** 3,5 m / 0,63 m

**Doseg:** 10 km in 50 m višine, nad 22 km iz 6000 m višine

**Masa:** 600 kg

**Pogon:** brez, jadranje

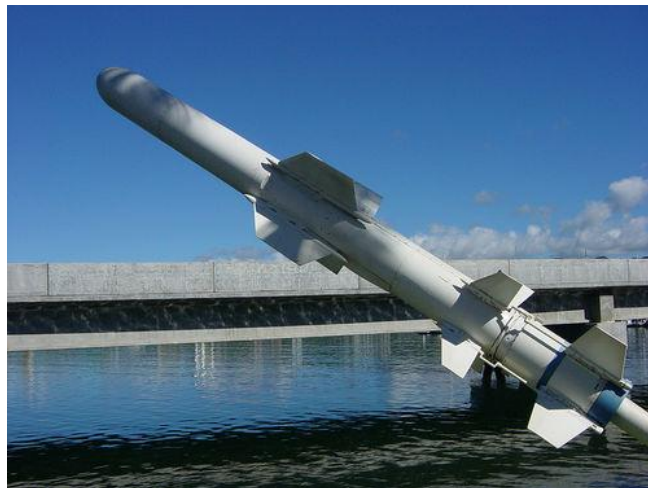
**Tip bojne glave:** 72 bombic različnih tipov

**Vodenje med letom:** INS / radarski višinomer

**Aktiviranje vžigalnika:** ni podatka

### 18.3.9 Harpoon

Slika 35 Harpoon



**Opis:** Protiladijska raketa

**Dolžina / razpetina:** 3,8 m / ni podatka

**Doseg:** nad 125 km

**Masa:** 527 kg

**Pogon:** turboreaktivni motor

**Tip bojne glave:** visoko eksplozivna z zakasnitvijo

**Vodenje med letom:** INS / radarski višinomer

**Vodenje pred zadetkom:** lastni radar

### 18.3.10 Penguin

Slika 36 Penguin



**Opis:** Protiladijska raketa

**Dolžina / razpetina:** 3,18 m / 1,0 m

**Doseg:** 35 km

**Masa:** 360 kg

**Pogon:** raketni motor na trdo gorivo

**Tip bojne glave:** pol oklepno prebojno z zakasnitvijo

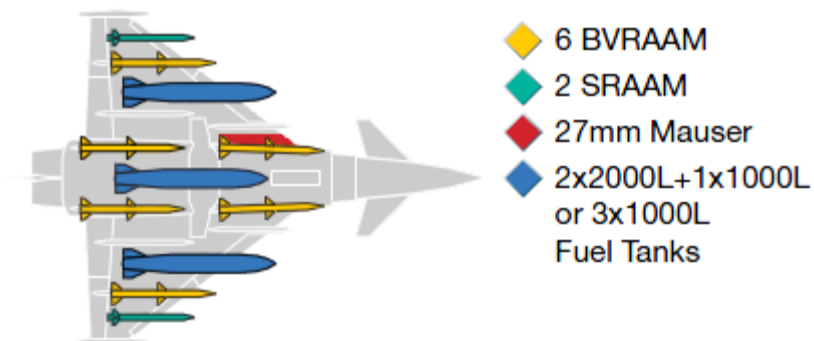
**Vodenje med letom:** INS / radarski višinomer

**Vodenje pred zadetkom:** infra rdeče



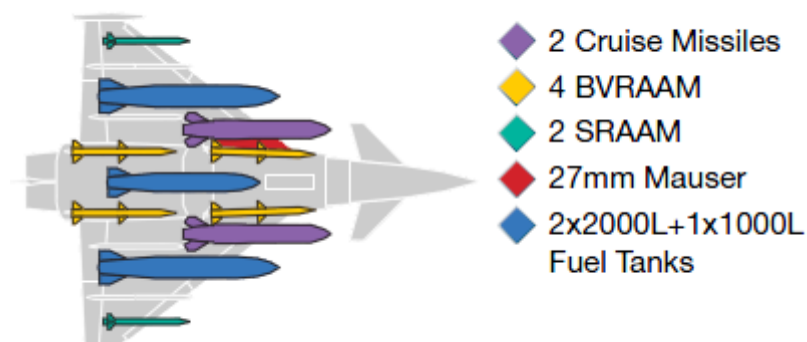
Slika 37 Razporeditev oborožitve za prevlado v zraku.

### Air Superiority



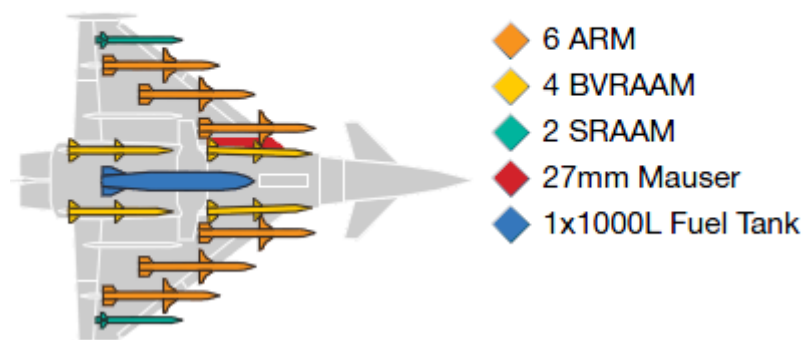
Slika 38 Razporeditev oborožitve za napad na zemeljske cilje.

### Interdiction/Strike



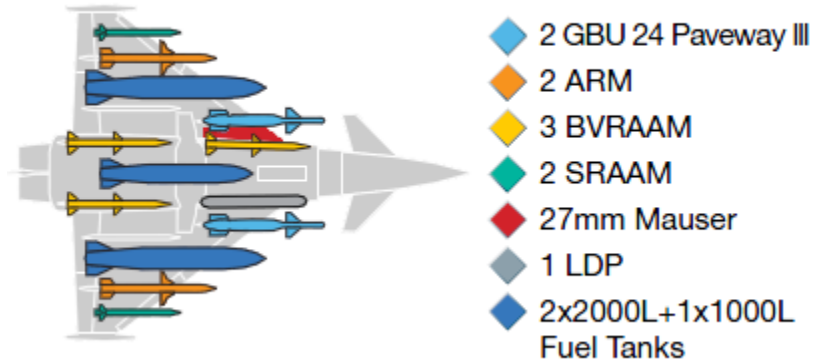
Slika 39 Razporeditev oborožitve za zatiranje in uničenje sovražnikove zračne obrambe.

### Suppression and Destruction of Enemy Air Defences



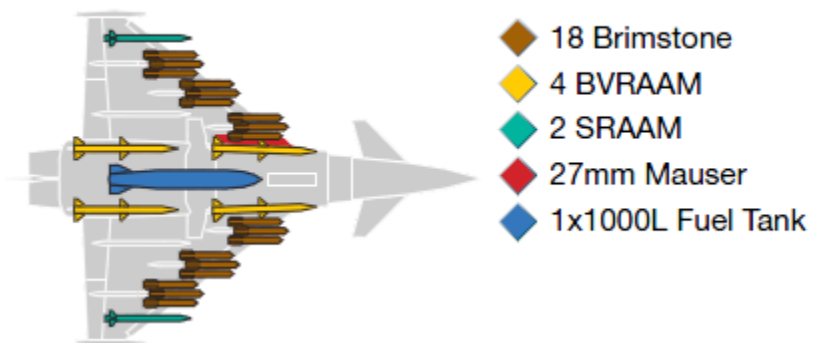
Slika 40 Razporeditev orožja za večnamenske naloge.

### Multi-Role/Swing-Role



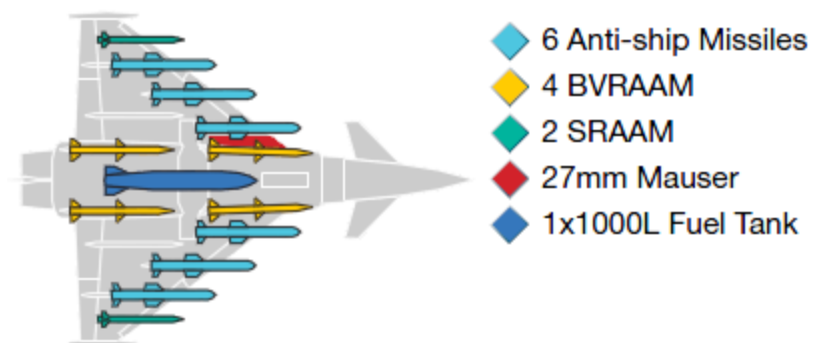
Slika 41 Razporeditev orožja za bližinsko zračno podporo enotam na tleh.

### Close Air Support



Slika 42 Razporeditev orožja za napade na ladjeve.

### Maritime Attack



## 19 ZAKLJUČEK

Eurofighter Typhoon ni samo eno izmed najboljših bojnih letal, temveč je tudi zelo dober demonstrator vojaške tehnologije nasploh.

Za temo o sistemih na letalu Eurofighter Typhoon sem se odločil zato, ker piloti Slovenske vojske pod okriljem NATA sodelujejo z ostalimi članicami v urjenjih prestrežanja. V teh vajah so piloti v Pilatusih PC-9M v vlogah vsiljivcev, postopke prestrežanja pa izvajajo Italijani z Eurofighterji. Ker je Typhoon eno izmed novejših letal in kar se sistemov tiče najbrž tudi eno izmed kompleksnejših, je podatkov o njegovih zmogljivostih in bojnih zmožnostih znanega zelo malo.

V tej zaključni nalogi sem najprej podal nekaj splošnih informacij o letalu in opisal njegove tehnične značilnosti in zmogljivosti. Potem sem nadaljeval z glavnim delom – sistemi. Tu je zelo pomembna vez med pilotom in vgrajeno elektroniko, zato mora biti pilotska kabina zasnovana zelo ergonomično, med pilotom in letalom pa se morajo informacije izmenjevati brez konfliktov in nedvoumno, za kar skrbi CIU. Pilot upravlja z letalom in dobiva informacije preko pilotske palice in ročice za potisk, prikazovalnika v višini pilotovih oči, vizirja na čeladi in treh prikazovalnikov LCD. Z določenimi sistemi je mogoče upravljati kar z govorom. Za filtriranje informacij in podajanje le-teh pilotu v jasni in pregledni obliki skrbi sistem AIS.

Opisal sem tudi sistem DASS, ki je sistem za obrambo letala in opozarjanje. Vključuje napredni radarski opozorilnik, laserski opozorilnik, aktivni opozorilnik za rakete, metalec infrardečih in radarskih vab, radarski motilec in vlečno vabo.

Za aktivno odkrivanje ciljev Eurofighter uporablja radar Captor, ki lahko zazna večja letala več kot 300 km daleč. Radar je uporaben za odkrivanje in napadanje zračnih, kopenskih in morskih ciljev, ter poseduje še nekatere ostale napredne funkcije. Ker pa iskanje z radarjem zmanjšuje prikritost letala, se čedalje bolj uporabljajo tehnike pasivnega iskanja ciljev, kjer letalo ne oddaja nikakršnih signalov, ter tako ostane manj »opazno« za sovražnikove senzorje. V Eurofighterju je tak sistem PIRATE, ki v te namen uporablja infrardečo kamero. Sposoben je zaznati objekte v razdalji do 80 km.

V zaključni nalogi sem opisal še nekaj samostojnih ali dodatnih sistemov, ki se z ostalimi zlivajo v celoto. Dodatno pa sem sestavil še seznam orožij, ki jih lahko Typhoon nosi z osnovnimi tehničnimi podatki.

Ugotovil sem, da ima Eurofighter z razlogom postavljeno visoko ceno: 80 milijonov €. Zdi se, da je letalo zasnovano na principu »več je bolje«. Zanimivo je, da se konstruktorji niso odločili slediti trendom t. i. radarsko nevidnih letal (stealth), kot sta F-22 in JSF. A kljub temu so uspeli precej zmanjšati »sliko« letala, a ne na račun zmogljivosti in bojnega tovora, ki ga lahko nosi na 13 obesnih točkah. Tako menim, da je Eurofighter Typhoon odlično uravnoteženo večnamensko letalo, ki nudi pilotu optimalne pogoje, da doseže prevlado v zraku, napada zemeljske in morske cilje ter nudi podporo enota na tleh. Prav tako je letalo zaradi hitrega odzivnega časa zelo primerno za prestrežanja in novodobne vrste groženj.

Upam, da bo to zaključno delo pripomoglo k boljšemu poznavanju letala Eurofighter tako za namene skupnega usposabljanja kot za širjenje obzorja. Eurofighterji namreč posredno preko NATA branijo tudi naš zračni prostor in dobro je vedeti, kaj lahko od njih pričakujemo ali zahtevamo.

## 20 LITERATURA

BAE Systems. BAE Systems (online). (citirano 15. 08. 2009). Dostopno na naslovu: <http://www.baesystems.com/>

Eurofighter Typhoon – Nothing Comes Close. Eurofighter Jagdflugzeug GmbH (online). (citirano 15. 08. 2009). Dostopno na naslovu: <http://www.eurofighter.com>

Eurofighter Typhoon. Wikipedia (online). (citirano 15. 08. 2009). Dostopno na naslovu: <http://en.wikipedia.org/wiki/Eurofighter>

Euroradar CAPTOR. Wikipedia (online). citirano 15. 08. 2009). Dostopno na naslovu: [http://en.wikipedia.org/wiki/Euroradar\\_CAPTOR](http://en.wikipedia.org/wiki/Euroradar_CAPTOR)

Paul S. Owen. Eurofighter Typhoon: Europe's Combat Aircraft for the next century (online). (citirano 15. 08. 2009). Dostopno na naslovu: <http://typhoon.starstreak.net/>

Vse slike so pridobljene iz baze slikovnega in promocijskega gradiva na uradni strani <http://www.eurofighter.com>, razen slik 8, 10, 17, ki so pridobljene na strani podjetja BAE Systems: <http://www.baesystems.com/> in slik orožij (24 – 36), ki so pridobljene iz strani <http://www.wikipedia.org>

## 21 SEZNAM SLIK

Slika 1 Uradni logotip projekta Eurofighter Typhoon. ....	2
Slika 2 Letalo Eurofighter Typhoon.....	2
Slika 3 Delni prerez. ....	4
Slika 4 Pogled iz treh smeri. ....	4
Slika 5 Obremenitve, ki jih lahko letalo doseže med letom, so računalniško omejene na +9 / - 3 G. ....	5
Slika 6 Dva motorja Eurojet EJ200 proizvedeta več potiska, kot znaša masa letala. ....	5
Slika 7 Pri zasnovi pilotske kabine so za čim boljše ergonomijo porabili ogromno razvojnih ur. ....	7
Slika 8 Polprosojni prikazovalnik v višini pilotovih oči.....	8
Slika 9 Primer prikaza na polprosojnem prikazovalniku HUD.....	8
Slika 10 Moderna čelada ne služi samo za zaščito, temveč tudi za posredovanje informacij. ....	9
Slika 11 Pri pogledu iz strani se dobro vidi ena izmed kamer nočnogleda. ....	10
Slika 12 Trije večnamenski prikazovalniki MHDD. ....	11
Slika 13 Primer grafike za hidravlični sistem na prikazovalniku MHDD. ....	11
Slika 14 Številni gumbi na krmilni palici pilotu omogočajo kontrolo določenih sistemov z rokami na palici in ročici za potisk.....	12
Slika 15 Primer prikaza premikajoče karte, na katero so dodani še podatki iz ostalih sistemov in senzorjev, denimo radarja.....	14
Slika 16 Položaj senzorjev iz leve proti desni: ESM/ECM kontejner, metalec radarskih vab, metalec infrardečih vab, sprednji opozorilnik za rakete, laserski opozorilnik, zadnji opozorilnik za rakete itd.....	16
Slika 17 Radar Captor z gibljivo anteno in modularno elektroniko. ....	19
Slika 18 Slika radarskega prikaza, kjer so prikazani azimuti in razdalje do odkritih objektov.....	21
Slika 19 Klasični radarski prikaz z azimuti in krožnicami, ki označujejo oddaljenost. ....	21
Slika 20 Način za ugotavljanje hitrosti zaznanih letal. ....	22
Slika 21 V izboklini na zgornji levi strani nosu letala se nahajajo senzori sistema PIRATE. ....	23
Slika 22 Eurofighter Typhoon med testiranjem letenja s težkim obesnim tovorom. Letalo nosi 4 vodene bombe Paveway II, 4 rakete zrak-zrak AMRAAM in 2 IRIS-T ter 3 1000 litrske rezervoarje z gorivom.....	25
Slika 23 Top Mauser BK-27.....	26
Slika 24 AIM-120 AMRAAM.....	27
Slika 25 BVRAAM .....	27
Slika 26 AIM-9 Sidewinder .....	28
Slika 27 ASRAAM .....	29
Slika 28 IRIS-T .....	29
Slika 29 JDAM.....	30
Slika 30 Storm Shadow .....	30
Slika 31 Taurus .....	31
Slika 32 ALARM .....	31
Slika 33 Harm.....	32
Slika 34 Brimstone .....	32
Slika 35 Harpoon.....	33
Slika 36 Penguin .....	34

Slika 37 Razporeditev oborožitve za prevlado v zraku.....	35
Slika 38 Razporeditev oborožitve za napad na zemeljske cilje. ....	35
Slika 39 Razporeditev oborožitve za zatiranje in uničenje sovražnikove zračne obrambe. ...	35
Slika 40 Razporeditev orožja za večnamenske naloge. ....	36
Slika 41 Razporeditev orožja za bližinsko zračno podporo enotam na tleh. ....	36
Slika 42 Razporeditev orožja za napade na ladjevjje.....	36

## 22 IZJAVA O AVTORSTVU

Potrjujem, da sem to zaključno nalogo izdelal popolnoma samostojno, s pomočjo navedene literature in virov ter pod vodstvom mentorja.

Cerklje ob Krki, september 2009

ndes. Matej Erman