

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Športno treniranje

DIPLOMSKA NALOGA

**TEHNIKA IN TAKTIKA LETENJA Z JADRALNIM
ZMAJEM NA PRELETU IN TEKMOVANJU**

Mentor
Boris Sila dr.

Konzultant
Bojan Mlakar prof.

Avtor dela
Alan Sattler

Ljubljana 2006

IZVLEČEK

V diplomski nalogi so posebej predstavljeni pomembnejši segmenti tehnike, taktike in teorije letenja z jadralnim zmajem in njihova uporaba v praksi. V prvem poglavju je predstavljena aerodinamika, z njenimi zakonitostmi in izbira optimalne hitrosti letenja v ravnem letu in med kroženjem. V poglavju meteorologija je obravnavan tisti del vremenoslovja, ki prostim letalcem omogoča izboljšanje odločitev pri iskanju in uporabi termičnih stebrov, predvidevanje moči in pogostnosti stebrov v nadaljevanju poleta, odločanje pri izbiri trase poleta, z namenom izgubiti čim manj časa in čim bolj varno leteti. Nadalje so načini za izboljšanje fizične in specialne priprave s ciljem izboljšanja učinkovitosti letenja predstavljeni v osmem poglavju, ki obravnava telesno pripravo.

V nadaljevanju se poglavje tehnike in taktike posveča uporabi različnih vrst zavojev in uporabo sistema spremenljive geometrije med poletom, tehniki vzleta in pristanka ter natančnemu vodenju v različnih vetrovnih pogojih. Taktika posebej obravnava še letenje na tekmovanju in letenje na preletu s ciljem preleteti čim večjo razdaljo ali čim hitreje preleteti določeno tekmovalno disciplino.

Za uspešno letenje in tekmovanje je bistveno poznavanje aerodinamike, meteorologije, odlična telesna priprava in taktika letenja ter učinkovita uporaba vsega naštetega v praksi. Slednje prispeva k izbiri ustrezne hitrosti, ki preprečuje izgubo časa, oziroma zmanjšanju razdalje preleta. Z varnostnega vidika pa se tako izognemo ogrožanju lastne varnosti in predčasnemu pristanku.

Ključne besede: Jadralno zmajarstvo, tehnika letenja, taktika letenja, polara, hitrosti letenja, letenje na preletu, jadranje.

ABSTRACT

The present thesis discusses important segments of techniques, tactics and theory of hang gliding, as well as their practical use.

It includes a presentation of aerodynamics, together with its principles, and also the optimal speeds for straight flying and manoeuvring.

The Meteorology chapter examines the areas that allow gliders to make better choices when looking for and using a thermal column, anticipating strength and frequency of thermals in the flight ahead of them, choosing the flight path, so as to enable the least possible loss of time and the safest flying.

The chapter dealing with physical fitness presents ways of improving physical and special fitness with the aim of improving the effectiveness of flying.

The chapter discussing techniques and tactics presents the use of different types of turns and the use of the system of variable geometry during the flight, the techniques of taking-off and landing, and precise piloting in different wind conditions. The tactics part also examines competitive flying and cross-country flying with the aim of reaching the greatest distance or the best time in a competitive discipline.

It is essential for successful flying to have some knowledge of aerodynamics and meteorology, good physical fitness and flying tactics, as well as the knowledge of possible combinations of the enumerated factors and their use in practice.

Disregarding any of the listed factors results in making a bad choice of speed, which may then cause a loss of time or smaller distance. It also reduces the effectiveness and the average speed of flying. In some cases such ignorance may lead to a drastic decline in the score, landing out, or even dangerous flying.

Key words: Hang gliding, flying techniques, flying tactics, polar, flying speed, cross-country flying, gliding.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomskega dela se iskreno zahvaljujem življenjski sopotnici Ireni Troha, mentorju dr. Borisu Sila in konzultantu Bojanu Mlakarju, ter vsem, ki so mi stali ob strani in verjeli vame.

KAZALO

IZVLEČEK	2
ABSTRACT	3
ZAHVALA	4
KAZALO	5
KAZALO SLIK	6
KAZALO TABEL	7
1.0 UVOD	8
2.0 PREDMET IN PROBLEM DELA	9
3.0 NAMEN IN CILJI	10
4.0 METODE	11
5.0 OSNOVE AERODINAMIKE	11
5.1 SILE PRI USTALJENEM LETU V DOLOČENI SMERI	11
5.2 LET V ZAVOJU	12
5.3 VZGON	13
5.4 PROFIL KRILA, VZGON IN UPOR	14
5.5 UPOR	16
5.6 POLARA HITROSTI	17
5.7 DRŠNO ŠTEVILO	18
5.8 OBREMNITEV KRILA	19
6.0 OSNOVE METEOROLOGIJE	19
6.1 ATMOSFERA	19
6.1.1 Sestava zraka	19
6.1.2 Vertikalna porazdelitev	20
6.1.3 Načini prenosa energije	21
6.1.3.1 Sevanje	21
6.1.3.2 Kondukcija	21
6.1.3.3 Konvekcija	21
6.2 METEOROLOŠKI ELEMENTI	22
6.2.1 Vlažnost	22
6.2.2 Veter	22
6.3 METEOROLOŠKI POJAVI	22
6.3.1 Oblaki	23
6.4 STABILNOST IN NESTABILNOST V ATMOSFERI	24
6.4.1 Stabilnost	24
6.5 ADIABATNI PROCESI V ATMOSFERI	24
6.5.1 Nasičena in nenasičena adiabata	24
6.6 KONDENZACIJSKI NIVO	25
6.6.1 Kondenzacijski nivo prisilnega dviga	25
6.7 TERMIČNI VZGORNİK	26
6.8 POBOČNI VZGORNİK	28
6.9 VALOVNI VZGORNİK	30
6.10 ROTORNI VZGORNİK	31
7. 0 TEHNIKA LETENJA Z JADRALNIM ZMAJEM	32
7.1 PRIPRAVA ZMAJA IN PREGLED	32
7.2 VZLET	32
7.3 VZLET V ZAHTEVNIH RAZMERAH	32
7.3.1 Start na strmih pobočju	32
7.3.2 Start pri vetru, ki piha s strani	33
7.3.3 Vzlet v močnem vetru z asistenco	33
7.4 TEHNIKA LETENJA NARAVNOST IN V ZAVOJU	34
7.4.1 Osnovne vrste zavojev	35
7.4.2 Radij zavoja	36
7.4.3 Obremenitev krila	38
7.5 POLARA MED ZAVIJANJEM	39
7.6 JADRANJE	40
7.6.1 Jadranje v termičnem vzgorniku	41
7.6.1.1 Centriranje termičnega stebra	41
7.6.2 Jadranje v pobočnem vzgorniku	42
7.6.3 Jadranje na valovih	42

7.6.4	Jadranje v rotornem vzgorniku	43
7.7	PRISTANEK	43
7.7.1	Načela varnega pristajalnega postopka	44
8.0	TEHNIKA LETENJA NA TEKMOVANJU	46
8.1	PRIPRAVA NA TEKMOVANJE	46
8.2	PRIPRAVA ZMAJA IN OPREME	48
8.2.1	Priprava zmaja na tekmovanju	48
8.2.2	Priprava inštrumentov	48
8.2.3	Priprava vreče za letenje	48
8.3	NAČRTOVANJE LETA	48
8.4	ANALIZA STANJA IN PRILAGAJANJE NOVONASTALIM RAZMERAH	49
8.5	ISKANJE IN IZKORIŠČANJE TERMIKE	49
8.5.1	Iskanje termike takoj po vzletu	49
8.5.2	Iskanje termike nad ravnino	50
8.6	HITRO LETENJE IN MC CREADYJEVA TEORIJA	50
8.7	KONČNI DOLET	52
8.8	LETENJE V SKUPINI	53
8.9	TAKTIKA LETENJA NA TEKMOVANJU	55
8.9.1	Uporaba balasta	56
9.	TEHNIKA LETENJA NA PRELETU	56
9.1	PRIPRAVA ZMAJA IN OPREME	56
9.2	NAČRTOVANJE PRED POLETOM	57
9.2.1	Izbira poti	58
9.2.2	Poznavanje terena in predvidevanje možnih pristankov	58
9.2.3	Določitev časovne organizacije preleta	58
9.3	HITROSTI LETENJA	59
9.4	NAČRTOVANJE MED POLETOM	62
9.4.1	Prilagajanje smeri in hitrosti vetra	63
10.0	TAKTIKA LETENJA NA PRELETU	64
10.1	ISKANJE IN UPORABA TERMIKE	64
10.2	UPORABA NAJHITREJŠE POTI	65
10.3	IZBIRA NAJVARNEJŠE POTI	66

KAZALO SLIK

Slika 1:	Sile pri ustaljenem letu	12
Slika 2:	Sile, ki delujejo na zmaja v zavoju	13
Slika 3:	Najpomembnejši deli profila krila	15
Slika 4:	Razporeditev vzgona	16
Slika 5:	Klasična polara jadralnega zmaja	17
Slika 6:	Suha adiabata (levo); vlažna adiabata (desno)	25
Slika 7:	Odcepljanje balona segretega zraka kot posledica vetra in njegove manjše specifične teže	28
Slika 8:	Razvoj kumulusnega oblaka ter vertikalna gibanja zraka pod njim	28
Slika 9:	Območje vertikalnega dviganja zraka kot posledica pihanja vetra proti pobočju ..	29
Slika 10:	Jakost dviganja glede na naklon pobočja in hitrost vetra	30
Slika 11:	Vremenska situacija za nastanek valovnega vzgornika	31
Slika 12:	Spreminjanje radija zavoja, zastojne hitrosti in časa, v katerem zmaj opravi en poln krog kot posledica Različnih nagibov	38
Slika 13:	Graf odvisnosti povečevanja radija zavoja in nagiba zmaja za različne obremenitve krila	39
Slika 14:	Graf polare med zavijanjem	40
Slika 15:	Pristanek iz šolskega kroga	44
Slika 16:	Prikaz razlik zaradi letenja z različnimi taktikami med piloti A, B, C, D in E	52

Slika 17: Letenje z vetrom v prsi.....	60
Slika 18: Optimalne hitrosti letenja pri kombinacijah vertikalnih in horizontalnih gibanjih zraka.....	61
Slika 19: Potreben popravek hitrost zaradi vetra, ki piha pod različnimi koti in z različnimi jakostmi.....	62
Slika 20: Letenje v bočnem vetru	64
Slika 21: Graf verjetnosti pojavljanja termičnih stebrov glede na preleteno razdaljo.....	65

KAZALO TABEL

Tabela 1: Vrste oblakov	23
Tabela 2: Soodvisnost nagiba z ostalimi parametri v zavoju	37
Tabela 3: Primerjava pilotov pri različnih režimih letenja.....	51
Tabela 4: Višina, potrebna za 8 km dolg polet z različnimi drsnimi števili.....	53

1.0 UVOD

Človekove sanje, da bi letel kot ptica so se uresničile s poletom pionirja letenja Otta Lillenthala leta 1891, ki je poletel na napravi podobni današnjemu zmaju.

Otta lahko štejemo za prvega zmajarja saj je bila njegova konstrukcija brez motorja, upravljal pa jo je s premikom svojega težišča. Otto je svoje konstrukcije v kasnejših letih izboljševal in opravil več kot tisoč poletov. Žal pa njegove konstrukcije niso še bile zadosti zanesljive in se je tako leta zaradi sunka vetra smrtno ponesrečil.

Čeprav se je letenje z jadralnim zmajem od takrat zelo spremenilo pa je ohranilo nekatere prvinske značilnosti vse do današnjih dni.

Jadralnega zmaja še danes upravljamo s premikom težišča. Moderni zmaji so tako kot nekoč narejeni iz konstrukcije na katero je napeto platno, pilot visi z konstrukcije in ni zaščiten pred vetrom, kar mu omogoča posebno občutenje letenja, saj občuti spremembo hitrosti na lastnem telesu.

Prav ta enostavnost konstrukcije, neverjetna zapletenost učinkovitega upravljanja, in široko potrebno znanje, ki je potrebno, daje čar modernemu zmajarstvu tako, kot pred sto leti v časih pionirjev letenja.

Čeprav se pri letenju z jadralnimi zmaji v zadnjem obdobju uporabljajo najrazličnejši instrumenti pa obstajajo področja, ki jih zaznavamo z našimi čutili..Tako z vonjanjem in občutenjem spremembe toplote zraka skozi katerega letimo, lahko zaznamo termični steber. Za nagib zmaja ne uporabljamo naprav saj to lahko zelo dobro zaznamo optično, hitrost pa večino časa določamo z jakostjo obtekanja zraka skozi katerega letimo. Vse naštetu daje jadralnemu zmajarstvu poseben čar, hkrati pa je jadranje z zmajem s tem ohranilo nekatere elemente v katerih so leteli že pionirji jadralnega zmajarstva.

Jadralni zmaji moderne dobe uporabljajo najsodobnejše materiale in najsodobnejše tehnike izdelave in načrtovanja profilov krila, zmajevo krilo pa ostaja fleksibilno, kar je edinstvena lastnost v letalstvu. Na jadralnem zmaju je možno zaradi njegove konstrukcije spreminjanje geometrije krila, kar spreminja zmajeve letalne sposobnosti in s tem omogoča nešteto prilagoditev in izboljšanje letenja v najrazličnejših pogojih letenja. Prav zaradi tega

pa otežuje upravljanje, saj je za zelo učinkovito upravljanje potrebno poznati vsaj osnove aerodinamike. Za učinkovito izkoriščanje termičnih stebrov je potrebno poleg tehnike in taktike upravljanja zmaja tudi poznavanje osnov meteorologije.

Prav širina potrebnih znanj, navdušenost nad jadralnimi zmaji in poizkusi napredovanja in izboljšanja tehnike, taktike in letenja nasploh, me je vodila k izbiri teme za nalogo.

2.0 PREDMET IN PROBLEM DELA

Tehnika in taktika letenja vsebujeta množico teoretičnih in praktičnih znanj, ki vplivajo na končno učinkovitost letenja. Posamezna področja so tako zelo široka, da je vsa teoretična znanja za učinkovitejše letenje in tekmovanje skoraj nemogoče osvojiti. Poleg tega pa se v preveliki množici podatkov in njihovem medsebojnem vplivu lahko izgubimo, kar ima za posledico slabši izkoristek. Znanja je potrebno zato omejiti na najpomembnejša in tista, ki v največji meri vplivajo na končno učinkovitost.

Teoretični del vsebuje več sklopov. Prvi sklop vsebuje osnove aerodinamike in mehanike leta. Obravnava teorijo, ki je nujno potrebna za čim boljši izkoristek aerodinamičnih in mehanskih lastnosti in sposobnosti letalne naprave v praksi.

Drugi sklop je meteorologija, ki vsebuje znanja, potrebna za učinkovito iskanje in uporabo vzgonskih zračnih tokov, ki zagotavljajo predpogoj za polet in so poleg tehnike letenja osnova za uspešno jadranje. Obravnava predvsem tisti del meteorologije, ki ga prosti letalci uporabljajo za izboljšanje svojih odločitev za čas starta in med poletom za prihranek časa pri iskanju vzgonskih zračnih tokov. V tem delu so predstavljene poglobitne vremenske situacije, ki pomenijo neposredno ali posredno nevarnost za proste letalce, z namenom preprečevanja le teh.

Tretji sklop zajema tehniko letenja z jadralnim zmajem na preletu in tekmovanju. V tem sklopu bo opisana osnovna tehnika, kot tudi posebne tehnike upravljanja zmaja v različnih vremenskih razmerah in različnih vrstah vzgornika, ki so jih razvili tekmovalci posameznih disciplin jadralnega letenja s prosto letečimi zmaji, nekaj pa jih je tudi rezultat mojih osebnih tekmovalnih izkušenj.

V tem delu bo predstavljena tudi Mc Creadiyeva teorija o najustrežnejših hitrostih letenja z letalnimi napravami brez motorja, uporaba omenjene teorije v praksi in povezava z ostalimi dejavniki, ki vplivajo na izbiro hitrosti letenja. Predstavljene bodo posamezne tekmovalne discipline in tehnika letenja pri vsaki od njih. Predstavljena bo tudi tehnika letenja na preletu kot posebna disciplina jadralnega letenja pri kateri šteje razdalja in ima zato svoje posebnosti.

Zadnji sklop obravnava taktične rešitve pri letenju na preletu in tekmovanju, primerjavo taktike tekmovalnega letenja in taktike letenja na prostem preletu pa tudi taktiko letenja po posameznih tekmovalnih disciplinah. Obravnava najhitrejše in najučinkovitejše pridobivanje višine, taktiko letenja z različnimi hitrostmi, taktiko letenja v skupini, taktiko letenja pri različnih smereh vetra, določanje najučinkoviteje izbire poteka poleta s ciljem čim hitreje, s čim manj kilometri in časa, priti na določeno točko in pri tem s čim večjo verjetnostjo polet tudi dokončati.

Za učinkovitejše letenje je potrebno izbirati in poznati tiste dele posameznih znanosti, ki ključno pripomorejo k izboljšanju letenja. Poseben poudarek je na količini in raznovrstnosti znanj, ki pripomorejo k učinkovitejšemu letenju. Množico informacij ki jih zbiramo pred in med poletom, uporabimo za izboljšanje naših odločitev. Vse te zbrane informacije, njihova soodvisnost in uporaba v praksi omogoča prihranek časa med poletom, s čemer pa se izboljša tudi končni rezultat.

3.0 NAMEN IN CILJI

V nalogi predstavljam jadralno zmajarstvo kot športno disciplino, pri kateri je za uspešnost potrebno poleg telesne priprave, tehnike in taktike letenja, tudi poglobljeno poznavanje nekaterih delov meteorologije, aerodinamike in še veliko drugih teoretičnih znanj, ki omogočajo uspešno in varno letenje in tekmovanje.

Posebno pozornost želim posvetiti poznavanju tistega dela teorije, ki omogoča izbiro idealne hitrosti upravljanja z majo med celotnim trajanjem poleta in s tem učinkovitejše letenje in tekmovanje. Predstaviti želim tudi nekatere nove tehnične in taktične značilnosti športne panoge, ki predvsem z razvojem le-te pridobivajo na pomenu.

Cilj proučevanja je zaobjeti vse glavne značilnosti tehnike in taktike letenja z jadralnim zmajem na preletu in tekmovanju, ter omogočiti njihovo uporabo v praksi. Podobna dela namreč običajno obravnavajo samo tehniko ali taktiko letenja, včasih celo oboje, vendar pa ne podajajo povezave in učinkovite uporabe v praksi.

4.0 METODE

Pri izdelavi naloge so bile uporabljene metode teoretičnega raziskovanja. Podatki in informacije so bili črpani in obdelani iz že zbrane literature, osebnih izkušenj in prirejeni potrebam naloge. Pri obravnavi sem si pomagal z metodami analize, sinteze, primerjave in opisovanja.

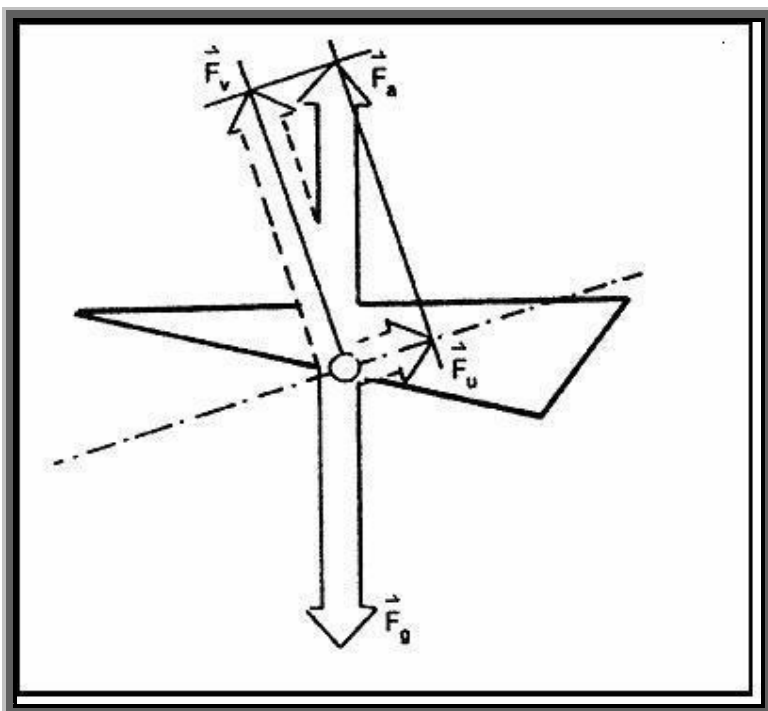
5.0 OSNOVE AERODINAMIKE

5.1 SILE PRI USTALJENEM LETU V DOLOČENI SMERI

Zaradi Zemljine privlačnosti, ki vleče vsa telesa z maso proti središču (smer privlačnosti), se pri zmajevem letu vzpostavi sila F_g , ki ima smer vertikalno navzdol. Velikost te sile je seštevek zmajarjeve teže, zmaja in opreme. Nasproti sili teže deluje tako imenovana zračna sila, ki je rezultanta aerodinamičnih sil – sile vzgona in upora. Sila vzgona deluje na zmaja v smeri naprej in navzgor, njena smer je pravokotna na smer, v kateri delci zraka (relativni zračni tok) dotekajo na krilo zmaja. Sila upora (F_u) deluje v smeri zračnega toka in zavira zmaja. Vektorska vsota sil F_g , F_v in F_u je enaka nič. Upor in vzgon sta ozko povezana z vpadnim kotom (α), ki je kot med smerjo zračnega toka in tetivo profila krila.

Zato da zmaj lahko leti, mora žrtvovati potencialno energijo, ki se spremeni v kinetično oz. v gibanje. Silo teže lahko razstavimo na F_1 in F_2 , vzporedni vzgonu in uporu. Pri ustaljenem letu sila 2 nevtralizira silo upora F_u , isto pa velja tudi za par sil F_2 in F_v (Vanič, 1991).

Slika 1: Sile pri ustaljenem letu



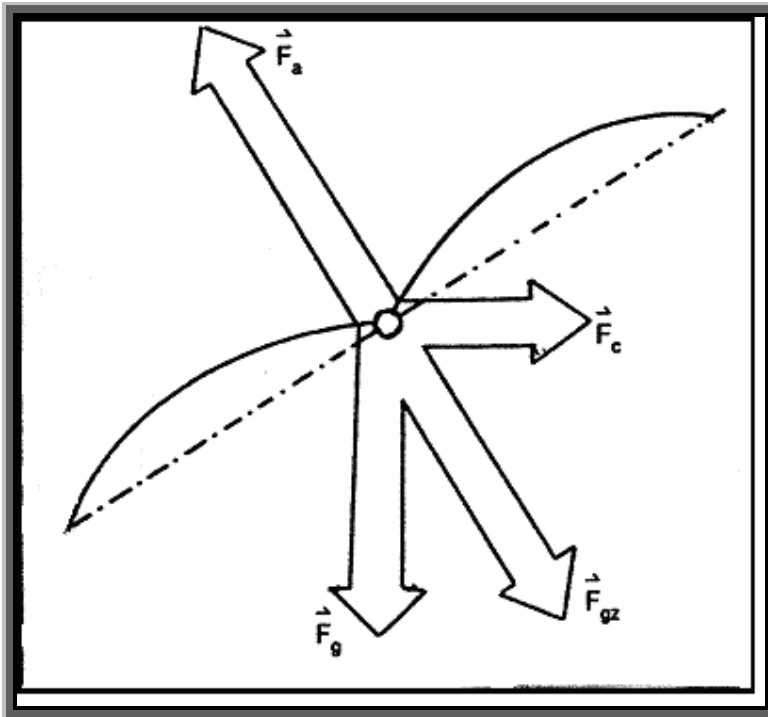
Vir: Vanič, 1991

5.2 LET V ZAVOJU

Letenje v zavoju z zmajem omogoča zelo majhen polmer zavoja. Za ustaljen zavoj morajo biti usklajeni nagib, polmer zavoja, hitrost in teža (brez faze uvajanja v zavoj in izravnavanja iz zavoja). Hitrost, polmer in teža delujejo skupno proč od središča zavoja, kot centrifugalna sila (F_c).

Centrifugalna sila in teža (F_g) rezultirata pravokotno na prečno os delujočo težo v zavoju (F_{gz}). Teža v zavoju je kompenzirana z rezultanto aerodinamičnih sil (F_a). Sila teže v zavoju je večja od sile teže pri premočrtnem letu, zato je rezultanta sil F_a večja kot pri letu naravnost, povečana pa je zaradi večje hitrosti, obenem pa pomeni tudi povečanje upora in vzgona. Povečanje upora pa pomeni tudi večjo izgubo energije oz. višine kot pri letu naravnost (Vanič, 1991).

Slika 2: Sile, ki delujejo na zmaja v zavoju



Vir: Vanič, 1991

5.3 VZGON

Osnovni pogoj za nastanek vzgona je, da na krilo doteka zračni tok. Delci zraka in zmaj se premikata drug proti drugemu in drug mimo drugega. Vseeno je ali se premika zmaj ali zrak. Pomembno je le, da delci zraka drsijo od sprednjega proti zadnjemu delu zmajevega krila in to dovolj hitro. Za letenje z zmajem je pomembna lastna hitrost zmaya. To hitrost imenujemo letalna hitrost, ki je hitrost zmaya glede na okoliški zrak. Pri lastni hitrosti zmaya poznamo še zastojno hitrost, ki je hitrost, pri kateri preneha teči zračni tok tesno okoli krila in se od njega odtrga. Posledica je izguba vzgona (zmaj ne leti več).

Pomembna je tudi vzletna hitrost, ki je hitrost, pri kateri se zmaj odlepi od tal. To je hitrost, pri kateri sila vzgona postane večja od sile teže zmajarja in opreme. Poznamo še največjo dovoljeno hitrost, ki je hitrost, ki je ne smemo prekoračiti in je predpisana od proizvajalca. Omeniti je potrebno še hitrost glede na zemljo (ground speed), ki pa za aerodinamiko nima nobenega pomena, pomembna pa je pri vzletu in pristanku (hrbtini ali bočni veter) (Vanič, 1991).

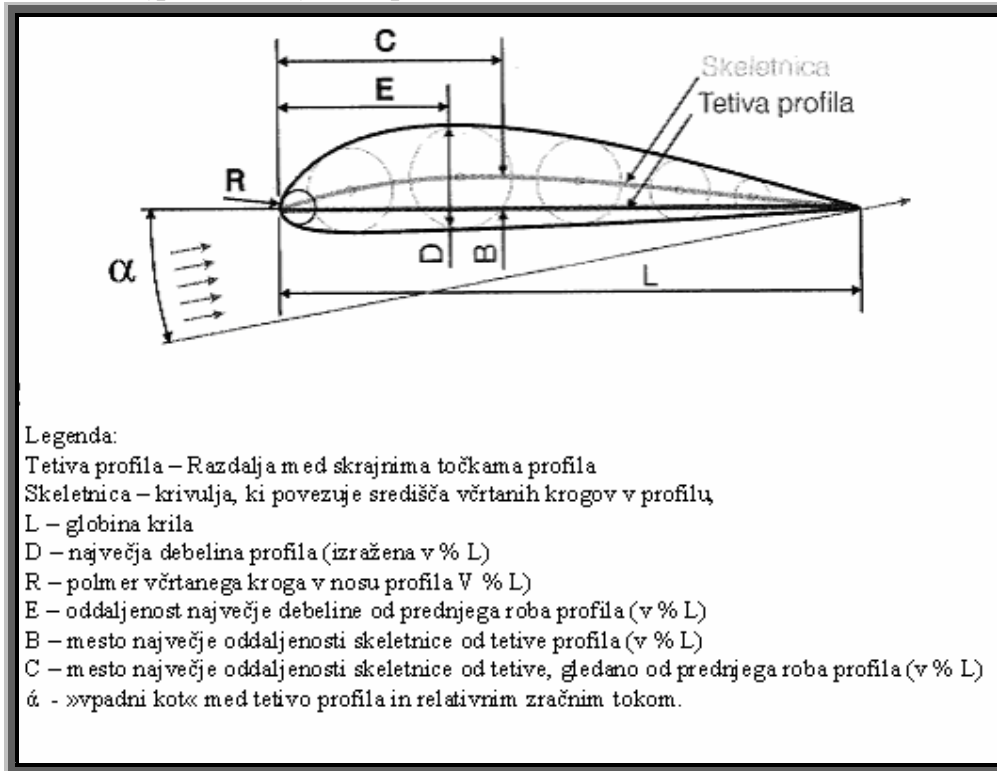
5.4 PROFIL KRILA, VZGON IN UPOR

Osnovne aerodinamične lastnosti profila krila so: vzgon, upor in moment. Te lastnosti se spreminjajo z vpadnim kotom. To je kot med tetivo profila in relativnim zračnim tokom.

V osnovi profile krila delimo na simetrične in nesimetrične. Vzgonski količniki simetričnih profilov niso veliki, zato v praksi na nosilnih površinah raje uporabljamo nesimetrične profile. Pri simetričnih profilih tetiva profila in skeletnica sovpadata, nesimetrični profil pa dobimo, če skeletnico ukrivimo, ker tako podaljšamo zgornjo konturo profila in povečamo hitrost obtekanja zraka (glej sliko št. 3) (Glušič et.al., 2003).

Zračni tok, ki naleti na simetrični profil, se na začetku razdeli, na koncu pa zopet spoji. Kadar simetričnemu profilu dodamo vpadni kot, morajo delci zraka na zgornji strani opraviti večjo pot kot na spodnji, rezultat je podtlak na zgornji strani krila in nadtak na spodnji strani, to pa zato, ker so zračni delci na zgornji strani bolj razmaknjeni med seboj kot spodaj. Pri asimetričnem profilu je na drugi strani daljša zgornja pot že »vgrajena«. Podtlak in nadtak skupaj tvorita vzgon. Pri vzgonu je podtlak udeležen s približno dvema tretjinama, nadtak pa približno z eno tretjino vzgona.

Slika 3: Najpomembnejši deli profila krila



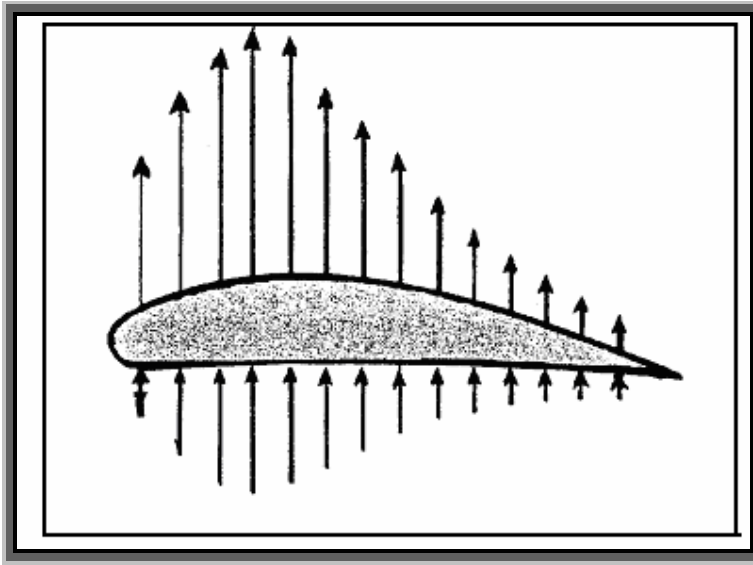
Vir: Glušič et al., 2003

Vzgon je odvisen od:

- lastne hitrosti zmaja (v);
- projecirane površine jadra (S);
- gostote zraka (ρ);
- velikosti vzgona C_v (odvisen od profila krila, oblike krila, vpadnega kota).

Formula za vzgon je $F_v = C_v \times \rho/2 \times v \times v \times S$. Iz formule lahko razberemo, da je povečevanje vzgona linearno s povečevanjem površine krila. Vzgon je najbolj izražen na srednji tretjini profila krila.

Slika 4: Razporeditev vzgona



Vir: Vanič, 1991

5.5 UPOR

Upor zavira zmaja pri letenju in zmanjšuje njegove letalne sposobnosti, zato ga pri novih konstrukcijah poskušajo čim bolj zmanjšati.

V osnovi ločimo tri vrste upora:

- oblikovni upor

Povzročajo ga povzročajo deli letalne naprave, ki dajejo vzgon. Ta upor narašča linearno s povečanjem vpadnega kota;

- obrobni upor

Tako imenovani inducirani upor nastane na koncih kril zaradi težnje po izravnavi razlike v pritisku med zgornjo in spodnjo stranjo krila. Velika vitkost krila torej povečuje srednji del krila, ki »proizvaja vzgon« in na ta način zmanjšuje obrobni upor.

- ostankovni upor

Povzročajo ga deli, ki ne proizvajajo vzgona. Ti deli so:

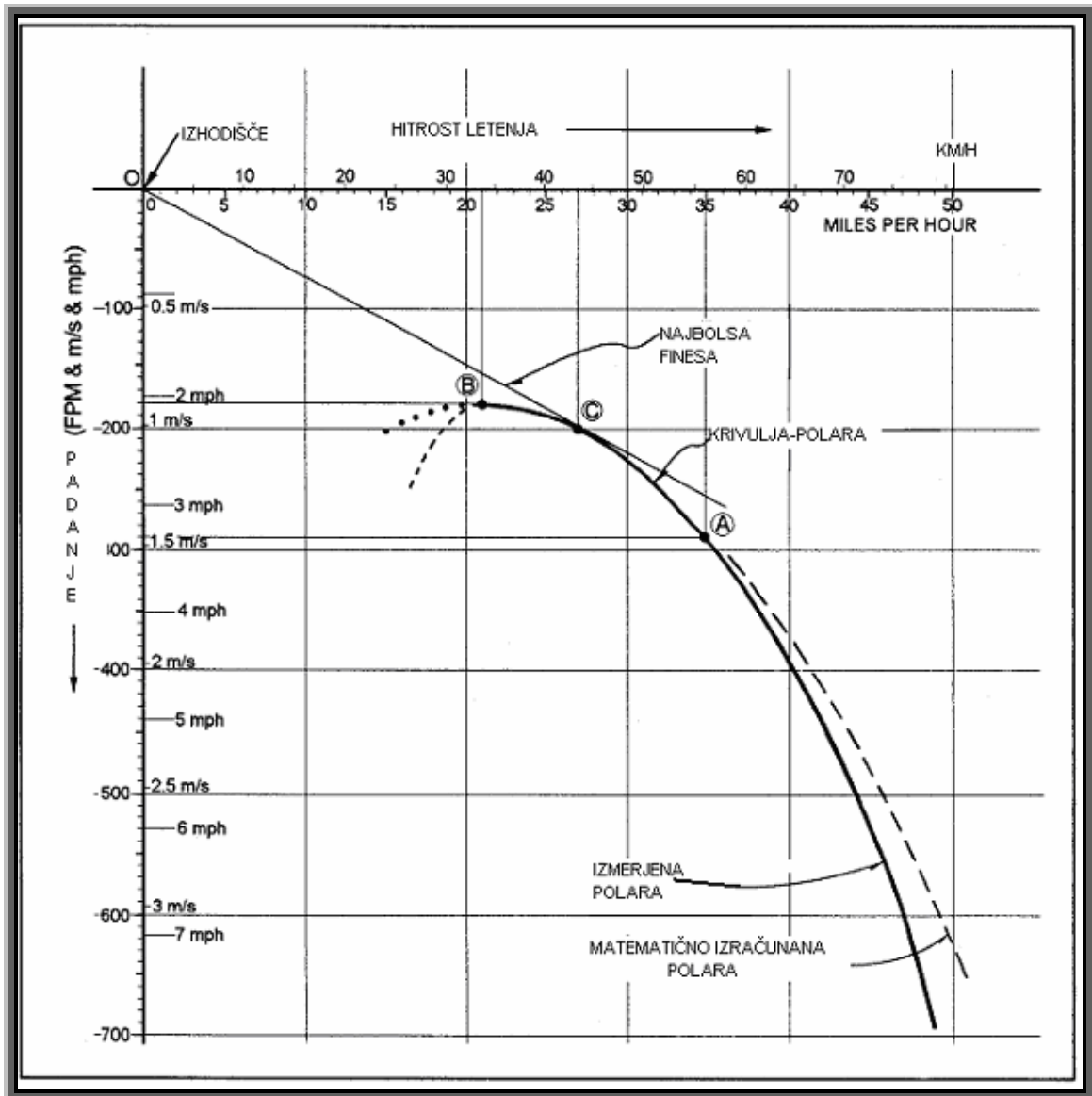
- zmajarjevo telo in obleka;
- jeklenice in vezi;
- cevi.

To vrsto upora lahko zmanjšamo tako, da vse te dele izdelamo čim bolj aerodinamične.

5.6 POLARA HITROSTI

Pri aerodinamičnem izračunu letalne naprave dobimo zvezo med vzgonskim količnikom in količnikom upora, tj. največji vzgonski količnik krila. Iz enačb za drsni let lahko za vsako hitrost (v) letalne naprave, določimo hitrost padanja (w). Diagram, v katerem prikažemo odvisnost padanja (w) od hitrosti letenja (v), imenujemo hitrostna polara (Brezar, Čerin, Dermota, Ferlan, Gregl, Kočevar, Kranjc, Keršič, Moškon, Pesjak, in Rojnik, 1986).

Slika 5: Klasična polara jadralnega zrnaja



Vir: Pagen, 1993

S pomočjo polare lahko odčitamo katerokoli drsno število letalne naprave za katerokoli hitrost letenja. Za nas je najbolj zanimivo največje drsno število letalne naprave, oziroma hitrost, pri kateri je razmerje med hitrostjo letenja in hitrostjo padanja največje. (točka B, slika 5)

$$E_{\max} = (V/W)_{\max}$$

Grafično to vrednost dobimo tako, da iz koordinatnega izhodišča potegnemo tangento na krivuljo – polaro. Iz polare oziroma iz formul za izračun hitrosti letalne naprave in njenega padanja lahko ugotovimo, da sta odvisni od teže letalne naprave oz. obtežitve krila ($m \times g / A$).

Zaključimo lahko, da se največje drsno število letalne naprave ne bo spremenilo, če povečamo njeno težo, spremenili pa se bosta njena hitrost padanja in hitrost letenja. Torej, čim večja je teža letalne naprave, tem večja je hitrost, pri kateri ima letalna naprava največje drsno število (Brezar et al., 1986).

Pri tem velja omeniti, da obstaja poseben primer, ko ima zmaj večje drsno število od izračunanega števila oziroma dobljenega iz zmajeve polare. To se zgodi ko zmaj leti zelo blizu tal, pojav pa imenujemo talni efekt. Do njega pride zaradi zmanjšanja inducirane uporabe oziroma zmanjšanja vrtinca, ki se pojavlja na vsakem skrajnem koncu krila in poteka od spodnje strani krila proti zgornji in povečuje upor letalne naprave. Razlog tega toka je razlika v tlaku med zgornjo in spodnjo površino krila. Zaradi zmanjšanja tega vrtinca in zaradi stiskanja zraka med krilom in tlemi pri majhnih višinah je naša finesa večja od fineše v ravnem letu na večjih višinah. Talni efekt se pojavi približno razpetino krila daleč od tal, kjer je največji.

5.7 DRSNO ŠTEVILO

Drsno število ali finesa zmaja je število, ki nam pove, kolikšno razdaljo bo pri optimalni hitrosti preletel zmaj iz določene višine. Spreminja se s spreminjanjem hitrosti. Bolj hitro kot letimo, manjše je naše drsno število kot rezultat povečanja upora, kajti upor narašča hitreje kot vzgon in sicer s kvadratom hitrosti.

Hitrost, pri kateri ima zmaj najboljšo fineso odčitamo tako, da na polari, ki je graf odvisnosti hitrost padanja od hitrosti letenja, poiščemo najboljše razmerje med hitrostjo letenja in hitrostjo padanja, oziroma iz koordinatnega začetka narišemo tangento na krivuljo in odčitamo hitrost v točki kjer se tangenta in krivulja stikata (glej slika številka 5).

5.8 OBREMENITEV KRILA

Povečevanje skupne teže zmaja in pilota ima za posledico povečano obremenitev krila. Posledica povečane obremenitve krila pa je povečanje hitrosti letenja. Hitrost letalne naprave se poveča, po njenem celotnem razponu hitrosti, kar pomeni, da je naša minimalna hitrost zaradi povečanja teže večja. Večja je tudi hitrost, pri kateri ima zmaj najboljše drsno razmerje in večja je hitrost pri kateri ima zmaj najmanjše padanje.

V zavoju se poveča nagib zavoja zaradi povečane najmanjše hitrosti letenja in zaradi tega se poveča tudi najmanjši možen radij zavoja. Zaradi specifičnosti upravljanja zmaja (upravljanje s spremembo težišča) je upravljanje boljše, če je obremenitev krila večja.

6.0 OSNOVE METEOROLOGIJE

6.1 ATMOSFERA

Atmosfera je plinasti ovoj, ki obdaja naš planet. Zrak je mešanica plinov, ki kemično reagirajo med seboj. Do nekaj kilometrov nad površjem je dokaj stalne sestave, razen vodne pare, katere vsebnost se precej spreminja.

6.1.1 Sestava zraka

Suh zrak ima naslednjo sestavo:

- 78 volumenskih enot dušika;
- 21 volumenskih enot kisika;
- skoraj eno volumensko enoto argona;

- 0.03 volumenske enote ogljikovega dioksida;
- Prisotne so tudi neznatne količine drugih plinov (neona, ksenona, kripton, ozona, radona ...).

Vlažen zrak je mešanica suhega zraka in vodne pare, katere je lahko do štiri odstotke. Poleg stalnih sestavin zraka pa v njem najdemo tudi nestalne, kot so: prašni delci, razni plini, ki imajo na življenjske razmere relativno velik vpliv, vplivajo pa tudi na nekatere vremenske pojave (Vanič, 1991).

6.1.2 Vertikalna porazdelitev

Atmosfera predstavlja glede na velikost Zemlje zelo tanek plinast ovoj, ki ima nekatere značilne plasti. Večji del zračne mase celotne atmosfere je v troposferi, ki sega od tal pa do višine 6 do 8 km nad poloma in 16 do 18 km nad ekvatorjem. V tej plasti se nahaja praktično vsa voda, ki je prisotna v atmosferi, in le v njej se tvorijo oblaki in nastajajo padavine. V tej plasti se zrak močno meša, tako v horizontalni, kot tudi v vertikalni smeri. Temperatura v troposferi z višino pada. (Vanič, 1991).

To plast natančneje delimo še v:

- prizemno plast zraka

Ta plast je debela nekaj deset metrov. Zanj je značilno, da se zaradi močno izraženega toplotnega vpliva površine zemlje in prisotnosti živega sveta, močno spreminjajo vrednosti meteoroloških elementov: temperatura, vlaga in količina ogljikovega dioksida.

- spiralno plast (plast trenja)

To je plast, ki sega do višine 1 km, do vrha katere se čuti vpliv trenja zemeljske površine na gibanje zračnih mas.

- plast proste atmosfere.

Ta plast sega do vrha troposfere, v njej pa pihajo gradientni in geostrofski vetrovi.

Tropopavza je mejna plast nad troposfero in je debela 3 km. Je zelo stabilna, s konstantno temperaturo med – 50 in – 60 stopinjami Celzija, kar zavre vse vertikalne tokove. Nad tropopavzo se nahajajo še naslednje plasti: stratosfera, mezosfera in termosfera do višine približno 800 km (Vanič, 1991).

6.1.3 Načini prenosa energije

V sistemu vesolje – atmosfera – Zemlja so najpomembnejši načini prenosa energije sevanje, kondukcija in konvekcija.

6.1.3.1 Sevanje

Skoraj vso energijo dobi Zemlja od sonca s sevanjem. Čeprav dobi le neznamen del te energije, pa le ta zadostuje za delovanje mnogih procesov in ohranitev življenja na njej. Na zgornji meji atmosfere je jakost sevanja, ki prihaja od Sonca, približno $j = 1350 \text{ w/m}^2$. To vrednost imenujemo solarna konstanta.

Sevanje je način prenosa energije z elektromagnetnim valovanjem. Pri tem ločimo kratkovalovno sevanje, ki ga oddaja Sonce, in dolgovalovno sevanje, ki ga oddajata Zemlja in atmosfera, ki sevata pri nižjih temperaturah. Telesa (atmosfera, oblaki, Zemlja) sevalno energijo delno odbijajo, delno vpijajo in delno prepuščajo. Prav tako kot telesa energijo absorbirajo, jo tudi sama sevajo. Črna telesa so tista, ki vso energijo upadlega sevanja absorbirajo in so hkrati tudi najboljši sevalci (Glušič, Bon, Marinčič, Klokočovnik, Repovž, Jazbec, Kunaver, Žuna, Lajevec, 2003).

6.1.3.2 Kondukcija

Kondukcija je način prenosa energije v snovi. Kondukcijo lahko v višjih slojih zanemarimo, saj je v primerjavi s sevanjem in konvekcijo zanemarljiva, pomembna pa je v nižjih plasteh, saj tla segrevajo plast zraka, ki je v stiku s tlemi. V splošnem lahko rečemo, da je kondukcija segrevanje hladnejšega telesa, ki je v stiku s toplejšim (Glušič et al., 2003).

6.1.3.3 Konvekcija

Konvekcija pomeni v naravi prenos energije, pa tudi ostalih primesi v prostoru (vodna para, kristalčki soli, cvetni prah ...). Prenos toplote s konvekcijo je v naravi zelo pomemben. Ločimo termično in prisilno konvekcijo. Termična konvekcija je posledica razlik v gostoti zraka, ki se pojavlja kot rezultat različnih temperatur v zraku. Zrak nad

toplimi območji se segreva in zato dviga. Prisilna konvekcija je posledica mehaničnih sil (Glušič et al.,2003).

6.2 METEOROLOŠKI ELEMENTI

6.2.1 Vlažnost

V atmosferi se voda nahaja v obliki vodne pare, ledenih kristalčkov in vodnih kapljic. Vse vode v atmosferi je le okoli 4 odstotke, je pa zelo pomembna za nekatere procese v atmosferi. Če se zrak, ki je nasičen z vodno paro ohlaja, se njegova sposobnost sprejemanja vodne pare zmanjšuje. Pri neki temperaturi, bo pri nespremenjeni absolutni vlagi zraka dosežena maksimalna vlaga. Pri nadaljnjem ohlajanju se bo začela iz zraka izločati vodna para v obliki megle ali rose (Vanjič, 1991). Temperaturo, pri kateri se vodna para pretvarja v roso, imenujemo rosišče. Ko se začne zrak ogrevati, je proces seveda obrnjen. Najprej izgineta megla in rosa, pri nadaljnjem ogrevanju pa se sprejemnost zraka za vodno paro veča (Vanjič, 1991).

6.2.2 Veter

Gibanje zraka povzročajo razlike v zračnem pritisku. Te nastanejo zaradi neenakomernega ogrevanja zemeljske površine in s tem različne temperature zraka. Zračna gibanja delimo na vertikalna, horizontalna in poševna. Gibanje zraka v horizontalni smeri imenujemo veter. Veter je vektorska količina, podajamo ga s smerjo in hitrostjo. Smer določimo po smeri, iz katere veter piha, ali po azimutu.

Poznamo več vrst vetrov in se ločijo po velikosti območja na katerem se nahajajo:

- lokalni vetrovi (pobočni veter, dolinski veter),
- vetrovi, ki nastanejo kot posledica pojavljanja termičnih stebrov;
- Vetrovi, ki pihajo na širšem območju (morski veter, burja, fen, košava)

6.3 METEOROLOŠKI POJAVI

Med meteorološke pojave štejemo oblake, padavine, vidnost.

6.3.1 Oblaki

Oblaki so sestavljeni iz vodnih delcev v trdi, tekoči ali plinasti obliki, pomešani s prašnimi delci iz ozračja. Oblake delimo po mednarodni klasifikaciji v deset rodov (glej tabelo številka 1).

Tabela 1: Vrste oblakov

Oznaka	Naziv oblakov	Višina (km)
Ci	cirus – cirus	6 – 11
Cc	cirokumulus	6 – 11
Cs	cirostratus	6 – 11
Ac	altokumulus	2 – 6
As	altostratus	2 – 6
Ns	nimbostratus	0,5 – 6
Sc	stratokumulus	0,5 – 3
St	stratus	od tal (0) – 2
Cu	kumulus	0,4 – 3
Cb	kumulonimbus	0,4 – 12

Pri jadralnem letenju moramo boljše poznati predvsem altokumuluse katerih ena od pojavnih oblik je tudi lečasti oblak, ki nam razkriva valove v atmosferi, podrobneje pa moramo poznati kumuluse, pod katerimi najdemo termične stebre. Prepoznati moramo nastajanje in razpadanje, kar je ključno za učinkovito izkoriščanje termike. Zelo dobrodošlo je tudi poznavanje kumulonimbusov. To so nevihtni oblaki in se jih moramo izogibati zaradi varnosti.

6.4 STABILNOST IN NESTABILNOST V ATMOSFERI

6.4.1 Stabilnost

Delček zraka, ki nima enake temperature kot okoliški zrak, nanj deluje sila vzgona zaradi različnih gostot oziroma temperatur. Če je delček zraka toplejši od okolice, se bo dvigal, če pa je hladnejši, deluje sila vzgona navzdol in delček zraka se spušča. Ta ugotovitev velja le za popolnoma suh zrak, za vlažen zrak pa moramo upoštevati t. i. virtualno temperaturo, ki upošteva, da je gostota vlažnega zraka manjša od suhega.

6.5 ADIABATNI PROCESI V ATMOSFERI

Adiabatne spremembe delčka zraka so tiste, ki nastanejo brez dovajanja ali odvajanja toplote. Ob dviganju ali spuščanju zraka nastanejo v njem temperaturne spremembe, ki so skoraj neodvisne od lastnosti okoliškega zraka. Pri tem se opravlja delo proti zunanjemu zračnemu tlaku, za kar je potrebna energija, ki jo mora delček zraka vzeti iz svojih zalog (Glušič et.al., 2003). Velja, da se delček zraka pri dviganju širi in ohlaja, pri spuščanju pa krči in ogreva (Glušič et.al., 2003).

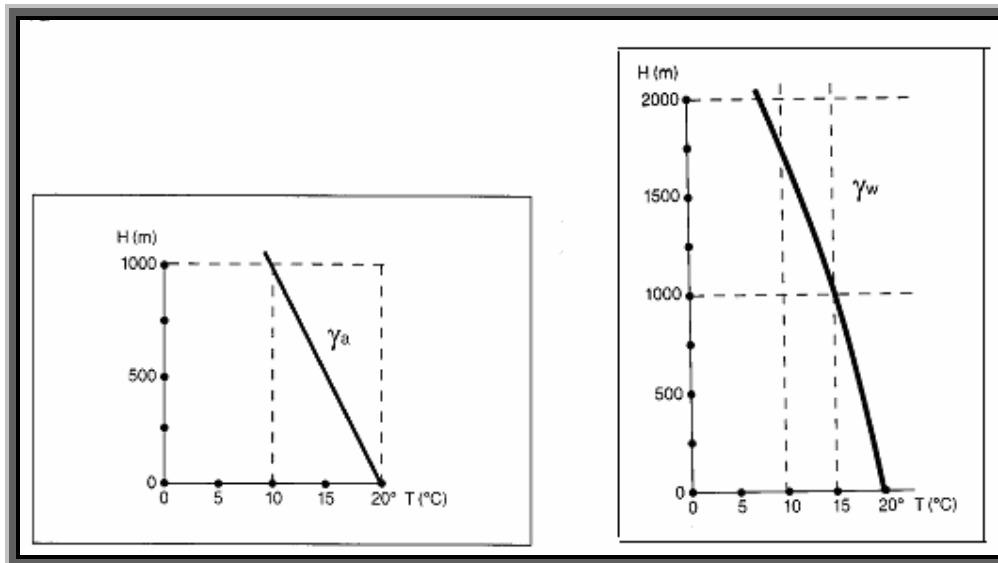
6.5.1 Nasičena in nenasičena adiabata

Nenasičeni zrak se z višino ohlaja vedno enako. Na vsak km se ohladi za 10 stopinj Celzija. To vrednost lahko izračunamo z uporabo 1. stavka termodinamike, enačbe stanja idealnega plina in hidrostatične enačbe. $\gamma_a = dT/dz = 10 \text{ K/km}$ (nenasičena ali suha adiabata).

Pri vseh teh prehodih se sprošča (pri ohlajanju) ali porablja (pri segrevanju) latentna toplota. Te spremembe so adiabatne. Z dvigom delčka nasičenega zraka se zaradi ohlajanja pojavi kondenzacija, pri čemer se latentna toplota sprošča. Zaradi tega se nasičeni zrak ohladi znatno manj kot suhi, pri spuščanju pa se tak zrak zaradi porabljanja latentne toplote segreva manj kot suhi zrak. Nasičeni zrak se v spodnjih plasteh atmosfere ohlaja približno enkrat počasneje kot suhi, v višjih plasteh pa se pri nižjih temperaturah vrednost nasičene adiabate začne zaradi majhne vsebnosti vode, ki je vir latentne toplote, bližati vrednosti

suhe adiabate. Velja torej približno : $\gamma_w = 5 \text{ K/km}$ (v nižjih plasteh pri večjih temperaturah)

Slika 6: Suha adiabata (levo); vlažna adiabata (desno)



Vir: Pagen, 1993

6.6 KONDENZACIJSKI NIVO

Vzorec zraka se dviga tako, da se mu temperatura znižuje po suhi adiabati, se razpenja in ohlaja. Ko se ohladi pod rosišče, prične vodna para kondenzirati. Delci se začnejo vodne kapljice in oblak. Višino, kjer se ta proces prične, imenujemo kondenzacijski nivo. Odvisen je predvsem od vlažnosti zraka v prizemni plasti (Vanič, 1991).

6.6.1 Kondenzacijski nivo prisilnega dviga

Zračna masa lahko na svoji poti naleti na oviro. V primeru, da je ne more obiti, se začne zaradi dotekanja vedno novega zraka dvigati čez njo (Vanič, 1991). Med potjo navzgor ob pobočju se zrak adiabatno ohlaja. Od začetne temperature pri tleh se zrak najprej ohladi do rosišča in vodna para se začne kondenzirati. Od tod navzgor se zrak prisilno dviga in ohlaja po nasičeni adiabati. Zaradi nadaljnje kondenzacije nastajajo vodne kapljice in ledeni kristalčki, ki jih lahko vidimo kot plastovit oblak. Če je zračna masa manj vlažna ali ovira ni dovolj velika, do tvorbe ne pride (Vanič, 1991). Do podobnega pojava pride tudi pri

prisilnem dvigu toplega zraka nad hladnega ob topli fronti in pri orografskih ali termičnih valovih (Vanič, 1991).

6.6.2 Kondenzacijski nivo proste konvekcije

Z ogrevanjem zemeljske površine in s tem ogrevanjem prizemne plasti zraka, nastopi vertikalno mešanje zraka, konvekcijski tokovi, ki jim letalci pravimo termične konvekcije (Vanič, 1991). V prizemni plasti se vzpostavi vertikalni temperaturni gradient, kot ga ima nenasičena adiabata. Od količine energije, ki jo je zemlja in od nje ozračje sprejelo, je odvisno, kako visoko stečejo konvekcijski tokovi. Količina energije, ki je na razpolago, je odvisna od geografske širine, letnega časa, vremena, čistosti ozračja, vrste zemljišča in dolžine časa obsevanja (Vanič, 1991).

Višina premešanosti se večja z uro dneva. Višino, pri kateri postane zrak nasičen, imenujemo kondenzacijski nivo proste konvekcije. Ta nivo pomeni višino baze konvektivne oblačnosti. Ob nadaljnjem dotoku energije se zrak naprej dviga po nasičeni adiabati, naredi se kopasti oblak, kumulus. Vrh oblaka sega do višine, pri kateri se temperatura zraka zniža pod temperaturo okolice. Višina baze in količina kumulusne oblačnosti sta predvsem odvisni od vlažnosti prizemne plasti ozračja in intenzivnosti ogrevanja zemeljske površine, hitrost razpadanja tovrstnih oblakov pa predvsem od vlažnosti plasti, v kateri je oblak nastal ter od vetra na višinah...(Vanič, 1991). Kadar je v prizemni plasti premalo vlage in v plasti do približno 1500 m močna temperaturna inverzija, sploh ne pride do kondenzacijskih procesov, konvekcija je brezoblačna. (Vanič, 1991).

6.7 TERMIČNI VZGORNİK

V naših geografskih širinah sonce nikoli ne sije iz zenita, ampak vedno pod določenim kotom. Količina energije, ki jo prejme neka površina, je odvisna od nagiba te ploskve. Prisojna pobočja tako dobijo več energije kot ravnina in daleč več kot osojna. To se preko dneva spreminja tako, da dobijo največ energije dopoldne vzhodna, opoldne južna in zvečer zahodna pobočja (Glušič et.al., 2003). Prisojna pobočja se zaradi tega ogrejejo bolj kot okolica in zato bolj segrejejo zrak tik nad pobočjem kot ostale lege. Ta zrak je glede na okoliški zrak pregret in se začne dvigovati. Sprva se od tal odcepljajo posamezni baloni

toplega zraka, če pa se ogrevanje nadaljuje, se vzpostavi stalni steber toplega zraka, ki mu pravimo tudi termični vzgornik ali steber (Glušič et.al., 2003).

Količina sprejete energije in intenzivnost segrevanja zraka je med drugim odvisna tudi od narave podlage. Skale se segrevajo hitreje kot travnata površina, tla pa spet hitreje kot gozd. Pri tem pa je potrebno poudariti, da se temne površine segrevajo hitreje od svetlih (Glušič et.al., 2003).

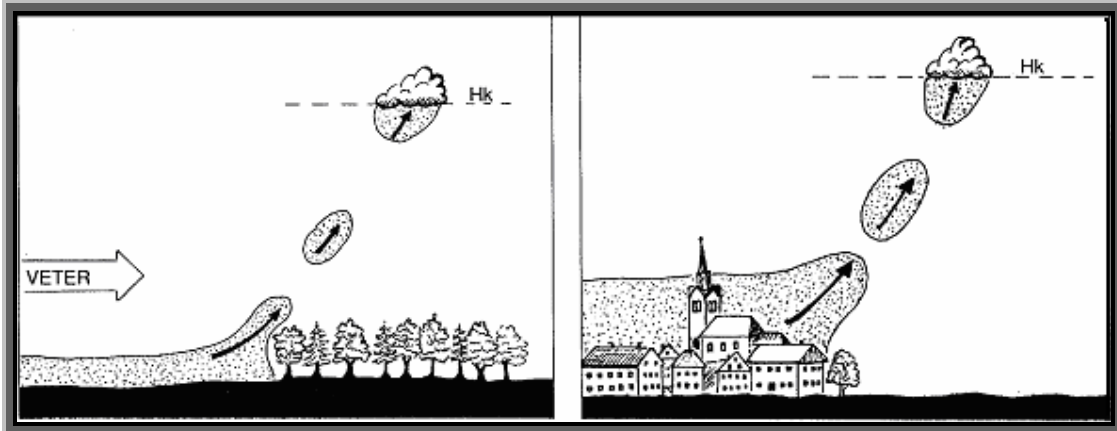
Narava podlage vpliva tudi na shranjevanje energije. Gozd se na primer segreva počasneje od okolice, vendar sprejme več energije, tako da jo pozno popoldne ali celo po sončnem zahodu še vedno oddaja zraku, zato tudi termični vzgornik na tem delu vztraja več časa, medtem ko se termični vzgornik, ki nastane nad skalami, konča hitro po prenehanju direktnega ogrevanja. Zaradi termičnega vzgornika pride do kompenzacijskega spuščanja ob osojnih pobočjih. Na ta način se vzpostavijo značilne dolinske cirkulacije zraka, ki se preko dneva spreminjajo (Glušič et.al., 2003).

Termični vzgornik je najizrazitejši ob pobočju. Od pobočja se odcepi pri prelomnicah, ob spremembah poraščenosti ali naravne podlage. Splošni veter zanaša termični vzgornik v svojo smer tako, da so stebri dvigajočega se zraka nagnjeni. Zelo ugodna je kombinacija termičnega vzgornika in prisilnega dviga zraka na južnih pobočjih (dopoldne vzhodnih, zvečer zahodnih) (Glušič et.al., 2003).

Šibak veter ugodno vpliva predvsem na odcepljanje balonov toplega zraka in na vzpostavitev stalnega termičnega stebra. Zrak se navadno odcepi zaradi raznolikosti v pokrajini (vas, meja polja in gozda, jezero...), ali pa zaradi zunanjega vzroka (po cesti vozeči avtomobili) (Glušič et.al., 2003).

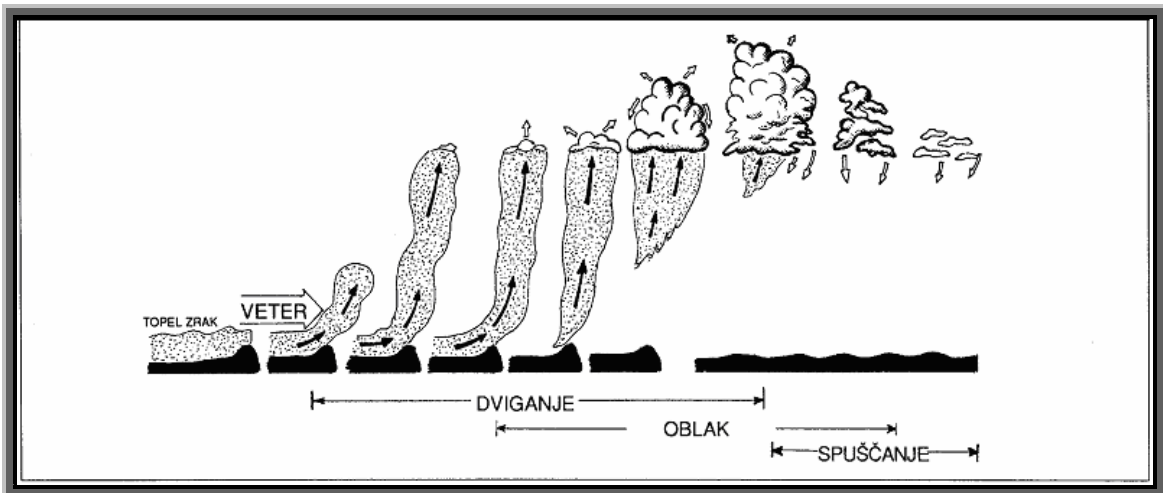
Z večanjem prizemne hitrosti vetra se večja tudi prizemna, zvrtničena plast, v kateri se dinamično premeša zrak. To ne dopušča, da bi se formirale plasti pregretega prizemnega zraka. Če je v zraku dovolj vlage, se suha termika lahko spremeni v oblačno konvekcijo. Ko se dvigajoči topli zrak ohladi do temperature rosišča, se iz njega začne izločati voda in nastane kumulusni oblak (Glušič et.al., 2003).

Slika 7: Odcepljanje balona segretega zraka kot posledica vetra in njegove manjše specifične teže



Vir: Vanič, 1991

Slika 8: Razvoj kumulusnega oblaka ter vertikalna gibanja zraka pod njim

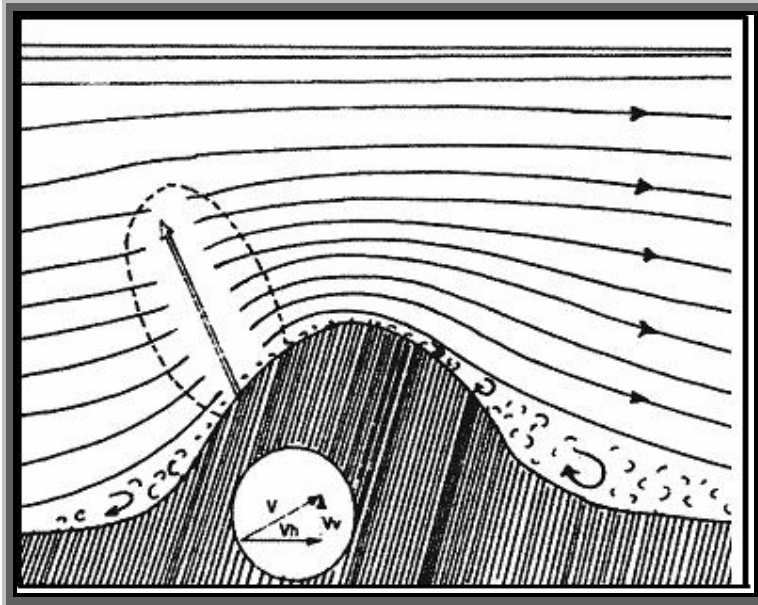


Vir: Vanič, 1991

6.8 POBOČNI VZGORNİK

Pobočni vzgornik nastane, ko gibajoča se masa zraka naleti na oviro. Če je ovira dovolj velika, da je zrak ne more obiti, se pri tem pojavi vertikalni tok, ki se prilega pobočju in je uporaben za jadranje. Stržen vertikalnega toka se nahaja od 50 do 150 metrov od pobočja, v širino pa se razteza vzdolž grebena pogosto nekaj kilometrov.

Slika 9: Območje vertikalnega dviganja zraka kot posledica pihanja vetra proti pobočju



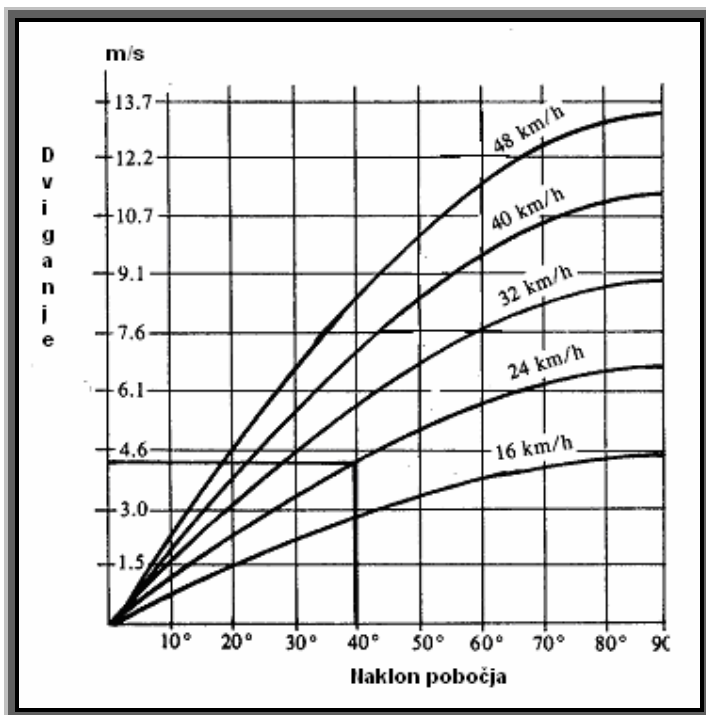
Vir: Vanič, 1991

Lastnosti pobočnega vzgornika so odvisne od vrste dejavnikov :

- oblika prepreke: v praksi velja, da je uporabna višina vzgornika za letalca za polovico višine prepreke nad njo. Prepreka mora biti nadalje enolična s čim manj vmesnimi dolinami in brez izrazitih vrhov;
- površina prepreke: gladka travnata pobočja ustvarjajo močnejše vzgornike kot razbita in porasla;
- naklon prepreke: najprimernejša so pobočja med 20 in 60 stopinjami;
- Kot in hitrost vetra, ki piha na prepreko: najidealnejša smer vetra je pravokotno na oviro, vendar tudi vetrovi ki pihajo pod kotom ustvarjajo vzgornik. Hitrost vetra je najpomembnejši dejavnik, saj je potrebna minimalna hitrost okoli 15 km/h;

V gorskem svetu prihaja običajno do kombinacije pobočnega in termičnega vzgornika (Glušič et.al.,2003).

Slika 10: Jakost dviganja glede na naklon pobočja in hitrost vetra



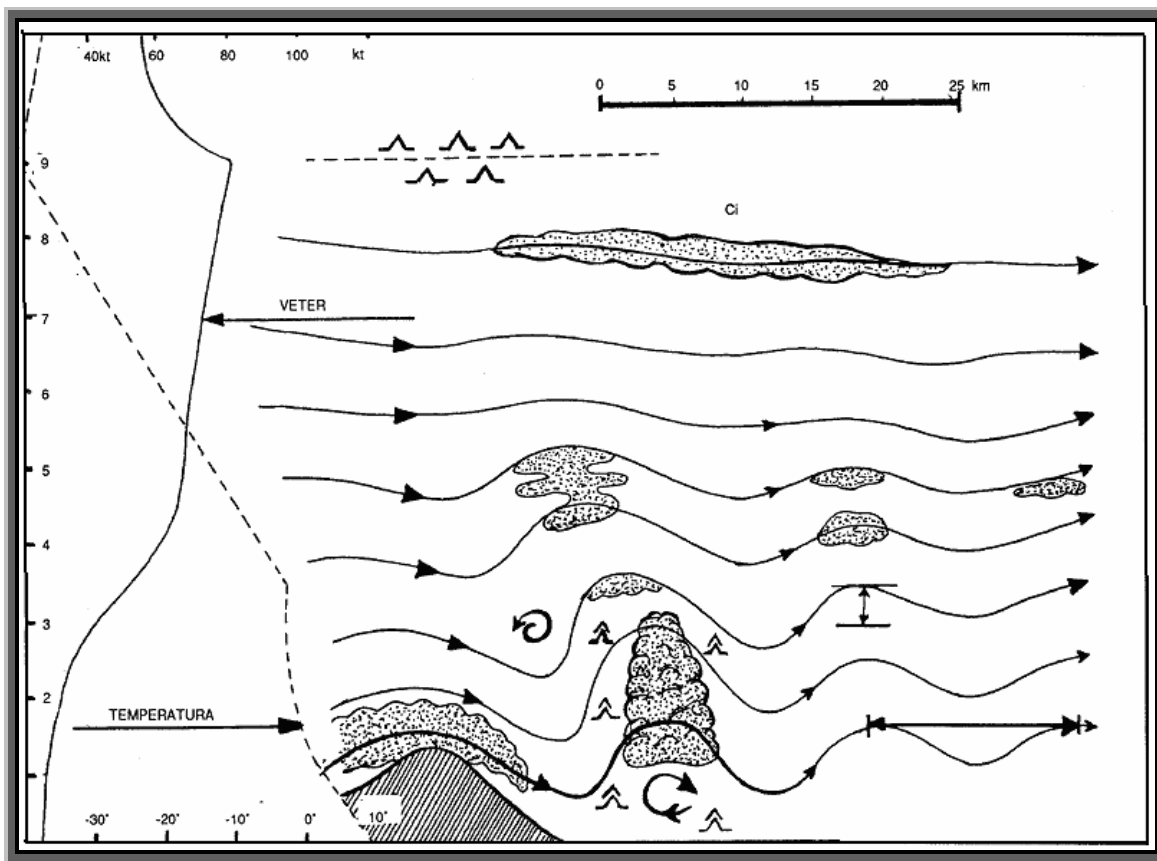
Vir: Pagen, 1992

6.9 VALOVNI VZGORNIK

Vzgornik nastane kot posledica orografskih, zavetrnih vetrov, ki nastanejo na zavetrni strani prepreke zaradi nihanja zračnih delcev v dinamično stabilnem, nemotenem toku. Pri tem ovira (gorski greben) povzroči motnjo, zemeljska gravitacija pa skrbi za obnavljanje vzgonskih sil in vzdrževanje oscilacije (Vanjič, 1991).

V naravi imajo tovrstni valovi dolžine od 5 do 28 km amplitude do 2000 m in vertikalne hitrosti do 20 m/s. Valovni vzgornik je zelo miren, nezvrtinčen tok. Njegova širina je nekaj sto metrov, dolžina pa je odvisna od dimenzij orografske ovire. Običajno je najmočnejši v primarnem valu. V spodnjih plasteh doseže vertikalna komponenta hitrosti vrednosti 3 do 5 m/s, včasih tudi do 8 m/s, nad 5000 m 2 do 3 m/s in nad 7000 m le še 1 do 2 m/s. Sekundarni valovi imajo tako močne vzgornike le v primeru resonance z naslednjo oviro (Vanič, 1991).

Slika 11: Vremenska situacija za nastanek valovnega vzgornika



Vir: Vanič, 1991

6.10 ROTORNI VZGORNIK

Čim višja in strmejša je orografska zapreka ter čim večje so spremembe smeri in hitrosti vetra v višini vrha zapreke, tem večja je verjetnost nastanka zavetrnih rotorjev. Na zavetrni strani nastane ob pobočju tok, ki polzi do vrha, kjer ga horizontalni tok odnaša od pobočja in mu da spuščajočo se komponento. Tovrstni tokovi so izredno zvrtničeni. Vertikalni tokovi ustvarijo rotorne kumuluse, fraktuse, ki imajo zelo nestabilno obliko in kratko življenjsko dobo. Vzgorniki dosežejo pogosto vrednosti do 15 m/s, so pa zelo zvrtničeni, nepredvidljivi in nevarni, vendar pa so za letalce včasih primerni za pridobivanje višine (Vanič, 1991)

7.0 TEHNIKA LETENJA Z JADRALNIM ZMAJEM

7.1 PRIPRAVA ZMAJA IN PREGLED

Jadralne zmaje različnih proizvajalcev moramo sestavljati po vrstnem redu, kot ga določi proizvajalec, še pomembneje pa je, da jih po sestavljanju temeljito pregledamo in ugotovimo možne poškodbe ali nepravilnosti, nastale pri sestavljanju. Dvojno preverjanje je nujno potrebno, ker ima lahko vsaka nepravilnost pri sestavljanju hude posledice.

7.2 VZLET

Z obema rokama držimo pokončne cevi upravljalnega trikotnika zmaja, telo je nagnjeno naprej, ramena so prislonjena na trikotnik. Obe krili morata biti enako visoko dvignjeni, saj bo zmaj začel zavijati v stran krila, ki je spuščeno, takoj ko bomo začeli teči. Nos zmaja mora biti usmerjen direktno proti vetru, saj bo v nasprotnem primeru začel zavijati z vetrom. Ko smo zadostili omenjenim pogojem, zmaja dvignemo, usmerimo v smer starta, nastavimo pravi vpadni kot in težo razporedimo na obe roki enako. Stopimo dva koraka naprej in iz hoje preidemo v tek, ki ga stopnjujemo, dokler zmaj ne nosi samega sebe. Prijem trikotnika zamenjamo novo nastalim razmeram primerno in povečujemo hitrost teka, dokler nas ne dvigne od tal. Kot med krilom zmaja in zračnim tokom je ves čas teka približno 20 stopinj. Ko se končno odlepimo od tal, rahlo povečamo hitrost tako, da povlečemo upravljalni trikotnik nase, počasi preidemo v ležeči položaj in najprej z eno, nato z drugo roko preprimemo za spodnjo cev trikotnika. Noge spravimo v vrečo, ter jo zapremo.

7.3 VZLET V ZAHTEVNIH RAZMERAH

Vzletanje pri optimalni hitrosti, smeri vetra direktno v prsi in optimalnem nagibu terena se nekoliko razlikuje od vzletanja v zahtevnejših pogojih.

7.3.1 Start na strmem pobočju

Ne glede na to, da na strmem pobočju potrebujemo manj časa za vzlet, pa moramo paziti, da držimo pri teku nos zmaja nekoliko nižje, saj bi v nasprotnem primeru imeli prevelik

upor, ki bi nas zaviral pri teku, in s tem posledično premajhno vzletno hitrost, kar pa ima lahko za posledico neuspeh start oziroma nesrečo.

Pri vzletu na strmem pobočju moramo spustiti zmajev nos malo nižje in s tem ohranjati približno 15 stopinj nagiba glede na zračni tok. V primeru, da se nagib terena spreminja, moramo med tekom spreminjati kot med zmajem in tlemi, še bolj pa je, da ohranjamo naklon 15 stopinj glede na zračni tok.

7.3.2 Start pri vetru, ki piha s strani

Start pri bočnem vetru je mogoč, vendar je omejen s hitrostjo in kotom vetra. Bolj kot nam veter piha z boka in bolj kot je veter močan, manjša je možnost za uspešen start. Po pravilu nikoli ne vzletamo z bočnim vetrom, kadar je veter močan in tudi ne, kadar je kot, pod katerim piha veter, večji od 45 stopinj.

Glavna težava pri startu z bočnim vetrom je, da nam lahko pri startu dvigne privetrno krilo, kar ima za posledico zavoj proti pobočju takoj po vzletu, ko še ni dovolj prostora za popravek smeri, kar se običajno konča z nesrečo. Kadar je veter šibak in je kot manjši od 45 stopinj, je start mogoč tako, da ne tečemo naravnost po pobočju navzdol, ampak rahlo bočno na stran, iz katere piha veter. Druga možnost je, da rahlo spustimo privetrno krilo, nos zmaja pa usmerimo kar se da proti vetru in ohranjamo med tekom ta položaj, dokler se ne odlepimo od tal. Tretja možnost pa je, da uporabimo kombinacijo obeh navedenih možnosti.

7.3.3 Vzlet v močnem vetru z asistenco

Pri vzletu v močnem vetru je običajno glavni problem transport zmaja do startnega mesta. Zaradi močnega vetra obstaja nevarnost, da nam dvigne krilo ali nos zmaja, ko le tega nosimo na vzletno mesto, česar pa zaradi močnega vetra ne moremo več poravnati. Veter nas lahko prevrne ali celo dvigne od tal ter trešči v pobočje. Da bi se temu izognili, potrebujemo asistenco. Najbolje, da za pomoč prosimo druge pilote, saj točno vedo, kakšno pomoč potrebujemo. V močnem vetru je najbolje, da imamo tri pomočnike: enega na vsakem krilu in enega na sprednjih jeklenicah, ki skrbi za to, da nam nosa preveč ne

dvigne ali spusti. Trojica nam pomaga do vzletnega mesta in drži jadralnega zmaja pri miru, pri miru dokler nismo pripravljeni na start.

Ko smo pripravljeni na start, s pomočjo pomočnikov jadralnega zmaja dvignemo, ga usmerimo proti vetru, nastavimo kot in zavpijemo spusti. Glede na dogovor običajno pomočnik pri sprednjih jeklenicah še malo počaka za primer sunka vetra, nato pa se umakne v stran. Pilot za trenutek počaka, da ima sprednji pomočnik dovolj časa, da se umakne, nato pa brez oklevanja steče.

Ko za pomoč ni na voljo drugih pilotov, lahko za pomoč prosimo gledalce, vendar se moramo prepričati, da smo jih dobro poučili, kako morajo ravnati, saj se v primeru nesporazuma vzlet lahko tragično konča, zato se takšno pomoč odsvetuje. Običajno jo uporabljamo, ko potrebujemo pomoč za transport zmaja na vzletno mesto potem pa ne več.

7.4 TEHNIKA LETENJA NARAVNOST IN V ZAVOJU

Eden najvažnejših dejavnikov pri upravljanju zmaja je njegova zračna hitrost. Le ta mora biti dovolj visoka, da krila ustvarjajo dovolj vzgona, ki zmaju omogočajo letenje. Posledica premajhne hitrosti je zastoj. Zmaj se v zraku skoraj zaustavi, potem pa omahne, bodisi po krilu bodisi povesi nos in postane nevodljiv, vse dokler hitrost ne narase do hitrosti, ki zagotavlja dovolj vzgona. Tej situaciji se moramo seveda izogibati tako v ravnem letu kot v zavojju, posebno to velja v bližini pobočja ali bližini tal.

Ker jadralnega zmaja krmilimo s premikom težišča, tako napravimo tudi zavoj. Po premiku težišča na eno stran se zmaj začne nagibati v stran, na katero smo prenesli naše težišče. Na nagib zmaja vpliva poleg konstrukcije zmaja, še višina našega vpetja in obremenitev krila. Zmaj bo začel zavijati zaradi prenosa teže na eno stran in prenosa teže nazaj. Prenos teže nazaj mora biti dovolj velik, sicer bo zmaj začel drseti po krilu, zato moramo za koordiniran zavoj uskladiti želen nagib in težišče nazaj. Ko dosežemo ravnotežje in želen nagib, se zopet postavimo na sredino.

Če želimo zmaja zopet izravnati, se enostavno pomaknemo na zunanjo stran zavojja in vztrajamo v tem položaju, dokler se zmaj ne izravna. Nato se zopet postavimo na sredino.

S premikom težišča naprej bo zmaj povečal hitrost – povetil nos, s premikom nazaj pa bo hitrost zmanjšal oz. dvignil nos.

7.4.1 Osnovne vrste zavojev

Osnovne vrste zavojev so:

- koordinirani zavoji: pri teh zavojih. To je zavoj pri katerem so sile v ravnotežju. Zmaj kroži z določenim nagibom in določeno hitrostjo, pilot je na sredini.
- ploščati zavoji: zaradi aerodinamičnih zakonitosti popolnoma ploščat zavoj ni mogoč. Ploščat ga imenujemo zato, ker je bolj plosk kot pri običajnem koordiniranem zavoju. Naredimo ga tako, da se pri hitrosti blizu najmanjšega padanja sunkovito povlečemo v stran in hkrati zavrtimo okoli svoje osi tako, da potisnemo noge na zunanjo stran zavoja, kar ustvari inercijo. Ta pomaga pri rotaciji zmaja in je zato takšen zavoj bolj ploščat kot pri običajnem zavijanju. V primeru, da je odklon preveč sunkovit ali hitrost premajhna, povzročimo zastoj na notranjem krilu, kar ima za posledico izgubo višine.
- zavoji z drsenjem po krilu: zavoj z drsenjem po krilu se zgodi, ko začnemo zavoj brez pomika težišča nazaj in ostanemo v tem položaju. Zmaj zaradi nagiba začne zavoj, vendar bočno drsi, dokler se zaradi avtostabilne konstrukcije zmajevega krila ne obrne v ostro spiralo. Zavoj z drsenjem po krilu lahko ohranjamo od polovice do enega zavoja, odvisno od tega, za koliko pomaknemo težišče naprej.
- zavoji s sunkom: zavoj z sunkom napravimo tako, da se postavimo na stran, v katero hočemo zaviti, in sunkovito odrinemo trikotnik naprej oz. naše težišče nazaj in se takoj zatem vrnemo v osnovni položaj. To ima za posledico takojšen odziv zmaja, vendar pa moramo paziti, da ne pride do zastoja. Zavoj z zasukom uporabljamo v primerih, ko zmaj noče zaviti v želeno smer, ali v primerih, ko hočemo zelo hitro povzročiti zavijanje zmaja ali zelo hitro zmanjšati radij zavoja. Uporaben je v termiki, ko zmaj noče zaviti v želeno smer, ali v primeru, ko nehote zdrsnemo proti pobočju in potrebujemo hiter odziv.
- zavoji z zastojem: zavoj z zastojem se zgodi zaradi napake ali namenoma pri akrobacijah. Je nasprotje zavoja z drsenjem po krilu, glede na postavitev težišča v zavoju. Pri zavoju z zastojem je naše težišče preveč nazaj. Zaradi tega je hitrost vedno manjša, dokler se ne poruši vzgon, kar povzroči spuščanje notranjega krila,

saj se vzgon najprej poruši na notranjem krilu zaradi njegove manjše hitrosti. Zavoj z zastojem je lažje napraviti pri bolj ploščatih zavojih, saj je naše težišče pri ostrejših zavojih tako ali tako bolj zadaj kot pri ploščatih, pa tudi razlika med hitrostjo zunanjega krila in notranjega krila je pri ploščatih zavojih večja.

- spirala: spirala je zelo oster koordiniran zavoj. Ker je tako ozek in koordiniran, na zmajarja in krilo zmaja delujejo zelo velike sile. Izhod iz spirale je enak izhodu iz običajnega zavoja, le da moramo biti pozorni na hitrost izhoda. Zaradi velike hitrosti, ki jo imamo med izvajanjem spirale, lahko pride do preobremenitve krila, zato hitrost in nagib zmanjšamo postopoma. Spirala v aerodinamičnem smislu ni nič drugačna od koordiniranega zavoja. Edina razlika je, da je pri spirali radij zavoja zelo majhen in so zaradi večje hitrosti in manjšega radja sile, ki delujejo na telo in zmaja, veliko večje. Zaradi velikih obremenitev krila v spirali se lahko zgodi, da se nam platno zmaja nekoliko raztegne in ima takšen zmaj (z raztegnjenim platnom) kasneje nekoliko slabše letalne sposobnosti.
- Vrij: vrij je enak zavoju z zastojem, le da pilot vzdržuje premajhno hitrost, kar ima za posledico ploščato vrtenje okoli krila, na katerem se je porušil vzgon. Do nedavnega je veljalo, da vrij pri zmaju ni mogoč zaradi njegovega aerodinamičnega zvitja in avtostabilnosti krila, majhne inercije ..., vendar se pri zadnji generaciji jadralnih zmajev lahko pojavi. To se zgodi le v primeru, da je vrstica za spreminjanje geometrije zmajevega krila do konca zategnjena, kar zmanjša avtostabilnost krila.

7.4.2 Radij zavoja

Pri zavijanju sta pomembna predvsem hitrost v zavoju in nagib zmaja v zavoju. Bolj kot je zmaj nagnjen v zavoju, večje je njegovo padanje, manjši je čas, v katerem opravi en krog, in manjši radij zavoja, ki ga opravlja. Z nagibom zmaja, se povečuje tudi njegova zastojna hitrost. Tabela št. 2 prikazuje soodvisnost nagiba z nekaterimi ostalimi parametri v zavoju (Pagen, 1993).

Tabela 2: Soodvisnost nagiba z ostalimi parametri v zavoju

Nagib	Radij zavoja	Čas za en krog	Zastojna hitrost
20 stopinj	23,8 m	16,3 sek	33 km/h
30 stopinj	16,3 m	10,7 sek	34,4 km/h
45 stopinj	11,5 m	6,9 sek	38,1 km/h
60 stopinj	9,4 m	4,7 sek	45,3 km/h

Vir: Pagen 1993

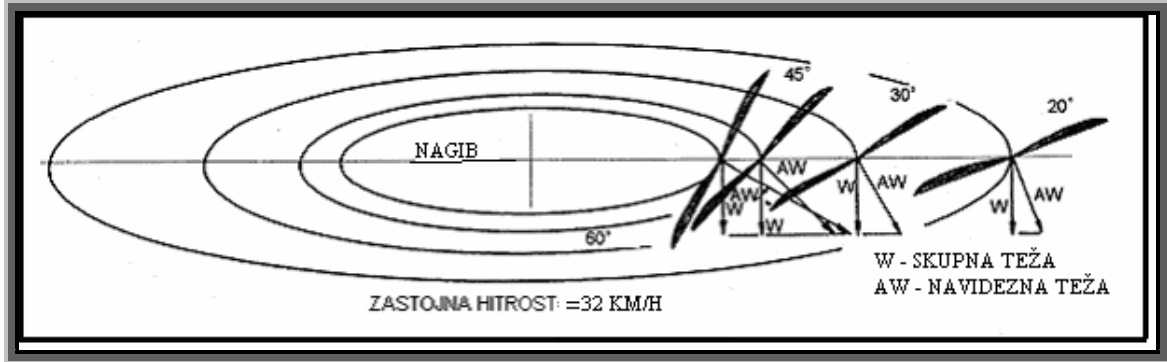
Običajen nagib zmaja pri izkoriščanju vertikalnih termičnih vzgornikov je približno 30 stopinj, kar pomeni, da mora biti center stebra širok približno 30 metrov, da lahko učinkovito izkoriščamo dviganje (Pagen, 1993).

V primeru, da letimo naravnost skozi termični steber s hitrostjo 50 km/h, ga bomo prešli v 2,3 sekundah. Steber je seveda večji od njegovega centra, v katerem bomo kasneje nabirali višino, vendar pa nam podatek kaže čas ravnega leta v dviganju, po katerem smo lahko prepričani, da bo center stebra dovolj velik, da ga bomo uspešno izkoristili. Če je čas dviganja v ravnem letu manjši od navedenega, letimo dalje, saj je termični steber preozek za uspešno izkoriščanje vertikalnega dviganja in bi poizkušanje imelo za posledico nepotrebno izgubo časa in višine (Pagen, 1993).

Poznavanje časa, ki ga potrebujemo v ravnem letu, da preletimo steber, nam omogoča, da ne izgubljam časa s premajhnimi stebri. Kaže nam tudi, da moramo biti v ravnem letu zelo pozorni na jakost dviganja in čas, v katerem dviganje preletimo. Biti moramo hitri in natančni pri centriranju, ker imamo zelo malo časa za zavoj v pravem trenutku. Če zavoj napravimo prepozno, izgubljam čas (Pagen, 1993).

Priporočljivo je, da letimo z rahlo zmanjšano hitrostjo od optimalne glede na vetrovne in druge pogoje na področjih, kjer pričakujemo dviganje, če ga potrebujemo za dokončanje poleta, saj je pri večji hitrosti lastno padanje zmaja večje in manjša dviganja zaradi tega lahko spregledamo (Pagen, 1993).

Slika 12: Spreminjanje radija zavoja, zastoje hitrosti in časa, v katerem zmaj opravi en poln krog kot posledica Različnih nagibov



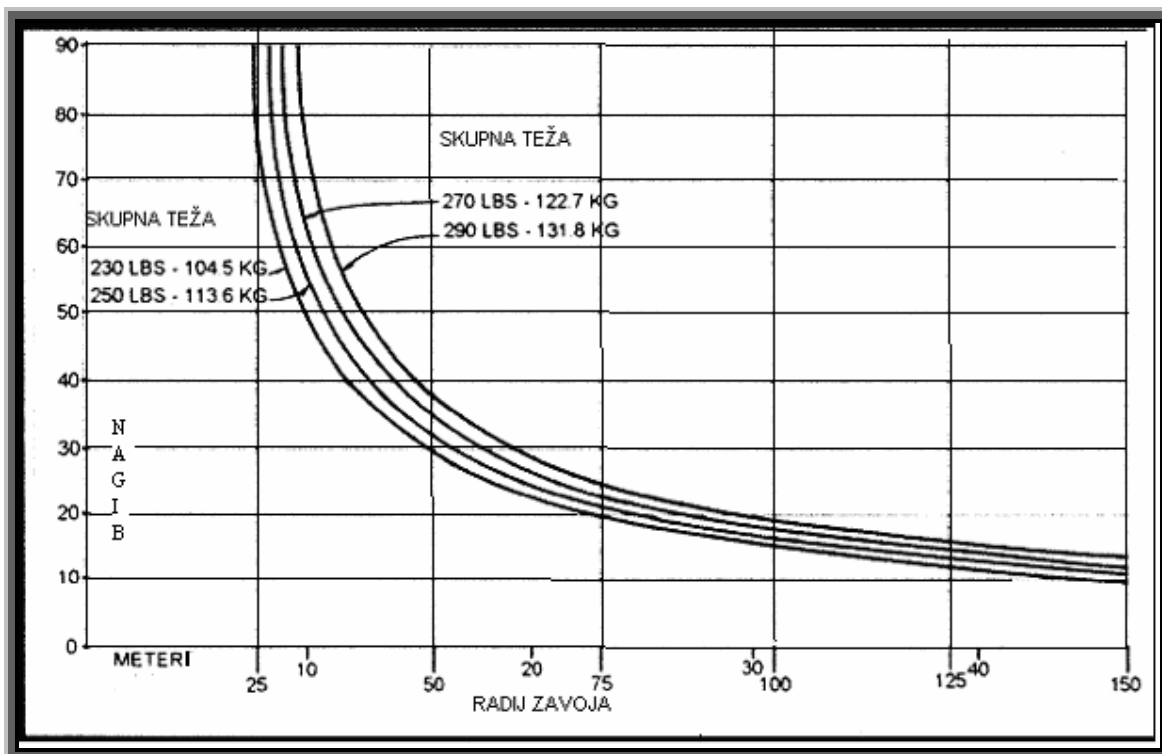
Vir: Pagen, 1993

7.4.3 Obremenitev krila

Uporaba balasta oziroma povečanje skupne teže poveča vodljivost zmaja, a žal tudi poveča zastojo hitrost, poveča radij zavoja pri enakem nagibu, pa tudi padanje je večje pri enaki hitrosti in radiju zavoja (Pagen, 1993).

Kadar hočemo v termičnem stebru zavijati z enakim radijem, bomo zaradi povečane obremenitve krila padali hitreje, kot smo padali prej. Naše drsno število bo sicer ostalo enako, le da se bo dogajalo pri večji hitrosti, kar bo imelo pozitiven učinek, kadar bomo leteli proti vetru, v zavoju in dvigovanju v termičnem stebru pa bodo sposobnosti naše letalne naprave slabše. Za zmanjšanje obremenitve krila sicer lahko kupimo večjega zmaja, vendar je upravljanje zmaja z majhno obremenitvijo krila težje in lahko izgubimo pridobljene lastnosti s tem, da nismo tako natančni pri upravljanju (Pagen, 1993).

Slika 13: Graf odvisnosti povečevanja radija zavoja in nagiba zmaja za različne obremenitve krila

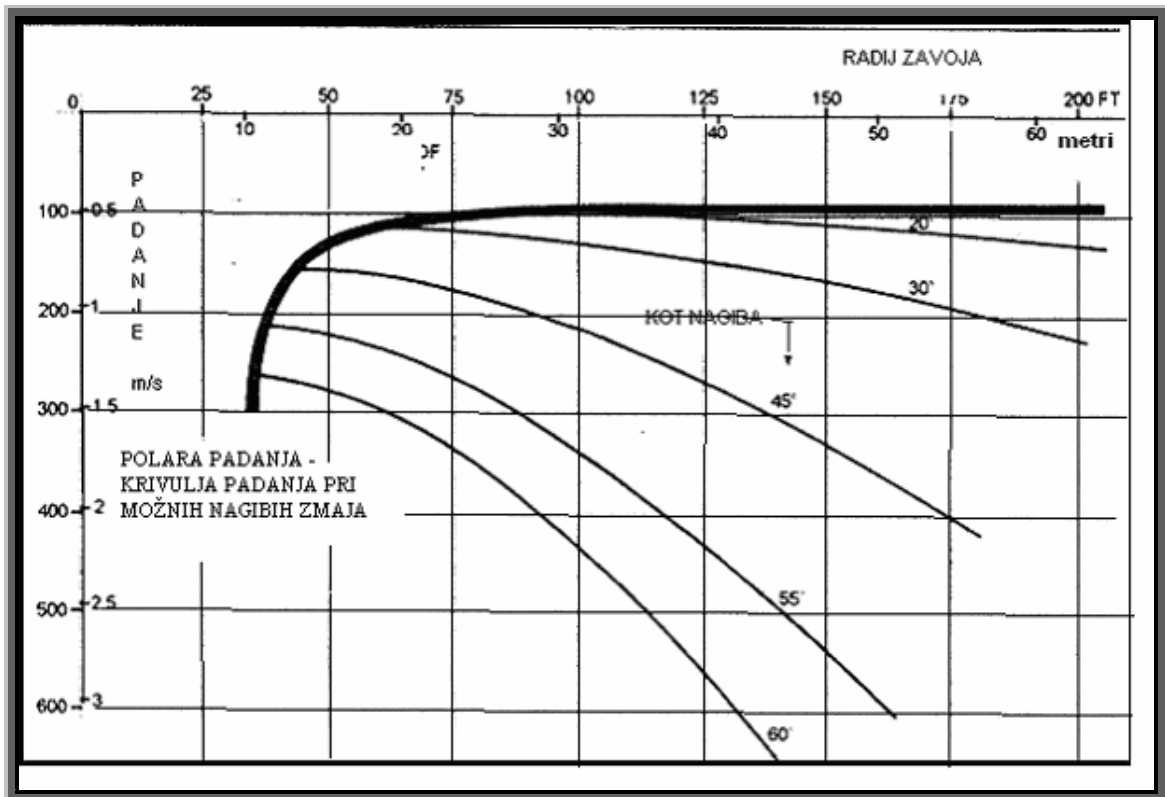


Vir: Pagen, 1993

7.5 POLARA MED ZAVIJANJEM

Za vsak nagib zmaja obstaja idealna hitrost v zavoju, pri kateri bo vertikalna izguba višine na enoto časa najmanjša. Zato moramo poznati padanje za posamezne nagibe in to tudi upoštevati, pri zavijanju v termičnem stebru. Večji kot je nagib, manjši je radij zavoja in večja je izguba višine na enoto časa (Pagen, 1993). Slika številka 14 nam prikazuje odvisnost med nagibom, hitrostjo letenja in vertikalno izgubo višine na enoto časa (Pagen, 1993).

Slika 14: Graf polare med zavijanjem



Vir: Pagen, 1993

7.6 JADRANJE

Ocenjevanje vremenskih pogojev in terena je ključ za uspešno iskanje termike.

Med znake za vzgornik štejemo :

- jadrajoče zmaje ali padala;
- ptice v okolici starta;
- veter ki piha proti hribu;
- spreminjanje smeri in hitrosti vetra na startu;
- nastajanje kumulskih oblakov;
- nastajanje oblačnih cest;
- dobro sončno obsevanje.

7.6.1 Jadranje v termičnem vzgorniku

Za jadranje v termičnem vzgorniku je značilno, da moramo nenehno prilagajati nagib in hitrost letenja. Naš cilj je doseči čim manjše padanje letalne naprave in se s tem čim hitreje in učinkoviteje dvigati. Ker je naše padanje z večjim nagibom zmaja večje, se moramo truditi, da bo nagib čim manjši, oziroma vrteti termični steber z večjim nagibom v centru, kjer je dviganje močnejše. Zavoji morajo biti koordinirani, popravki hitrosti in nagiba morajo biti natančni in čim hitreje izvedeni, kajti le tako bomo dosegli kar se da majhno propadanje.

7.6.1.1 Centriranje termičnega stebra

Centriranje je potrebno za čim boljši izkoristek, pomeni pa iskanje območja najmočnejše vertikalne komponente stebra in zadrževanje v tem območju.

Načini centriranja :

- ko vstopimo v termični steber, moramo najprej zaviti z malo večjim nagibom kot pričakujemo, da bo potrebno in prilagodimo hitrost na hitrost najmanjšega padanja;
- zavijemo v smer močnejšega dviganja takoj, ko ga zaznamo, posebno če je termični steber majhen;
- v primeru, da ne zaznamo povečanja vertikalne komponente potem, ko smo končali svoj prvi krog, poskusimo ostreje zaviti v center kroga. Ko dviganje naraste, zmanjšamo nagib, ko pa se začne zmanjševati, zmanjšamo radij kroga, tako da povečamo nagib.

V zelo ozkih in turbolentnih stebrih je smiselno, da vrtimo v krogih z manjšim polmerom in z večjim nagibom in tako ostajamo v centru. V stebrih z več jedri močnejšega dviganja imamo dve možnosti: lahko ozko vrtimo v enem od močnejših jeder ali pa našo krožno pot prilagodimo na obliko, ki vodi skozi dve ali več jedri z močnejšim dviganjem in uporabimo manjši nagib. Katerega od dveh načinov bomo uporabili, pa je odvisno od jakosti posameznih delov stebra, običajno pa sta obe metodi približno enako učinkoviti.

7.6.2 Jadranje v pobočnem vzgorniku

Jadranje na pobočnem vzgorniku je najlažja oblika pridobivanja višine, saj se vzgorniki običajno raztezajo vzdolž celotnega pobočja. Za njihovo izkoriščanje je potrebno le zmanjšati hitrost na hitrost najmanjšega padanja zmaja in se peljati vzdolž pobočja v pasu do približno 50 m od pobočja, kjer je to dviganje najmočnejše. Omeniti je še potrebno, da niže ob pobočju običajno nabiramo višino, tako da vozimo v obliki osmice. Pazimo, da ne zavijamo proti pobočju, ampak vedno proč od njega, saj je zavijanje proti pobočju lahko zelo nevarno. Zemeljska hitrost izredno naraste, ko zavijemo proti pobočju, posebno, kadar je veter močan.

Nad pobočjem pa običajno vrtimo polne kroge, in sicer tako, da v polovici zavoja, kjer obrnemo, z vetrom povečamo nagib in zavoj zaostriamo, da nas veter ne odnese iz območja najboljšega dviganja. V delu kroga, ko letimo proti vetru hitrost in nagib zmaja zmanjšamo, da dosežemo čim večjo vertikalno komponento dviganja in hkrati ostajamo v območju najboljšega dviganja.

7.6.3 Jadranje na valovih

To je posebna oblika jadriranja, ki se pojavi zelo redko, je pa zelo zanimiva, saj nas lahko dvigne na višine, ki nam običajno niso dosegljive – tudi do 7000 m in več. Za njihovo izkoriščanje, se je običajno najprej treba dvigniti v termičnem vzgorniku na višino, kjer se pojavljajo valovi, nato pa je potrebno poiskati del zračnega vala, na katerem se zrak dviguje. V pomoč nam je lahko nastali lečasti oblak, ki nam nakazuje nastanek valovnega vzgornika.

Običajno je potrebno, da se zapeljemo pravokotno na smer vala in počakamo, da naletimo na dviganje. Zmaja nato usmerimo proti vetru in zmanjšamo hitrost. Če je hitrost vetra velika, ohranjamo to hitrost in se dvigamo. Če pa je hitrost vetra premajhna in se pomikamo naprej po valu, moramo, da ne bi šli čez val in s tem iz dvigajočega dela, obrniti malo desno ali levo in pustiti, da nas veter zanese malo nazaj. To ponavljamo enkrat desno, enkrat levo. Tako ostajamo v delu z največjo komponento vertikalnega dviga.

Ker so hitrosti vetra običajno zelo velike, načrtujemo naš polet običajno v smeri vetra, kar nam nadalje omogoča, da se zapeljemo na sekundarni in nato terciarni val in se na enak način dvigujemo v njem, kar nam zagotovi zelo velike potovalne hitrosti in možnosti za zelo dolg polet.

7.6.4 Jadranje v rotornem vzgorniku

Jadranja v rotornem vzgorniku se je bolje izogibati, posebno če je veter zelo močan. Rotorni vzgorniki nastajajo na zavetnih delih hriba in so v glavnem uporabni pri nižjih hitrostih vetra, pri večjih hitrostih pa postanejo zelo nepredvidljivi in nevarni.

Jadranje v rotornem vzgorniku je zelo podobno jadraniu v termičnem vzgorniku. Razlikujeta se po tem, da so rotorni vzgorniki zelo turbulentni, zato je zelo priporočljivo, da te stebre vrtimo z večjim nagibom in povečano hitrostjo. Tako preprečimo preval naprej, saj so vertikalne spremembe hitrosti zelo velike, hkrati pa zmanjšamo možnost zastoja in s tem preveliko izgubo višine.

7.7 PRISTANEK

Z zmajem pristajamo tako, da priletimo nad pristajalni prostor dovolj visoko, da ga lahko preletimo in na njegovi privetni strani med kroženjem za zbijanje višine pogledamo vetrno vrečo. Pomembno je, da pogledamo tudi ostale udeležence v zraku - posebno tiste, ki se pripravljajo na pristanek, velikost pristajalnega prostora, potek električne napeljave in možnih ovir na predvidenem končnem doletu.

Ko si pristanek ogledamo, začnemo s šolskim krogom in končnim doletom. Rahlo povečamo hitrost, kar je potrebno, da imamo na voljo nekaj viška energije, ki jo uporabimo za to, da zmaja izravnamo s tlemi. To nam omogoči, da imamo rezervo hitrosti, ki nam podaljša let tik nad tlemi in hkrati omogoči, da se v miru pripravimo na preprijet in odziv trikotnika.

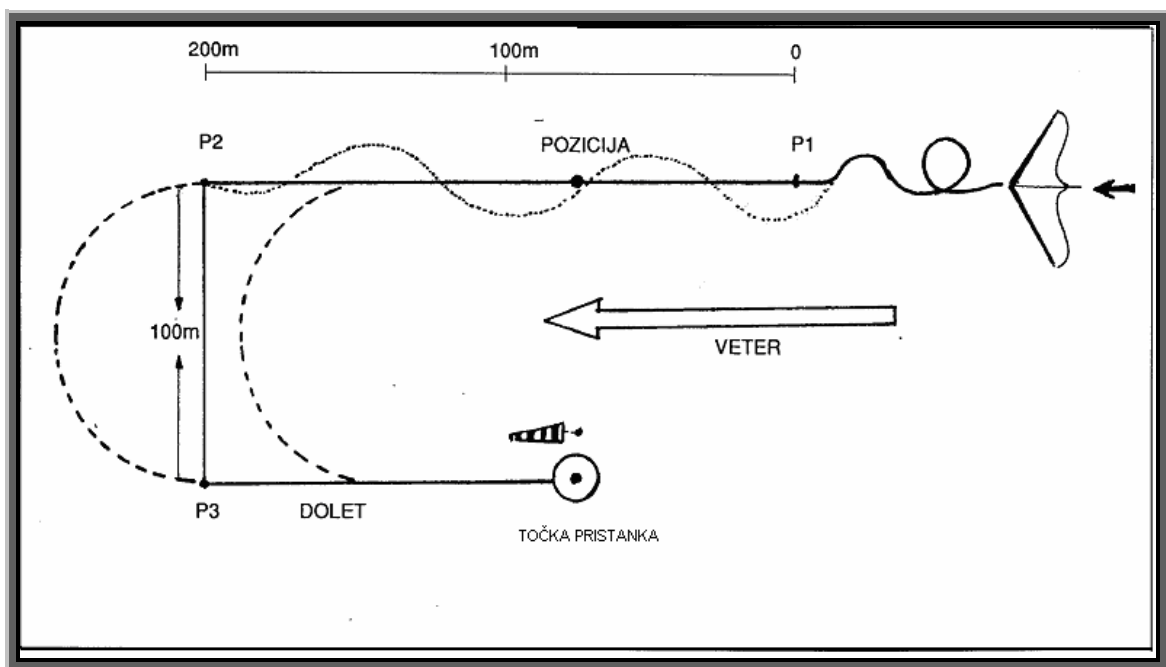
Počakamo, da hitrost pade približno na 30 km/h, nakar trikotnik odločno in močno odrinemo ter tako dvignemo nos zmaja. S tem močno povečamo upor, da se zaustavimo

približno meter nad tlemi in le stopimo na tla. Ker pristanek običajno ni idealen, moramo napraviti še nekaj korakov naprej, da zmaj popolnoma izgubi hitrost.

Po pristanku jadralnega zmaja takoj odnesemo na rob pristajalnega prostora, da napravimo prostor za pristanek ostalih udeležencev v naši bližini. Pri pristajanju moramo paziti, da se naše mesto pristanka preveč ne približa morebitnim oviram, saj le-te povzročajo rotorje, posebno v močnejšem vetru.

Ko jadralnega zmaja prinesemo na rob pristajalnega prostora, ga postavimo tako, da ga z zadnjim delom obrnemo proti vetru in zadnji del spustimo na tla, saj bi nam ga veter sicer prevrnil. Šele potem se od zmaja odpnemo in ga začnemo pospravljati.

Slika 15: Pristanek iz šolskega kroga



Vir: Vanič 1991

7.7.1 Načela varnega pristajalnega postopka

Načela varnega pristajalnega postopka zahtevajo dejavnosti, ki jih pilot začne izvajati že v času letenja in jih izvaja vse do zaključka poleta.

Načela narekujejo:

- ugotovitev smeri in jakosti vetra pri tleh: to pomeni daljše opazovanje vetrne vreče, gibanja listov dreves, obešenega perila, gibanja trave, opazovanje zanosa dima ali drugih pokazateljev vetra pri tleh;
- izbiro primernega pristajalnega prostora: pomeni izbiro dovolj velikega pristajalnega prostora, po možnosti brez velikih okoliških ovir, ki omogoča pristanek proti vetru;
- preveriti je treba zračni prostor: pomeni vizualno preverjanje okolice in ugotavljanje prisotnosti drugih udeležencev v zraku;
- izbrati ustrezen pristajalni manever: razen v primerih, ko nam je to onemogočeno, pristajamo iz šolskega kroga;
- pristajati proti vetru: pomeni načrtovanje šolskega kroga tako, da je končni dolet usmerjen proti vetru;
- pristajati iz ravnega leta: pomeni, da moramo zmaja izravnati s tlemi pred končnim odzivom trikotnika;
- pravočasno preiti v stoječi položaj: pomeni, da se vsaj nekaj sekund preden odrinemo trikotnik, postavimo v stoječi položaj, dokler še imamo nekaj hitrosti. Tako lažje ocenimo, kdaj nam bo hitrost dovolj padla za odziv, hkrati pa preprečimo, da bi nam postavitev v vertikalni položaj znižala že tako majhno hitrost in bi izgubili vzgon že pred odzivom;
- pravočasen odziv trikotnika in pripravo na tek: pomeni odriniti trikotnik pri hitrosti približno 30 km/h glede na zrak (velja za tekmovalnega zmaja ene od zadnjih generacij);
- čim prej izprazni pristajalni prostor.

Ko pristanemo, je pomembno, da čim prej izpraznimo pristajalni prostor, ker ga lahko potrebujejo za pristanek tudi drugi letalci (Glušič et al., 2003).

8.0 TEHNIKA LETENJA NA TEKMOVANJU

8.1 PRIPRAVA NA TEKMOVANJE

Priprave na tekmovanje potekajo preko celega leta, saj že s ciklizacijo določimo posamezna obdobja in kasneje trening prilagodimo posameznim obdobjem.

Ciklizacija vsebuje predtekmovalno, tekmovalno in prehodno obdobje. V prehodnem obdobju je aktivnost najnižja in se omejuje predvsem na ohranjanje visokega nivoja kardiovaskularnih in respiratornih funkcij. Vsebuje tako vzdržljivostni tek, plavanje in podobne vzdržljivostne aktivnosti. V prehodnem obdobju priprava vsebuje tudi tehnično pripravo, ki vsebuje spoznavanje nove opreme, instrumentov kot tudi spremembe pravilnikov letenja in tekmovanj oziroma tekmovalnih pravilnikov.

Pred vsakim tekmovanjem je potrebno ponovno pripraviti zmaja, odvisno od tekmovalne discipline. Priprava vsebuje pregled zmaja v smislu varnosti letalne naprave, kjer je potrebno preveriti vse komponente: cevi, platno, jeklenice. Pred tekmovanjem je potrebno nastaviti in preizkusiti tudi podporne palice, ki zagotavljajo stabilnost, in sicer tako notranje kot zunanje. Običajno povečamo možnost zategovanja vrvice, ki spreminja geometrijo zmaja med poletom. Povečevanje možnosti zategovanja bolj od tovarniške nastavitve je potencialno nevarno, zato na vrvi označimo maksimalno tovarniško nastavitve in je ne zategujemo bolj, razen ko so vetrovne razmere šibke. Nastavitve so prilagojene zahtevnosti vremenskih pogojev na izbranem terenu in disciplini, v kateri bomo tekmovali, ter našemu obvladovanju tehnike letenja in poznavanju zmaja.

Ko končamo z pripravo zmaja, je potrebno nastaviti vrečo, v kateri letimo, in sicer tako, da lahko spreminjamo nagib oz. nagib nastavimo v najbolj aerodinamičen položaj. Preizkusiti jo je potrebno tako, da se oblečemo in obujemo v ista oblačila, kot jih bomo uporabljali tudi na tekmovanju. Enako velja tudi za opremo za pitje. Vrečo nato preizkusimo med poletom, kjer jo poskušamo odpreti za pristanek, prilagajati nagib in vse ostale manevre, ki so predvideni na tekmovanju.

V predtekmovalnem obdobju se priprava deli na splošno pripravo in specifično letalno pripravo, ki se dalje deli na letalni del in tehnično podporni del.

Splošna priprava vsebuje aktivnosti za povečanje splošne vzdržljivosti, vaje z utežmi za povečanje maksimalne moči rok in ramenskega obroča, kot tudi vaje za izboljšanje repetitivne moči rok in ramenskega obroča.

Tehnično podporni del letalne priprave vsebuje spoznavanje terena, na katerem bo tekmovanje potekalo. To storimo, če je le mogoče, leto poprej približno v istem terminu, kot bo naslednje leto tekma. Spoznati moramo obratne točke in konfiguracijo terena ter vsa vzletna mesta in vse uradne pristanke. Če tega nismo uspeli storiti leto poprej, je predtekmovalno obdobje čas, ko spoznamo ta teren bodisi tako, da v tem obdobju treniramo letenje na tem območju, ali pa tako, da teren, kolikor je mogoče, spoznamo preko zemljevidov in ostalih pisnih informacij.

Letalna priprava vsebuje v predtekmovalnem obdobju predvsem dolge polete z namenom povečanja splošne letalne vzdržljivosti in izboljševanja natančnosti vodenja zmaja. V tekmovalnem obdobju pa se priprava omejuje skoraj izključno na letalno pripravo. Le ta vsebuje natančnost vodenja zmaja, vodenje zmaja v gostem prometu, izboljševanjem vodenja v termičnih stebrih, vzletanje in letenje v mejnih pogojih, kot so: zelo šibki ali zelo močni vetrovi ali zelo šibki, močni in zvrtničeni termiki, ter trening taktike letenja. Priprave v tekmovalnem obdobju vsebujejo tudi spoznavanje terena preko zemljevidov, kar nam kasneje omogoči čim manjšo porabo časa med poleti za navigacijo in odločanje, po kateri poti bomo obleteli določene odseke poti.

Letalna priprava se izvaja med letenjem, tako da treniramo hitro letenje med točkami, čim hitrejša dviganje v termičnih stebrih, letenje v skupini z več kot desetimi piloti, letenje v zelo šibkih pogojih, letenje po manj znanih terenih itd.

Pred vsakim tekmovanjem je potrebno ponovno pripraviti jadralnega zmaja, odvisno od tekmovalne discipline. Zaradi varnosti letalne naprave je potrebno preveriti vse komponente: cevi, platno, jeklenice. Pred tekmovanjem je potrebno nastaviti in preizkusiti tudi podperne palice, ki zagotavljajo stabilnost, in sicer tako notranje kot zunanje. Običajno povečamo možnost zategovanja vrvice, ki spreminja geometrijo zmaja med poletom. Povečevanje možnosti zategovanja bolj od tovarniške nastavitve je potencialno nevarna, zato na vrvi označimo maksimalno tovarniško nastavitvev in je ne zategujemo bolj, razen ko so vetrovne razmere šibke. Nastavitve so prilagojene zahtevnosti vremenskih

pogojev na izbranem terenu in disciplini, v kateri bomo tekmovali, ter našemu obvladovanju tehnike letenja in poznavanju zmaja.

8.2 PRIPRAVA ZMAJA IN OPREME

8.2.1 Priprava zmaja na tekmovanju

Zmaja sestavimo na mestu, ki nam omogoča start v trenutku, ki smo ga izbrali. Paziti moramo, da zmaj ne stoji na mestu, ki zaradi velikega števila tekmovalcev onemogoča zgođen start. Ko je zmaj sestavljen, še enkrat preverimo vse komponente zaradi varnosti.

8.2.2 Priprava inštrumentov

Inštrumente spravimo v aerodinamično škatlo, ki jo varno z dvojnimi varovanjem pritrdimo na spodnjo cev trikotnika v čim bolj aerodinamičen položaj. V inštrumente vnesemo naslednje podatke: disciplino, sektorje obratnih točk, čas starta, obratne točke, njihov vrstni red in pripravimo vse potrebno za start.

8.2.3 Priprava vreče za letenje

V vrečo lepo zložimo opremo in pijačo, in sicer na način, ki ga vedno uporabljamo, da ne bi prišlo do zapletov med letom. Preverimo reševalno padalo in prisotnost vse opreme, ki jo bomo potrebovali.

8.3 NAČRTOVANJE LETA

Ko organizator objavi disciplino, je čas, da se lotimo načrtovanja poleta. To poteka v več fazah:

1. Preverimo vremensko napoved in primerjamo napoved z dejanskim stanjem na vzletnem mestu. Preverimo predvsem profil vetra po višini, temperature, količino oblačnosti, temperaturni gradient, inverzije ...

2. Določimo čas starta. To napravimo tako, da izračunamo približno število ur, ki jih potrebujemo za dokončanje discipline, in glede na to določimo čas starta. Upoštevati moramo še časovni interval starta, ki ga za vsak dan posebej določi organizator, in čas starta naših neposrednih konkurentov, ker mora naš načrt vsebovati tudi letenje v skupini.
3. Na karti pregledamo predvideno pot poleta in možne pristanke. Poskusimo določiti najtežje dele discipline in start prilagodimo tako, da bomo v delu dneva, ko predvidevamo najboljše pogoje v najtežjem delu predvidene poti.

8.4 ANALIZA STANJA IN PRILAGAJANJE NOVONASTALIM RAZMERAH

Če smo vse dobro predvideli, smo se znašli v zraku najmanj dvajset minut pred odprtjem starta in že nabiramo višino. Zdaj sledi analiza stanja, ki vsebuje primerjavo občutkov v zraku z ocenami na tleh, z oceno vremena in predvideno taktiko, preverjanje konkurentov ter spremljanje njihove taktike.

V prvem termičnem stebri moramo pazljivo spremljati jakost stebra in si zapomniti njeno spreminjanje po višini, saj je velika verjetnost, da bodo naslednji stebri po jakosti podobni prvemu. To je potrebno zato, da bomo planirali prihod v stebre na tisti višini, kjer ima termični steber največjo jakost, in zapuščali stebre, ko jakost začne padati. Zapomniti si velja tudi višino prvega stebra, kar nam omogoči, da lahko planiramo polet kljub temu, da običajno na tekmovanju ne vrtimo stebrov do njihovega vrha, razen prvega, ko čakamo na start in poizkušamo nabrati čim več višine.

8.5 ISKANJE IN IZKORIŠČANJE TERMIKE

8.5.1 Iskanje termike takoj po vzletu

Takoj po vzletu začnemo z nabiranjem višine. Pri tem si pomagamo s konkurenti, ki so nam odličen pokazatelj termičnih stebrov in njihove moči. Svoj termični steber zamenjamo za boljšega le v primeru, da je dovolj blizu in v njem ni preveč pilotov. Če ni drugih pokazateljev, kot so ptice in ostali piloti, termiko iščemo najprej na privetni in prisojni strani na konkavnih delih pobočja ali hriba, s katerega smo vzleteli.

8.5.2 Iskanje termike nad ravnino

Potem ko smo zapustili pobočje, termiko iščemo tako, da opazujemo teren pod sabo, če pa imamo možnost, letimo do naslednjega pobočja, ki seveda ne sme biti preveč iz naše smeri poleta.

Iščemo predvsem generatorje termičnih stebrov, ki jih spoznamo po tem, da se segrevajo bolj od okolice in s tem ustvarjajo pogoje za nastanek termičnih stebrov, npr. žitno polje, temnejši deli terena, kot so pogorišča. Ves čas poleta moramo poznati smer vetra in iskati možne sprožilce termike. Upoštevati moramo zamik zaradi smeri in moči vetra. Više kot smo, bolj bo termični steber zamaknjen v smeri vetra.

Ko letimo na večjih ali zelo velikih višinah, je poleg opazovanja konfiguracije terena smiselno opazovanje oblakov in iskanje termike pod njimi, oziroma na njihovi privetni strani. To seveda velja le za kumulusne oblake.

8.6 HITRO LETENJE IN MC CREADYJEVA TEORIJA

Kako zelo pomembna je Mc Creadijeva teorija za jadralno letenje, pove podatek, da je njen avtor z njo leta 1954 postal svetovni prvak. V vsakem trenutku poleta, pri določenem vetru, dviganju, spuščanju oz. gibanju zraka obstaja natančno določljiva hitrost, s katero je potrebno leteti, če hočemo z dano višino preleteti čim večjo razdaljo, in točno določena hitrost, s katero moramo leteti, da bi neko razdaljo preleteli v čim krajšem času (Pagen, 1993).

Ker je cilj tekmovanja v najkrajšem času preleteti določeno razdaljo, moramo izbrati hitrost, ki nam bo to omogočala. Hitrost, s katero bomo leteli, določimo glede na vertikalno in horizontalno gibanje zraka ter sposobnosti naše letalne naprave. Ker se nekateri parametri nenehno spreminjajo, bomo učinkoviti le, če bomo nenehno prilagajali tudi našo hitrost letenja. Naš cilj je torej čim večja povprečna hitrost med dvema točkama, ki je potrebna, ko tekmujemo v hitrostnih preletih.

Ker je razdalja na tekmovanju večja, kot jo lahko preletimo z višino, ki je na voljo, moramo v izračunu upoštevati tudi čas, ki ga bomo porabili za dviganje v termičnih

stebrih. Prehitro letenje bo imelo za posledico preveliko izgubo višine. Kasneje pa bomo prisiljeni pridobiti manjkajočo višino, s čimer bomo izgubili veliko časa.

Ravno tako kot prehitro letenje bo tudi prepočasno letenje imelo za posledico preveliko izgubo časa, saj bomo do naslednjega termičnega stebra resda prišli višje, vendar bomo zaradi počasnejšega letenja porabili toliko časa, da bodo piloti, ki so leteli z ustrezno hitrostjo, ta čas že v termičnem stebru višje kot bomo tisti, ki smo leteli počasneje. Ker ne vemo, kako močno bo naslednje dviganje, si moramo pomagati z oceno, ki je odvisna od terena, nad katerim bomo leteli, od vremenskih razmer in vertikalne porazdelitve moči dviganja.

Najbolj pregledno lahko prikažemo razliko v porabi časa, če napravimo izračun in primerjavo časov, porabljenih za prelet razdalje 5 km, s startom na višini 1500 m in dvigovanjem v termičnem stebru moči 2 m/s zopet do višine 1500m pilotov A,B,C D in E pri različnih hitrostih letenja (Pagen, 1993).

A – leti s hitrostjo najmanjšega padanja zmaja

B – leti s hitrostjo najboljšega planiranja

C – leti s hitrostjo 52 km/h

D – leti s hitrostjo 63.2 km/h

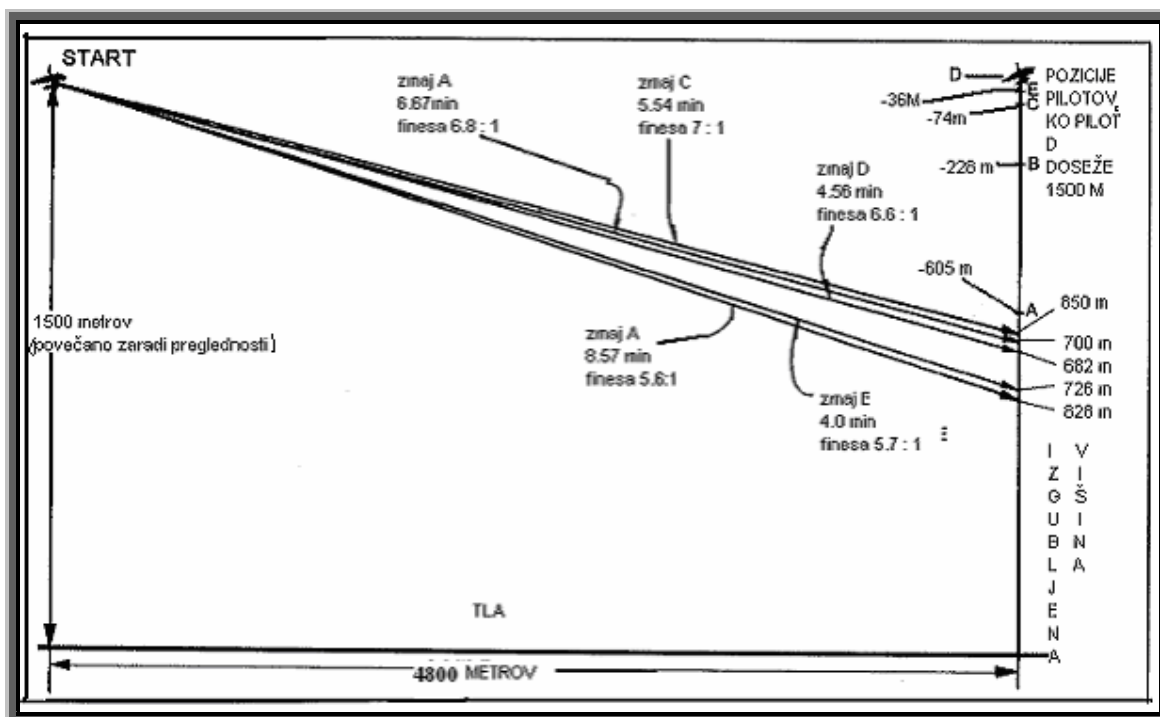
E – leti s hitrostjo 72 km/h

Tabela 3: Primerjava pilotov pri različnih režimih letenja

Pilot	Hitrost (Km/h)	Skupno padanje	Čas jadriranja	Izgubljena višina	Čas dviganja	Skupni čas	Povprečna hitrost
A	33.6	1.6	8.57	850m	7.07	15.64	18.4km/h
B	43.2	1.7	6.67	700m	5.84	12.50	23.04km/h
C	52	2	5.54	682m	5.68	11.22	25.68km/h
D	63.2	2.6	4.56	726m	6.04	10.60	27.17km/h
E	72	3.4	4.00	828m	6.90	10.90	26.36km/h

Vir: Pagen, 1993

Slika 16: Prikaz razlik zaradi letenja z različnimi taktikami med piloti A, B, C, D in E



Vir: Pagen, 1993

Prva stvar, ki jo moramo poznati, je polara naše letalne naprave. To lahko ponazorimo s preprostim grafom, ki prikazuje izgubljanje višine pri posameznih hitrostih v brezvetrju (Pagen, 1993).

8.7 KONČNI DOLET

Končni dolet zajema običajno od desetine do tretjine celotnega poleta. Zato je zelo pomemben del taktike in ga moramo kar se da optimizirati, če želimo biti učinkoviti (Pagen, 1993).

Pri končnem doletu je najvažneje, da se iz zadnjega termičnega stebra odpravimo takoj, ko imamo dovolj višine za dolet v cilj. To ne velja le v primeru, ko je naš zadnji termični steber dovolj močan in je učinkoviteje nabrati nekaj dodatne višine, saj lahko zaradi večje višine kasneje letimo hitreje in je naša povprečna hitrost v doletu nekoliko večja (Pagen, 1993).

Koliko časa bomo še nabirali višino v takem stebru, izhaja iz Mc Creadijeve teorije. Teorija je razložena v prejšnjem poglavju in podaja hitrosti letenja v povezavi s pričakovanim dviganjem v naslednjem termičnem stebru in s tem povezano največjo povprečno hitrost. Pri končnem doletu pa namesto pričakovanega dviganja vzamemo kar dviganje v zadnjem termičnem stebru tako, da neznanke več ni in lahko natančno izračunamo, koliko višine potrebujemo za dokončanje preleta z največjo povprečno hitrostjo.

Neznanka ostajajo vetrovni pogoji na naši poti, zato je smiselno imeti nekaj rezerve, vendar ne preveč, saj bo vsak meter rezerve v cilju imel za posledico sekundo ali dve več porabljenega časa. Glede na vetrovne pogoje, ki jih pričakujemo med končnim doletom, določimo naše drsno število in na osnovi tega izračunamo višino, ki jo potrebujemo za dolet v cilj.

Tabela 4: Višina, potrebna za 8 km dolg polet z različnimi drsnimi števili

Drсно število	Višina za dolet (m)	Rezervna višina (m)	Višina cilja (m)	Skupna višina (m)
8	1000	150	703	1853
10	800	150	703	1653
12	666	150	703	1453

Vir: Pagen, 1993

8.8 LETENJE V SKUPINI

Letenje v skupini se dogaja običajno na tekmovanjih, saj je v ostalih primerih omejeno na kratke razdalje in bolj izjema kot pravilo. Ko letimo v skupini, imamo vsaj dve osnovni taktiki. Če smo med najvišjimi, lahko poizkusimo skupino zapustiti in se priključiti skupini pred nami. Kadar to napravimo, pa običajno pridemo v situacijo, ko smo med najnižjimi piloti, saj višino žrtvujemo za to, da uideemo naši skupini. Druga taktična odločitev pa je ohranjanje višjih pozicij, konzervativno letenje in ohranjanje ene najboljših pozicij v skupini.

V primeru, ko smo med najnižjimi, je naša naloga čim učinkoviteje izkoriščanje termičnih stebrov in poizkušanje izboljšanja pozicije po višini. S predpostavko, da so piloti približno enake kvalitete in se v termičnih stebrih običajno dvigajo enako hitro, nam za izboljšanje pozicije ostane alternativa. To pomeni, da lahko v vseh primerih, ko imamo na izbiro približno dve enako dobri možnosti za nabiranje višine izberemo tisto, za katero se odloči manjše število pilotov. Zavedati pa se moramo, da se v primeru, da izberemo slabšo različico, naša pozicija še poslabša, saj običajno ostanemo sami. Zato smo še veliko počasnejši, saj moramo sami iskati termične vzgornike, preiščemo pa lahko le omejeno področje, ki je v primerjavi s skupino majhno.

Za izboljšanje naše pozicije lahko uporabljamo tudi taktiko izpuščanja naprej med termičnimi stebri v letu naravnost in kopiranja tistih pilotov, za katere vidimo, da so izbrali pot, na kateri je izgubljanje višine manjše, pri tem pa moramo paziti, da ne zaostanemo preveč, saj vsaka minuta zaostanka pomeni, da so piloti, ki so bili pred nami v termičnem stebri, ta čas že pridobili določeno višino.

Pri letenju v skupini moramo znati razbrati znamenja, ki nam jih skupina krožečih zmajev sporoča. Ker običajno nismo ravno v centru skupine, pa tudi če smo, moramo vedno opazovati skupinico ali skupinice pilotov, ki so pred nami, saj je naš cilj dohiteti jih.

Vsaka skupina zmajev, ki je pred nami, se mora občasno ustaviti v termičnem stebri in si tako zagotoviti nadaljevanje poleta s pridobivanjem višine. Znak, da je skupinica v dobrem termičnem stebri, je, da so piloti porazdeljeni vertikalno na čim večji razdalji, da je nagib kril v termičnem stebri velik, da ne spreminjajo nagiba zelo pogosto.

Kadar vidimo pred nami pilote, ki nam kažejo ta znamenja, lahko z veliko verjetnostjo predvidevamo, da je dviganje močno in uporabno. Upoštevati moramo le še to, da bomo z višino, ki jo imamo, prišli približno na višino spodnjih pilotov in že se lahko odločimo, da bomo našo skupino zapustili in se pridružili hitrejši, ki je pred nami, ali pa vsaj skupini, ki ima boljše dviganje. Pri tem moramo biti pozorni še na razdaljo, ki jo bomo preleteli, in čas, ki ga bomo za to porabili, saj je bolje, da nabiramo višino v šibkejšem stebri, če je neposredno na naši poti, kot pa da skrenemo s poti in nabiramo višino v močnejšem stebri, ker pa opravimo večjo pot, lahko zapravimo tudi več časa.

Kadar opazimo, da skupina pilotov v stebru leti blizu skupaj in pogosto menja nagib, lahko pričakujemo zvrtničen, neenakomeren steber. Če so ta dan ostali stebri enakomerni in močni, je bolje, da se temu stebru izognemo in poiščemo boljšega, če pa so ta dan vsi stebri ali večina zvrtničeni, pa se jim pridružimo. Med približevanjem vedno opazujemo krožeče zmaje, saj lahko iz nagiba sodimo o jakosti stebra. Z večjim nagibom kot zmaji krožijo, močnejši je steber.

Kadar zmaji krožijo v več skupinicah, poskusimo med doletom ugotoviti, katera skupinica se dviga hitreje, ko pa smo že tam in vrtimo v skupinici, vedno opazujemo tudi ostale in zamenjamo naš steber za steber, v katerem je dviganje boljše, seveda če le-ta ni predaleč. V praksi to pomeni, da se sčasoma vsi piloti zberejo v najmočnejšem stebru. Ker je najmočnejši steber v okolici lahko tudi zelo šibek, je včasih, posebno če je naša višina majhna, bolje, da smo sami oz. z manj piloti v malo šibkejšem stebru, ki pa ga lahko bolje centriramo, saj ni gneče. Ta poteza je smiselna v primeru, ko slabši piloti ne omogočajo optimalnega kroženja, ko ne upoštevajo pravil izogibanja v zraku ipd.

8.9 TAKTIKA LETENJA NA TEKMOVANJU

Predpogoj za dobro taktiko na tekmovanju je, da čim boljše ocenimo naše kvalitete glede na ostale tekmovalce. Ko to napravimo, poskusimo izbrati taktiko, ki nas bo pripeljala na mesto, ki si ga po kvaliteti zaslužimo oz. malo više.

Za vsako tekmovanje poskusimo organizirati ekipo, tako da smo v govornem kontaktu z ostalimi piloti v naši ekipi ali pa da letimo skupaj in si medsebojno pomagamo. Če je le mogoče, imamo v cilju enega od ekipe, s katerim smo na zvezi preko radiopostaje.

Vedno poskusimo leteti v skupini. To v praksi pomeni, da letimo s piloti ki so tako dobri oz. malo boljši od nas. V primeru, da si izberemo za letenje boljše tekmovalce, nam na progo uidejo in najdemo se sami. Brez pomoči skupine smo veliko počasnejši, kot bi bili, če bi leteli s piloti približno naših kvalitet, saj je iskanje termičnih stebrov veliko hitrejše, če jih išče cela skupina tekmovalcev kot pa sami. To ne velja le v primeru, ko tekmujejo na trasi proge, kjer se leti večinoma nad grebenom v dinamičnem vzgorniku ali če teren izredno dobro poznamo.

Kadar skupina leti prepočasi, jo zapustimo le v primeru, če predvidevamo, da se bomo lahko priključili hitrejši skupini, ali, če smo prepričani, da nas ne bodo zopet ujeli. Če nismo prepričani, je bolje, da ostanemo na čelu skupine, v kateri letimo, in našo nadvlado namesto v rizično letenje z večjo hitrostjo spremenimo v čim večjo rezervo višine. Večja višina nam bo na koncu zagotovila prvo mesto v skupini.

Naslednji napotek za čim boljšo uvrstitev je, da moramo čim večje število tekmovalnih dni zaključiti v cilju, saj nam hitrost prinaša točke le v primeru, da dokončamo progo v celoti. Na večini velikih tekmovanj bomo uvrščeni v zgornjo četrtino tekmovalcev, če bomo vse tekmovalne dni dokončali progo, ne glede na to, koliko časa bomo za to potrebovali.

V primeru, da ne nameravamo posegati po najvišjih uvrstitvah, je najboljša taktika, da poskušamo dokončati čim več prog oz. preleteti čim večjo skupno razdaljo, saj bomo v praksi običajno uvrščeni višje, kot če izberemo taktiko, pri kateri skušamo leteti hitro.

8.9.1 Uporaba balasta

Uporaba balasta je smiselna ko :

- letimo proti vetru;
- ko so termični vzgorniki široki;
- ko so oblikovane kumulusne ceste;
- ko so termični stebri močni.

9. TEHNIKA LETENJA NA PRELETU

9.1 PRIPRAVA ZMAJA IN OPREME

Najboljši način za pripravo na XC prelet je, da vedno letimo z vso opremo, ki jo potrebujemo za XC polet, pa čeprav tega nimamo v načrtu. Tako se najlažje izognemo temu, da ne bi mogli izvesti preleta, ki ga nismo planirali, zaradi nepopolne opreme. Vsak letalni dan naj bo potencialni dan za prelet.

Oprema, ki jo potrebujemo v naseljenih področjih (Pagen, 1993):

- radio-postaja;
- zemljevid;
- denar;
- mobilni telefon in tel. številke;
- XC vreča za zmaja;
- nož;
- hrana in voda;
- topla obleka.

Kadar letimo na nenaseljenih področjih, potrebujemo poleg zgoraj naštetega še (Pagen, 1993):

- komplet za preživetje;
- komplet za prvo pomoč;
- signalno ogledalce.

9.2 NAČRTOVANJE PRED POLETOM

Pred vsakim poletom je priporočljivo napraviti plan leta, posebno, če gre za zelo dolg ali celo rekorden polet. Včasih pa nas preseneti izjemno dobro vreme, ki ga želimo izkoristiti, čeprav tega nismo načrtovali.

V sodobnem XC tekmovanju se tekmuje v naslednjih disciplinah :

- prosti prelet (prelet od starta do cilja preko treh obratnih točk);
- prelet v FAI trikotniku (prelet v trikotniku, katerega najkrajša stranica mora meriti več kot 28 % skupne dolžine trikotnika);
- prelet v ploščatem trikotniku (poljubni ploščati trikotnik).

9.2.1 Izbira poti

Prosti preletlet običajno načrtujemo tako, da letimo čim več časa z vetrom in čim manj časa proti vetru. Polet načrtujemo tako, da letimo čim več časa ob gorskih grebenih, da lahko izkoriščamo dinamični vzgornik, kar nam omogoči prihranek časa. Če načrtujemo trikotnike ali polet cilj povratek, jih opravljamo, ko vetrovi niso premočni ali pa v primerih, ko se med poletom veter obrne. Letenje proti vetru je zelo počasno, zato nam lahko zmanjka časa za zaključek poleta, poleg tega pa je tveganje, da bomo pristali predčasno, večje. Polet načrtujemo tako, da se nahajamo v najboljšem delu dneva na najtežjem odseku, če je to le mogoče.

Pred poletom je priporočljivo, da se z nekom dogovorimo, da nas bo prišel iskat, tako lahko neobremenjeno letimo in nismo obremenjeni z mislijo, da bomo v primeru, da ne dokončamo preleta, morali spat na prostem. Pri izbiri poti moramo upoštevati predvsem naše znanje letenja, sposobnosti naše letalne naprave, predvideno vreme, konfiguracijo terena ... Paziti moramo, da naša pot ne križa kakšne zelo prometne letalske poti ali prečka kakšno letališko cono.

9.2.2 Poznavanje terena in predvidevanje možnih pristankov

Teren običajno najprej spoznamo preko karte, kjer si ogledamo potek poti, pristajalne prostore, potek grebenov. Priporočljivo je vsaj delno poznati teren, nad katerim letimo na predvidenem poletu. Če imamo možnost, si na poti ogledamo pristajalne prostore, ovire in žice okoli njih, posebej to velja za dele, kjer so pristajalni prostori majhni ali pa jih je malo. K uspešnosti pripomore tudi poznavanje terena iz zraka, zato poskušamo leteti na vseh odsekih predvidene poti. Običajno zadošča, da letimo nekajkrat na vsakem skrajnem koncu poti in skušamo spoznati kar največji del poti, po kateri načrtujemo prelet.

9.2.3 Določitev časovne organizacije preleta

Pri časovni organizaciji preleta moramo najprej upoštevati, da bomo imeli dovolj časa za prihod na start, pripravo zmaja, opreme in oceno vremenskih pogojev, saj se veliko XC poletov ponesreči prav zaradi pomanjkanja časa za pripravo ali zaradi prepoznega prihoda na start. Če načrtujemo prosti prelet, je smiselno, da pričnemo polet kar se da zgodaj, saj

imamo tako vsaj nekaj rezerve za primer, da se na kakšnem odseku zadržimo dlje, kot smo načrtovali. Dopoldne so termični stebri šibki, nato se preko dneva krepijo in proti večeru postanejo šibkejši. Vzletimo torej takoj, ko vremenski pogoji omogočajo, da se dvignemo na pol poti do baze oblaka. To je minimalno, kar potrebujemo, da uspešno začnemo prelet. Dober pokazatelj je tudi začetek nastajanja oblakov na predvideni poti.

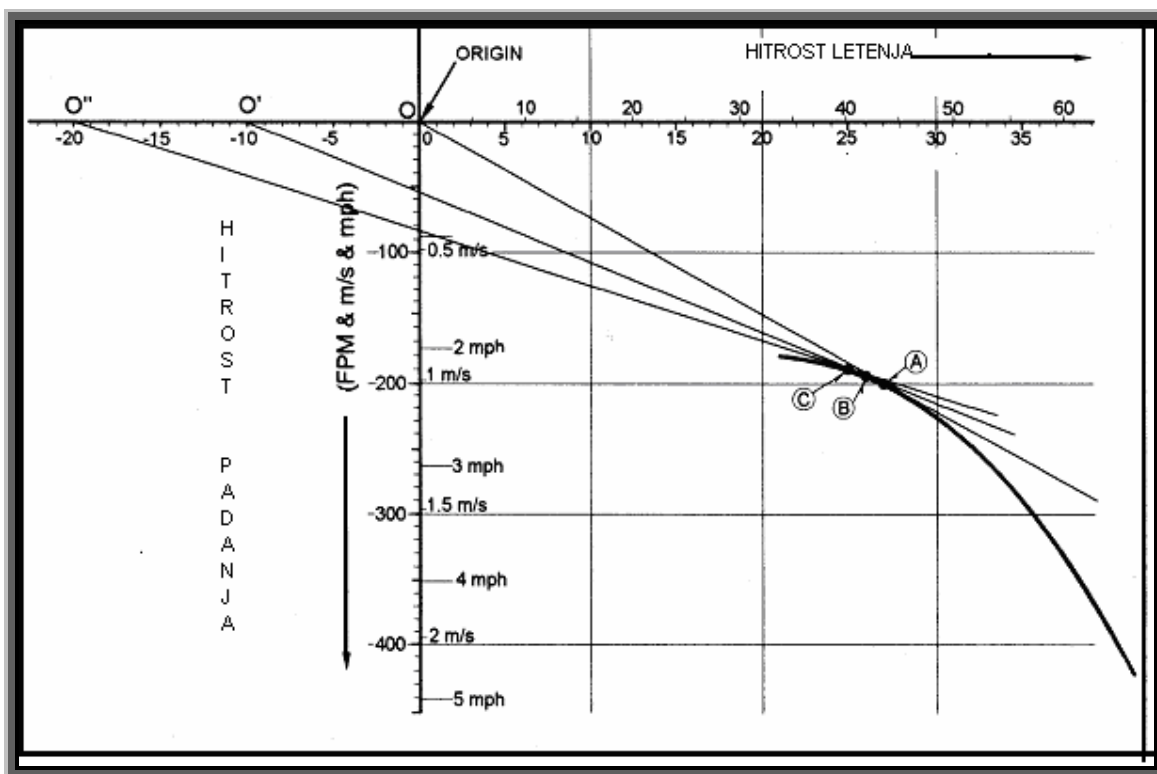
Če startamo na grebenu, startamo, ko je dinamični vzgornik dovolj močan, da ostanemo v zraku kakšnih 100 m nad pobočjem, saj lahko po grebenu letimo na dinamičnem vzgorniku, dokler ne začnejo nastajati termični vzgorniki. Na ta način lahko najnatančneje določimo čas nastanka termičnih stebrov, saj se nam ni treba zanašati na oceno. Če je možno, načrtujemo najtežji del preleta med 13. in 16.uro (po sončni uri), saj so vremenski pogoji takrat najboljši.

9.3 HITROSTI LETENJA

Pri letenju na preletu je naš cilj največkrat preleteti čim večjo razdaljo, zato moramo našo hitrost prilagoditi temu cilju. Hitrosti, s katerimi preletimo največjo razdaljo, se razlikujejo glede na vetrovne pogoje, ki vladajo na posameznih delih proge, in glede na vertikalne premike zračnih mas. Zmaj ima največje drsno število pri približno 35 km/h zračne hitrosti. Če torej letimo s to hitrostjo, bomo preleteli približno 12 km in pri tem izgubili približno 1000 m s predpostavko, da ni vertikalnega dviganja ali spuščanja zraka.

V praksi pa letimo vedno v vetrovnih pogojih in v pogojih, kjer so vertikalna dviganja in spuščanja zraka. Splošno pravilo pri letenju v hrbtnem vetu je, da zmanjšamo našo zračno hitrost na minimalno in tako s pomočjo vetra (hitrost vetra plus naša hitrost) opravimo kar največ poti pri enaki izgubi višine. Kadar pa letimo proti vetru, moramo našo hitrost povečati sorazmerno s povečevanjem hitrosti vetra. Močnejše ko piha veter, bolj moramo povečati našo zračno hitrost. Za koliko moramo povečati hitrost, je odvisno od aerodinamičnih lastnosti zmaja, odčitamo pa jo lahko iz polare zmaja, ki opisuje izgubljanje višine pri različnih hitrostih letenja (Pagen, 1993).

Slika 17: Letenje z vetrom v prsi



Vir: Pagen, 1993

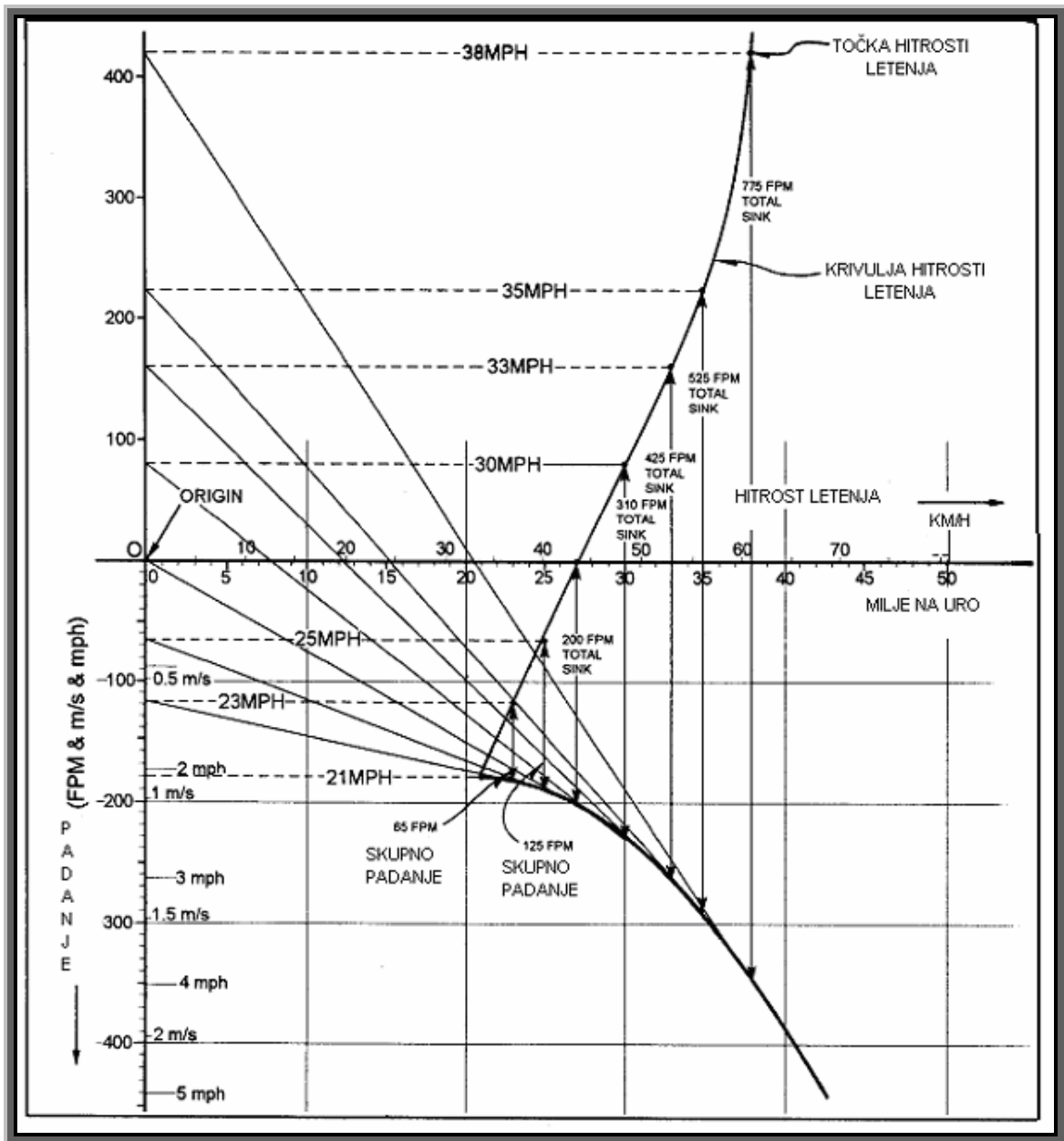
Pri letenju, kjer so vertikalne spremembe gibanja zraka, moramo pri izračunu za preletele razdalje upoštevati tudi te spremembe. Ko naletimo na dvigajoč zrak 1 m/s in letimo v njem, je naše teoretično drsno število neskončno. To v praksi pomeni, da pri hitrosti 35 km/h in lastnem padanju zmaja, ki je pri tej hitrosti približno 1 m/s, preletimo neskončno razdaljo, vse dokler letimo v območju dvigajočega se zraka. Če našo hitrost zmanjšamo na hitrost najmanjšega padanja, bomo višino celo pridobivali, pri tem pa nam bo rahlo padla potovalna oz. zemeljska hitrost (Pagen, 1993).

Ker se v praksi območja dvigajočih in padajočih zračnih mas pogosto izmenjujejo, bomo prej ali slej naleteli tudi na padajoče zračne mase. V tem primeru bomo morali našo hitrost povečati, in sicer sorazmerno s povečanjem padanja zračne mase. Večje ko bo padanje zračne mase, bolj bomo morali povečati našo hitrost. Kljub temu da bomo s povečanjem hitrosti še dodatno povečali naše izgubljanje višine, pa bomo z večjo hitrostjo hitreje odleteli iz takšne padajoče zračne mase in zato zmanjšali naše izgubljanje višine veliko prej, kot če bi leteli počasneje. Večjo pot pa bomo opravili tudi v primeru, da je padajoča

zračna masa tako velika, da ne bomo uspeli priti iz nje, preden izgubimo vso višino in pristanemo, saj bomo zaradi povečane hitrosti ves čas opravljali večjo pot (Pagen, 1993).

V praksi imamo vedno kombinacijo vertikalnih in horizontalnih premikov zraka, zato moramo upoštevati spremembe hitrosti kot posledico obeh dejavnikov. Pri horizontalnem premikanju zraka pa moramo upoštevati še kot, pod katerim piha veter.

Slika 18: Optimalne hitrosti letenja pri kombinacijah vertikalnih in horizontalnih gibanjih zraka

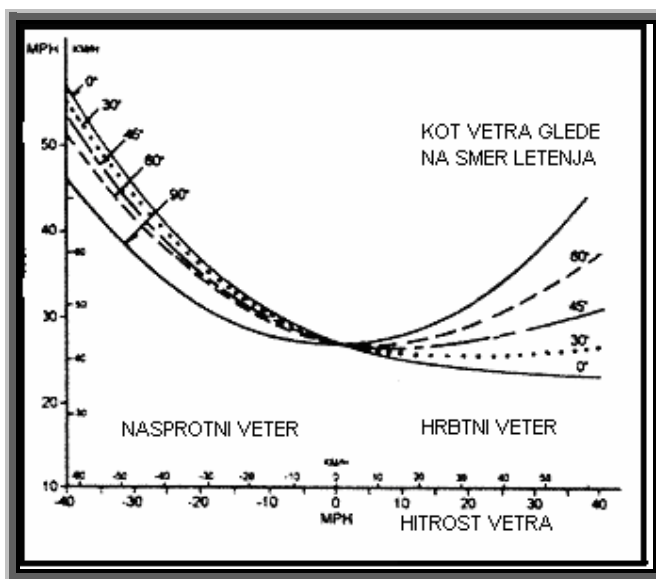


Vir: Pagen 1993

Pri povečanju hitrosti zaradi čelnega vetra pa moramo poleg hitrosti vetra upoštevati še kot, pod katerim piha veter, saj le redko letimo natančno proti vetru. Splošno pravilo povečanja hitrosti je, da najbolj povečamo hitrost v direktnem čelnem vetru in manj v primeru, da nam piha s strani. in sicer Večji kot je kot, pod katerim piha nasprotni veter, manj moramo povečati hitrost (Pegan, 1993).

To velja le do kota 90 stopinj, saj postane veter, ki nam piha s strani pod kotom, večjim od 90 stopinj, hrbtni veter in moramo temu primerno prilagoditi tudi hitrost (Pegan, 1993). Tako velja da pri hrbtnem vetru nasprotno kot pri čelnem vetru moramo povečevati hitrost z večanjem kota pod katerim piha veter.

Slika 19: Potreben popravek hitrost zaradi vetra, ki piha pod različnimi koti in z različnimi jakostmi



Vir: Pagen, 1993

9.4 NAČRTOVANJE MED POLETOM

Ko po napornih pripravah le poletimo, moramo čim hitreje najti dviganje, saj ga tako zgodaj v dnevu običajno ni v izobilju. Med dviganjem že v prvem termičnem stebri poskusimo določiti njegovo intenzivnost na različnih višinah, saj so termični stebri običajno na isti dan zelo podobni. Zapomnimo si predvsem višinski odsek, na katerem je

bilo dviganje najmočnejše, in poskušamo leteti v tem območju, saj bomo za pridobivanje višine tako porabili najmanj časa.

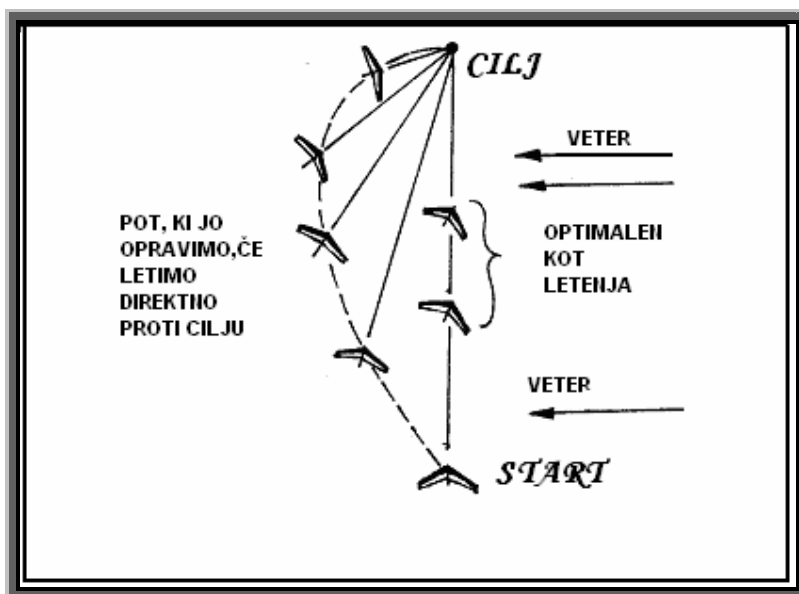
9.4.1 Prilagajanje smeri in hitrosti vetra

Med poletom moramo upoštevati hitrost in smer vetra. Če je veter močan in v smeri našega poleta ni nobenih težav, saj nam bo veter povečal našo povprečno hitrost in tako olajšal delo. V primeru, ko se moramo kasneje vrniti in moramo leteti proti vetru, le-ta ne sme biti premočan, ker nam bo to onemogočilo povratek.

Če je veter zmeren, se pri povratku lahko pomagamo tako, da letimo po grebenih, ko pa prečkamo doline, se dvignemo čim višje in pazimo na ustrezno hitrost letenja. Splošno pravilo za letenje v močnejšem in močnem vetru je, da letimo visoko z vetrom v hrbet in nizko z vetrom v prsi, saj je tako izguba časa najmanjša, ker hitrost vetra z višino narašča. Pri tem je pomembno to, da mora biti višina dovolj velika, da zaradi tega ne tvegamo prezgodnjega pristanka. Čez dolino ne gremo z minimalno višino, ampak vzamemo določeno rezervo, odvisno od ostalih pogojev. V primerih, ko je veter le premočan, se raje odločimo za smer, pri kateri letimo z vetrom v hrbet, saj bodo tako možnosti za dolg polet veliko večje.

V primerih, ko letimo na točko z bočnim vetrom, moramo paziti na zanos vetra, saj obletimo veliko večjo pot, če letimo direktno proti točki, veter pa nas ves čas odnaša. V tem primeru naša pot ni premica, ampak polkrožna pot, ki ima za posledico preveliko izgubo višine in časa.

Slika 20: Letenje v bočnem vetru



Vir: Pagen, 1989

10.0 TAKTIKA LETENJA NA PRELETU

10.1 ISKANJE IN UPORABA TERMIKE

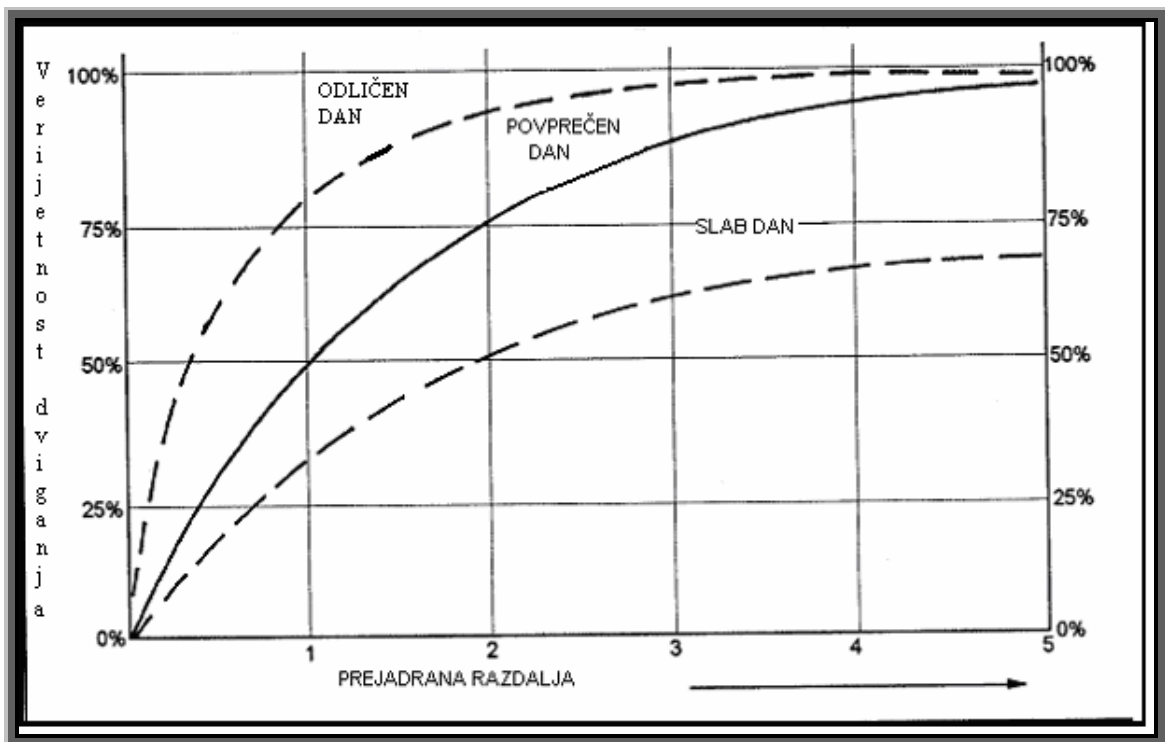
Ključ za uspešno iskanje termike je v tem, da že medtem ko zapuščamo naš zadnji termični steber, načrtujemo, kje bomo iskali naslednje dviganje. Priporočljiv je tudi rezervni načrt za primer, da smo se pri načrtovanju zmotili. Med letenjem ves čas gledamo naprej in iščemo potencialna mesta dviganja. Opazujemo vse znake termičnih stebrov, kot so krožeči zmaji in padala, zemeljski znaki, kot so temnejši deli površja, pobočja, posamezni hribi ali grički, sprožilci termičnih stebrov, proti katerim piha veter, in kumulusni oblaki na naši poti ali celo kumulusne ceste.

Ko planiramo uporabo termike pod kumulusnimi oblaki, moramo upoštevati njihov zanos zaradi vetra, njihov cikel nastajanja ali razpadanja, njihovo velikost, ter višino. Upoštevati je potrebno, da je verjetnost, da bomo naleteli na dviganje, če letimo z vetrom, veliko večja kot, če letimo proti vetru, saj pri letenju z vetrom napravimo večjo pot in zato preiščemo večjo površino. Termični stebri se običajno pojavljajo vsake dva in pol krat višine stebra. Če predpostavimo naše drsno razmerje 8 : 1, bomo na naslednji steber naleteli po izgubi

približno tretjine naše pridobljene višine. Stebru običajno sledi večje padanje oz. spuščajoči zrak, ki se ravno tako kot termični stebri običajno razporeja v pasove. Po izhodu iz stebra se velikokrat zgodi, da se padanje veliko časa ne zmanjša na običajno mejo, zato je smiselno narediti odklon naše poti za 90 stopinj, saj obstaja verjetnost, da bo padanje kakega pol kilometra bolj levo ali desno veliko manjše in bomo tako za iskanje naslednjega dviganja imeli več časa (Pagen, 1993).

Dobra stran termičnih stebrov je, da jih je nižje več, vendar jih je veliko preozkih ali prešibkih, da bi jih lahko izkoristili za nabiranje višine.

Slika 21: Graf verjetnosti pojavljanja termičnih stebrov glede na preleteno razdaljo



Vir: Pagen, 1993

10.2 UPORABA NAJHITREJŠE POTI

Na izbiro poti vpliva veliko dejavnikov: vpliv horizontalnih in vertikalnih gibanj zraka na poti, razgibanost in raznolikost terena nad katerim letimo ... Posebej velja omeniti, da najkrajša pot običajno ni najhitrejša, zato izbiramo pot, na kateri predvidimo najmanjša padanja zračnih mas. Izberemo npr. daljšo pot, na kateri imamo boljše pogoje (letenje ob

pobočju), in kar ima za posledico manjšo izgubo višine in s tem povezano manjšo izgubo časa, ki ga potrebujemo za pridobivanje višine.

10.3 IZBIRA NAJVARNEJŠE POTI

Pod tem pojmom razumemo izbiro poti, ki omogoča varen pristanek v primeru, da moramo nenačrtovano končati prelet zaradi predvidenih ali nepredvidenih dejavnikov, kot so: nevihta na naši predvideni poti, nenadno povečanje oblačnosti in s tem povezana izguba višine, lastna slaba ocena ali napaka, težave z upravljanjem zmaja, slabost, utrujenost ipd.

V vsakem trenutku poleta moramo na razpolago imeti dovolj velik pristajalni prostor, do katerega lahko priletimo in varno pristanemo, upoštevajoč vse predvidene okoliščine, ki lahko zmanjšajo naš dolet ali otežijo pristanek (npr. pojav močnega dolinskega vetra), imeti pa moramo še nekaj rezerve v višini za primer, da nas preseneti katera od okoliščin, ki je nismo predvideli.

ZAKLJUČEK

Za uspešno letenje in tekmovanje z jadralnim zmajem je poleg dobre fizične priprave, tehnično natančnega in učinkovitega upravljanja, tekmovalnih sistemov in točkovanja na njih potrebno poznavanje osnov meteorologije in aerodinamike, saj lahko le tako v največji meri izkoristimo svoje znanje upravljanja, dobro fizično pripravo in potencialne sposobnosti letalne naprave.

Pri poznavanju meteorologije moramo poznati predvsem cikel nastanka in razpada kumulusa lepega vremena, območja dviganja pod njim, vzrok njegovega nastanka in časa, v katerem to dviganje lahko izkoriščamo. Poznati moramo vzroke vertikalnih in horizontalnih gibanj zraka, saj nam omogočajo izbiro prave taktike in s poznavanjem aerodinamike izbiro optimalnih hitrosti letenja tako v termičnih ali drugih vzgornikih kot tudi v ravnem letu.

Poznavanje aerodinamike je nujno za izbiro najustreznejše hitrosti letenja, ki je eden najpomembnejših faktorjev letenja. Poznati moramo predvsem hitrost najmanjšega padanja, hitrost najboljšega planiranja, vpliv povečanja teže na upravljanje in aerodinamične lastnosti zmaja in Mc Creadijevo teorijo optimalnih hitrosti letenja v različnih situacijah, ki sloni prav na poznavanju aerodinamike letalne naprave, njenih sposobnosti in predvidevanju jakosti vertikalnih gibanj zraka.

Pri upravljanju zmaja moramo poznati različne tehnike starta, upravljanja sistema spremenljive geometrije zmajevega krila v ravnem letu in v zavoju, centriranja termičnih stebrov, uporabo in izkoriščanje ostalih vzgornikov ter vse vrste zavojev in njihovo učinkovito uporabo.

Na tekmovanjih moramo poznati predvsem tehniko in taktiko letenja v skupini, tekmovalne sisteme, sisteme točkovanja ter vsa tekmovalna pravila.

Učinkovito letenje je splet poznavanja meteorologije, aerodinamičnih zakonov, poznavanja tekmovalnih sistemov in sistemov točkovanja. Potrebna je dobra tehnika letenja, dobra fizična priprava ter povezava in uporaba vseh naštetih elementov. Potrebno je tudi znati predvidevati in oceniti vremenske pogoje, ti pa slonijo na predhodnem znanju

in informacijah, ki jih zberemo med poletom. Zato moramo pred in med poletom pridobiti čim večje število informacij, ki nam služijo za čim boljši približek realnemu stanju in so poleg ostalih kvalitete ključni za učinkovito in varno letenje in tekmovanje.

V nalogi so zbrani podatki o osnovni tehniki, ki bodo lahko osnova za poglobljeno proučevanje posameznih segmentov tehnike. Naloga bo služila kot osnova za izboljševanje tehnike in taktike tekmovalcem pa tudi ostalim pilotom jadralnih zmajev, ki želijo izboljšati svojo tehniko na preletih ali tekmovanjih.

V nalogi je podano teoretično znanje za optimizacijo hitrosti med ravnim letom in med kroženjem, ki omogoča prihranek časa tako na preletu kot tudi na tekmovanju.

LITERATURA

1. Baumer, H. (1989). *Človek in vreme*. Maribor: Obzorja.
2. Bon, J., Glušič, M., Jazbec, D., Klokočovnik, S., Kunaver, V., Lajevec, P., Marinčič, S. in Žuna, Š. (2003). *Učbenik za učitelje in pilote jadralnih padal*. Ljubljana: Letalska zveza Slovenije.
3. Brezar, J., Čerin, T., Dermota, D., Ferlan, M., Gregl, D., Kočever, D., Kranjc, M., Keršič, B., Moškon, M., Pesjak, G. in Rojnik, Č. (1986). *Jadralno letalstvo*. Ljubljana: Republiški zavod za prosto letenje.
4. Pagen D. (1989) *Hang gliding flying skills*. Mingovile: Sport aviation publications.
5. Pagen, D. (1992). *Understanding the sky*. Mingoville: Sport aviation publications.
6. Pagen, D. (1993). *Preformance flying*. SpringMills: Sport aviation publications.
7. Pagen, D. (1995). *Hang gliding training manual*. Mingoville: Sport aviation publications.
8. Raynolds, R. (2004). *Vremenski vodnik*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Roth, G. D. (1992). *Vremenoslovje za vsakogar*. Ljubljana: Državna založba Slovenije.
9. Steward, K. (1994). *The glider pilot's manual*: Airlife publishing Ltd
10. Vanič, Z. (1991). *Leteti*. Radovljica: Didakta

IZJAVA

Študent Alan Sattler izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom Borisa Sila.

V Ljubljani dne, 27.10.06

Podpis

