

Određivanje toplinskog odraza helikoptera Bell OH-58D Kiowa Warrior

Matok, Robert

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:096076>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -
Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Robert Matok

ODREĐIVANJE TOPLINSKOG ODRAZA HELIKOPTERA OH-58D

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2018.

Zagreb, 23. ožujka 2018.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Zrakoplovna navigacija IV**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4526

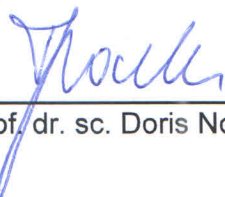
Pristupnik: **Robert Matok (0135222659)**
Studij: **Aeronautika**

Zadatak: **Određivanje toplinskog odraza helikoptera Bell OH-58D Kiowa Warrior**

Opis zadatka:

Općenito o helikopteru i taktičkoj namjeni. Definirati toplinski odraz općenito. Eksperimentalno mjerenje toplinskog odraza helikoptera termovizijskom kamerom. Usporedba toplinskog/infracrvenog odraza s Bell 206. Metode smanjenja toplinskog odraz OH-58D i moguće dodatne protumjere. Radnje i postupci za taktičko izbjegavanje protuzračnih sustava toplinskog navođenja. Zaključak.

Mentor:



prof. dr. sc. Doris Novak

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ODREĐIVANJE TOPLINSKOG ODRAZA HELIKOPTERA OH-58D

HELICOPTER OH-58D HEAT SIGNATURE DETERMINATION

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Doris Novak

Student: Robert Matok
JMBAG: 0135 222 659

Zagreb, 2018.

SAŽETAK

Moderni oblici sukoba i ratovanja zahtijevaju široki raspon taktičke eksploatacije izvidničko – borbenih helikoptera. Veličine bojišta se smanjuju, ali zbog urbanog ratovanja, nemogućnosti definiranja točne crte razgraničenja i sve veće prisutnosti civilnog stanovništva, povećava se složenost borbenih zadaća. U nejasnim i složenim područjima povećava se opasnost od toplinsko navođenih protuzračnih sustava, stoga je potrebno, na temelju mjerenja toplinskog odraza helikoptera OH-58D, definirati načine smanjenja rizika s taktičkog gledišta.

Cilj istraživanja je procjena stvarne ugroze od toplinsko navođenih protuzračnih sustava na helikopteru OH-58D, definiranje manevara i taktičkih radnji u području djelovanja prije i u slučaju neposredne ugroze.

KLJUČNE RIJEČI: izvidničko – borbeni helikopter; toplinski odraz; manevar izbjegavanja; taktika

SUMMARY

Modern forms of conflict and warfare require a wide spectrum of tactical exploitation of scout – attack helicopters. Battlefield sizes are reduced, but due to urban warfare, the impossibility of defining the exact line of delimitation and the growing presence of civilian population increases the complexity of combat tasks. In the unclear and complex areas, the risk of heat – seeking anti-aircraft systems increases, so it is necessary, based on the OH-58D helicopters heat signature, to define ways of reducing risk from a tactical point of view. The aim of the research is to estimate the real threat to the OH-58D helicopters by defining maneuvers and tactics in the area of action before and in the event of immediate threats.

KEY WORDS: scout – attack helicopter; heat signature; evasive manouver; tactics

1. Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	OPĆENITO O HELIKOPTERU OH-58D.....	3
2.1.	POVIJESNI RAZVOJ HELIKOPTERA OH-58D	5
3.	TAKTIČKA NAMJENA HELIKOPTERA OH-58D <i>KIOWA WARRIOR</i>	9
3.1.	IZVIDNIČKO - BORBENI TIM	10
3.1.1.	Manevar tima.....	11
3.1.2.	Borbena krstarenje lijevo – desno	12
3.1.3.	Modovi letenja	13
3.1.4.	Tehnike letenja helikopterskog tima	17
3.2.	BORBENO DJELOVANJE	18
3.2.1.	Brzi napad	18
3.2.2.	Smišljeni napad	19
3.2.3.	Bliski napad	20
3.2.4.	Ometajući napad	20
3.3.	OBRASCI BORBENOG DJELOVANJA HELIKOPTERSKOG TIMA	21
3.3.1.	Kružni napad	24
3.3.2.	„L“ napad	25
3.3.3.	<i>Cloverleaf</i> napad.....	26
3.4.	EKSPLOATACIJA BORBENOG NAORUŽANJA.....	27
3.4.1.	Niski napad.....	27
3.4.2.	Iskakanje	28
3.4.3.	Visoki napad.....	28
4.	TOPLINSKI ODRAZ	30
4.1.	TOPLINSKI ODRAZ HELIKOPTERA	31
4.2.	TOPLINSKI ODRAZ HELIKOPTERA OH-58D <i>KIOWA WARRIOR</i>	34
4.3.	USPOREDBA OH-58D I BELL 206B – III JET RANGER	38
4.4.	METODE SMANJENJA TOPLINSKOG ODRAZA	40
4.4.1.	Trup helikoptera.....	41
4.4.2.	Preinaka ispušne cijevi.....	42
4.4.3.	Zaštita i skrivanje dijelova motora i transmisije.....	43
5.	TAKTIČKO IZBJEGAVANJE TOPLINSKO NAVOĐENIH PROTUZRAČNIH SUSTAVA	45
5.1.	<i>BREAK</i>	50
5.2.	IZBJEGAVANJE TOPLINSKO NAVOĐENIH PROTUZRAČNIH SUSTAVA PO RUTI	52

5.3.	IZBJEGAVANJE TOPLINSKO NAVOĐENIH SUSTAVA U PODRUČJU DJELOVANJA.....	54
6.	ZAKLJUČAK	56
7.	LITERATURA.....	57
8.	POPIS KRATICA	59
9.	POPIS SLIKA	60
10.	POPIS TABLICA	61

1. UVOD

Izvidničko – borbeni helikopter OH-58D *Kiowa Warrior* spoj je dugogodišnje eksploatacije helikoptera OH-58 i iskustva stečenog u izvidničko – borbenom djelovanju helikopterskih elemenata. OH-58D *Kiowa Warrior* inkorporira: pouzdanu platformu, visoku sposobnost provođenja izvidničko – borbenih operacija, koordinaciju s prijateljskim snagama te jednostavnost održavanja. Provođenje izvidničko – borbenih operacija može biti prekinuto ili ugroženo, ako se djeluje na području gdje postoji ugroza od toplinsko navođenih protuzračnih sustava. Moderni toplinsko navođeni sustavi mogu biti lako prijenosni ili teži dalekometni sustavi te su uzrok najvećih helikopterskih gubitaka. Unatoč konstrukcijskim rješenjima smanjenja toplinskog odraza helikoptera OH-58D i dalje postoji određena količina zračenja koja je dovoljna da osigura protuzračnim sustavima sposobnost lociranja helikoptera.

Cilj diplomskog rada je objasniti taktičku namjenu izvidničko – borbenih helikoptera, eksperimentalno izmjeriti količinu toplinskog odraza, usporediti s civilnim helikopterom Bell 206B - III *JetRanger* te na temelju svih informacija definirati radnje i postupke za izbjegavanje toplinsko navođenih protuzračnih sustava. Mjerenje je izvedeno pomoću termovizijskog senzora (**TIS** – *Thermal Image Sensor*) koji se koristi na helikopterima OH-58D za otkrivanje meta na udaljenostima preko 10 km.

Rad je podijeljen u poglavlja:

1. Uvod
2. Općenito o helikopteru OH-58D
3. Taktička namjena helikoptera OH-58D
4. Toplinski odraz
5. Taktičko izbjegavanje toplinsko navođenih protuzračnih sustava
6. Zaključak

Drugo poglavlje sadrži: općenite podatke i tehničko – taktičke karakteristike helikoptera OH-58D *Kiowa Warrior* te povijesni razvoj helikoptera uključujući razvoj od prve inačice OH-58A do OH-58D *Kiowa Warrior*.

Trećim poglavljem objašnjena je primarna uloga izvidničko – borbenih helikoptera kroz elemente borbenog helikopterskog tima, manevra tima i borbenog djelovanja. Za potrebne definiranja radnji i postupaka izbjegavanja toplinsko – navođenih protuzračnih sustava potrebno je shvatiti i objasniti općenitu taktičku ulogu helikoptera.

Četvrtim poglavljem ukratko je objašnjen pojam toplinskog i infracrvenog zračenja te toplinskog odraza helikoptera. Nakon definiranja toplinskog odraza helikoptera izvedeno je eksperimentalno mjerenje i uspoređivanje s helikopterom Bell 206B – III *JetRanger*. Također, četvrtim poglavljem su objašnjeni načini smanjenje toplinskog odraza helikoptera OH-58D.

Peto poglavlje sadrži definirane manevre izbjegavanja toplinsko navođenih sustava koji se dijele na preventivno izbjegavanje i izbjegavanje nakon lansiranja projektila, a po mjestu na izbjegavanje po ruti te izbjegavanje u području djelovanja.

2. OPĆENITO O HELIKOPTERU OH-58D

OH-58D *Kiowa Warrior* laki je izvidničko – borbeni helikopter s dvočlanom posadom, jednim motorom i četverokrakim nosećim rotorom. Osnovna namjena OH-58D je samostalno djelovanje na udaljenostima van dometa protivničkog naoružanja pri čemu može izvršavati sljedeće zadaće:

- Izviđanje s mogućnošću borbenog djelovanja
- Mobilno zapovjedno mjesto
- Zahvat i odabir mete danju i noću u složenim meteorološkim uvjetima te prosljeđivanje podataka o metama drugim zrakoplovima i topničkim sustavima

Tablica 1. Prikaz osnovnih tehničko taktičkih – karakteristika helikoptera OH-58D [3]

Tehničko – taktičke karakteristike OH-58D	
Posada	2 pilota
Visina	3.93 m
Dužina	12.55 m
Promjer rotora	10.67 m
Maksimalna ukupna masa	2495 kg
Najveća dopuštena brzina	125 KIAS
Brzina krstarenja	80 KIAS
Istrajnost	2 sata

2.1. POVIJESNI RAZVOJ HELIKOPTERA OH-58D

Tijekom vijetnamskog rata dolazi do velikog iskoraka eksploatacije helikoptera u borbenim uvjetima i na bojištu, gdje se javlja potreba za lakim izvidničko - borbenim helikopterom. Ministarstvo obrane Sjedinjenih Američkih Država raspisuje natječaj za lakim izvidničkim helikopterom, na koji se prijavljuje i tvrtka *Bell Helicopters*¹. Prvobitni model D-250 odbijen je od strane kopnene vojske. 1967. *Bell Helicopters* predstavlja model 206A kojega američka vojska prihvaća i označuje OH-58A.

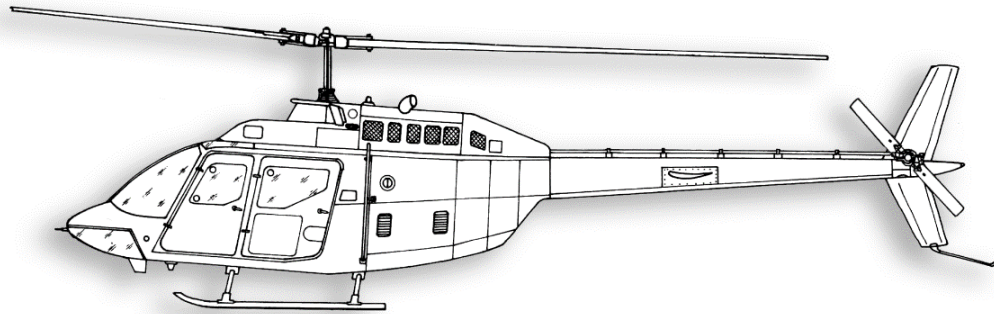
- OH-58A

Prva inačica helikoptera OH-58 laki je izvidnički helikopter s mogućnošću prijevoza dva člana posade i dvoje putnika. Pogonsku skupinu čine turbovratilni motor *Allison T63-A-700*, dvokraki polukruti glavni rotor i dvokraki polukruti repni rotor. Turbovratilni motor snage 236 KW omogućava maksimalnu visinu leta od 19 000 ft, najveću dozvoljenu masu polijetanja od 1360 kg te najveću dozvoljenu brzinu leta 120 čvorova. Tijekom eksploatacije u Vijetnamu bio je opremljen strojnicom 7.62 mm i automatskim bacačem granata 40 mm. Model OH-58A izvezen je u Kanadu i Australiju, dok je model OH-58B izvezen u Austriju, uz poboljšanja na motoru i povećanje radijusa nosećeg rotora.

- OH-58C

Tijekom eksploatacije OH-58A/B uočavaju se određeni nedostaci helikoptera te modernizacijom sustava helikopter dobiva oznaku OH-58C. Nova inačica opremljena je jačim motorom, nadogradnja ispušnog sustava smanjuje toplinski odraz helikoptera te je izmijenjeno i staklo pilotske kabine. OH-58C je prva inačica helikoptera opremljena sustavom za noćno gledanje (**NVG** – *Night Vision Goggles*) te ujedno i prvi helikopter čije je osvjetljenje instrumentalne ploče kompatibilno sa sustavom za noćno gledanje. Helikopter OH-58C je i prvi helikopter u sklopu američke kopnene vojske opremljen sustavom za otkrivanje radarskog zračenja i raketnim sustavom zrak-zrak.

¹ *Bell Helicopters* – američki proizvođač civilnih i vojnih helikoptera



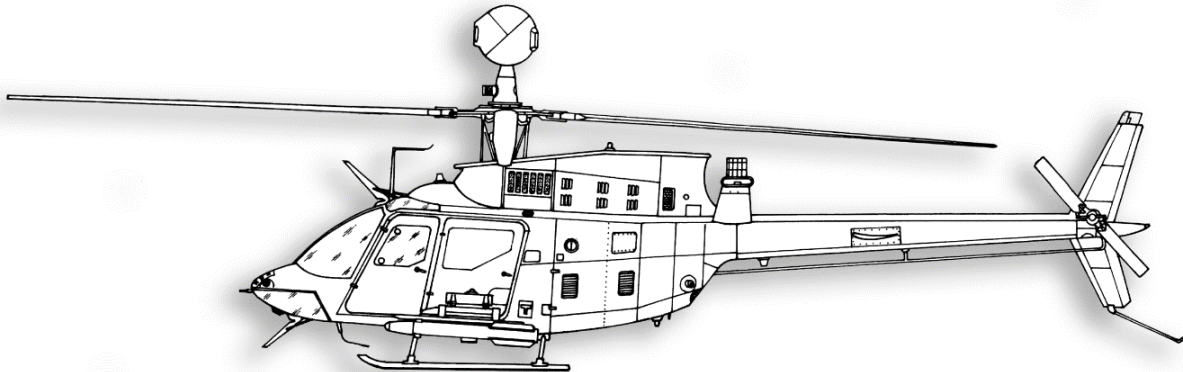
Slika 2. OH-58C

- OH-58D *Kiowa Warrior*

Nakon OH-58C inačice helikoptera američka vojska pokreće program poboljšanja helikoptera u službi vojske (**AHIP** – *Army Helicopter Improvement Program*). *Bell helicopters* predstavlja novi model, OH-58D. Helikopter je opremljen novim motorom *Rolls-Royce T703-AD-700A*, četverokrakim nosećim rotorom i novim reduktorom koji smanjuje znatno smanjuje buku. Najprepoznatljivija nadogradnja helikoptera je žirostabilizirajuće kućište na nosećem rotoru koje se sastoji od: televizijskog senzora, termovizijskog senzora, laserskog daljinomjera i sustava za optičko upucavanje strojnice (**MMS** – *Mast Mounted Sight*). Unutrašnjost helikoptera također je promijenjena, tako da OH-58D postaje prvi helikopter američke vojske opremljen digitalnom instrumentalnom pločom. Nakon prvobitne modernizacije, helikopter OH-58D dobiva naziv *Kiowa*, a tek nakon Iračko-iranskog rata, gdje se kroz američku vojnu operaciju *Prime Chance* uviđa potreba za naoružavanjem helikoptera OH-58D *Kiowa*. Helikopter se oprema univerzalnim nosačima sa svake strane helikoptera, koji omogućavaju korištenje strojnice 12.7 mm, nenavodnim raketnim sustavom 70 mm, laserski navođenim raketnim sustavom (*Hellfire*) i toplinski navođenim protuzračnim raketnim sustavom kratkog dometa (*Stinger*).

Uz dosadašnju ulogu izviđanja helikopter dobiva mogućnost i borbenog djelovanja, a samim time i naziv *OH-58D Kiowa Warrior*. 1997. godine je provedena još jedna modernizacija helikoptera *OH-58D Kiowa Warrior*. Helikopteri se opremaju novim motorima s digitalnim sustavom kontrole rada, zračnim jastucima, sjedištima za upijanje kinetičke energije u slučaju prisilnog slijetanja, sustavom za ometanje toplinsko navođenih projektila te cjelokupnom softverskom nadogradnjom avionike i MMS-a.

Glavna taktička namjena helikoptera *OH-58D Kiowa Warrior* je izviđanje i borbeno djelovanje na ciljeve. Kao posljedica konstantnog unaprjeđivanja kroz duži vremenski period, helikopter predstavlja integraciju razvijenog komunikacijskog, navigacijskog i izvidničko – borbenog sustava.



Slika 3. *OH-58D Kiowa Warrior*

OH-58D pruža sljedeće:

- Izvidničko – borbenu sposobnost danju, noću, pri složenim meteoroloških uvjetima uz ograničenja bojišta.
- Prijenos podataka koji omogućava razmjenu informacija na bojištu te sposobnost preuzimanja informacija ključnih za izvršenje zadaće.
- Protumjere za protuzračne sustave (infracrveni mamci, sustavi za otkrivanje radarskog i laserskog zračenja prema helikopteru).
- Pokretni prikaznik karte.
- Mogućnost video i termovizijskog snimanja.
- Naprednu opremu za navigacijsku pripremu leta. [3]

3. TAKTIČKA NAMJENA HELIKOPTERA OH-58D *KIOWA WARRIOR*

Primarna uloga izvidničko – borbenog helikoptera je:

- Izviđanje
- Osiguranje
- Napad
- Kretanje za napad

Izvidničke operacije provode se s ciljem prikupljanja informacija o protivniku i/ili konfiguraciji zemljišta kako bi se borbeno djelovanje usmjerilo na pravilno mjesto, u zadano vrijeme. Operacije osiguranja pružaju vrijeme produljeno reakcije, prostor za manevar i direktnu zaštitu kopnenih snaga. Operacije napada za cilj imaju uništenje protivničkih snaga i materijalnih sredstava, kako bi se zadržala ili pridobila inicijativa na bojištu. Izvidničko – borbeno djelovanja se provode na dva načina:

- Bliska borbena djelovanja
- Indirektni napad

Bliska borbena djelovanja definirana su kao brza i odlučna borbena djelovanja helikoptera osiguravajući potporu kopnenim snagama, koje su u bliskom kontaktu s protivnikom. Zbog blizine prijateljskih snaga zahtjeva se veliki stupanj međusobne koordinacije i komunikacije. [2]

Cilj indirektnog napada je brzo i odlučno poremetiti, odgoditi, degradirati ili uništiti protivničke snage prije nego dođu u kontakt s prijateljskim snagama. Nije potreban veliki stupanj integracije i koordinacije s prijateljskim kopnenim snagama. [2]

Kretanje za napad je proces ostvarenja borbenog kontakta s protivničkim snagama kada je protivnički položaj toliko nejasan da se ne može sa sigurnošću usmjeriti glavni napad.[2]

3.1. IZVIDNIČKO - BORBENI TIM

Izvidničko - borbeni tim sastoji se od vođe i pratitelja. Posada helikoptera – vođe općenito je iskusnija u timu te je odabrana na temelju sposobnosti i demonstriranog poznavanja misije, taktičkih radnji i postupaka te područja djelovanja. Glavna odgovornost helikoptera – pratitelja je pokrivanje i zaštita vođe tijekom djelovanja. Dodatno, pratitelj je zapovjednik djelovanja koji osigurava bitne taktičke informacije i donosi ključne odluke za djelovanje. [2]

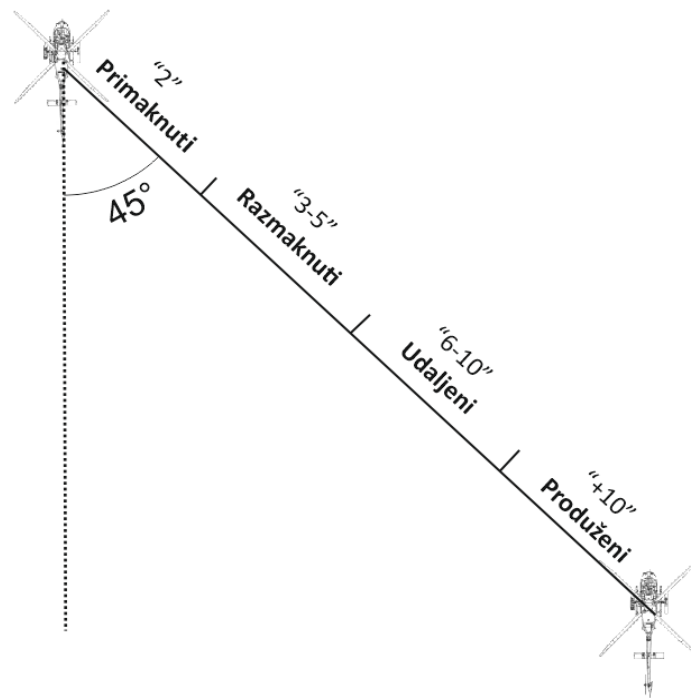
Tablica 2. Zadaće izvidničko – borbenog tima[2]

Zadaće izvidničko – borbenog tima	
Provoditi osiguranje zadanog područja djelovanja formacije tima.	
Nadzirati rute kretanja snaga, vizualno i pomoću senzora.	
Upozorava na nadolazeće prepreke po ruti kretanja.	
Borbena djelovanja i/ili manevar potreban za uspostavljanje dodira ili izbjegavanje protivnika.	
Predaja informacija o metama na bojištu.	
Lasersko obilježavanje ciljeva.	
Održavati pravilno mjesto u taktičkom postroju o odnosu na ostale snage.	
Zadaće na ruti letenja	
Vođa	Pratitelj
Odabir rute i taktičkih radnji.	Osiguranje i zaštite vođe.
Provodi navigaciju.	Provodi pričuvnu navigaciju.
Donosi odluku o djelovanju na prijetnje po ruti ili zaobilazanje istih.	Osigurava zaštitu vođe tijekom djelovanja ili zaobilazanja prijetnji po ruti.
Koordinacija djelovanja sa zemaljskim snagama.	Uspostavlja prvi kontakt sa zemaljskim snagama i daje prioritete djelovanja.
Prijavak zapovjedništvu operacije o stanju na ruti.	Koordinacija s prijateljskim protuzračnim postrojbama.
Zadaće u području djelovanja	
Odabir načina djelovanja.	Koordinacija djelovanja.
Odabir vrste naoružanja za djelovanje.	Identificira, određuje i raspodjeljuje ciljeve po timu.
Odabir prikladnog obrasca za djelovanje.	Predaja informacija timu koji dolazi na zamjenu prilikom borbenog djelovanja.
Primarno obilježavanje meta.	Primanje i obrada informacija o metama.
Primarno djelovanje u bliskoj zračnoj potpori.	Potpora primarnom djelovanju, po potrebi.
Predaje izvješće o djelovanju pratitelju.	Predaje izvješće o djelovanju zapovjedništvu.

3.1.1. Manevar tima

Manevarska sposobnost izvidničko – borbenog tima ključni je element za provođenje taktičkih operacija. Formacija tima osigurava da vođa zadrži integritet tima, uz minimalna manevarska ograničenja. Zadaća pratitelja u formaciji tima je da ne ograničava manevarsku sposobnost vođe tima, ali da istovremena osigurava horizontalno i vertikalno razdvajanje u odnosu na prepreke i druge helikoptere. Odstupanja po visini mogu biti probitačna u ovisnosti zadaće i uvjeta. [2]

Visoko – niski koncept letenja u sprezi s manevarskom sposobnošću tima osigurava visoku razinu fleksibilnosti tima, posebice u letenju u urbanim sredinama. Temelj visoko – niskog koncepta je da pratitelj povećava visinu leta u odnosu na vođu toliko da ima nadzor i cjelokupnu sliku područja djelovanja kako bi mogao pravilno koordinirati napad ili zaštitu vođe. Tijekom letenja iznad otvorenih i visoko osvijetljenih površina povećava se razmak u formaciji, što osigurava veću razinu fleksibilnost i održanja u zraku. Razdvajanje u formaciji smanjuje se na nepristupačnijem terenu i u uvjetima smanjenje vidljivosti. [2]



Slika 4. Borbeno krstarenje helikopterskog tima [2]

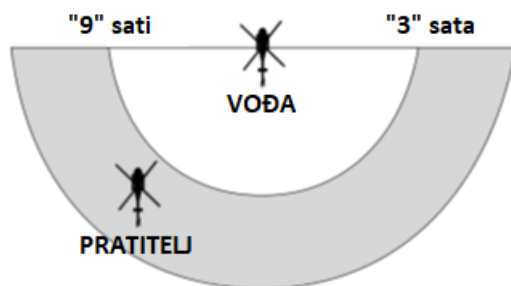
Slika 4. prikazuje razdvajanje tima u formaciji borbenog krstarenja. Udaljenost između helikoptera definirana je radijusima nosećih rotora, što znači da za usku formaciju je razmak između helikoptera dva noseća rotora. Borbeno krstarenje se primjenjuje za let po ruti kada je timu cilj maksimalno iskoristiti orografiju terena i vegetaciju za prikrivanje. Borbeno krstarenje osigurava pratitelju veću manevarsku sposobnost, uz uvjet da pratitelj ne leti točno iza vođe jer si tako ograničava mogućnost osiguranja vođe. Udaljenost između helikoptera je otprilike 150 m.

Borbeno krstarenje:

- Primjenjuje se na malim visinama, u rutnom letenju do područja djelovanja.
- Preferira se koristiti tijekom dana, kada postoji ugroza od pješačkog naoružanja.
- Standarda formacija izvidničko – borbenog tima. [2]

3.1.2. Borbeno krstarenje lijevo – desno

Za razliku od klasičnog borbenog krstarenja, borbeno krstarenje lijevo – desno zahtjeva od pratitelja da se nalazi u lijevom ili desnom stupnju u odnosu na vođu te da promijeni strane u koordinaciji s vođom. Na slici je prikazan manevarski prostor pratitelja u odnosu na vođu, gdje je idealna pozicija 45° unazad u odnosu na vođu, na udaljenosti od 150 m. [2]



Slika 5. Vizualni prikaz borbenog krstarenja lijevo – desno

Borbena krstarenje lijevo – desno:

- Primjenjuje se na malim visinama, za vrijeme dužih letova gdje je potrebno razbiti predvidivost leta u formaciji i optimalno iskoristiti orografiju terena.
- Primjenjuje se kada su loši meteorološki uvjeti i za vrijeme noćnog letenja, a stupanj ugroze je i dalje visok.
- Koristi se noću za letenje sa sustavom za noćno gledanje [2]

3.1.3. Modovi letenja

Modovi letenja sastoje se od: let na malim visinama (**LLF** - *Low Level Flight*), let uz konturu terena (**CF** - *Contour Flight*) i let uz površinu Zemlje (**NOE** - *Nap of the Earth*). Na temelju uvjeta zadaće, orografije zemljišta, meteoroloških uvjeta te ostalih bitnih informacija planirana ruta prilagođava se po modovima letenja. [2]

Planiranje rute letenja za borbenu zadaću sastoji se od:

- Analize zadaće i svih ključnih informacija za zadaću.
- Izviđanja područja letenja.
- Odabira pravilnog moda letenja.
- Odabira glavne i pričuvne rute.
- Proračuna navigacijskih elemenata leta.
- Prikupljanja i obrade meteoroloških podataka.

Izvidničko – borbeni let uključuje odgovarajuću taktičku primjenu LLF, CF i NOE moda, s ciljem smanjenja sposobnosti protivnika da otkrije, prati i borbeno djeluje po helikopteru. Pravilan odabir moda letenja zahtjeva od posade kvalitetnu pripremu leta i detaljno tumačenje orografije terena. Također zahtjeva od posade veliki stupanj predostrožnosti u otkrivanju prepreka, opasnosti po ruti i promjenama terena (vegetacija, osvjetljenje i sezonske promjene). [2]

- *Let na malim visinama:*
 - Primjena na području gdje je mala mogućnost otkrivanja.
 - Najmanje radno opterećenje posade, ali najveća mogućnost otkrivanja.
 - $V_i = 90$ KIAS (Indicirana brzina [**KIAS**² – *Knots Indicated Airspeed*])
 - $H = 150$ ft AGL (Visina u odnosu na površinu Zemlje [**AGL**³ - *Above Ground Level*])

- *Let uz konturu terena:*
 - Primjena na području od crte razgraničenja do ulaska u područje djelovanja.
 - Veći stupanj prikrivenosti
 - Veće radno opterećenje posade
 - Zahtjeva detaljno poznavanje područja letenja
 - $V_i = 70 - 90$ KIAS
 - $H = 70 - 100$ ft AGL

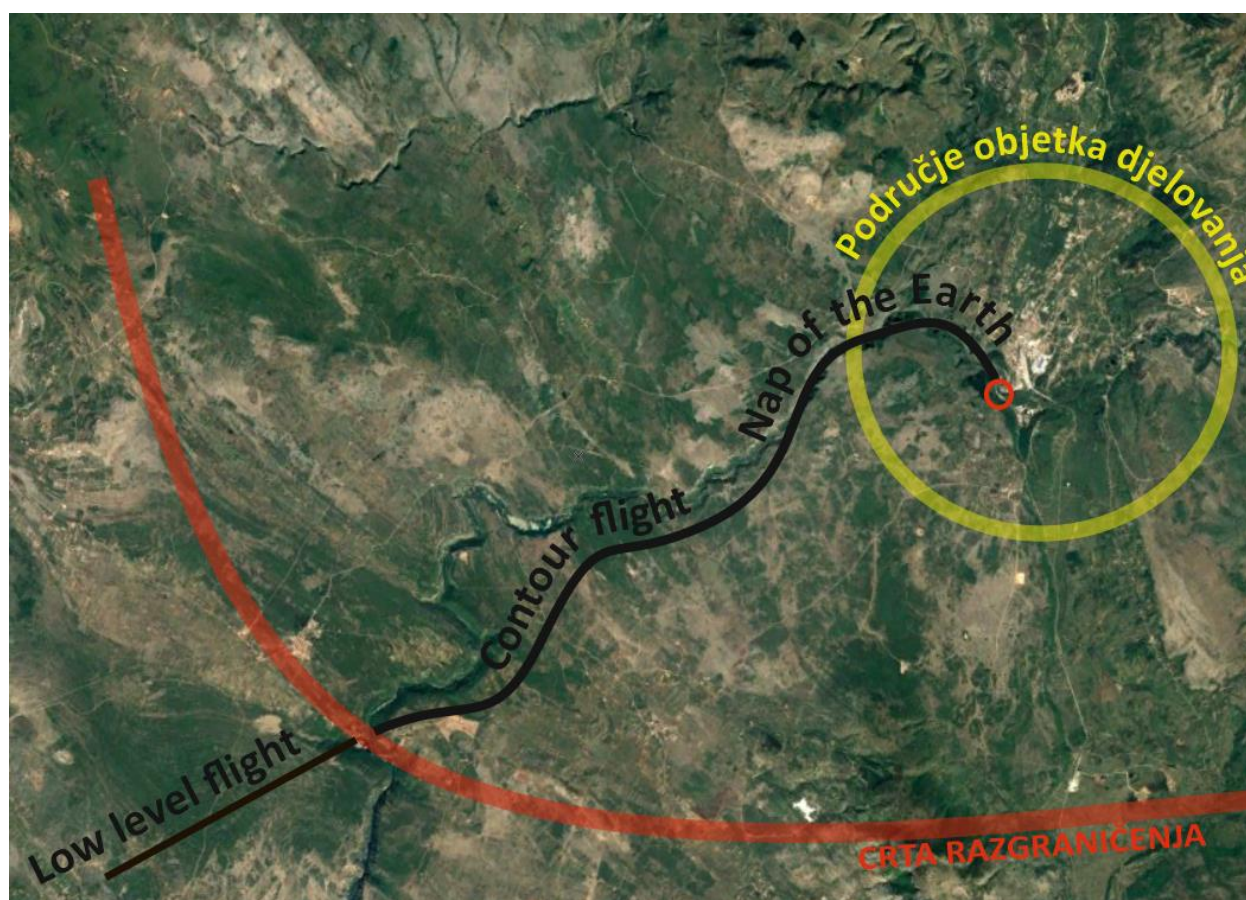
- *Let uz površinu Zemlje:*
 - Primjenjuje se u području djelovanja ili iznenadnog kontakta s protivnikom
 - Najveći stupanj prikrivenosti
 - Najveće radno opterećenje posade

² **KIAS** – indicirana brzina; progresivna brzina prikazana na brzinomjeru u helikopteru

³ **AGL** – visina zrakoplova u odnosu na površinu Zemlje

- $V_i < 40$ kn
- $H \leq 25$ ft AGL

Na slici 6. primjer je odabira moda letenja za izvršenje određene izvidničko - borbene zadaće. Do crte razgraničenja⁴ posada helikoptera je najmanje ugrožena te leti pravocrtno na visini 150 ft AGL. Od crte razgraničenja do područja djelovanja primjenjuje se let uz konturu terena, gdje se iskorištava orografija terena kako bi se povećao stupanj prikrivenosti te po ulasku u područje djelovanja posada helikoptera usporava, smanjuje visinu te maksimalno iskorištava orografiju terena i vegetaciju za povećanje prikrivenosti do trenutka djelovanja.



Slika 6. Praktični primjer odabira moda letenja

⁴ Crta razgraničenja – crta koja razdvaja prijateljske i protivničke snage na bojištu

Tijekom letenja na malim visinama posada helikoptera mora uzeti u obzir određene opasnosti i ograničenja:

- Planine ili područja s naglim promjenama nadmorske visine mogu uzrokovati gubitak radio – komunikacije .
- Tijekom letenja posade helikoptera moraju biti svjesne da zbog mogućih problema u komunikaciji moraju biti u mogućnosti donijeti taktičke odluke za izvršenje misije na temelju vlastitog iskustva i znanja.
- Improvizirane eksplozivne naprave, žice, dalekovodi, dronovi i drugi predmeti u zračnom prostoru mogu ugroziti helikopter koji leti na malim visinama. [2]

Opterećenje posade helikoptera znatno se povećava s povećanjem količine borbenih zadaća, posebice ako se leti noću sa sustavom za noćno gledanje. Faktori koji mogu utjecati na povećanje stresa su:

- Povećanje radnog opterećenja (fizički umor i psihički zamor).
- Ograničeno vidno polje prilikom leta s NVG sustavom.
- Smanjena vidljivost i percepcija dubine.
- Zahtjevniji rad posade. [2]

3.1.4. Tehnike letenja helikopterskog tima

- Let helikopterskog tima

Helikopterski tim primjenjuje klasičnu tehniku kada je cilj brzo kretati se kroz područje operacije kada je ugroza od protivnika najmanja ili situacija zahtjeva brzinu za izbjegavanje protivnika. Svi helikopteri u timu imaju istu progresivnu brzinu. Ova metoda osigurava najveću brzinu leta helikopterskog tima, ali uzrokuje i najmanju sposobnost samozaštite i osiguranja. Posade helikopter često primjenjuju klasičnu metodu prilikom letenja na malim visinama i uz konture terena. Helikopterski tim je u postroju borbenog krstarenja. [2]

- Let nadziranja helikopterskog tima

Izvidničko – borbeni elementi primjenjuju tehniku leta uz nadziranje kada postoji veća šansa za dodir s protivnikom, ali je potrebno zadržati faktor brzine. Tehnika nadziranja je usko povezana s elementima izviđanja, osiguranja i borbenog djelovanja. Helikopter vođe održava zadane elemente leta dok pratitelj nadzire i štiti kretanje vođe. Za razliku od klasičnog leta helikopterskog tima, let nadziranja omogućava trenutno borbeno djelovanje u slučaju pojave ugroze, a najčešće se primjenjuje tijekom leta uz konturu terena i površinu Zemlje. [2]

- Vezano nadziranje helikopterskog tima

Helikopterski tim primjenjuje tehniku vezanog nadziranja kada je vjerojatnost za dodir s protivnikom najveća. Tehnika vezanog nadzora je najsporija, ali osigurava najveću sposobnost zaštite i osiguranja. Karakterističan element tehnike vezanog nadziranja je što za vrijeme kretanja jednog helikoptera, drugi helikopter osigurava i štiti helikopter koji se kreće te po uspostavljanju zadanog mjesta helikopteri zamjenjuju uloge osiguravanja sve dok drugi helikopter ne uspostavi svoje zadane mjesto. Tehnika vezanog nadziranja najčešće se primjenjuje u letu uz površinu Zemlje. [2]

3.2. BORBENO DJELOVANJE

Borbena djelovanja napadačka je operacija uništenja protivnika i zauzimanja određenog područja. Tempo i intenzitet napada mora biti nadmoćniji u odnosu na protivnika. Izvidničko – borbeni helikopterski timovi provode borbena djelovanja u fazama napada i obrane, a glavna uloga je prikupljanje ključnih informacija i razvijanje stvarne situacije bojišta. [2]

Oblici borbenog djelovanja:

- Brzi napad
- Smišljeni napad
- Bliski napad
- Ometajući napad

3.2.1. Brzi napad

Brzi napad je borbeno djelovanje s prisutnim snagama uz minimalno vrijeme pripreme s ciljem zadržavanja momenta napada ili ostvarivanja taktičke prednosti u odnosu na protivnika. Cilj brzog napada je brzo preuzimanje inicijative na bojištu. Brzi napad ovisi o preciznoj i pravovremenoj informaciji. Primjenom uzastopnih brzih napada smanjuje se sposobnost protivnika da razvije nadmoć u odnosu na prijateljske snage. [2]

Brzi napad helikopterskog tima uključuje:

- Borbeno djelovanje nakon uspostavljanja dodira.
- Pravilno korištenje naoružanja.
- Određivanje odgovornosti osiguranja.
- Koordinacija s ostalim snagama.
- Razvijanje plana i raspodjela vatre na bojištu.

- Razmjena timova.
- Prijava ključnih informacija drugim postrojbama.

3.2.2. Smišljeni napad

Smišljeni napad je detaljno planirano, sinkronizirano te pravovremeno borbeno djelovanje na točnom mjestu. Za provođenje smišljenog napada potrebno je detaljno izvidjeti područje djelovanja, prikupiti ključne informacije i podatke o protivniku te pravilno isplanirani taktički plan za djelovanje helikopterskog tima. [2]

Smišljeni napad helikopterskog tima uključuje:

- Taktičko planiranje zadaće.
- Izviđanje objekta i područja djelovanja.
- Uspostavljanje i održavanje dodira s protivnikom.
- Fiksiranje položaja protivnika.
- Pravilno korištenje naoružanja.
- Integracija i koordinacija s drugim snagama.
- Razvijanje plana i raspodjela vatre na bojištu.
- Prijava ključnih informacija drugim postrojbama.

3.2.3. Bliski napad

Bliski napad je koordinirano djelovanje helikopterskog tima po ciljevima u neposrednoj blizini prijateljskih snaga. Zbog blizine djelovanje i povećanog rizika u odnosu na prijateljske snage, helikopterske timove navode kopnene postrojbe i osobe zadužene za navođenje zračne potpore. Nakon što helikopterski tim dobije zahtjev za blisku zračnu potporu, posada helikoptera razvija najpovoljniji oblik napada zadržavajući manevarsku sposobnost. [2]

Karakteristike bliskog napada:

- Koordinacija manevra i vatre sa zemaljskim snagama.
- Provođenje borbenog djelovanja iskorištavajući prednost terena i zaštite od strane vlastitih snaga.
- Razvijanje dinamičke situacije bojišta.
- Dovođenje protivnika u poziciju neodlučnosti.
- Određivanje tempa borbenog djelovanja.
- Prijava ključnih informacija postrojbama na zemlji.

3.2.4. Ometajući napad

Cilj ometajućeg napada je poremetiti, uništiti, degradirati i odgoditi usmjereno protivničko borbeno djelovanje protiv prijateljskih snaga. Može se primijeniti u bilo kojem trenutku borbene operacije, kao brzi ili smišljeni napad. Ometajući napad se najčešće provodi kao kombinacija borbeno djelovanja raznih postrojbi kako bi se maksimalno povećao učinak djelovanja. [2]

Ometajući napad uključuje:

- Provođenje brzog plana napada.
- Izoliranje i uništavanje ključnih elemenata protivničkih snaga.
- Sinkronizacija s prijateljskim snagama.
- Fokusiranje na ključne objekte i ciljeve visoke važnosti.
- Prijava ključnih informacija drugim postrojbama.

3.3. OBRASCI BORBENOG DJELOVANJA HELIKOPTERSKOG TIMA

Napad helikopterskog tima je kombinacija je manevra helikoptera i eksploatacije naoružanja. Ovisno o protivniku, eksploataciji naoružanja i drugim uvjetima helikopterski time primjenjuje određene dinamične borbene manevre. Svrha borbenog manevra je održati tim u blizini cilja, povećati preciznost naoružanja te smanjiti sposobnost protuzračnih sustava protivnika. Tijekom provođenja borbenog manevra tima komunikacija se svodi na standardizirane, jasne i kratke upute. [2]

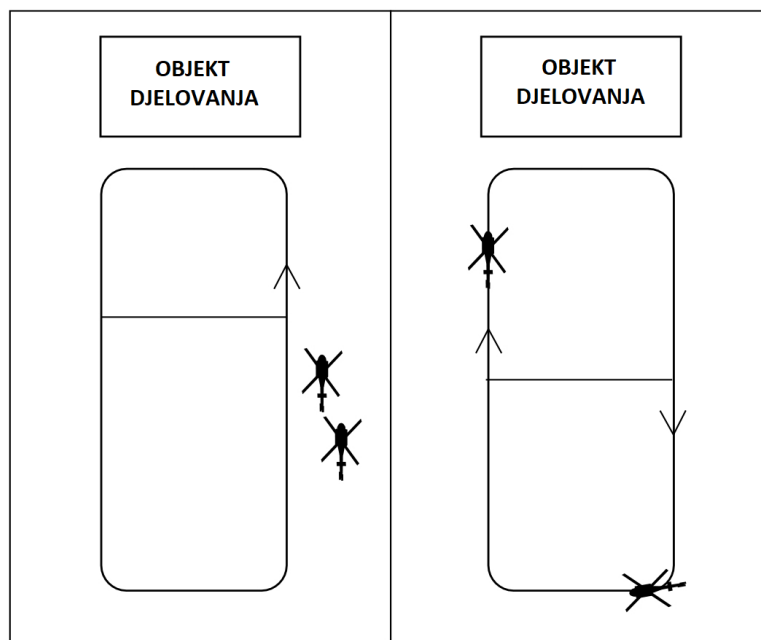
Timovi koriste obrasce za napad kako bi maksimalno povećali učinkovitost naoružanja te smanjili ugrozu na najmanju moguću razinu. Faktori koji utječu na odabir obrasca napada su:

- Vrsta i veličina cilja.
- Naoružanje.
- Manevarska sposobnost tima.
- Pozicija prijateljskih snaga. [2]

Obrasci djelovanja helikopterskog tima su:

- Kružni napad
- „L“ napad
- *Cloverleaf*⁵ napad

Zapovjednik helikopterskog tima prilagođava vremenski proračun napada kako bi osigurao istovremeni ili kontinuirani napad. Prilagodba se postiže podešavanjem horizontalne udaljenosti između vođe i pratitelja ili vremenskog razmaka između više helikopterskih timova. [2]

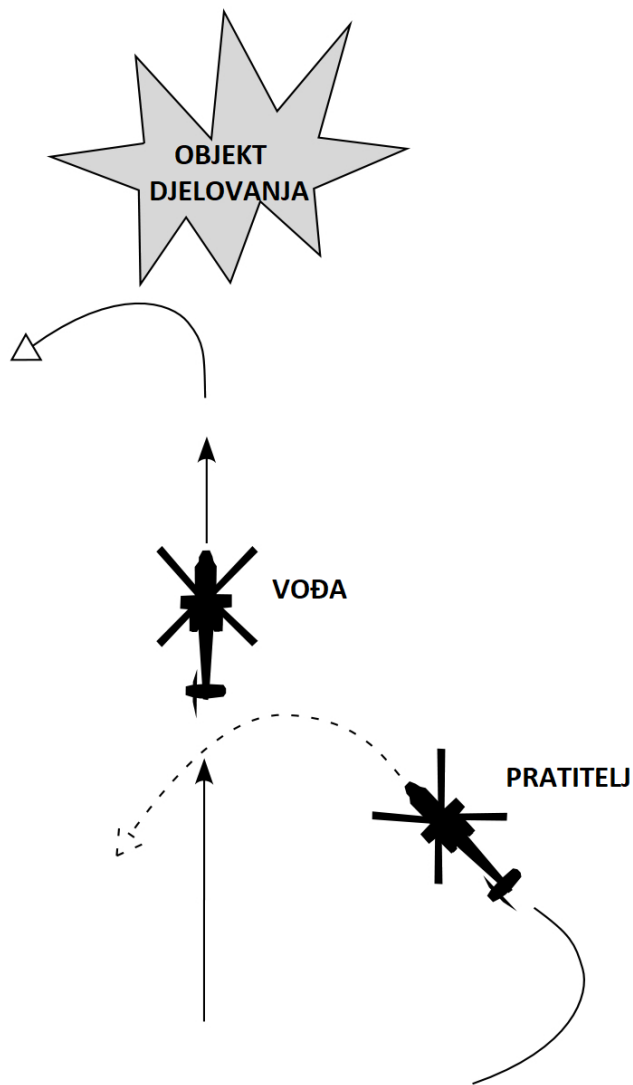


Slika 7. Vizualni prikaz istovremenog i kontinuiranog borbenog djelovanja helikopterskog tima [2]

Slika 7. prikazuje primjer istovremenog i kontinuiranog borbenog djelovanja. Istovremeno borbeno djelovanje helikopterskog tima provodi se iz formacije borbenog krstarenja te se najčešće primjenjuje kada s područja objekta djelovanja protivnik ugrožava helikopterski tim. Pratitelj u timu osigurava vođu koji borbeno djeluje po objektu djelovanja. Također pratitelj može

⁵ Cloverleaf – obrazac borbenog napada koji zbog karakterističnih promjena kursa izgleda kao list djeteline

letjeti u kursu pod 45° suprotno u odnosu na stranu gdje će vođa napraviti zaokret, tako pratitelj pokriva puno veću površinu i može istovremeno borbeno djelovati s vođom. [2]



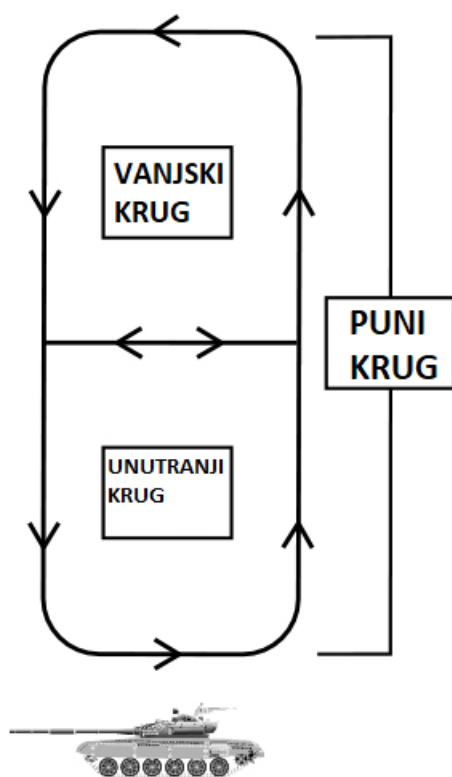
Slika 8. Istovremeno borbeno djelovanje

Slika 8. prikazuje način istovremenog borbenog djelovanja kada pratitelj leti u kursu pod 45° u odnosu na kurs vođe. [2]

3.3.1. Kružni napad

Kružni napad podijeljen je u tri kruga koji ovise o vrsti i sposobnosti naoružanja te prosječnoj brzini napada. Helikopterski tim prilagođava udaljenost od mete u ovisnosti o vrsti i veličini protivnika, uvjetima na bojištu i meteoroloških uvjetima. Tri kruga su:

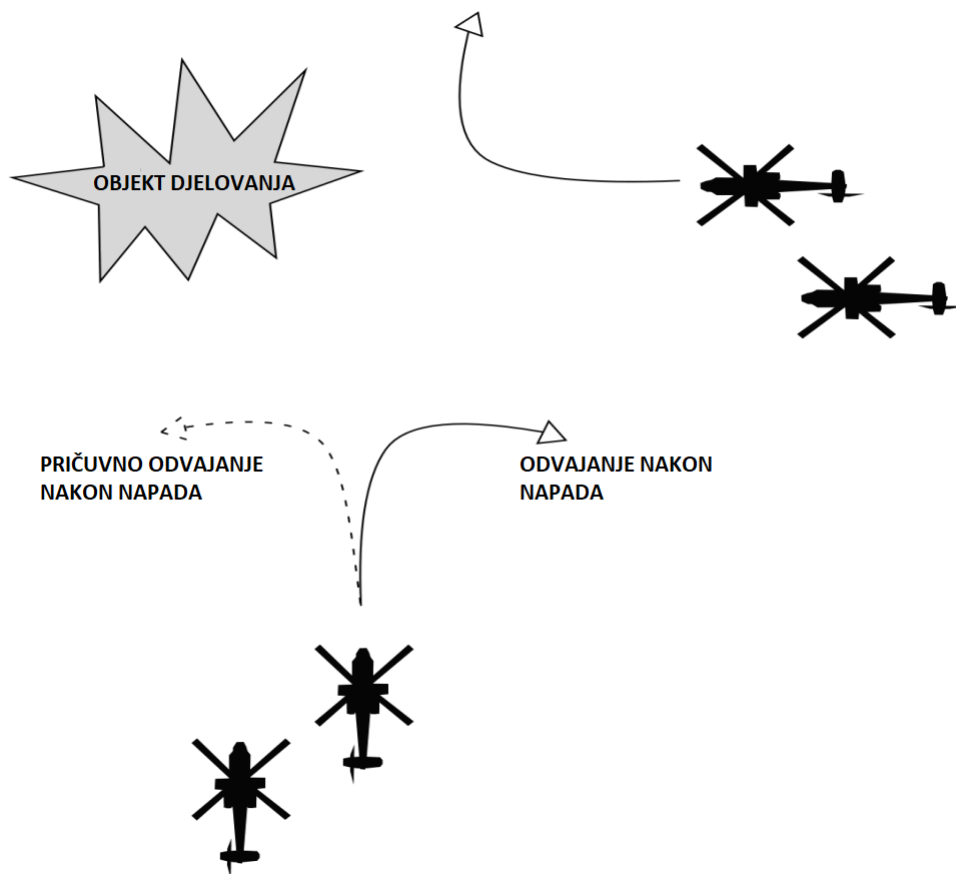
- Puni krug - Osigurava maksimalnu udaljenost i najveće vrijeme pripreme za napad (koristi se za djelovanje navođenim raketnim sustavima „zrak-zemlja“).
- Vanjski krug - Koristi se za djelovanje strojnicama, nenavođenim i navođenim raketnim sustavima. Veća udaljenost od objekta djelovanja povećava sposobnost održanja u zraku, ali smanjuje preciznost naoružanja
- Unutarnji krug -Koristi se za djelovanje strojnicama, nenavođenim raketnim sustavima i vlastitim naoružanjem. Zbog blizine protivnika najveća vjerojatnost ugroze, ali i najveća preciznost vlastitog naoružanja [2]



Slika 9. Kružni napad helikopterskog tima

3.3.2. „L“ napad

„L“ napad primjenjuje se kada situacija zahtjeva značajnu eksploataciju borbenog naoružanja u kratkom vremenskom razdoblju te uključuje dva helikopterska tima. Pravilan vremenski proračun između timova osigurava istovremeno djelovanje po objektu. U slučaju da se tijekom napada uoči da nije potrebna velika količina vatre oba helikopterska tima mogu nastaviti djelovanje po kružnom napadu. [2]

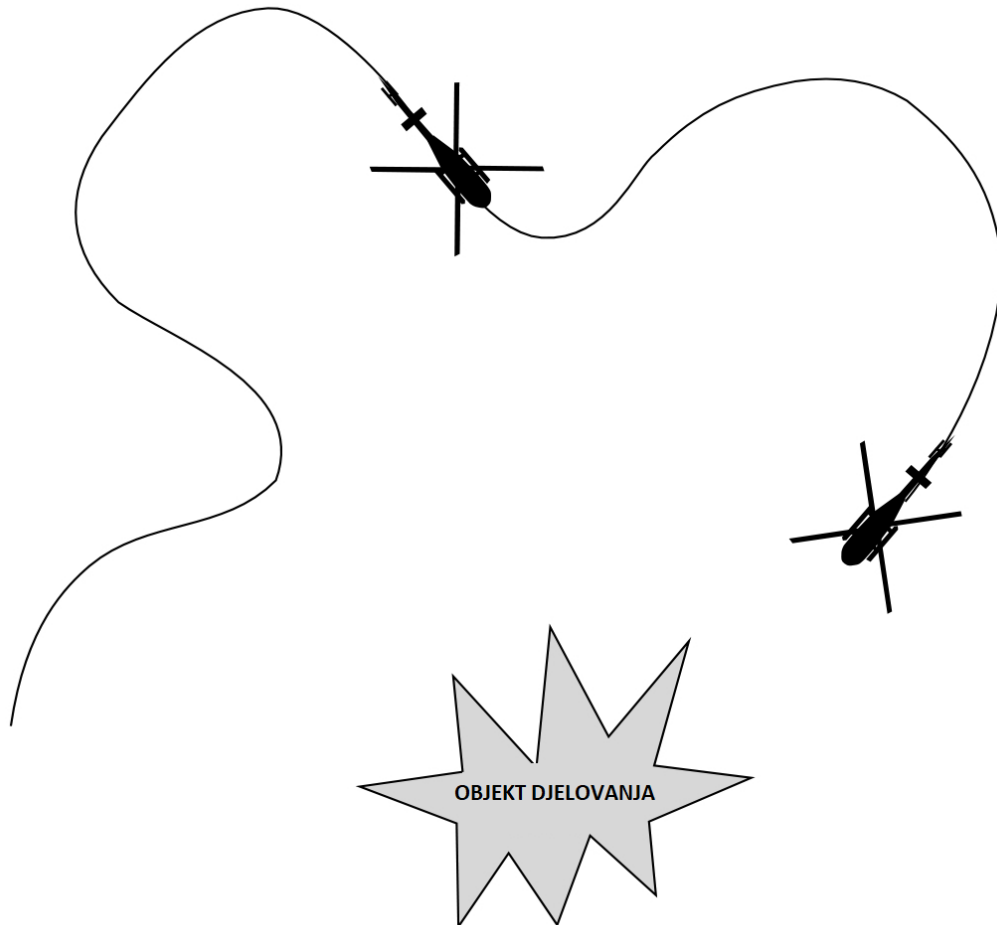


Slika 10. „L“ napad helikopterskih timova [2]

3.3.3. *Cloverleaf* napad

Cloverleaf napad osnovna je varijanta kružnog napada koja smanjuje sposobnost protivnika da predvidi putanju helikopterskog tima. Udaljenost od objekta djelovanja, broj promjena kursa i vrijeme napada su promjenjive varijable ovog napada te najviše ovise o posadi helikoptera. *Cloverleaf* napad prilikom eksploatacije više helikopterskih timova osigurava izrazito veliku vatrenu moć uz nemogućnost predviđanja putanje leta i mjesta sljedećeg napada, ali povećava rizik borbenog djelovanja u smjeru prijateljskih snaga ili drugog helikopterskog tima.

[2]



Slika 11. *Cloverleaf* napad

3.4. EKSPLOATACIJA BORBENOG NAORUŽANJA

Helikopterski timovi mogu primijeniti različite metode eksploatacije naoružanja koje se dijele na:

- Niski napad
- Iskakanje
- Visoki napad

3.4.1. Niski napad

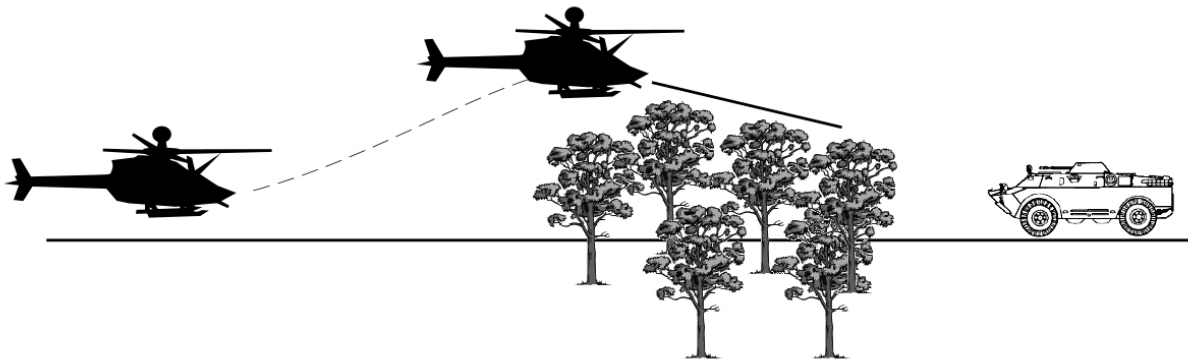
Niski napad primjenjuje se kada helikopter mora zadržati malu visinu ili NOE mod. Na maloj visini helikopter može borbeno djelovati iz režima lebdenja ili pravocrtnog leta. Prednost niskog napada je prikrivenost helikoptera. Nedostatci niskog napada su nemogućnost eksploatacije maksimalnog dometa naoružanja, nepreciznost i vjerojatnost pogotka u prepreke. Također, zbog većeg rasipanja projektila u horizontalnoj ravnini postoji mogućnost kolateralne štete. [2]



Slika 12. Niski napad helikopterom

3.4.2. Iskakanje

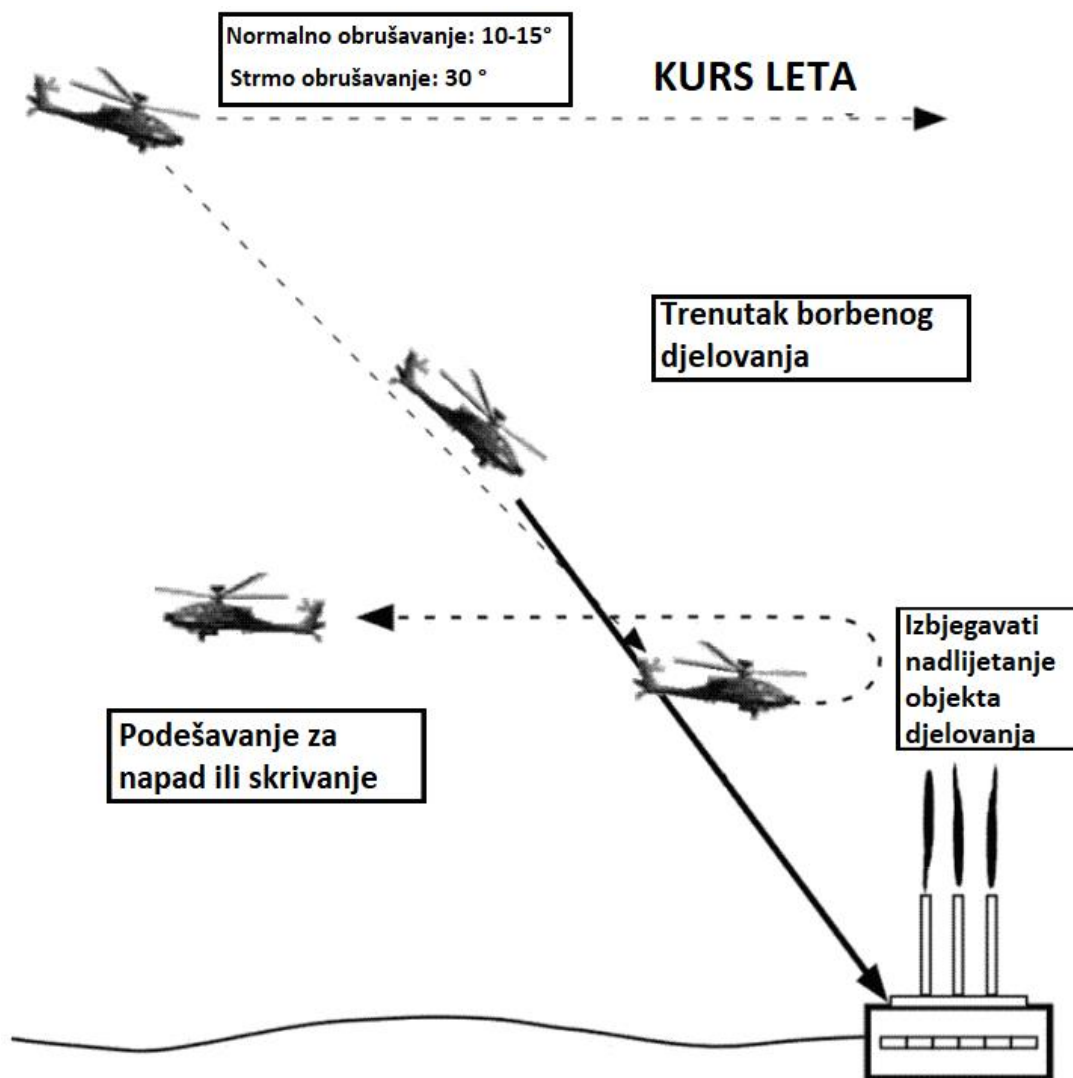
Karakteristika iskakanja je maksimalno korištenje terena u svrhu prikrivanja te izraženi element iznenađenja netom prije borbenog djelovanja. Prednosti iskakanja su: povećanje dometa naoružanja, djelovanje pod određenim kutom s visine olakšava identifikaciju objekta djelovanja povećana manevarska sposobnost helikoptera. Nedostatak iskakanja je trenutak kada je helikopter izložen na većoj visini s malom progresivnom brzinom. [2]



Slika 13. Iskakanje helikoptera

3.4.3. Visoki napad

Visoki napad se provodi kroz obrušavanje kada se od helikoptera zahtjeva održanje na većoj visini (iznad 1000 ft AGL). Visoki napad uvelike olakšava praćenje mete, najčešće u urbanim sredinama i na većim udaljenostima. Također, prednost napada s većih visina je nemogućnost protivnika da djeluje s osobnim naoružanjem po helikopterima, dok helikopter zadržava veliku manevarsku sposobnost. Najveći nedostatak letenja na većoj visini je osjetljivost na toplinsko navođene protuzračne sustave i radarski navođene topove većih kalibara. [2]



Slika 14. Visoki napad s obrušavanjem [2]

Slika 14. prikazuje visoki napad s obrušavanjem, nakon što helikopter uoči cilj podešava kut 10-15° na dolje, ubrzava i po dostizanju definirane udaljenosti započinje borbeno djelovanje. Nakon djelovanja helikopter izvodi zaokret pod 90° ili u suprotnu stranu od kursa napada s ciljem skrivanja ili podešavanja za novi napad. Bitno je napomenuti da se izbjegava nadlijetanja objekta djelovanja jer se povećava vrijeme leta iznad protivnika, a samim time i sposobnost protivnika da iskoristi toplinsko navođene protuzračne sustave. [2]

4. TOPLINSKI ODRAZ

Toplinski odraz tijela nastaje zbog toplinskog zračenja, koje je elektromagnetsko zračenje svih tijela čija je temperatura iznad apsolutne nule (0 K). Infracrveno zračenje je dio spektra elektromagnetskog zračenja valne duljine od 0.77 – 1000 μm . Toplinsko navođeni sustavi osjetljivi su na spektar infracrvenog zračenja od 3-5 i 8-12 μm . Van tog spektra atmosferski uvjeti imaju prevelik utjecaj na slabljenje intenziteta zračenja. Zbog toplinsko navođenih protuzračnih sustava čiji su senzori osjetljivi na određeni spektar infracrvenog zračenja, uz toplinski odraz i toplinsko navođenje se može koristiti i pojam infracrveni odraz helikoptera te infracrveni (IC) navođeni projektil. [8]

Intenzitet toplinskog odraza ovisi o obliku i veličini objekta koji se promatra, temperaturi, emisivnost te refleksiji u odnosu na druge izvore infracrvenog zračenja (sunčana svjetlost, isijavanje s površine zemlje ili oblaka) te pozadine u odnosu na koju se promatra objekt. Zbog utjecaja raznih faktora na toplinski odraz nije moguće točno definirati jedinstveni odraz za zadani objekt, jer svako mjerenje toplinskog odraza je jedinstveno za sebe (razlika u temperaturi zraka, temperaturi ispušnih plinova, ostalim atmosferskim utjecajima te pozadini u odnosu na koju se vrši mjerenje). [8]

Raspon infracrvenog zračenja od 0.77 do 1000 μm je podijeljen na tri dijela: blisko infracrveno zračenje (0.7 – 1.5 μm), srednjevalno infracrveno zračenje (1.5 – 6 μm) i dalekovalno infracrveno zračenje (7 – 14 μm). [8]

4.1. TOPLINSKI ODRAZ HELIKOPTERA

Moderni oblik ratovanja uvelike ovisi o ostvarenju zračne nadmoći u odnosu na protivnika i taktičkom korištenju helikoptera. Zbog intenzivnog korištenja helikoptera u borbenim zadaćama bitno je osigurati sposobnost održanja u zračnom prostoru dovoljno dugo i sigurno da se zadaća uspješno odradi. Helikopteri, kao dio modernog ratovanja, podvrgnuti su raznim programima poboljšanja s ciljem smanjenja mogućnosti vizualnog i radarskog otkrivanja, buke te toplinskog odraza. Većina toplinsko navođenih sustava su lako prijenosna i potreban je jedan korisnik za djelovanje. Zbog navedenih razloga bitno je analizirati toplinski odraz i osjetljivost helikoptera na protuzračne sustave. [8]

Toplinski odraz helikoptera ukupno je toplinsko i infracrveno zračenje jedinstveno za svaki tip helikoptera, u zadanim atmosferskim uvjetima te definiranim režimom leta. Ukupni toplinski odraz je suma: infracrvenog zračenja vrućih dijelova helikoptera (dijelovi motora, ispuh i dio repna grede), odbijeska od Zemlje na trup helikoptera, sunčevog odbijesku na trup helikoptera, infracrvenog zračenja ispušnih plinova te infracrvenog zračenja trupa helikoptera koji je dio neposrednog zagrijavanja zbog ispušnih plinova i aerodinamičnog strujanja zraka. [8]

Količina infracrvenog zračenja u atmosferi ovisi o valnoj duljini zračenja, temperaturi i sastavu ispušnih plinova helikoptera. Kao što je navedeno, toplinski navođeni protuzračni sustavi osjetljivi su na spektar IC zračenja od 3 - 5 i od 8 -12 μm . Izvan ovog raspona slabljenje IC zračenja je veliko i najviše ovisi o količini ugljikovog dioksida i vlage u zraku, gdje s povećanjem ugljikovog dioksida i vlage dolazi do smanjenja intenziteta IC zračenja. Na malim visinama i u oblačnim uvjetima atmosfersko IC zračenje je uvelike smanjeno. Na većim visinama, zbog smanjenja gustoće zraka, smanjuje se gustoća ugljičnog dioksida i vlage u zraku te je IC zračenje izraženije nego na manjim visinama. Helikopter, kao letjelica koja u borbenim zadaćama najčešće djeluje na malim visinama ima prednost smanjena ukupnog toplinskog odraza zbog veće gustoće zraka.

Raspon infracrvenog zračenja od 3 - 5 μm odgovara emisiji viših temperatura (vrućih dijelovi motora i ispušni plinovi, koji su otprilike 450 °C), dok raspon od 8-12 μm odgovara temperaturi od 17 °C koju najčešće zrači trup letjelice u području niske temperature zraka.

Zbog izvora infracrvenog zračenja i topline na helikopteru, intenzitet zračenja nije jednak za sve smjerove promatranja helikoptera. Kada se promatra infracrveno zračenje s prednje i bočnih strana helikoptera najveći utjecaj za povećanje intenziteta zračenja imaju ispušni plinovi i trup helikoptera. Kada se helikopter promatra sa stražnje strane vrući dijelovi motora i ispušna cijev postaju glavni izvor IC zračenja. Prosječni prenosivi toplinski navođeni protuzračni sustavi (**MANPAD – Man Portable Air Defense System**) mogu naciljati helikoptera sa stražnje strane s udaljenosti od 4-6 km zbog izravnog pogleda na vruće dijelove motora (400-700 °C). [8]

Tablica 3. Raspon infracrvenog zračenja

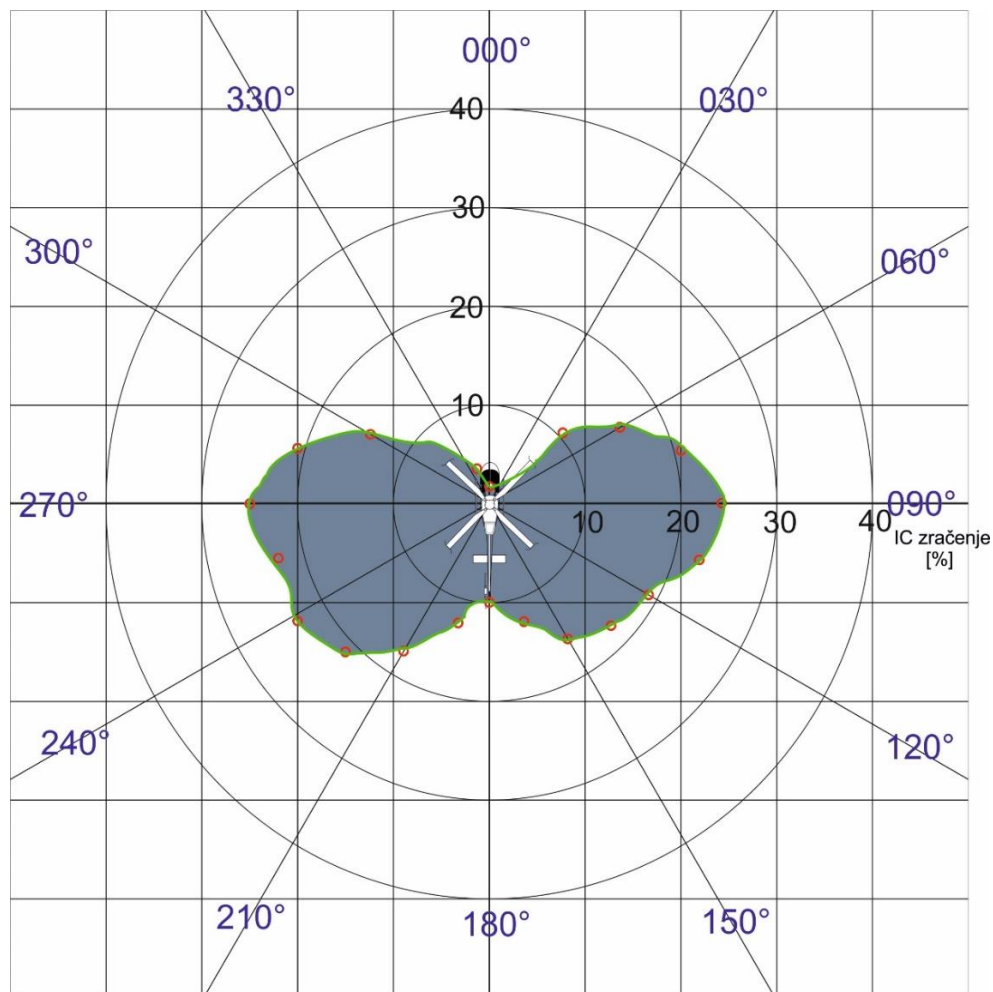
Blisko infracrveno zračenje (0.7 – 1.5 μm)	Prirodni izvor zagrijavanja:	Sunce
	Dominantni izvor zračenja helikoptera:	Trup helikoptera
	Protuzračni sustav:	Dalekometni toplinsko navođeni protuzračni sustavi
Srednjevalno infracrveno zračenje (1.5 – 6 μm)	Prirodni izvor zagrijavanja:	Sunce
	Dominantni izvor zračenja helikoptera:	Vrući dijelovi motora ispušni plinovi
	Protuzračni sustav:	Svi toplinsko navođeni protuzračni sustavi
Dalekovalno infracrveno zračenje (7 – 14 μm)	Prirodni izvor zagrijavanja:	Odbljesak od Zemlje
	Dominantni izvor zračenja helikoptera:	Zračenje trupa zbog helikoptera
	Protuzračni sustav:	Infracrveni skener razvijen da otkrije, lokalizira i prati cilj

Tablica 3. predstavlja raspon infracrvenog zračenja na zrakoplovima te ovisnost određenih protuzračnih sustava o određenom spektru infracrvenog zračenja. Izvor bliskog infracrvenog zračenja je trup helikoptera zagrijan sunčevom svjetlošću i predstavlja izvor topline

za dalekometne toplinsko navođene protuzračne sustave. Srednjevalno infracrveno zračenje je glavni izvor praćenja toplinsko navođenih protuzračnih sustava, karakteriziraju ga vrući dijelovi motora i ispušni plinovi te ugroza postoji od svih toplinsko navođenih protuzračnih sustava. Izvor dalekovalnog infracrvenog zračenja je zagrijanost trupa helikoptera zbog odbljeska sunčeve svjetlosti od površinu Zemlje, protuzračni sustav koji ima sposobnost uočiti tu vrstu izvora je infracrveni skener kojim su opremljeni lovci četvrte i pete generacije.

4.2. TOPLINSKI ODRAZ HELIKOPTERA OH-58D *KIOWA WARRIOR*

Toplinski odraz OH-58D definirano je ukupno toplinsko i infracrveno zračenje, u zadanim atmosferskim uvjetima te zadanim režimom leta. Definiranje taktičkih radnji i postupaka u slučaju stvarne ugroze od toplinsko navođenih protuzračnih sustava zahtjeva mjerenje stvarne količine infracrvenog zračenja u odnosu na kut promatranja helikoptera. Mjerenje je izvedeno pomoću termovizijskog senzora, koji se koristi na helikopterima OH-58D za otkrivanje meta na udaljenostima preko 10 km. Prepoznaje razliku u temperaturi manju od 2°C. Za potrebna mjerenja infracrvenog odraza, helikopter je postavljen u najnepovoljnije uvjete (lebdenje izvan utjecaja zračnog jastuka, snimanje bez pozadine pri većoj vanjskoj temperaturi) te je izmjeren i grafički predočen infracrveni odraz u odnosu na kut promatranja helikoptera.



Slika 15. Grafički prikaz toplinskog odraza OH-58D *Kiowa Warrior*

Slika 15. prikazuje rezultate mjerenja. Prednji dio helikoptera definiran je kutom od 0° tada je vidljivo da je najveći intenzitet infracrvenog zračenja od 060° do 150° te od 210° do 300°. Mjerenjem i grafičkim prikazom infracrvenog zračenja helikoptera OH-58D može se zaključiti da je helikopter najosjetljiviji na bočnim dijelovima, a razlog je konstrukcijsko rješenje ispušnog sustava helikoptera. Naime, ispušna cijev helikoptera OH-58D potpuno je skrivena od direktnog pogleda i usmjerena prema nosećem rotoru. Ova izvedba omogućava ispuhivanje vrućih ispušnih plinova u struju zraka koju stvara noseći rotor, gdje dolazi do miješanja znatno hladnijeg okolnog zraka s ispušnim plinovima te smanjenja toplinskog odraza. Također, ispušna cijev helikoptera doseže temperature od 400-500° C, ali konstrukcijskim prikriivanjem cijevi znatno se smanjuje ukupna količina toplinskog odraza. Jedan od uzroka najvećega toplinskog zračenja helikoptera s bočnih strana je zagrijavanje repa helikoptera u području gdje se trup helikoptera spaja s repom, a koji je najizloženiji kada se helikopter promatra s bočnih strana.

Tablica 3. Prikaz uvjeta prilikom mjerenja toplinskog odraza

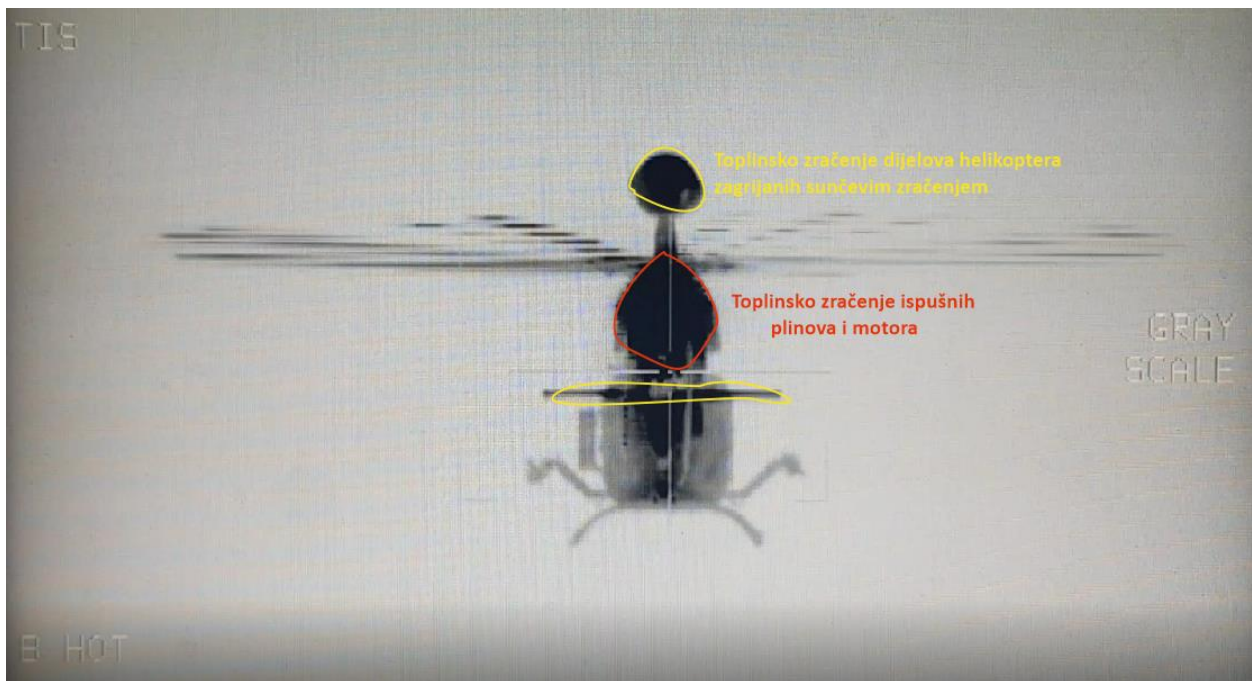
Uvjeti mjerenja toplinskog odraza OH-58D	
Vanjska temperatura	23°C
TOT⁶	730°C
TQ⁷	80 %
Pravac i brzina vjetra	050°/4 kn
Visina	400 ft QNH (50 ft AGL)

⁶ TOT – Turbine Outlet Temperature (Temperatura plinova na izlazu iz turbine kompersora)

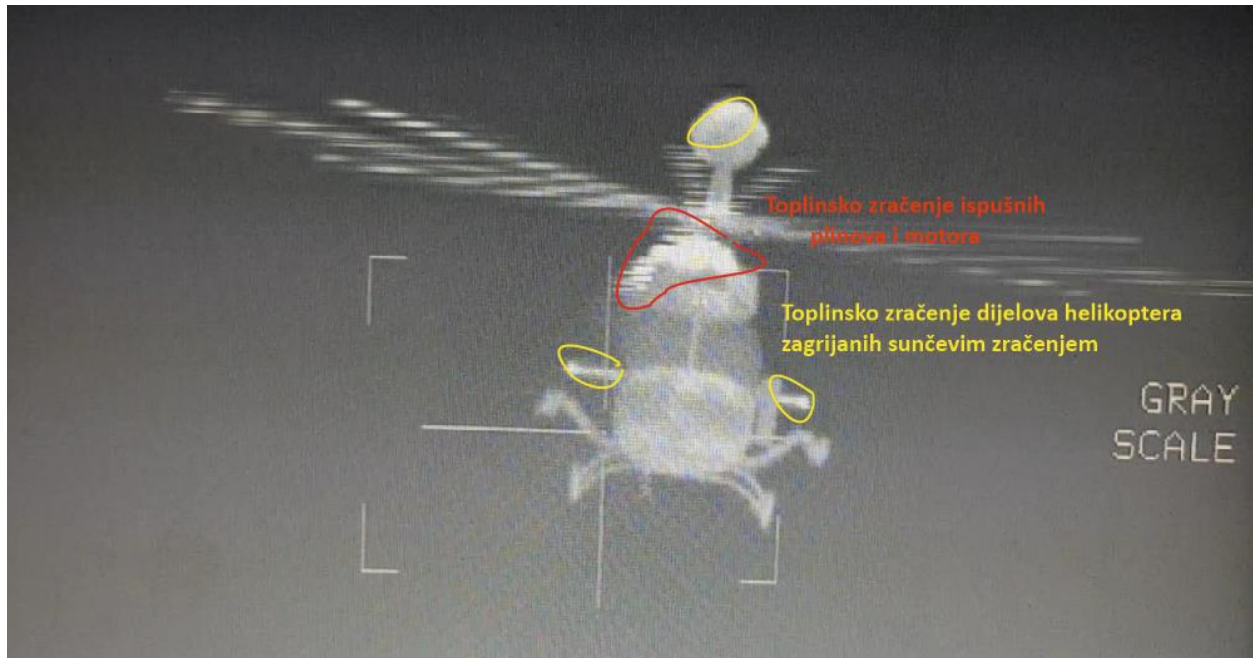
⁷ TQ – Torque (Torkmetar – prikaznik trenutne izlazne snage motora)



Slika 16. Bočno infracrveno zračenje helikoptera OH-58D *Kiowa Warrior*



Slika 17. Stražnje infracrveno zračenje helikoptera OH-58D *Kiowa Warrior*

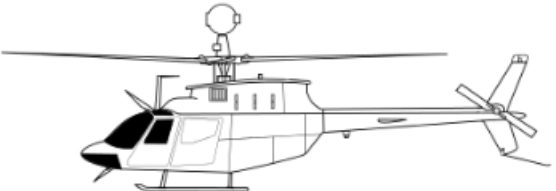



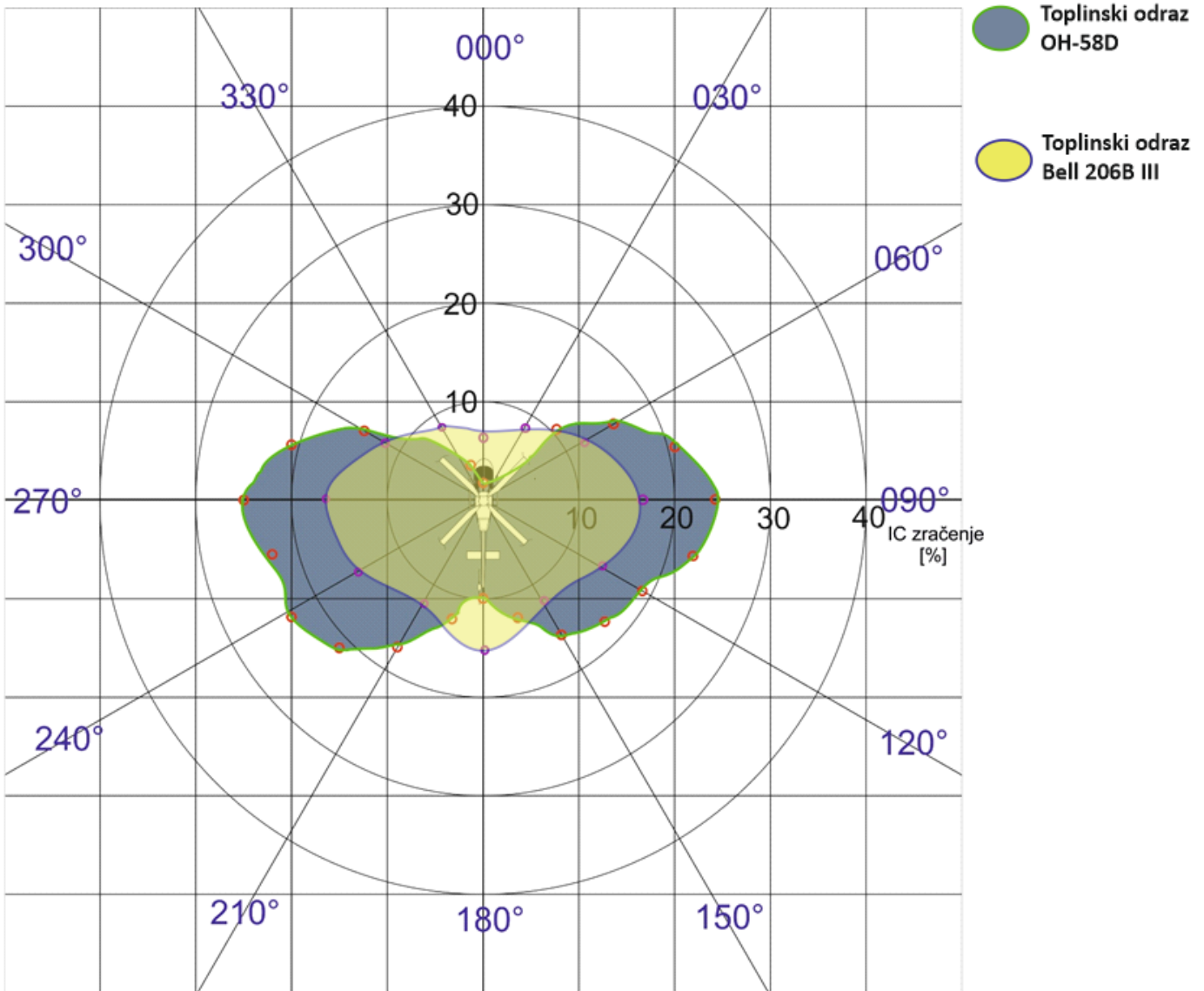
Slika 18. Prednje infracrveno zračenje helikoptera OH-58D *Kiowa Warrior*

4.3. USPOREDBA OH-58D I BELL 206B – III JET RANGER

Cilj usporedbe toplinskih odraza helikoptera OH-58D i Bell 206B – III je lakša vizualna predodžba poboljšanja skrivanja toplinskog odraza. Mjerenje toplinskog odraza Bell 206B - III je izvedeno na identičan način kao i OH-58D (helikopter je u režimu lebdenja, izvan utjecaja zračnog jastuka, pri sličnim atmosferskim uvjetima i bez pozadine).

Tablica 4. Usporedba ključnih tehničko – taktičkih karakteristika helikoptera

		
OH-58D <i>Kiowa Warrior</i>		Bell 206B – III <i>JetRanger</i>
Snaga motora	650 KS	420 KS
Najveća dopuštena masa helikoptera	2495 kg	1519.5 kg
Potrošnja goriva	45-60 US gal/h	23-25 US gal/h



Slika 19. Grafički prikaz usporedbe toplinskog odraza OH-58D *Kiowa Warrior* i Bell 206B – III *JetRanger*

Uspoređivanjem rezultata mjerenja evidentno je da Bell 206B - III *JetRanger* ima općenitu manju količinu toplinskog zračenja, a razlog je daleko manja snaga motora i manja potrošnja goriva. Zbog manjka konstrukcijskog rješenja prikrivanja ispušne cijevi, Bell 206B - III ima veći toplinski odraz s prednje i stražnje strane te mu je direktno izložen pogled na vrući dio ispušne cijevi (350-400°C).

Na temelju usporedbe toplinskih odraza helikoptera može se zaključiti da OH-58D *Kiowa Warrior*, premda ima općenito veći toplinski odraz, on nije toliko temperaturno intenzivan u odnosu na vidljivi dio ispušne cijevi helikoptera Bell 206. OH-58D ispuhivanjem ispušnih plinova u struju nosećeg rotora znatno smanjuje toplinski odraz, a konstrukcijskim rješenjem prikriivanja ispušne cijevi potpuno onemogućuje protivniku sposobnost da uoči vruće vidljive dijelove motora.

4.4. METODE SMANJENJA TOPLINSKOG ODRAZA

Razvojem toplinsko navođenih protuzračnih sustava razvija se veća i brža sposobnost otkrivanja cilja, motrenje te praćenje i navođenje prema cilju. Zbog razvoja protuzračnih sustava proizvođači helikoptera su prisiljeni razvijati protumjere i sustave ometanja kako bi se smanjio rizik ugroze helikoptera. Protuzračni toplinski navođeni sustavi su podijeljeni u dvije skupine:

- **IRST** (*Infrared search and track*) – infracrveni skener razvijen da otkrije, lokalizira i prati cilj
- **FLIR** (*Forward looking infrared*) – sustav koji uz pomoć termalne kamere, vizualno prikazuje infracrveno zračenje u odnosu na pozadinu. [9]

Vojni helikopteri podvrgnuti su određenim konstrukcijskim rješenjima s ciljem da se smanji potencijalno otkrivanje i ugrožavanje od strane toplinski navođenih sustava. Sustavi samozaštite na helikopteru dijele se na aktivne i pasivne. Aktivni sustavi samozaštite otežavaju postupak ciljanja i ometaju već ispaljeni projektil. Električni aktivni sustavi samozaštite rade na principu odašiljanja velike količine elektromagnetskog zračenja, u infracrvenom rasponu, s ciljem ometanja senzora za praćenje izvora zračenja. Električni sustavi samozaštite nisu dovoljno pouzdani da mogu biti samostojeći sustav, zahtijevaju veliku količinu energije i cijena ugradnje je velika. [9]

Druga vrsta aktivne samozaštite je izbacivanje infracrvenih mamaca. Mamci se sastoje od pirotehničkih mješavina baziranih na magneziju, a sposobni su nakon aktiviranja razviti

temperature veće od temperature ispušne cijevi i ispušnih plinova letjelice. Cilj mamca je navesti ispaljeni projektil na krivu putanju u odnosu na putanju letjelice. Pasivni sustavi samozaštite se sastoje od komponenti koje su već integrirane u helikopter:

1. Oblik površine trupa letjelice i premazi koji smanjuju infracrveni odraz.
2. Preinake ispušnih cijevi.
3. Zaštita i skrivanje dijelova motora i transmisije.
4. Hlađenje ispušnih plinova motora. [9]

4.4.1. Trup helikoptera

Toplinsko zračenje emitirano na određenu površinu može biti apsorbirano, reflektirano ili transmitirano kroz tijelo. Za većinu čvrstih tijela transmisija kroz tijelo je jednaka nuli. Odbljesak Zemlje od donji trup helikoptera značajno utječe na infracrveni odraz u rasponu zračenja od 8-12 μm , a zanemariv je za raspon od 3-5 μm . U slučaju ugroze od sustava zemlja-zrak, donji dio letjelice je izložen promatranju, dok za sustave zrak-zrak su stražnji i bočni dijelovi najviše izraženi promatranju. [9]

Jedan od načina za smanjenje toplinskog odraza je korištenje posebnih premaza za trup helikoptera (**RAM** – Radar Absorbent Materials) koji apsorbiraju dio infracrvenog i radarskog zračenja. Premazi za apsorbiranje zračenja su podijeljeni u dvije skupine:

1. Premazi za smanjenje radarskog odraza
2. Premazi posebno namijenjeni za smanjenje refleksije i emisivnosti u infracrvenom i ultraljubičastom spektru [9]

4.4.2. Preinaka ispušne cijevi

Ispušni plinovi motora helikoptera imaju direktan utjecaj na količinu infracrvenog zračenja. Ispušni plinovi formiraju karakteristične mlazove pod utjecajem struje zraka nosećeg rotora, meteoroloških uvjeta ili manevra u kojem se helikopter nalazi na stražnjim i bočnim dijelovima helikoptera. Količina infracrvenog zračenja uvelike ovisi o izvedbi ispušne cijevi. Na primjeru helikoptera OH-58D ispušna cijev je usmjerena prema struji zraka nosećeg rotora, što omogućava da se vrući zrak iz ispuha znatno bolje pomiješa s okolnim zrakom i tako smanji temperaturu. [9]



Slika 20. Usporedba toplinskih odraza helikoptera OH-58D prije i nakon preinake ispušne cijevi
Izvor: [9]

Slika 20. prikazuje usporedbu infracrvenog zračenja helikoptera OH-58D bez prikrivanja ispušne cijevi i usmjeravanja ispušnih plinova prema nosećem rotoru. Nakon primjene konstrukcijskih rješenja evidentno je da se infracrveni odraz uvelike smanjio.



Slika 21. Izgled ispušne cijevi helikoptera OH-58D

4.4.3. Zaštita i skrivanje dijelova motora i transmisije

Turbovratilni motori, zbog visoke izlazne snage i male mase, predstavljaju ekskluzivni tip pogona svih vojnih helikoptera. Temperaturni gradijenti koji se javljaju u svim dijelovima turbovratilnog motora (kompresor, komora izgaranja, turbina i ispušna cijev) uzrok su značajne emisije infracrvenog zračenja. Emisija infracrvenog zračenja uzrokovana je temperaturnom razlikom vrućih dijelova motor i okolnog zraka. Proces izgaranja smjese goriva i zraka konstantno zagrijava okolne površine i dijelove motora. Kao rezultat stvaranja visokih temperatura u motoru potrebno je veliku količinu vrućih plinova ispustiti izvan strukture motora kako ne bi došlo do pregrijavanja i oštećenja komponenti. Naime, vrući ispušni plinovi i vidljivi dijelovi motora povećavaju sposobnost toplinsko navođenih protuzračnih sustava da lociraju i unište metu. [9]



Slika 22. Kućište motora i ispušne cijevi helikoptera OH-58D

Slika 22. predstavlja kućište motora OH-58D *Kiowa Warrior*. Konstrukcijom kućišta potpuno su skriveni svi dijelovi motora i transmisije, što uvelike smanjuje ukupnu količinu infracrvenog zračenja. Nadalje, uz klasičnu izvedbu kućišta motor helikoptera je zaštićen i dodatno izoliran balističkim pločama koje uz klasičnu zaštitu motora od projektila dodatno poboljšava toplinsku izolaciju.

5. TAKTIČKO IZBJEGAVANJE TOPLINSKO NAVOĐENIH PROTUZRAČNIH SUSTAVA

Na temelju izmjerenog toplinskog odraza, poznatih radnji i postupaka za taktičko letenje s helikopter OH-58D moguće je definirati manevre za izbjegavanje toplinsko navođenih protuzračnih sustava.

Manevri izbjegavanja skup su temeljnih letačkih vještina koje posada helikoptera mora usvojiti s ciljem povećanja sposobnosti održanja u zračnom prostoru područja djelovanja. Manevar izbjegavanja je svaki manevar čija je početna namjera izbjegavanje svih vrsta ugroza sa zemlje ili iz zraka. Posada primjenjuje manevre u uvjetima preventivnog i izbjegavanja u slučaju neposredne ugroze. Tijekom izvođenja manevara za izbjegavanje toplinsko navođenih protuzračnih sustava radno opterećenje posade helikoptera izrazito je veliko, stoga procedure moraju biti lako shvatljive i jednostavne za provesti. Zbog raznolikosti toplinsko navođenih protuzračnih sustava i izrazito malog vremena reakcije posade helikoptera primjenjuje iste manevre za sve vrste toplinsko navođenih projektila. Prednost poznavanja i uvježbanija samo jednog postupka stvara instinktivnu reakciju na ugrozu i znatno smanjuje vrijeme reakcije posade. Ključno je da su svi helikopteri u timu upoznati s istim procedurama izbjegavanja protuzračnih sustava. Sposobnost održanja helikoptera u području djelovanja se povećava, ako su procedure za izbjegavanja tijekom planiranja zadaće detaljno razrađene. [1]

Komunikacija između helikoptera dramatično se povećava tijekom provođenja manevara za izbjegavanje te je bitno da svaki helikopter u timu unaprijed zna vlastitu, unaprijed isplaniranu proceduru za tu vrstu ugroze. Cilj detaljnog planiranja postupaka prije zadaće je smanjenje komunikacijskog opterećenja, što omogućava zapovjedniku tima veću sposobnost i lakoću daljnjeg navođenja. S ciljem povećanja održivosti u zračnom prostoru primjenjuju se sljedeće opcije:

- Prikriivanje; omogućuje helikopterskom timu izvršenje zadaće bez prekida i ugroze. Prikriivanje uključuje iskorištavanje orografije zemljišta, zaobilaženje sumnjivih

područja, korištenje nepovoljnih meteoroloških uvjeta u vlastitu korist te određene preventivne mjere razrađene na temelju podataka obavještajnih elemenata.

- Izbjegavanje; mjere poduzete za prevenciju ili prekid kontakta s protivničkim protuzračnim sustavima. Ovisno o vremenu i manevarskoj sposobnosti posada helikoptera mora provoditi prikrivanje koliko god uvjeti za to dopuštaju.
- Djelovanje; u slučaju da prikrivanje i izbjegavanje ne uspije, helikopterski tim borbeno djeluje po položajima protuzračnih sustava. Pravilno planiranje i koordinacija će omogućiti da nakon eliminiranja ugroze helikopterski tim može nastaviti s prvobitnom zadaćom [1]

Tijekom planiranja zadaće potrebno je razmotriti određene posebnosti za pojedinačne helikoptere i helikopterske timove.

- Pojedinačni helikopter:
 - Intenzitet manevra; pravilne procedure izbjegavanja unaprijed su određene i poznate, ali zbog uvjeta na posebnim zadaćama manevarska sposobnost helikoptera može biti znatno ograničena (ograničenje mase i centra težišta, ograničenje konfiguracije naoružanja te ograničenje uvjeta u području djelovanja). Posada helikoptera mora biti svjesna i upoznata s manevarskim ograničenjima.
 - Primjena protumjera; posada helikoptera primjenjuje protumjere u ovisnosti o raspoloživosti i učinkovitosti. Posada helikoptera mora biti svjesna da vrijeme aktivacije protumjera, koje nisu automatizirane, može biti dulje od leta ispaljenog toplinsko navođenog projektila.
- Helikopterski tim; ovisno o vrsti ugroze, helikopterski tim reagira na određeni način. Prioritet helikopterskog tima je izbjegavanje protuzračnih sustava, s ciljem izvršenja zadaće bez gubitaka. Sljedeći prioritet je održanje integriteta formacije kada je to

moguće kako bi se održala sposobnost međusobne potpore i zadržala svijest o situaciji u zračnom prostoru.

- Organizacija zadaće; tijekom planiranja zadaće bitno je razmotriti sposobnost osiguranja helikoptera koji se odvoji od formacije u slučaju izvanrednog događaja.
- Oprema helikoptera u timu; isti tipovi letjelice mogu biti opremljeni s različitim sustavima detekcije ugroze, što može dovesti do različitih indikacija ugroze. Tijekom planiranja, posade helikoptera moraju biti svjesne ograničenja i sposobnosti opreme helikoptera u formaciji.
- Komunikacija; sposobnost održanja u zračnom prostoru uvelike ovisi o efektivnosti razmjene informacija između helikoptera. Izrazito je važno pridržavati se ispravne i unaprijed dogovorene terminologije.
- Zapovijedanje:
 - Taktičko zapovijedanje; nakon što je ugroza prepoznata ili je započela djelovanje prema helikopterskom timu, posada koja ima najbolji vizualni kontakt s protivnikom preuzima zapovijedanje i usmjerava djelovanje prema cilju. Nakon borbenog djelovanja, prvobitni zapovjednik tima nastavlja sa zapovijedanjem.
 - Sloboda manevra; nakon uočavanja ugroze pojedinačni helikopter u timu ima slobodu primjene pravilnog manevra za izbjegavanje.
- Manevri izbjegavanja; učinkovitost izbjegavajućih manevra u formaciji helikoptera se ne razlikuje od učinkovitosti pojedinačnog helikoptera, stoga je procedura identična, ali treba uzeti u obzir druge helikoptere u zračnom prostoru i mogući rizik od sudara u zraku.

- Situacijska svijest; tijekom izvođenja svih manevara od posade helikoptera se zahtjeva održanje svijesti o mjestu prostoru, vrsti i mjestu ugroze te poziciji drugog helikoptera u timu. [1]

Tijekom provođenja taktičkog izbjegavanja protuzračnih sustava potrebno je definirati poziv ugroze, čija je svrha povećanje situacijske svijesti i jednostavnosti protoka informacija o protivniku. Stoga, posada helikoptera može javiti poziv ugroze kao istovremenu reakcija na uočenu prijetnju. Inicijalni poziv ugroze je brz, točan i jednostavan, a sastoji se od:

- Pozivni znak ugroženog helikoptera
- Manevar helikoptera
- Prijetnja

Odmah nakon izvedenog manevra, odnosno čim je prije moguće, posada predaje detaljni poziv ugroze:

- Pozivni znak ugroženog helikoptera
- Manevar helikoptera
- Prijetnja
- Pozicija prijetnje u odnosu na kompas
- Udaljenost prijetnje
- Nadmorska visina prijetnje
- Dodatne informacije o prijetnji
- Dodatne informacije o daljnjim manevrima helikoptera [1]

Terminologija koja se primjenjuje u slučaju izbjegavanja protuzračnih sustava jedinstvena je za sve NATO⁸ članice, stoga su termini na engleskom jeziku, uz objašnjenja na hrvatskom. Korištenje ispravne terminologije ključno je za međusobno razumijevanje i povećanje situacijske svijesti. [1]

Zapovijedi:

- *BREAK* – zaokret maksimalnih performansi helikoptera promjene kursa za 90°.
- *CONTINUE* – zapovijed za nastavak s trenutnim manevrom.
- *DIG* – zapovijed za manevar koji razdvaja formaciju helikoptera i prisiljava protivnika na odabir samo jednog cilja.
- *DIVE* – zapovijed za smanjenje visine leta. Najčešće se primjenjuje u kombinaciji s *BREAK* (primjer: „*BREAK RIGHT DIVE*“).
- *FLOAT* – zapovijed za povećanje razmaka između helikoptera.
- *KICK* – obrambeni zaokret u stranu moguće prijetnje
- *PINCH* – zapovijed za smanjenje razmaka između helikoptera u timu
- *RESUME* – nastavak zadnje zapovijedi

Vrste ugroze:

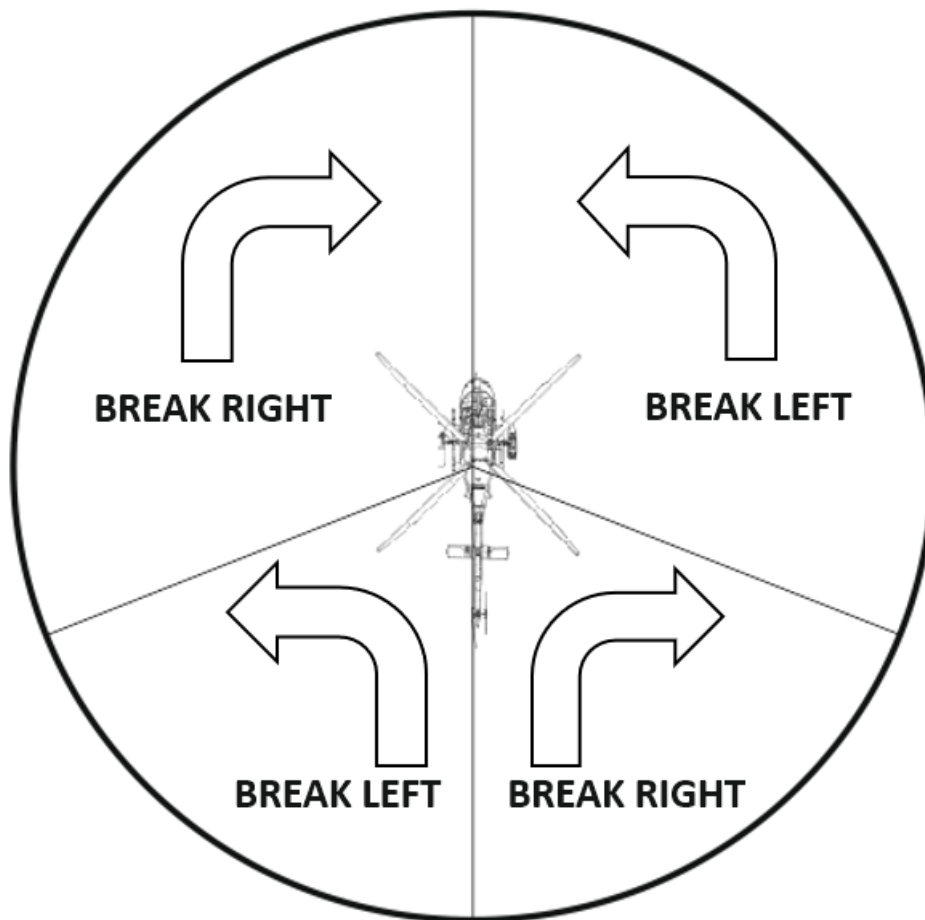
- *HOSTILE* – nepoznata prijetnja
- *MUD* – zemaljska radarska prijetnja, bez lansiranog projektila
- *SALW* – prijetnja pješačkog naoružanja
- *SPIKED* – zemaljska radarska prijetnja koja je nacišla helikopter
- *SPOTTED* – indikacija da je helikopter uočen od strane radara/postrojbi [1]

⁸ NATO - Sjevernoatlantski savez

5.1. BREAK

Osnovna reakcija na protuzračnu ugrozu je *BREAK*. Otkrivanje ugroze može biti vizualno ili pomoću sustava s kojima je opremljen helikopter. Cilj *BREAK* manevra ili zaokreta s maksimalnom raspoloživom snagom je brža promjena kursa i povećanje udaljenosti u odnosu na prijetnju. Nakon inicijalne promjene kursa od 90° helikopter nastavlja daljnji let mijenjajući kurs leta, visinu i brzinu kako bi otežao protuzračnim sustavima sposobnost ciljanja. [1]

Slika 23. prikazuje shemu zaokretu odnosu na kurs leta helikoptera. U ovisnosti iz kojeg kvadranta je ugroza posada primjenjuje točnu promjenu kursa. [1]



Slika 23. Shema *BREAK* manevra

Utjecaj visine na *BREAK*:

- Mala visina – maksimalno iskoristiti orografiju terena za prikrivanje od direktnog pogleda.
- Srednja/veća visina – što je prije moguće smanjiti visinu leta i izvršiti skrivanje od direktnog pogleda. [1]

U slučaju da je helikopter opremljen IC mamcima, odmah nakon uočavanja prijetnje aktivirati sustav samozaštite. Kombinacija manevra i IC mamaca znatno povećava sposobnost helikoptera da se održi u zračnom prostoru. [1]

Taktičko izbjegavanje dijeli se na:

- Preventivno izbjegavanje toplinsko navođenih protuzračnih sustava.
- Izbjegavanje nakon lansiranja projektila.

Preventivno izbjegavanje toplinsko navođenih sustava skup je radnji i postupaka prije i tijekom leta s kojima se smanjuje sposobnost protivničkih protuzračnih sustava da uoče i borbeno djeluju na prijateljski helikopter. Kvalitetno preventivno izbjegavanje karakterizira:

- Detaljna priprema misije.
- Kvalitetni obavještajni podatci.
- Izbjegavanje učestalosti identičnih ruta.
- Izbjegavanje letenja po učestalom vremenskom rasporedu.
- Prikrivanje tijekom leta. [1]

Izbjegavanje nakon lansiranja projektila je skup dinamičnih manevara, uz karakteristične radnje i postupke, s ciljem anuliranja potpune sposobnost projektila da dostigne i uništi zadani cilj. Karakteristike izbjegavanja nakon lansiranja projektila su:

- Zaokret maksimalnih raspoloživih performansi helikoptera
- Pravovremeni i točan poziv ugroze.
- Radnje i postupci nakon izbjegavanja projektila. [1]

Po mjestu izbjegavanja dijeli se na:

- Izbjegavanje toplinsko navođenih protuzračnih sustava po ruti.
- Izbjegavanje toplinsko navođenih protuzračnih sustava u području djelovanja. [1]

5.2. IZBJEGAVANJE TOPLINSKO NAVOĐENIH PROTUZRAČNIH SUSTAVA PO RUTI

Rutni segment borbene zadaće je let od mjesta polijetanja do dolaska u područje djelovanja. Tijekom planiranja rute potrebno je detaljno analizirati obavještajne podatke te maksimalno iskoristiti orografiju terena, vegetaciju, meteorološke uvjete i ostale ključne informacije. Redoslijed planiranja skup metodičkih i temeljitih radnji koje eliminiraju zbunjenost i razjašnjavaju svaki korak planiranog leta. Intenzivnija priprema povećava sposobnost posade helikoptera da pravovremeno, sigurno i bolje reagira na sve izvanredne situacije. Faza planiranja rutnog letenja do područja djelovanja mora uključivati poseban kadar osoblja koji će svim posadama osigurati adekvatne informacije o borbenoj zadaći i prijetnjama.

Prilikom leta helikopterskog tima po ruti obavezno izbjegavati korištenje iste rute uzastopno i letenje po istom vremenskom rasporedu jer se povećava sposobnost protivnika da predvidi putanju helikopterskog tima i postavi protuzračne sustave na ključna mjesta.



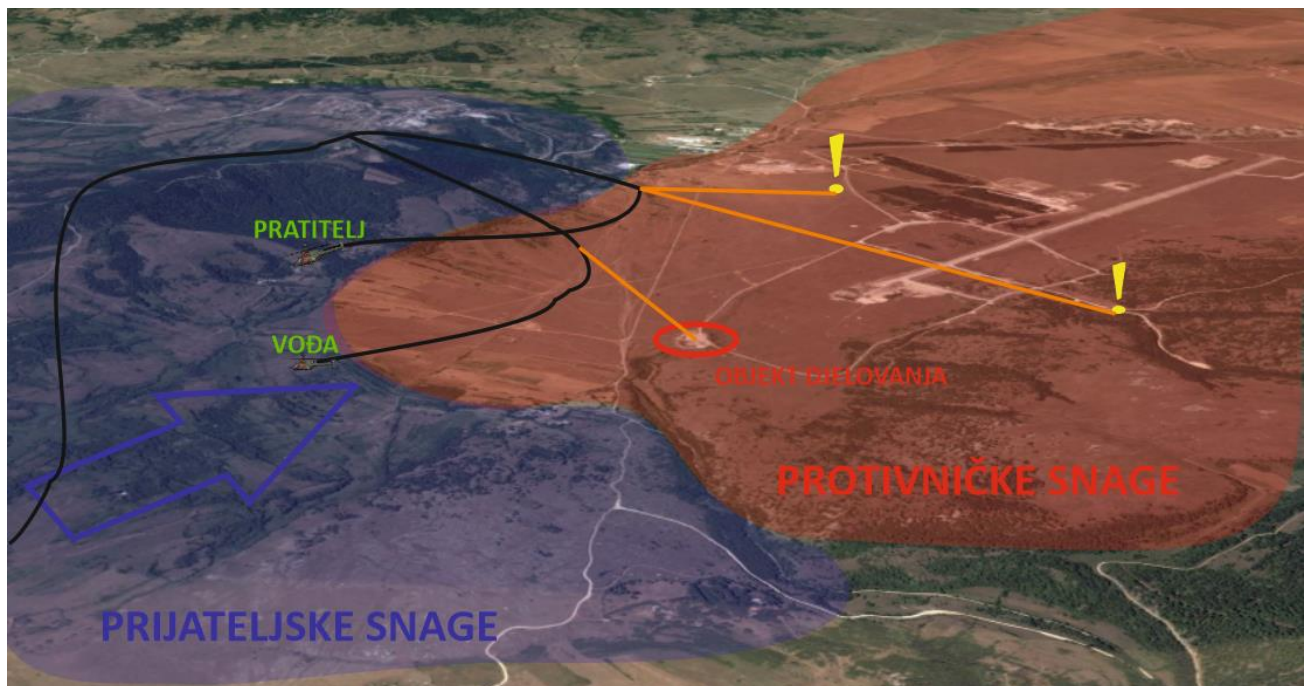
Slika 24. Primjer izbjegavanja toplinsko navođenih protuzračnih sustava po ruti

Slika 24. prikazuje primjer izbjegavanja toplinsko navođenih protuzračnih sustava na ruti. Do crte razgraničenja helikopteri tim najmanje je ugrožen te leti na maloj visini. Po prelasku crte razgraničenja povećava se razina ugroze te helikopterski tim prelazi u let uz konture terena i primjenjuje tehniku nadziranja helikopterskog tima. Žutim uskličnicima označena su sumnjiva područja (prometnice, naselja, otvorena i osvijetljena područja) koje posada helikoptera mora izbjeći. Objekt djelovanja je osiguran toplinski navođenih protuzračnim sustavima definiranog radijusa, ali na temelju ispravnih obavještajnih podataka helikopterski timovi znaju ograničenja protuzračnih sustava i područja koja slabo ili uopće ne nadziru. Prilikom dolaska na udaljenost s koje protuzračni sustavi mogu ugroziti helikopterski tim, potrebno je smanjiti visinu leta (let uz površinu Zemlje) te maksimalno iskoristiti orografiju terena i vegetaciju za prikrivanje. U ovoj fazi helikopterski tim primjenjuje tehniku vezanog nadzora sve do dolaska na mjesto s kojeg će izvršiti izviđanje ili djelovanje po objektu. Ako postoji mogućnost, ruta za povratak nakon izvršene zadaće mora se razlikovati od dolazne rute.

5.3. IZBJEGAVANJE TOPLINSKO NAVOĐENIH SUSTAVA U PODRUČJU DJELOVANJA

Izbjegavanje toplinsko navođenih protuzračnih sustava u području djelovanja, za razliku od rutnog letenja, karakterizira izrazito dinamičan tempo, brze i nepredvidive promjene te visoka razina koordinacije s vlastitim snagama. Zbog dinamike bojišta teško je predvidjeti pozicije protuzračnih sustava, naročito u urbanom području, što predstavlja veliki izazov u pripremi za zadaću. Ključni faktori letenja u području djelovanja su:

- Visok stupanj situacijske svijesti.
- Koordinacija s prijateljskim snagama.
- Održanje manevarske sposobnosti.
- Pravilna eksploatacija opreme i naoružanja.



Slika 25. Izbjegavanje toplinsko navođenih sustava u području djelovanja

Slika 25. prikazuje primjer izbjegavanja toplinsko navođenih protuzračnih sustava u području djelovanja. Na zadanom primjeru prijateljske snage označene su s plavom bojom, dok su protivničke snage označene crvenom. Na putanji kretanja prijateljskih snaga protivnik je postavio protutenkovske elemente koji su označeni kao objekt djelovanja. Cilj helikopterskog tima je uništiti zadani objekt te istovremeno izvijestiti ostale jedinice o ključnim informacijama. Helikopterski tim leti uz površinu Zemlje zajedno s vlastitim snagama, gdje po primanju zapovijedi podešavaju kurs tako da iskorištavajući orografiju terena što više smanje udaljenost do objekta djelovanja prije nego ih protivnik uoči. Žutim usklikima označena su područja toplinsko navođenih protuzračnih sustava. Po dolasku na zadanu točku s koje započinje djelovanje, helikopteri se odvajaju na tako da vođa započinje borbenu djelovanje po objektu djelovanja, dok pratitelj zadržava veću visinu u odnosu na vođu te borbenu djeluje po mogućim mjestima protuzračnih sustava. Nakon djelovanja zaokretom maksimalnih performansi tim vrši povratak u područje vlastitih snaga najkraćim mogućim putem, ako postoji mogućnost helikopter koristi IC mamce i sustave samozaštite. Nakon borbenog djelovanja posada dijeli sve uočene korisne informacije s ostalim postrojbama i po mogućnosti koordinira daljnje kretanje. U slučaju da se vrši ponovno borbenu djelovanje, helikopterski tim bi trebao odabrati novi smjer napada, jer je za pretpostaviti da su protuzračni sustavi usmjereni na zadnji poznati smjer dolaska helikoptera.

6. ZAKLJUČAK

OH-58D *Kiowa Warrior* rezultat je dugogodišnje eksploatacije izvidničko – borbenih helikoptera te zbog razvijenosti komunikacijsko – navigacijskih sustava, sposobnosti naoružanja te lakoće povezivanja s ostalim snagama predstavlja platformu koja bi povećala sposobnost integracije oružanih snaga i razvitak namjenski organiziranih snaga.

Primarni element taktičke eksploatacije helikoptera OH-58D je helikopterski tim. Operacije izviđanja i borbenog djelovanja provede se minimalno s jednim helikopterskim timom, zbog koncepta formacije vođa – pratitelj, helikopteri se međusobno osiguravaju, dijele radno opterećenje i prikupljaju informacije s bojišta.

Helikopter OH-58D turbovratilni je helikopter čiji motor razvija određenu količinu infracrvenog zračenja, što ga dovodi u kategoriju zrakoplova osjetljivih na toplinsko navođene protuzračne sustave. Mjerenjem toplinskog odraza OH-58D uočava se najveća količina zračenja na bočnim stranama helikoptera. Uspoređivanjem s helikopterom Bell 206B – III *JetRanger* uviđa se da je ukupna količina toplinskog zračenja veća, ali intenzitet zračenja manji zbog skrivanja ispušne cijevi motora i usmjeravanja ispušnih plinova u struju nosećeg rotora.

Na temelju taktičkih radnji i postupaka, toplinskog odraza i inkorporiranja helikopterskih timova s drugim snagama definiraju se postupci izbjegavanja toplinsko navođenih protuzračnih sustava. Izbjegavanje toplinsko navođenih protuzračnih sustava dijeli se na: preventivno izbjegavanje, izbjegavanje nakon uočavanja projektila te izbjegavanje po ruti letenja i izbjegavanje u području djelovanja. Temelj svakog izbjegavanja toplinsko navođenih sustava je koordinacija helikoptera u helikopterskom timu i detaljna priprema za operaciju.

Koristeći veliku raspoloživu snagu, sveobuhvatan elektrooptički senzor, napredne komunikacijsko – navigacijske sustave i veliku vatrenu moć OH-58D može izvršavati zadaće na cijelom području Republike Hrvatske danju i noću, u složenim meteorološkim uvjetima.

7. LITERATURA

1. NATO standard, ATP – 49 Use of helicopters in land operations, Edition G version 1, ožujak 2016.
2. Headquarters, Department of the Army, Attack Reconnaissance Helicopter Operations, FM 3 – 04.126, veljača 2007.
3. HQ Department of the Army, TM 1-1520-248-10, Operators manual for Army OH-58D, 2013.
4. HQ Department of the Army ,TM 1-1520-248-23-7, Aviation unit and intermediate maintenance manual, 2000.
5. HQ Department of the Army TC 3-04.44, Aircrew Training Manual OH-58D Kiowa Warrior, 2013.
6. Kang P. Lee, Ph.D, Aerogels for retrofitted increases in aircraft survivability, An Improved Approach to Reduce MANPADS Threats against Aircraft, 2011.
7. G.A. Rao, S.P. Mahulikar, Aircraft Powerplant and Plume Infrared Signature Modelling and Analysis, 2005.
8. Jack R. White, Aircraft Infrared Principles, Signatures, Threats, and Countermeasures, rujan 2012.
9. Mateusz Paszko, Infrared Signature Suppression Systems in Modern Military Helicopters, 2017.
10. Mahulikar S.P., Rao G.A., Kolhe P.S., Infrared signatures of low flying aircraft and their rear fuselage skin's emissivity optimization, 2006.
11. Thompson J, Birk AM, Cunningham M., Design of infrared signature suppressor for the Bell 205 (UH-1H) helicopters, Part I: aerothermal design", Proceedings of seventh CASI propulsion symposium, 1995.

12. Vass S., Stealth Technology Deployed in battlefield, AARMS, 2003.
13. Pan C., Zhang J., Shan Y., Effects of rotor downwash on exhaust plume flow and helicopter infrared signature, Applied Thermal Engineering 65(1–2): 135–149., 2014.

8. POPIS KRATICA

AGL – *Above Ground Level*

AHIP – *Army Helicopter Improvement Program*

CF – *Contour Flight*

FLIR – *Forward looking infrared*

FT – *Feet*

IC – *Infracrveni*

IRST – *Infrared search and track*

KIAS – *Knots Indicated Airspeed*

LLF – *Low Level Flight*

MANPAD – *Man Portable Air Defense System*

MMS – *Mast Mounted Sight*

NOE – *Nap of the Earth*

NVG – *Night Vision Goggles*

RAM – *Radar Absorbent Materials*

TIS – *Thermal Image Sensor*

TOT – *Turbine Outlet Temperature*

TQ – *Torque*

9. POPIS SLIKA

Slika 1. Dimenzije helikoptera OH-58D

Slika 2. OH-58C

Slika 3. OH-58D *Kiowa Warrior*

Slika 4. Borbeno krstarenje helikopterskog tima

Slika 5. Vizualni prikaz borbenog krstarenja lijevo – desno

Slika 6. Praktični primjer odabira moda letenja

Slika 7. Vizualni prikaz istovremenog i kontinuiranog borbenog djelovanja helikopterskog tima

Slika 8. Istovremeno borbeno djelovanje

Slika 9. Kružni napad helikopterskog tima

Slika 10. „L“ napad helikopterskih timova

Slika 11. *Cloverleaf* napad

Slika 12. Niski napad helikopterom

Slika 13. Iskakanje helikoptera

Slika 14. Visoki napad s obrušavanjem

Slika 15. Grafički prikaz toplinskog odraza OH-58D *Kiowa Warrior*

Slika 16. Bočno infracrveno zračenje helikoptera OH-58D *Kiowa Warrior*

Slika 17. Stražnje infracrveno zračenje helikoptera OH-58D *Kiowa Warrior*

Slika 18. Prednje infracrveno zračenje helikoptera OH-58D *Kiowa Warrior*

Slika 19. Grafički prikaz usporedbe toplinskog odraza OH-58D *Kiowa Warrior* i Bell 206B - III *JetRanger*

Slika 20. Usporedba toplinskih odraza helikoptera OH-58D prije i nakon preinake ispušne cijevi

Slika 21. Izgled ispušne cijevi helikoptera OH-58D

Slika 22. Kućište motora i ispušne cijevi helikoptera OH-58D

Slika 23. Shema *BREAK* manevra

Slika 24. Primjer izbjegavanja toplinsko navođenih protuzračnih sustava po ruti

Slika 25. Izbjegavanje toplinsko navođenih sustava u području djelovanja

10. POPIS TABLICA

Tablica 1. Prikaz osnovnih tehničko taktičkih – karakteristika helikoptera OH-58D

Tablica 2. Zadaće izvidničko – borbenog tima

Tablica 3. Raspon infracrvenog zračenja

Tablica 4. Usporedba ključnih tehničko – taktičkih karakteristika helikoptera