

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Športna rekreacija

**NAČRTOVANJE IN IZVEDBA PRELETA Z JADRALNIM
PADALOM**

DIPLOMSKO DELO

MENTORICA

izr. prof. dr., Maja Pori

SOMENTOR

asist. dr., Matej Majerič

RECENZENT

prof. dr., Stojan Burnik

Avtor dela

MATIC ERBEŽNIK

Ljubljana, 2012

ZAHVALA

Hvala staršem, ker so mi celih devet let pustili proste roke pri študiju in bili zelo potrpežljivi z menoj. Torej hvala mami Maruši, ker me je do konca spodbujala in hvala očetu Alešu, ker me je sploh vpeljal v šport jadralnega padalstva. Hvala moji deklici Anji, ker mi je pomagala vedno ko sem si kaj izmislil. Hvala tudi naravi, ker nam dovoli ukvarjanje s tako čudovitim športom kot je jadralno padalstvo.

Zahvala gre somentorju Mateju Majeriču, ker me je kakor pravi psiholog motiviral, da sem se končno spravil k pisanju diplomskega dela.

Ključne besede: jadralno padalstvo, letenje, preleti, pilot

NAČRTOVANJE IN IZVEDBA PRELETA Z JADRALNIM PADALOM

Matic Erbežnik

Fakulteta za šport, Univerza v Ljubljani, 2012

Športna rekreacija

77 strani; 59 slik; 28 virov

IZVLEČEK

Namen diplomskega dela je bil predstaviti jadralno padalstvo ter bolj podrobno opredeliti disciplino prosti preleti z jadralnim padalom. Želeli smo skozi praktični primer razložiti potek, načrtovanje in izvedbo konkretnega jadralno padalskega preleta, ki ga je opravil avtor diplomskega dela.

Pregledali smo literaturo v slovenskem in angleškem jeziku ter strnili znanja ki govorijo o zgodovini, pojavnih oblikah in opremi pri jadralnem padalstvu. Za boljše razumevanje smo povedali tudi nekaj o osnovah aerodinamike in meteorologije, ki se tičejo jadralnega padalstva.

Prosti preleti z jadralnim padalom so kompleksna disciplina, pri kateri mora pilot imeti veliko različnih znanj in še več izkušenj. Analizirali smo prelet, ki ga je opravil avtor diplomskega dela, pri katerem je preletel 194 km zračne poti in je v zraku preživel več kot osem ur. Pri analizi preleta smo dodali še slikovni material, ki je iz avtorjevega osebne arhiva.

Pri pisanju diplomskega dela nam so nam bile v veliko pomoč izkušnje avtorja z jadralnim padalstvom in predvsem s preleti.

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to present paragliding and more precisely define the discipline of cross country flying with paraglider. Through the practical example, we wanted to explain the course, planning and implementation of a specific paragliding flight, carried out by the author of the thesis.

We reviewed the literature in Slovenian and English language and summed up the knowledge about the history, forms and equipment of paragliding. For better understanding, we also wrote something about the basics of aerodynamics and meteorology that concerns paragliding.

Cross country flying with paraglider is a very complex discipline in which a pilot must have a lot of different skills and even more experience. We analyzed the cross country flight made by the author of the thesis, in which he flew 194 km route and spent more than eight hours in the air. We also added image material from author's personal archive.

Author's experience in paragliding and mainly cross country flying, have been very helpful when writing this thesis.

Kazalo

1. UVOD	7
1.1. Pregled literature.....	8
1.2. Problem in cilji diplomskega dela	9
1.3. Kaj je jadralno padalstvo in jadralno padalo?	10
1.4. Izvor besedne zveze jadralno padalstvo	10
1.5. Zgodovina jadralnega padalstva	11
1.5.1. Zgodovina klasičnega padalstva in klasičnega padala	11
1.5.2. Zgodovina jadralnega padalstva in jadralnega padala.....	16
1.5.3. Začetki jadralnega padalstva v Sloveniji.....	17
2. METODE DE LA	19
3. RAZPRAVA	20
3.1. Pojavne oblike jadralnega padalstva.....	20
3.2. Oprema	23
3.2.1. Jadralno padalo.....	24
3.2.2. Sedež	27
3.2.3. Rezervno padalo	29
3.2.4. Ostala oprema.....	30
3.2.5. Letalne lastnosti ter sposobnosti opreme	31
3.2.6. Jadralno padalo in varnost.....	33
3.3. Osnove aerodinamike v jadralnem padalstvu	34
3.3.1. Lastnosti zraka.....	34
3.3.2. Osnovni zakoni v aerodinamiki.....	35
3.3.3. Aerodinamika v praksi	36
3.3.4. Princip letenja letalskega in jadralno padalskega krila	39
3.3.5. Spreminjanje hitrosti jadralnega padala	40
3.4. Osnove meteorologije v jadralnem padalstvu	41
3.4.1. Atmosfera ali ozračje	41
3.4.2. Načini prenosa energije.....	42
3.4.3. Meteorološki elementi in pojavi.....	43
3.4.4. Oblaki in njihov vpliv na letenje v praksi	44
3.4.5. Ali jadralni padalci lahko letijo po oblakih?	45

3.4.6.	Termika (termični vzgornik)	46
3.4.7.	Pobočni vzgornik.....	48
3.4.8.	Termični vzgornik in pobočni vzgornik v praksi	49
3.4.9.	Turbolenca.....	49
3.5.	Prosti preleti.....	49
3.5.1.	Kaj so prosti preleti?	49
3.5.2.	Poddiscipline prostih preletov	50
3.5.3.	Točkovanje poddisciplin	52
3.5.4.	Izbira poddiscipline	53
3.5.5.	Priprava na prelet	53
3.5.6.	Nekaj mejnikov v preletih (preletena zračna linija).....	55
3.5.7.	Tehnika letenja	56
3.6.	Primer prostega preleta (priprava, taktika, analiza-statistika).....	59
3.6.1.	Dejstva preleta in zapis poti	59
3.6.2.	Priprava na prelet	60
3.6.3.	Taktika preleta.....	61
3.6.4.	Analiza preleta iz dne 17.5.2009	63
3.6.5.	Povzetek prostega preleta iz dne 17.5.2009	73
4.	SKLEP	74
5.	VIRI	76
5.1.	Viri slik.....	77

»Če si kdaj okusil leteti, boš vedno hodil z očmi obrnjenimi v nebo. Od tukaj si in tja se boš dolgo vračal«

Leonardo da Vinci

1. UVOD

To, že skoraj preroško misel, je izrekel in napisal Leonardo da Vinci v petnajstem stoletju. In kako prav je imel italijanski renesančni arhitekt, izumitelj, inženir, kipar in slikar! Na to misel velikokrat pomislijo ljudje, ki radi letijo. Pri posameznih ljudeh se lahko ta neverjetno močna želja po letenju primerja z nekakšno zasvojenostjo. Nekateri letijo z letali, drugi s helikopterji, tretji skačejo z letal, letijo z baloni, zmaji,... Letalna naprava, ki je najbližje naravi in je najbolj prvinska, pa je vsekakor jadralno padalo.

Jadralno padalstvo je precej mlad šport. Začel se je 33 let nazaj in sicer leta 1978 v Franciji. Malokateri šport se je v zadnjih 30 letih toliko razvil kot jadralno padalstvo in eden glavnih razlogov za to je seveda tudi »mladost« tega športa. Od takrat, ko se je jadralno padalstvo začelo, pa vse do danes, gre razvoj tega športa strmo navzgor.

Govorimo o tehničnem razvoju opreme, tehniki in taktiki letenja, vse večjemu poznavanju meteorologije in napovedi vremena, spoznavanju novih letalnih terenov po svetu in še bi lahko naštevali. Razvoj gre tudi v smeri varnosti in letalnih sposobnosti jadralno padalske opreme. Proizvajalci morajo nekako najti kompromis med tema dvema dejavnikoma. Včasih pomenijo boljše letalne sposobnosti jadralnega padala manjšo varnost, a to ne drži vedno. Če primerjamo sodobna jadralna padala in jadralna padala iz npr. devetdesetih let, kaj hitro ugotovimo, da imajo danes neprimerljivo boljše letalne sposobnosti in hkrati večjo varnost.

Odkar jadralno padalstvo obstaja, se je oblikovalo več različnih disciplin. Poznamo naslednje oblike oziroma discipline:

- gorsko jadralno padalstvo oz. letenje z gora (povzpeti se na hrib ali goro ter odleteti z nje)
- pristajanje na točko-natančno pristajanje (pristati čim bližje določene točke)
- prosti preleti (preleteti čim daljšo pot, ki jo določiš sam in prilagodiš trenutnim vremenskim razmeram)
- hitrostni preleti (organizirana tekmovanja, kdo hitreje preleti določeno pot)
- akrobatsko jadralno padalstvo (čim lepše izvesti različne figure v zraku)
- motorno jadralno padalstvo (na hrbtu ima pilot motor s propelerjem)
- tandemsko letenje z jadralnim padalom (letenje v dvoje)

- jadralno padalstvo v stilu »para bivak« (kombinacija prostih preletov, hoje in letenja z gora)

V zadnjem času so vedno bolj popularne tudi kombinacije različnih disciplin. Bolj za zabavo je kombinacija hitrostnih preletov in pristajanja na točki. Kombinacija prostih preletov in letenja z gora se imenuje »para bivak«. Medijsko zelo znano tekmovanje v stilu »para bivak« se imenuje X-Alps, kjer tekmovalci letijo ali hodijo iz Salzburga do Monaka. Precej prepoznavno tekmovanje Dolomitenmann ravno tako zajema jadralno padalstvo.

Tudi na področju Slovenije je jadralno padalstvo zelo napredovalo. Slovenci imamo kar nekaj svetovnih rekordov in precej tekmovalcev, ki redno posegajo v sam svetovni vrh jadralnega padalstva. Z jadralnim padalom je bilo preleteno praktično celotno ozemlje Slovenije.

1.1. Pregled literature

Ob pregledu literature na temo jadralnega padalstva v slovenskem jeziku smo ugotovili, da je le-te zelo malo. Predvsem pa je literatura že precej stara in lahko bi rekli tudi zastarela. Tehnični napredek opreme in vse več znanja sta namreč skozi leta razvoja zahtevala tudi prilagoditev tehnike in učenja letenja. Literature, ki govori o jadralnem padalstvu, je malo, še manj pa je literature o disciplini prosti preleti o kateri bomo v diplomskem delu govorili.

Zadnja literatura v slovenskem jeziku na to temo je knjižica Vodnik za jadralne padalce in zmajarje: Izbrana letalna področja - Slovenija avtorja Matevža Gradiška. Zelo uporaben vodnik, ki pa je namenjen predstavitvi slovenskih vzletišč in pristankov. Pregledali smo tudi literaturo v slovenskem jeziku, ki sega v leto 2003. Imenuje se Učbenik za učitelje in pilote jadralnih padal in je delo večih avtorjev (Glušič M., J. Bon, S. Marinčič, S. Klokočovnik, M. Repovž, D. Jazbec, V. Kunaver, Š. Žuna, P. Lajevec). Vsekakor je to delo, ki bi ga moral imeti na polici vsak jadralni padalec, vendar pa se tudi ne dotika prostih preletov z jadralnim padalom bolj direktno. Naslednja publikacija, ki jo moramo omeniti, je priročnik z naslovom Leteti: učbenik za letenje z zmaji, motornimi zmaji, jadralnimi padali in baloni, avtorja Zlata Vaniča. Vsekakor vrhunski izdelek za leto 1991, a zopet smo prišli do ugotovitve, da je delo nekoliko za časom. Tudi učbenik, ki je za zmajarje, z naslovom Prosto letenje; učbenik za zmajarje, avtorja Roberta Bourges, je zanimivo branje. Prav tako je precej star, in sicer iz leta 1983. Obstaja še nekaj knjižic in učbenikov v slovenskem jeziku, toda le-te segajo nazaj v leto 1995 in še dlje. V sedemnajstih letih se je jadralno padalstvo toliko razvilo, da starejša literatura skoraj ni več uporabna.

Vsekakor je trenutno najbolj uporabna knjiga za jadralne padalce, ki jih zanimajo prosti preleti, Thermal Flying for Paraglider and Hang Glider Pilots, avtorja Burkhard Martens. Žal se te knjige ne da dobiti v slovenskem jeziku. Še en zelo uporaben priročnik se imenuje Paragliding: priročnik in vodič za letenje z jadralnim padalom, avtorja Panayiotis Kaniamos. Po zaslugi Tanike Virtovšek je preveden tudi v slovenski jezik. To je literatura, ki je v

povezavi z dano temo omembe vredna, ostale publikacije so precej stare ali pa ne govorijo bolj konkretno o disciplini prostih preletov, ki nas v tem diplomskem delu najbolj zanima.

1.2. Problem in cilji diplomskega dela

V diplomskem delu bomo predstavili zgodovino jadralnega padalstva, opremo, pojavne oblike in discipline, aerodinamiko, osnove meteorologije, tehniko in taktiko letenja pri preletih ter načrtovanje in izvedbo preleta.

Predvsem se bomo osredotočili na jadralno padalske proste prelete. To je disciplina, kjer naj bi pilot preletel čim daljšo pot, ki jo določi sam in jo sproti prilagodi vremenskim razmeram. Tako kot pri alpskem smučanju pravijo, da je smuk »kraljevska« disciplina, veljajo prosti in hitrostni preleti za »kraljevsko« disciplino pri jadralnem padalstvu. Lahko bi rekli, da je to precej subjektivna opredelitev, vendar bomo našli nekaj razlogov zakaj menimo, da ni tako. Pilot lahko na dan, ko so izredno dobre razmere, v zraku preživi do 10 ur. Pri skoraj vsakem preletu okoli 200 km pa približno 8 ur. V tem času mora pilot v svojem živčno-mišičnem sistemu analizirati ogromno količino podatkov (trenutna lastna hitrost in hitrost vetra, višina baze oblakov, verjetnost neviht in neugodnih vremenskih pojavov, konfiguracija terena, alternativni pristanki, ukvarjanje s samim vodenjem padala, turbulence in nemiren zrak, zračni prostor,...). Med preletom mora pilot tudi jesti in piti, da ohrani dobro psihofizično počutje. Izpostavljen je ekstremnim temperaturnim in višinskim razlikam v zelo kratkih časovnih obdobjih. Zato mora biti pilot za vsak dolg prelet odlično telesno in psihično pripravljen. To je le peščica razlogov zakaj so preleti v jadralnem padalstvu »kraljevska« disciplina.

V diplomsko delo bomo zajeli konkreten prelet (zapis poti-GPS) z jadralnim padalom, ki ga je opravil avtor diplomskega dela. V tem preletu je pilot v osmih urah preletel 194 km zračne poti. Letel je nad precejšnjim delom Julijskih Alp, Karnijskih Alp, večjim delom Karavank in dotaknil se je tudi Kamniško Savinjskih Alp. Ta prelet bomo obravnavali s tehničnega in taktičnega, hkrati pa tudi z vidika načrtovanja in izvedbe. Prek geografskih značilnosti preletenega terena bomo na posameznih konkretnih primerih razložili, kje se pojavljajo termični stebri in zakaj ravno tam. Uporabili bomo lastne dvanajstletne izkušnje s področja jadralnega padalstva ter teoretično znanje iz literature. Dodali bomo bogat slikovni material tega preleta ter njegovo trodimenzionalno animacijo. Ugotovitve bomo poskusili posplošiti, saj vsak prelet z jadralnim padalom zahteva podobno tehniko letenja in pripravo. Taktika pa je že bolj specifična iz preleta v prelet.

Moramo poudariti da je jadralno padalski prelet izredno kompleksna enačba in da na izid te enačbe vpliva mnogo spremenljivk. Jadralno padalstvo se dogaja v večinoma nevidnem mediju, in sicer v zraku. Zato ni niti en prelet enak drugemu v smislu meteoroloških dejavnikov, posameznih odločitev pilota, doseženih višin, vidljivosti, itd.

Namen in cilj diplomskega dela je strniti znanja o jadrlnem padalstvu in preletih iz različnih domačih in tujih virov ter predvsem temeljiti na lastnih izkušnjah. To znanje imamo namen podkrepiti s konkretnim primerom preleta, ki ga je opravil avtor diplomskega dela preko štirih manjših skupin Alp, in ga teoretično razložiti.

1.3. Kaj je jadrlno padalstvo in jadrlno padalo?

Jadrlno padalstvo je rekreativni in tekmovalni šport. Je najenostavnejša oblika letenja ki jo pozna človeštvo do danes. Jadrlno padalo pa je letalna naprava sešita iz blaga brez trdne konstrukcije. Z jadrlnim padalom vzletimo s tal (hriba), lahko pa tudi z vrvjo, ki je pritrjena na zadnji del vozila (vzletni vitel).

Jadrlno padalstvo se je razvilo in se še vedno razvija, tako v tekmovalnem, kot tudi v rekreativnem smislu. Ta šport ima tudi precej pojavnih oblik, ki jih bomo našteali in opisali v naslednjih poglavjih. Zato lahko v tem športu skoraj vsak najde svoj smisel in osebni cilj. Glavni cilj pa je seveda leteti in pri tem uživati ter se rekreirati.

1.4. Izvor besedne zveze jadrlno padalstvo

Besedna zveza jadrlno padalstvo je sestavljena iz dveh besed. Najprej se bomo osredotočili na drugo besedo, in sicer »padalstvo«, zato ker je padalstvo (klasično) šport, ki se je razvil že pred jadrlnim padalstvom. Beseda padalo (fr. in ang. Parachute) izhaja iz francoske predpone »para« in francoske besede »chute«. Predpona »para« izvira iz Grščine in pomeni »zavarovati pred«. Beseda »chute« pa v francoskem jeziku pomeni »padati«. Torej je beseda »padalstvo« (fr. in ang. Parachute) skovanka in v dobesednem prevodu pomeni »nekaj kar zavaruje pred padcem«. Prvi ki je uporabljal to besedo (Parachute) je bil francoski aeronavt Francois Blanchard, leta 1785 (White, 1968).

Beseda »jadrlno« pa daje besedi padalstvo drugačen pomen. Jadranje namreč pomeni izkoriščanje naravnih sil za potovanje (po vodi ali po zraku). Se pravi jadrlno padalstvo pomeni padalstvo, pri katerem se izkorišča naravne sile (vetrove, termiko) za potovanje oziroma jadrlnje po zraku. V praksi se reče, da je jadrlni padalec uspešno jadrln, ko je vsaj nekaj časa uspel obdržati enako višino ali se celo dvignil nad višino vzletišča.

1.5. Zgodovina jadralnega padalstva

1.5.1. Zgodovina klasičnega padalstva in klasičnega padala

Ko govorimo o zgodovini jadralnega padalstva in padala samega, ne moremo mimo zgodovine klasičnega padalstva. Jadrarno padalstvo namreč ne bi obstajalo brez klasičnega padalstva. Zgodovina obeh športov je zelo prepletena.

Padalo ima presenetljivo dolgo zgodovino. Kitajci naj bi že okrog leta 1100 izdelovali naprave, ki so imele trdno konstrukcijo, podobno današnjemu dežniku, in so bile prekrte s tkanino. S temi napravami so skakali z visokih stolpov (White, 1968).

Leonardo da Vinci nam je zapustil svoje skice iz leta 1495 o padalu, ki je imelo piramidasto obliko in leseno ogrodje (slika 1).



Slika 1. Skica Leonarda da Vincija (samilitaryhistory.org).

Prvi ohranjeni zapis o skoku s padalom sega v Benetke leta 1617. Fausto Veranzio naj bi skočil z nekega stolpa, pri tem pa uporabil lesen kvadraten okvir, preko katerega je napel tkanino. Padalo je poimenoval »Homo Volans«, ki v slovenskem jeziku pomeni leteči človek (slika2) (White, 1968).



Slika 2. Fausto Veranzio-leteči človek (wikipedia.org).

Po odkritju balona, ki je lahko dvignil človeka, leta 1783, je padalo doživelo hiter razvoj (Vanič, 1991). Francoz J.P. Blanchard je leta 1785 naredil padalo in za potnika privezal psa. Leta 1793 je bil primoran skočiti tudi sam, ko se je njegov balon na vroč zrak strgal. Preživel je!

Okoli leta 1797 je Andre Garnerin opravil prvi skok s padalom, ki ni imelo več trdnega ogrodja in je bilo narejeno iz svile. On je izumil tudi odprtino na vrhu padala in s tem izboljšal stabilnost padanja. Princip Garnerinove okrogle kupole je ostal enak vse do današnjih dni (rezervno padalo pri jadralnem padalstvu je še vedno narejeno na ta princip). Padalstvo se je v tej obliki odvijalo še celo 19. Stoletje (slika 3) (Soden, 2005).



Slika 3. Andre Garnerin-svileno padalo (Wikipedia.org).

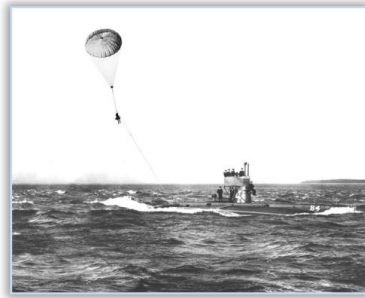
V kasnejšem obdobju se padalstvo razvija, pojavljajo se prvi pogumni padalci artisti, ki izvajajo različne trike. Sčasoma so začeli kupolo padala pospravljati v posebne vreče, pritrjene na košaro balona. Padec telesa je kupolo izvlekel iz vreče. Izumili so tudi pasove za telo saj so se prej držali trapezov na koncu vrvi. Za artiste se odprejo nove možnosti s pojavom letal. Leta 1911 Grant Morton kot prvi padalec skoči iz letala, to ponovi še Albert Berry leta 1912 (Meeks, 1991).

Nemški konstruktor Heinecke je leta 1913 iznašel način odpiranja padala s statično linijo. Vrečo s kupolo je spravil v nahrbtnik, vrh kupole pa je s statično linijo (»gurtno«) pritržil na letalo. Ko je padalec izskočil, je statična linija izvlekla kupolo in vrvi iz nahrbtnika. Ta način se še danes uporablja za šolanje padalskih učencev in padalske desante. Govorimo še vedno o klasičnem padalstvu (slika 4) (Guttman, 2012).



Slika 4. Padalski desant s statično linijo (Chris Otsen).

Padalo je bilo prvič uporabljeno za nekaj drugega kot za zmanjšanje hitrosti padanja med prvo svetovno vojno. Uporabljali so ga za vlečenje vojaških padalcev za podmornicami. Vojaka so dvignili na določeno višino in tako so videli kaj se dogaja na obzorju (izvidnica) (slika 5). Padala so uporabljali tudi zaradi manjših izgub vojakov na izvidniških balonih. Ko so nasprotniki napadli izvidniški balon, so vojaki lahko izskočili s padalom in si verjetno rešili življenje. Kot zanimivost naj povemo, da generali niso bili najbolj navdušeni nad temi reševalnimi padali. To pa zato, ker naj bi zmanjševali vojakovo voljo do bitke, saj se tako niso borili do konca, ampak so lahko prej izskočili (Lee, 1968).



Slika 5. Vleka padalske izvidnice za podmornico (circlinghawk.com).

Malo po koncu prve svetovne vojne pride tudi do razvoja padala, ki ni bilo privezano na letalo in je omogočalo prosti pad (1919). Takrat je američan Leslie Irvin izumil nahrbtnik v keterega so zložili padalo. Padalec ga je odprl med prostim padom s pomočjo potezne vrvice. Kot zanimivost naj povemo, da je do takrat veljalo prepričanje, da človek prostega pada ne more preživeti. Že leta 1930 je Nемец Richard Kohnke skočil z višine 7800m in prosto padal 142 sekund. Na sliki spodaj je eden prvih uporabnikov tega sistema Gleb Kotelnikov (slika 6) (Airborn Systems, 2009).



Slika 6. Gleb Kotelnikov (wikipedia.org).

Okrogl padala so bila v uporabi med leti 1930 in 1960. Vendar so se zaradi nevodljivosti začela opuščati. Najbolj razvito okroglo padalo je bilo »Paracommander«. To je bil začetnik vodljivih padal. Pojavil se je leta 1961. Padalo je bilo bolj podolgovato in je imelo odprtine na zadnji strani padala, kar je omogočalo boljše drsno razmerje (dolet) in je hkrati bilo bolj vodljivo (slika 7) (Curren, 1991).



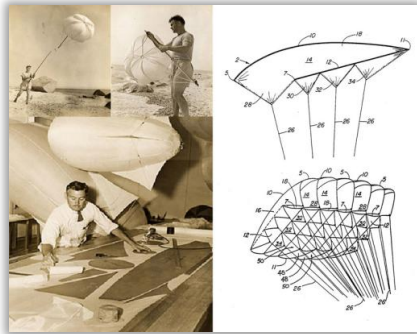
Slika 7. Paracommander ([wikipedia.org](https://www.wikipedia.org)).

Leta 1948 sta Francis in Gertruda Rogallo izumila tako imenovano »Rogallo krilo«. To krilo so pri NASI uporabljali za pristajanje raket. Francis Rogallo je priznan kot eden najpomembnejših ljudi, tako pri razvoju zmajarstva, kot tudi jadralnega padalstva. Rogallovo krilo je namreč začelo revolucijo prostega letenja in še vedno velja za enega najinovativnejših izumov v zgodovini prostega letenja (po Curren in Cruickshank, 1991) (slika 8).



Slika 8. Rogallo krilo ([circlinghawk.com](https://www.circlinghawk.com)).

Leta 1964 je Domina Jalbert iz Floride izumil »parafoil«. Ta dvoslojna konstrukcija krila ima odprt sprednji rob (celice) in zaprt (šivan) zadnji rob krila. Zrak pride v padalo skozi sprednji rob (celice), napolni konstrukcijo in tako se oblikuje krilo. Tak način konstrukcije krila se še danes uporablja, tako pri jadralnem, kot tudi klasičnem padalstvu (slika 9 in 10) (McBrewster, 2010).



Slika 10. Parafoil konstrukcija (circlinghawk.com).



Slika 9. Parafoil krilo danes (wikipedia.org).

Leta 1965 je David Barish, človek, ki je delal za NASO, opravil prve polete z »jadralnim krilom« (Sail wing) s hriba imenovanega »Hunter Mountain« v New York-u. Prav njega se tretira kot enega pomembnejših ljudi, ki so prispevali k izumu jadralnega padala (slika 11) (Murillo, 2001).



Slika 11. David Barish- Sail wing (circlinghawk.com).

V začetku sedemdesetih let prejšnjega stoletja je postala vleka »parafoil« padal in »Paracommander« padal strast Britanske zveze za padalstvo (British Association of Parascending). Padala so vlekli za avtomobilom in jih na določeni višini odklopili. Ta padala so imela zelo visoko hitrost spuščanja in posledično so bili pristanki zahtevni in nepredvidljivi. Takrat se je začela misija za razvoj boljših in predvsem bolj predvidljivih letalnih lastnosti padal. Ta misija je začela uspevati v sedemdesetih in osemdesetih letih, ko so začeli uporabljati predvsem zaneslivejša in zmogljivejša »parafoil« padala. Okrogla padala so bila hitro izrinjena iz uporabe. Danes se okrogla padala uporablja le še kot desantna,

pilotska reševalna, transportna in zaviralna padala. Še vedno so v uporabi tudi kot rezervna padala jadralnih padalcev (Bo, 1991).

1.5.2. Zgodovina jadralnega padalstva in jadralnega padala

Leta 1978 je prišlo do enega izmed ključnih trenutkov v zgodovini jadralnega padalstva. Fransoski padalci (klasični) Jean-Claude Betemps, Andre Bohn in Gerard Bosson so poizkusili s klasičnim padalom steči po hribu navzdol in vzleteti. To jim je tudi uspelo s pobočja blizu vasi Mieussy v Franciji. Ta pobočja so namreč imela za take polete idealen naklon. Hitro so vzbudili pozornost drugih ljudi in kmalu je postala vas Mieussy znana kot prva meka jadralnega padalstva na svetu. V približno istem času so to poizkušali tudi entuziastični Švicarji, ki so si pri vzletu pomagali s smučmi (Kačičnik, 1995).

Leta 1979 je Gerard Bosson predstavil jadralno padalstvo na zmajarskem svetovnem prvenstvu (Bo, 1991).

Leta 1982 pride do prvih poletov z visokih gora. Francoz Roger Fillon poleti s padalom iz stebra Frendo na Aiguille de Midi (3600 m), istega leta pa poleti še iz Mont Blanca (4807 m) in se vpiše v zgodovino. Leta 1985 Pierre Gevaux poleti še z Matterhorna in Eigerja, Alain Esteve pa z najvišjega vrha Južne Amerike Aconcagua (6950 m). Istega leta isti Francoz poleti še z 8074 m visokega Gašebroma. Ob tem je treba posebno poudariti, da so bili vsi ti poleti narejeni s klasičnimi padali. Jadralno padalstvo je namreč vse do konca leta 1987 predstavljalo predvsem novo dimenzijo alpinizma, in sicer lahek sestop z gora. Za to pa so uporabljali kar klasična padala. Takrat je bil največji podvig leteti s čim višjega hriba, zaradi česar lahko govorimo o nekakšnem »alpinističnem« padalstvu. Tedaj namreč letalne sposobnosti »jadralnega« padala še niso omogočale jadriranja, še manj pa preletov (Kačičnik, 1995).

Leta 1986 Hubert Appetit ob strmih stenah normandijske obale preleti razdaljo 36 km. To je bilo mogoče ob precej močnih pobočnih vetrovih. To je eden izmed prvih znanih preletov v zgodovini jadralnega padalstva. Isto leto izda delo ABC du parapente, prvi priročnik za jadralno padalstvo na svetu (Kačičnik, 1995).

Istega leta (1986) v Švici izdelajo prvo »pravo« jadralno padalo na svetu. Pravzaprav je bilo to jadralno padalo le modificirana kopija klasičnega padala, izdelana iz bolj neprepustnih in lažjih materialov (Kačičnik, 1995).

V letu 1987 se v alpskih državah pojavi pravi »bum« jadralnega padalstva. Leti že 10000 pilotov, narašča število proizvajalcev in šol. Japonec Kazuki Takamaschi poleti iz najvišje gore do tedaj, in sicer z 8201 m visokega Čo-oja (Kačičnik, 1995).

Piše se leto 1988 in proizvajalci jadralnih padal posvetijo ogromno pozornosti njihovemu razvoju. Raziskave potekajo celo v vetrovnikih, zato se pojavijo padala z boljšimi profili in

letalnimi sposobnostmi. Tega leta je preseženo drsno razmerje 5 (razmerje med horizontalno in vertikalno potjo, ki jo opravi padalo). Jadrarno padalstvo je sprejeto v Mednarodno letalsko zvezo (FAI) in v Franciji se odvija prvo evropsko prvenstvo. V Evropi leti že 30000 jadrarnih padalcev in stari rekordi izgubljajo veljavo. Dne 22. septembra 1988 Francoz Jean-Marc Boivin poleti z vrha Mount Everesta. Rekord v trajanju poleta se tistega leta poveča na 11 ur letenja, preleten pa je tudi trikotnik v dolžini 42 km. S poletom s strehe sveta se konča »alpinistično« letenje. Začne se poglavje jadrarnega letenja oziroma preletov, kar omogočajo letalne sposobnosti jadrarnih padal (Kačičnik, 1995).

Leta 1989 se je v Avstriji (Kossen) odvilo prvo svetovno prvenstvo v jadrarnem padalstvu (Kačičnik, 1995).

Naj omenimo še en tehnično-konstrukcijski mejnik v jadrarnem padalstvu. Zgodil se je okoli leta 1993 in Slovenci smo imeli velike zasluge za to. V jadrarno padalstvo so prenesli sicer že poznan koncept iz klasičnega padalstva iz osemdesetih let, in sicer diagonalna rebra. To je konstrukcijska rešitev, ki je zelo ojačala trdnost kupole. Posledično so imela jadrarna padala precej manj vrvic in s tem tudi manj zračnega upora (slika 12), (S. Marinčič, osebna komunikacija, marec 2012).



Slika 12. Domen Slana in diagonalna rebra (Domen Slana).

Od leta 1990 do danes so šli dosežki v jadrarnem padalstvu strmo navzgor. Najprej zaradi tehničnega napredka opreme. Iz tega vidika je ogromno doprineslo računalniško podprto konstruiranje jadrarnih padal. Kasneje pa je jadrarno padalstvo hitro napredovalo tudi zaradi vedno boljšega tehničnega in taktičnega znanja, boljšega poznavanja meteorologije in aerodinamike ter boljših vremenskih napovedi.

Zgodovina jadrarnega padalstva se z letom 1993 seveda ne konča, oprema je še vedno iz leta v leto boljša in bolj inovativna. Tudi dosežki in znanja so šli daleč naprej. Toda glavne prelomnice, vsaj kar se tiče razvoja opreme, so se zgodile nekje do tistih let.

1.5.3. Začetki jadrarnega padalstva v Sloveniji

V Sloveniji smo imeli prvi jadrarno padalski polet leta 1984. Takrat je Dare Svetina letel s padalom s pobočja Dobrče. Leto 1986 pa je pravi začetek jadrarnega padalstva pri nas. Prvi je

na Kamniškem vrhu začel leteti Sandi Marinčič, kmalu pa so se mu pridružili še drugi (Kunaver, V., Marinčič, S., Orehek, D., 1992). Leta 1987 so Sandi Marinčič, Vlasta Kunaver in Igor Krevelj leteli s Triglava. Istega leta sta Sandi Marinčič in Vlasta Kunaver letela še s 7120 m visokega Trisula v Himalaji. Tudi leta 1987 je organizirano prvo slovensko prvenstvo v jadralnem letenju, zmagovalec je Tone Svoljšak. Leta 1988 je Klemen Kobal letel v Andih s 6025 m visokega vrha Artensonraju. Tega leta leti že preko 120 pilotov. Jadralno padalstvo takrat postane uradno priznано v okviru prostega letenja. Tokrat je organizirano prvo državno prvenstvo v jadralnem padalstvu in zmagovalec je Iztok Tomazin. Andrej Bertoncelj leta 1988 jadra nad vzletiščem Kovk preko 90 min, kar je za tiste čase velik podvig. Istega leta Tone Svoljšak in Klemen Kobal letita 11 km daleč s Triglava v Bohinj (Kunaver, Marinčič, Vrhovec, 1988).

2. METODE DE LA

Uporabili bomo predvsem deskriptivno metodo. Pregledali bomo domače in tuje vire, predvsem pa bomo informacije črpali iz lastnih izkušenj avtorja diplomskega dela. Uporabili bomo računalniški program za analizo letenja (See You) ter program za obdelavo fotografij (Adobe Photoshop CS5).

3. RAZPRAVA

3.1. Pojavne oblike jadralnega padalstva

Jadralno padalstvo je mlad šport. V dobrih tridesetih letih odkar obstaja, se je veliko spremenilo predvsem pri jadralno padalski opremi. Nove tehnologije, nove zasnove, predvsem pa novi lažji in bolj čvrsti materiali. Vse naštetu, v kombinaciji z vedno večjim tehničnim in taktičnim znanjem, boljšim poznavanjem meteorologije, boljšimi napovedmi vremena, je pripeljalo do več različnih pojavnih oblik jadralnega padalstva.

Ko se je jadralno padalstvo začelo, je bilo jadralno padalo pripomoček za zabeven spust z gora v dolino. V bistvu so bili prvi jadralno padalski poleti opravljeni s klasičnimi padali. Na začetku so imela jadralna padala drsno razmerje enako kot klasična padala in sicer okoli 3 (iz enega metra višine je jadralno padalo preletelo 3 metre v dolžino). Zato je bil potreben precejšen naklon pobočja, da je jadralno padalo sploh vzletelo (S. Marinčič, osebna komunikacija, marec 2012).

Padala so se ob začetkih jadralnega padalstva uporabljala za »sestop« z gora. Zato je jadralna padala uporabljalo vedno več alpinistov in gornikov. To so bili časi, ko je bilo jadranje z jadralnim padalom zelo omejeno zaradi pomankljivosti opreme. Ta disciplina obstaja še danes in zopet pridobiva na veljavi. Imenuje se gorsko jadralno padalstvo (slika 13).



Slika 13. Gorsko jadralno padalstvo (osebni arhiv).

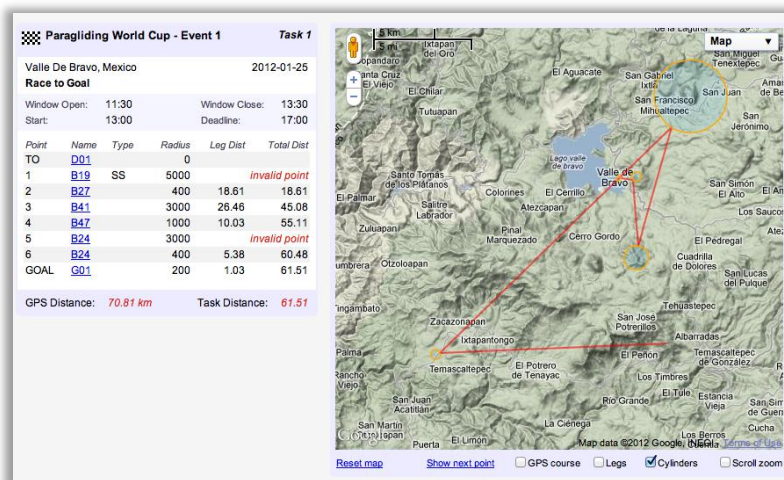
Pristajanje na točko z jadralnim padalom je bila logična posledica že uveljavljenih skokov na cilj klasičnih padalcev. Jadralni padalec mora pristati čim bližje določeni točki, ki se nahaja na pristajalnem prostoru. Ta disciplina se danes imenuje točnostno pristajanje (slika 14).



Slika 14. Točnostno pristajanje (Airwawe).

Z meteorskim razvojem jadrnalno padalske opreme okoli leta 1990 pa so se počasi začeli razvijati preleti z jadrlnim padalom. Prelet pomeni zračno potovanje z jadrlnim padalom. Jadrlni padalec v svojo prid med preletom izkorišča termična dviganja in vetrove. Najprej je prelet pomenil že 10 km preletene razdalje, danes pa je rekord že neverjetnih 502 km zračne razdalje.

Vzporedno so se začela razvijati tudi tekmovanja v hitrostnih preletih. To je disciplina pri kateri se tekmovalci (včasih jih je tudi okoli 140) zberejo na vzletišču, kjer jim organizatorji tekmovanja določijo pot (nalogo), ki jo morajo preleteti. To pot si tekmovalci vnesejo v svoje navigacijske (GPS) naprave. Zmagovalec je tisti, ki to določeno pot preleti najhitreje, oziroma preleti najdaljši del določene poti (v primeru da vremenske razmere ne omogočajo oblet celotne poti) (slika 15).



Slika 15. Primer naloge na svetovnem pokalu v Mehiki (Gin paragliders).

Jadrlna padala so postajala vedno hitrejša, bolj okretna in bolj vodljiva. Posamezni entuziasti so že okoli leta 1988 začeli iskati meje zmogljivosti jadrlnih padal. Na začetku so se jadrlnim padalcem zastoji krila, zapiranja, spirale in ostali manevri dogajali slučajno, predvsem zaradi napak pri vodenju padala ali turbolenc. Hkrati so začeli ugotavljati, da ti manevri ob načrtnem treniranju postanejo predvidljivi in kontrolirani. Danes občutijo akrobatski jadrlni padalci tudi sile okoli 5 kratne telesne teže pilota (5G). Ti jadrlni padalci še sami niso vedeli, da začenjajo novo pojavno obliko jadrlnega padalstva, ki je desetletje pozneje okoli leta 1999 dobila ime akrobatsko jadrlno padalstvo (akro) (slika 16).



Slika 16. Akrobatsko jadrlno padalstvo (Sol paragliders).

Motorni zmaji so obstajali že pred začetki jadralnega padalstva. Predvsem ljubitelji letenja, ki niso imeli na voljo naravnega terena (hribov, gora) za ukvarjanje z jadrlnim padalstvom, so seveda kmalu želeli razviti motor, ki bi omogočal jadrlnim padalcem letenje na ravninskih predelih. To jim je tudi uspelo in rodila se je disciplina, ki je še posebej popularna tam kjer ni hribov. Ta disciplina se imenuje motorno jadrlno padalstvo. Jadrlni padalec si tako kot nahrbtnik naloži motor s propelerjem. To mu omogoča vzlet s popolno ravnih predelov (slika 17).



Slika 17. Motorno jadrlno padalstvo (U-turn paragliders).

Tako kot je že obstajal zmaj dvosed (tandem), so jadrlni padalci dobili idejo, da bi lahko razvili tudi jadrlno padalo za dve osebi (tandem). Razvilo se je tandemsko letenje z jadrlnim padalom. Najboljši del tega je, da tisti ki si želi poleteti (potnik), ne potrebuje prav nobenega predhodnega znanja. Vse kar mora potnik vedeti, mu pove pilot tandema na vzletišču ali med transportom na vzletišče (slika 18).



Slika 18. Tandemsko jadrlno padalstvo (osebni arhiv).

Disciplina, ki je od leta 2003 obnorela jadrlno padalski svet, se imenuje »para bivak«. To je kombinacija prostih preletov in letenja z gora. Zelo medijsko znano tekmovanje v stilu »para bivak« se imenuje X-Alps, kjer tekmovalci letijo ali hodijo iz Salzburga do Monaka. Prva izvedba X-Alps se je zgodila leta 2003 in od takrat naprej se odvija vsako drugo leto. Pot, ki jo morajo tekmovalci bodisi preleteti bodisi prehoditi, se vsakič znova nekoliko spremeni.

Odkar jadrlno padalstvo obstaja, se je oblikovalo več različnih disciplin. Poznamo torej naslednje oblike oziroma discipline:

- gorsko jadralno padalstvo oz. letenje z gora (povzpeti se na hrib ali goro ter odleteti z nje)
- pristajanje na točko-natančno pristajanje (pristati čim bližje določene točke)
- prosti preleti (preleteti čim daljšo pot, ki jo določiš sam in prilagodiš trenutnim vremenskim razmeram)
- hitrostni preleti (organizirana tekmovanja, kdo hitreje preleti določeno pot)
- akrobatsko jadralno padalstvo (čim lepše izvesti različne figure v zraku)
- motorno jadralno padalstvo (na hrbtu ima pilot motor s propelerjem)
- tandemsko letenje z jadralnim padalom (letenje v dvoje)
- jadralno padalstvo v stilu »para bivač« (kombinacija prostih preletov, hoje in letenja z gora)

3.2. Oprema

Današnja jadralna padala imajo le malo skupnega s prvimi serijskimi padali s konca osemdesetih let. Novi materiali, izkušnje razvoja in vedno bolj zmogljivi računalniški programi za oblikovanje so omogočili današnjo aerodinamično dovršenost jadralnega padala. (Marinčič, 2003)

Vsa vedenja in izkušnje o konstrukciji so prinesla tudi občutno izboljšanje letalnih lastnosti jadralnega padala in s tem kvaliteto letenja. Toda ne glede na dovršeno obliko in izboljšane letalne lastnosti je jadralno padalo ostalo najbolj enostavna letalna naprava, ki nima trdne konstrukcije in je zaradi tega omejena glede pogojev, primernih za varno letenje. (Marinčič, 2003)

V tem poglavju bomo opisali opremo, ki jo uporablja jadralni padalec. V zadnjih desetih letih je v jadralnem padalstvu nastalo več različnih disciplin in zaradi tega se tudi oprema za različne discipline vedno bolj razlikuje. Razlika je predvsem v jadralno padalskih sedežih, razlikujejo pa se vedno bolj tudi jadralna padala, ki se uporabljajo za različne discipline. Pri predstavitvi opreme se bomo osredotočili na opremo, ki jo uporablja avtor diplomskega dela. To pa zato, ker bomo v nadaljevanju predstavili jadralno padalski prelet, ki ga je opravil avtor s tako opremo. Na kratko bomo tudi opisali razlike v opremi za različne discipline oziroma pojavne oblike (gorsko letenje, prosti in hitrostni preleti, akrobatsko jadralno padalstvo,...)

Osnovna oprema

- jadralno padalo
- jadralno padalski sedež
- rezervno padalo
- čelada

Dodatna oprema

- rokavice
- variometer
- navigacijski instrument (gps)
- radijska postaja
- ustrezna obutev (planinski čevlji)
- ustrezno topla oblačila in/ali kombinezon

Dodatki za prosti prelet

Za uspešen prosti prelet potrebuje pilot osnovno in dodatno opremo. Za čim bolj tekoče in čim manj stresno letenje pa jadralni padalci, ki se ukvarjajo s prostimi preleti, s seboj vzamejo še dodatke k opremi. Našteli bomo dodatke, ki so večinoma nepogrešljivi pri prostem preletu in se avtorju diplomskega dela zdijo zelo pomembni pri kvalitetnemu in varnemu letenju:

- voda oziroma rehidracijska tekočina- vsaj liter in pol
- energijske ploščice
- malica
- napolnjen mobilni telefon
- urinalni kondom ali plenica
- švicarski nož
- krema za zaščito proti soncu
- podkapa
- mazilo za ustnice
- sončna očala
- osebni dokument
- zemljevid
- denar za pot nazaj domov ali za prenočitev

3.2.1. Jadralno padalo

Glavni sestavni deli jadralnega padala so krilo, vrvice in nosilni trakovi.

Krilo (slika 19) je narejeno iz različnih najlonskih materialov - »ripstop« najlona, ki ima enostransko ali obojestransko impregnacijo, tako da je nepropusten za pretok zraka. Krilu dajejo obliko rebra- aerodinamični profili in vmesne diagonalne podpore ter prečne povezave, ki imajo podobno nalogo kot pri mostni konstrukciji: povečati trdnost. Poleg večje povezanosti in trdnosti krila pa te povezave omogočajo tudi manjše število nosilnih vrvic kar omogoča manjši zračni upor in posledično večjo hitrost jadralnega padala. Krilo ima na sprednjem robu odprtine (celice), skozi katere se polni z zrakom. Le-ta da krilu ob primerni hitrosti končno obliko in trdnost. Ravno tako so odprtine za pretok zraka tudi v rebrih, da se

lahko zrak pretaka po celem krilu in je hitrost polnjenja večja. Na koncih se krilo zoža v stabilizator, ki je zapognjen navzdol. Ta zmanjšuje inducirane vrtince, ki nastanejo na koncih krila in močno povečujejo upor (Marinčič, 2003).

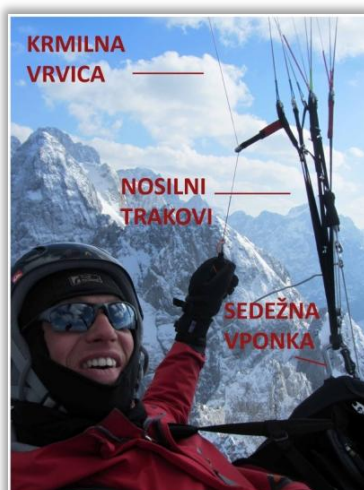
Na spodnji del krila so pritrjene vrvice (slika 19), ki jih delimo na nosilne vrvice in krmilne vrvice. So iz posebnih vlaken, mešanica kevlarja in armida, v zadnjem času se uporabljajo tudi že drugi materiali (dyneema). Nosilne vrvice določajo nastavitveni kot in upognjenost krila. Na padalu imamo vrvice različnih premerov in nosilnosti. Zaradi trenja - upora jih mora biti čim manj. Tanke vrvice povzročajo manj upora. S krmilnimi vrvicami pilot upravlja jadralno padalo. Pritrjene so na zadnji rob krila. Pahljačasto se združujejo v glavno krmilno vrstico, ki je pritrjena na krmilno ročico, to pa pilot drži v roki. Na padalu sta leva in desna krmilna vrstica. (Marinčič, 2003).



Slika 19. Jadralno padalo (osebni arhiv).

Nosilne vrvice se pripnejo na nosilne trakove (slika 20). Nosilna trakova sta dva (L in D), namreč vrvice gredo iz leve strani padala na lev nosilni trak in in iz desne strani padala na desni nosilni trak. Ta dva nosilna trakova si pilot vpne na levo in desno sedežno vponko (slika 20). Nosilna trakova imata tudi sistem škripecev, ki skupaj z nožnim pospeševalcem hitrosti omogočajo zmanjšanje vpadnega kota in s tem povečanje hitrosti krila (po Pagen, 2008).

Pilot si nosilna trakova pripne v sedež in v zraku visi pod krilom. Smer letenja upravlja s krmilnimi vrvicami (slika 20) v kombinaciji s prenosom teže na levi ali desni bok. V vsaki roki pilot drži po eno krmilno vrstico, ki sta pritrjeni na zadnji rob krila. Leva krmilna vrstica je pripeta na zadnji levi rob, desna pa na zadnji desni rob krila. Pri vlečenju krmilnih vrvic se zaviha zadnji rob krila, vzgon se na tem delu poveča, hitrost zmanjša in druga stran krila začne leteti hitreje. Posledično krilo zavije v željeno smer.



Slika 20. Sestavni deli jadralskega padala (osebni arhiv).

Kot smo že povedali, so se v zadnjem desetletju tudi jadralska padala specializirala za različne discipline. Razlika v jadralskih padalih je najprej v sami konstrukciji (obliki) krila jadralskega padala. Že na prvi pogled se jadralska padala razlikujejo po obliki. Različne oblike ponavadi pomenijo drugačne letalne sposobnosti (hitrost, minimalno propadanje, finesa,...) in pa zahtevnost letenja jadralskega padala. Glavne razlike so tudi pri številu, dolžini in debelini vrvic ter zasnovi nosilnih trakov. To se posredno povezuje tudi z varnostjo posameznega padala zato bomo več o konstrukciji in obliki krila povedali v naslednjih poglavjih (oprema in varnost).

Jadralska padala se med različnimi disciplinami razlikujejo tudi v izbiri velikosti padala. Razlike so v teži, in s tem, v izbiri materialov. Jadralska padala za *hitrostne in proste prelete* naj bi imela čim manj vrvic in le-te naj bi bile čim tanjše, zaradi večje hitrosti letenja. Velikost padala za posameznega pilota naj bi bila taka, da je obremenitev krila med 3,5-4,2 kg/m² (podatki proizvajalca Skywalk). Tudi konstrukcija nosilnih trakov in s tem vpadni kot padala za hitrostne in proste prelete sta drugačna od padala za akrobatsko in gorsko letenje. Jadralska padala za *akrobatsko letenje* morajo imeti več vrvic in le-te morajo biti bolj debele zaradi ogromnih sil, ki delujejo na padalo. Velikost padala za posameznega pilota naj bi bila taka, da je obremenitev krila tudi do 5,6 kg/m² (podatki proizvajalca U-turn). Se pravi da morajo biti jadralska padala za akrobatsko letenje manjša. Tudi materiali krila so bolj trpežni in nekoliko debelejši. Nosilni trakovi in vpadni kot krila sta prilagojeni zahtevam akrobatskega letenja. Padala za *letenje z gora* imajo zopet drugačne prioritete izdelave. Najpomembnejše je, da so čim lažja in čim manjša, da se jih lažje nese v gore. Velikost padala je lahko manjša, in s tem krilna obremenitev večja, kar je odvisno od izbire pilota. Zelo pomembno je tudi, da so

predvidljiva in enostavna pri vzletu, saj v gorah ponavadi ni urejenih in idealnih vzletišč. Vzletišča v gorah so večinoma precej zahtevna. Letalne sposobnosti (hitrost, minimalno propadanje, finesa) zato pri letenju z gora niso glavna prioriteta. Jadrnalna padala za gorsko letenje so narejena iz čim lažjih materialov, tako so prilagojene tudi vrvice in nosilni trakovi.

Za proste in hitrostne prelete se uporabljajo predvsem padala namenjena tej disciplini. Tudi avtor diplomskega dela uporablja tako padalo. Pomembne so letalne sposobnosti (hitrost, finesa, minimalno propadanje,...) padala in pa predvsem se mora pilot dobro počutiti pod svojim padalom. Boljše letalne sposobnosti padala namreč največkrat pomenijo tudi bolj zahtevno vodenje padala.

3.2.2. Sedež

Jadrnalno padalski sedež je izredno pomemben del opreme in pri izbiri mu je potrebno nameniti vsaj toliko pozornosti kot samemu jadralnemu padalu. Sedež ti nudi udobje, ali pa neudobje, med poletom. Če želi pilot učinkovito in varno leteti ter uživati pri tem, si mora izbrati pravi sedež in nastavitve za svoje potrebe.

Tako kot pri jadrlnih padalih je v zadnjem desetletju tudi veliko izbire pri sedežih. Sedeži so se prav tako ločili po jadrnalno padalskih disciplinah. Tako imamo na voljo drugačne sedeže za prelete, akrobatsko letenje, letenje z gora, tandemsko letenje in ostale pojavne oblike. Razlika med sedeži je predvsem v položaju telesa, ki ga zavzema pilot med poletom, zaščiti pilota (hrbna zaščita), teži sedeža in položaju rezervnega padala.

Različne discipline zahtevajo različen položaj pilota. Pri akrobatskem letenju naj bi bil pilot čim bolj v sedečem položaju zaradi sil, ki delujejo nanj in zaradi lažjega izvajanja manevrov (slika 21), medtem ko se piloti prostih preletov in hitrostnih preletov najbolj poslužujejo sedežev, kjer je položaj pilota bolj ležeč (slika 22). S tem dosežejo, da je čim manj zračnega upora in da je letenje čim bolj udobno. Pri letenju z gora je najpomembnejše da je sedež čim lažji.



Slika 21. Odprt sedeč sedež (osebni arhiv).

Jadrarno padalski sedež si pilot naloži na ramena tako kot nahrbtnik. Nato si ga pripne na več mestih z zaponkami. Med vzletom pilot stoji in teče, sedež je na njegovih ramenih. Po uspešnem vzletu pa pilot zavzame položaj med sedenjem in ležanjem (odvisno od discipline in osebnih nastavitvev). Vsak sedež si lahko pilot nastavi po lastnih željah. Sedež ima namreč nastavitvene sisteme, s katerimi pilot uravnava položaj telesa v sedežu.

Jadrarno padalski sedež je sestavljen iz različnih delov. Ramenske vezi so tiste, ki držijo sedež na pilotovih ramenih, medtem ko pilot vzleta. Med poletom imajo funkcijo ramenske opore. Prsno vez si pilot zapne pravokotno na ramenske vezi. Prsna vez določa razdaljo med nosilnima vponkama in posledično razdaljo med nosilnima trakovoma jadrarnega padala. Tudi ta razdalja je odvisna od discipline in osebnih prioritet pilota. Nožne vezi si pilot zapne zato, da ne zdrsne iz sedeža pri nagibu naprej in med vzletom. Vse te vezi imajo avtomatske zaponke, ki si jih pilot zapne pred vzletom. Nekateri sedeži imajo še druge dodatne vezi in vpetja, ki so odvisna od posameznega proizvajalca. Nekateri sedeži imajo tudi prečko za noge, kamor pilot med poletom nasloni iztegnjene noge in tako noge počivajo in so hkrati v bolj aerodinamičnemu položaju. Večina sedežev ima tudi nožni pospeševalec, ki se nahaja pod kolena pilota. Ta nožni pospeševalec je s sistemom škripcev povezan z nosilnimi trakovi jadrarnega padala. Ko pilot z nogami pritisne na nožni pospeševalec, se pritisk preko škripcev in nosilnih trakov prenese na jadrarno padalo. S tem se spremeni vpadni kot jadrarnega padala in padalo začne leteti hitreje. Takrat je jadrarno padalo tudi bolj občutljivo na turbulence in deformacije, zato je potrebno pri uporabi nožnega pospeševalnika veliko znanja. Naslednji del sedeža je hrbtišče za oporo hrbta in sedišče (plošča) za oporo zadnjice. Hrbtišče in sedišče nudita telesu oporo med letenjem. Zelo pomemben del sedeža je tudi hrbtna zaščita, ki je ponavadi izdelana iz različnih umetnih pen in karbona. Ta se ob močnejšem udarcu deformira in poizkuša prevzeti čim več energije, da zaščiti pilota pred poškodbami hrbta. Različni modeli sedežev za različne discipline imajo drugačne hrbtne zaščite. Predvsem se razlikujejo po velikosti oziroma debelini zaščite. Kot primer povejmo, da najlažji sedeži za gorsko letenje sploh nimajo hrbtne zaščite. To pa zato, ker je prioriteta čim lažji sedež in ne čim bolj zaščiten. Medtem ko imajo akrobatski sedeži in nekateri sedeži za prelete precej debelo hrbtno zaščito. Debelina hrbtne zaščite je prepuščena izbiri pilota. Vsak se sam odloči kakšno hrbtno zaščito si želi imeti. Pri odločitvi o nakupu sedeža ima velik pomen tudi, kje se nahaja rezervno padalo v sedežu. Namreč večina sedežev ima vgrajen prostor za namestitev rezervnega padala. Rezervno padalo je lahko nameščeno v sedežu pod zadnjico, za hrbtom, na levi ali desni strani sedeža. Obstajajo pa tudi sedeži, ki nimajo prostora namenjenega za rezervno padalo. Takrat si pilot pripne rezervno padalo na nosilni vponki in jo ima na vidnem mestu pred seboj.

Za proste in hitrostne prelete se najbolj uporabljajo ležeči in zaprti sedeži. Zaprti sedež pomeni, da ima pilot noge med letenjem v nekakšnem »kokonu« oziroma vreči. To se je razvilo predvsem zaradi boljše aerodinamike in udobja med preleti. V zaprtem sedežu je tudi bolj toplo in manj vetrovno, kar je pri preletu ki traja tudi 8 ur in več, zelo pomembno. Tudi avtor diplomskega dela uporablja ležeč, zaprt sedež (slika 22).



Slika 22. Zaprt ležeč sedež (osebni arhiv).

3.2.3. Rezervno padalo

Rezervno padalo (slika 23) je izhod v sili. Rešilo je že veliko življenj v jadralnem padalstvu, tako kot varnostni pas v avtomobilu. Če jadralno padalo postane neobvladljivo iz kateregakoli razloga, je tukaj še rezervno padalo.

Rezervna padala so popolnoma drugačno zasnovana kot jadralno padalo. Ima obliko kupole in podobna padala uporabljajo v vojski za desantne skoke. Večina rezervnih padal je nevodljivih, to pomeni da ko se ga aktivira, nima pilot več nobenega vpliva kam bo z rezervnim padalom pristal. Po aktiviranju rezervnega padala, se jadralno padalo ne loči od pilota. Pilot mora jadralno padalo med padanjem z rezervnim padalom čim bolj onesposobiti ali ga celo povleči k sebi. S tem se onemogoči velike nihaje, ki povzročijo prehitro padanje z rezervnim padalom. Vertikalna hitrost padanja z rezervnim padalom je med 4,5- 6,5 m/s.

Rezervno padalo je dobro vsake dve leti raztegniti in ponovno zložiti. Zato, da se ne zlepi skupaj od vlage, fizičnih obremenitev in ostalih vplivov. To mora narediti seveda nekdo, ki je za to pooblaščen.

Dobro je tudi, da vsak jadralni padalec vsaj vsakih pet let namenoma aktivira rezervno padalo, v kontroliranih pogojih. To pomeni, da aktivira rezervno padalo nad stoječo vodo (jezero, morje), opremljen z rešilnim jopičem in nožem, brez instrumentov in seveda z reševalno ekipo, ki vse to spremlja v čolnu. To je dobro zaradi tega, da pilot izgubi strah pred aktivacijo rezervnega padala. Ko pride do realne situacije za izmet rezervnega padala, pilot tako ne okleva zaradi že predhodno poznanih občutkov in treninga. To mu lahko reši življenje.

Avtor diplomskega dela ni bil še nikoli v dvanajstih letih aktivnega ukvarjanja z jadrlnim padalstvom primoran aktivirati rezervno padalo. Aktiviral pa ga je enkrat namenoma v kontroliranih pogojih, kot je opisano zgoraj.



Slika 23. Aktivirano rezervno padalo (flsussex.com).

3.2.4. Ostala oprema

Tukaj bomo namenili še nekaj besed ostali opremi, ki jo uporabljajo jadrlni padalci.

Čelada je seveda obvezni del opreme. Vsak jadrlni padalec jo uporablja za zaščito glave pred udarci. Obstaja več vrst čelad. Predvsem pa se delijo na odprte čelade in zaprte čelade (integralke). Priporoča se seveda uporaba zaprtih čelad, ki zaščitijo tudi obrazni del glave.

Oblačila morajo biti letnemu času primerna. Skoraj obvezni del opreme za pilota prostih preletov je podkapa. Upoštevati je potrebno tudi ekstremne temperaturne razlike. Na 3000 m.n.v. je lahko meseca junija 0 stopinj celzija, na 700 m.n.v. pa okoli 25 stopinj. Pilot se lahko nahaja v obeh zračnih plasteh v časovni razliki manj kot 20 min. Zato je dobro, da je pilot oblečen večslojno in da ima čim več zadrg, da se lahko v toplejših plasteh zračni in v hladnejših plasteh zapne.

Obutev naj bi segala čez gležnje. Lažji pohodniški čevlji so najbolj primerni. Vzlet z jadrlnim padalom se začne na pobočju, kjer je več ali manj kamenja, korenin, lukenj in ostalih prepek. V času vzleta se mora pilot osredotočiti predvsem na jadrlno padalo in zato nima ravnno veliko časa gledati pod noge. Dogaja se tudi, da pilot pristane na precej neprehodnem terenu in mora hoditi z 20 kilogramskim nahrbtnikom še npr. dve uri. Po strmem in težko prehodnem terenu bi bila nizka obutev precej neprimerna in predvsem nevarna.

Variometer je nepogrešljiv pri preletu z jadrlnim padalom. Variometer je instrument, ki zaznava trenutne spremembe višine. Deluje na osnovi zračnega pritiska. Ko se jadrlni padalec nahaja v dvigajoči zračni masi, instrument to zazna in z zvočnimi signali obvešča pilota. Se pravi, ko se padalec dviga, instrument prekinjeno piska. Hitrejše kot je dviganje,

hitreje piska variometer. Pilotu je pri preletu z jadralnim padalom v interesu, da pridobiva višino, zato je piskanje nekaj zelo dobrodošlega za pilota jadralnega padala. Variometer tudi zaznava nadmorsko višino na kateri se jadralni padalec nahaja.

Navigacijski instrument (gps) je tudi pomemben del opreme. Zapisuje si namreč pot, po kateri jadralni padalec leti. Izračunava hitrost jadralnega padalca glede na tla in hitrost ter smer vetra. Na tekmovanjih v hitrostnih in prostih preletih je zapis poti iz gps-a dokaz, na podlagi katerega se izračuna rezultat. V zadnjih petih letih se najbolj uporablja kombinirane instrumente, to pomeni da sta variometer in gps združena v eni napravi. To omogoča večjo skoncentriranost pilota na letenje in manj opravka z različnimi instrumenti.

Radijska postaja je pomembna zaradi varnostnih razlogov. Dobro je, da pilot vsake toliko časa sporoči svoj položaj ostalim sopilotom. Namreč, če slučajno pride do strmoglavljenja, reševalci hitreje najdejo mesto nesreče. Tudi komunikacija med piloti je včasih zelo pomembna, saj si lahko sopiloti med seboj izmenjujejo trenutne letalne razmere pri njihovih položajih (hitrost in smer vetra, oblačnost,...), kar je lahko v veliko pomoč.

3.2.5. Letalne lastnosti ter sposobnosti opreme

Piloti jadralnih padal se marsikdaj pogovarjajo kako dobro ali slabo leti njihovo padalo. V tem poglavju bomo poskušali odgovoriti na vprašanje: kdaj neko padalo leti dobro? Dodajmo še to, da dobre letalne sposobnosti pri jadralnem padalu, pomenijo različno v različnih disciplinah. Mi smo se osredotočili predvsem na disciplino hitrostni in prosti preleti, saj bomo v nadaljevanju diplomskega dela govorili predvsem o tem. Razložili bomo tudi, kaj so letalne sposobnosti in lastnosti jadralnega padala.

Kako bo jadralno padalo letelo in kakšne letalne lastnosti bo imelo je odvisno od številnih konstrukcijskih odločitev (Marinčič, 2003):

- vrsta profila
- geometrija padala - vitkost
- osnovni vpadni kot - nastavitveni kot
- dolžina vrvic
- zakrivljenost krila
- razporeditev in način zaviranja krmilnih vrvic
- položaj skupnega težišča

Poleg konstrukcije pa na letalne lastnosti in sposobnosti izredno vpliva tudi krilna obremenitev (kg/m^2), ki mora biti za določeno velikost in tip padala v zahtevanih mejah. (Marinčič, 2003)

Letalne lastnosti se ugotovijo iz testnega protokola, ki ocenjuje zahtevnost vodenja in stopnjo stabilnosti posameznega modela. (Marinčič, 2003). Obstaja več različnih testnih protokolov. Danes so vsaj v Evropi najbolj aktualni CEN in LTF testni protokoli. To so protokoli različnih testov, katerim so podvržena jadralna padala. Na osnovi reakcij na testiranja, se nato jadralna padala razdelijo v različne varnostne razrede (CEN - a, b, c, d ali LTF - a, b, c, d).

Osnovno vodilo načrtovanja jadralnih padal je v iskanju najboljšega razmerja med letalnimi sposobnostmi in stabilnostjo za posamezne modele, ki jih glede na te kriterije delimo na naslednje varnostne razrede (Marinčič, 2003):

- šolska - začetniška padala (CEN, LTF / A) - finesa okoli 8
- športna padala - srednji razred (CEN, LTF / B, C) - finesa okoli 9
- tekmovalna padala (CEN, LTF / D)- finesa okoli 10 in več

Finesa pomeni razmerje med horizontalno in vertikalno potjo, ki jo opravi jadralno padalo v zraku. Primer: finesa 8 pomeni, da jadralno padalo iz 1 km višine nad tlemi preleti 8 km razdalje.

Naj povemo, da gredo sposobnosti in lastnosti jadralnega padala z roko v roki z zahtevnostjo upravljanja in varnostjo. Ponavadi pomenijo boljše letalne sposobnosti padala manjšo varnost, a to razvojno gledano ne drži popolnoma. Razvoj jadralnega padalstva od začetkov do danes je pripeljal do tega, da imajo današnja padala istega varnostnega razreda kot leta 1990, precej boljše letalne lastnosti in sposobnosti. Se pravi, da so hkrati bolj zmogljiva in bolj varna.

Letalne sposobnosti in lastnosti je najlažje opisati preko že zgoraj omenjenih varnostnih razredov jadralnih padal:

- šolska-začetniška padala:

so namenjena šolanju in prvim letalnim izkušnjam. Imeti morajo nezahteven vzlet in dobro stabilno vodljivost. Ta razred padal najbolj odpušča pilotove napake pri vodenju. Biti morajo izredno stabilna, kar pomeni, da se pri različnih ekstremnih manevrih hitro in brez posredovanja pilota povrnejo v normalen let. Ta padala naj bi imela tudi kar se da nizko minimalno hitrost (Marinčič, 2003). Sposobnosti in lastnosti teh padal: velika pasivna varnost, majhna horizontalna hitrost, večja vertikalna hitrost padanja (propadanje), manjši dolet (dršno razmerje), slaba probojnost proti vetru, majhna vitkost.

- športna padala-srednji razred:

so namenjena pilotom, ki obvladujejo dinamiko aktivnega letenja. To pomeni, da aktivno kontrolirajo položaj padala nad seboj in ga popravljajo. Ta padala imajo že precej boljše letalne sposobnosti kot šolska padala. Omogočajo kvalitetno letenje v termičnih lokalnih jadranih in v daljših preletih. Ta razred naj bi imel še vedno dobro stabilnost in po ekstremnih

manevrih naj bi se padala stabilizirala brez pilotove pomoči (Marinčič, 2003). Ta razred padal na račun boljših letalnih sposobnosti že manj odpušča napake pilota. Sposobnosti in lastnosti teh padal: manjša pasivna varnost, večja horizontalna hitrost, manjša vertikalna hitrost padanja (propadanje), boljši dolet (drсно razmerje), precej boljša probojnost proti vetru, večja vitkost.

- tekmovalna padala:

so namenjena najizkušenejšim in najboljšim pilotom, ki veliko letijo in imajo tudi tekmovalne ambicije. So zahtevna za upravljanje in za stabilizacijo nekaterih ekstremnih manevrov zahtevajo pravilno posredovanje pilota. Njihova največja prednost je visoka maksimalna hitrost in dobro razmerje med horizontalno in vertikalno hitrostjo pri pospešenem letu (Marinčič, 2003). Sposobnosti in lastnosti teh padal: najmanjša pasivna varnost, največja horizontalna hitrost, najmanjša vertikalna hitrost padanja (propadanje), najboljši dolet (drсно razmerje), najboljša probojnost proti vetru, največja vitkost.

Letalne sposobnosti jadralnega padala so torej:

- minimalna in maksimalna horizontalna hitrost (najbolj zavrto in najbolj pospešeno padalo)
- hitrost najmanjšega propadanja (je tista horizontalna hitrost, pri kateri ima jadralno padalo najmanjšo vertikalno hitrost padanja - propadanje)
- trim hitrost (je hitrost nezavrtega padala s krmilnimi ročicami)
- hitrost pri katerem ima krilo najboljšo fineso - dolet (hitrost pri kateri jadralno padalo preleti največjo horizontalno razdaljo)

Torej v realnosti jadralno padalo leti dobro, če ima čim boljše letalne sposobnosti, ki smo jih našli zgoraj. Vendar zgolj to še ni dovolj. Imeti mora tudi dobro vodljivost. To pa je trenutno najpomembnejše razvojno vodilo proizvajalcev: narediti čim boljše in hkrati čimbolj vodljivo in varno padalo.

3.2.6. Jadralno padalo in varnost

Kot smo omenili že v prejšnjem poglavju, se jadralna padala delijo v varnostne razrede. Hkrati jih to deli tudi po letalnih sposobnostih. Torej naj povemo nekako tako: boljše letalne sposobnosti ima jadralno padalo, bolj je zahtevno za upravljanje. Lahko bi temu rekli, da je padalo z boljšimi letalnimi sposobnostmi tudi bolj nevarno. Seveda ni tako enostavno. Padalo z odličnimi letalnimi sposobnostmi (bilo naj bi najbolj »nevarno«), je v rokah izkušenega in dovolj usposobljenega pilota prav tako varno, kot padala ki imajo slabše letalne sposobnosti. Če poizkušamo to misel projicirati na smučanje: tekmovalni smučar bo z zelo sposobnimi (»nevarnimi«) smučmi smučal varno in hkrati hitreje. Medtem ko bo imel smučarski začetnik s temi smučmi nemalo težav in tudi precej več možnosti za poškodbo. Ta začetnik bo hkrati

smučal tudi počasneje kot s smučmi primernimi za svoje znanje. Zelo pomembno pa je tudi to, da med smučanjem s smučmi, ki niso primerne za njegovo znanje, ne bo užival. Enako velja pri jadralnem padalstvu. Tekmovalna padala so v rokah pilota, ki zna dobro leteti prav tako varna. Zraven pa lahko pilot izkoristi tudi boljše letalne sposobnosti svojega jadralnega padala.

Padala, ki se prodajajo, morajo iti čez testne protokole, da se lahko določi njihov varnostni in sposobnostni razred. Odvisno tudi od državnih zakonov. V večini držav morajo padala obvezno biti certificirana (opraviti testne protokole), v nekaterih temu ni tako. Seveda je to povezano tudi s politiko zavarovanj, saj v nekaterih državah ne veljajo zdravstvena zavarovanja in zavarovanja proti tretji osebi, če padala niso opravila testnih protokolov in dobila certifikata.

Naj povzamemo misli. Vsak pilot si lahko izbere padalo, ki je po sposobnostnem in predvsem varnostnem razredu primerno za njega. V realnosti se žal še vedno prevečkrat dogaja, da si piloti izberejo padalo, ki je prezahtevno za njihovo znanje. To pomeni, da med letenjem niso sproščeni in ne uživajo toliko kolikor bi lahko. Ker niso dorasli temu razredu padala, tudi ne morejo izkoristiti vseh potencialov, ki jih padalo nudi. Najpomembneje pa je, da je letenje bolj stresno in bolj nevarno kot če bi izbrali razred padala, ki je primeren njihovemu znanju.

3.3. Osnove aerodinamike v jadralnem padalstvu

Aerodinamika je veda, ki proučuje pojave ob gibanju telesa skozi zrak. Vsak letalec in s tem tudi jadralni padalec mora poznati osnove teorije letenja, da bo vedel, kje so meje varnega letenja in da bo v kritičnih trenutkih znal pravilno reagirati. Med te osnove spada tudi aerodinamika letenja. (Glušič, 2003)

3.3.1. Lastnosti zraka

Lastnosti zraka so tlak, gostota, temperatura, viskoznost, stisljivost, vlažnost itd. Na te lastnosti zraka vpliva predvsem sila težnosti. Sila težnosti tudi neposredno vpliva, da se lastnosti zraka spreminjajo z nadmorsko višino. Tako na primer tlak, gostota in temperatura z višino padajo. Sevanje sonca in razgibanost (konfiguracija terena) Zemlje preko vremenskih pojavov prav tako močno vplivata na fizikalne lastnosti zraka (Glušič, 2003).

Zračni tlak: to je pritisk zraka na Zemljino površino. Meri se v Pascal-ih (Pa). V aerodinamiki ločimo statični in dinamični tlak. Statični ali barometriški tlak dobimo vsak dan pri poročilih. Dinamični tlak pa je posledica gibanja zraka in je odvisen od njegove gostote in hitrosti (Glušič, 2003).

Gostota: pove nam kolikšna masa mešanice plinov (zraka) se nahaja v določenem prostoru (volumnu). Gostota zraka je največja v najnižjih slojih atmosfere in je tesno povezana z

zračnim tlakom in temperaturo. Spremembo gostote v »aerodinamiki nizkih hitrosti« (kamor spada tudi jadralno padalstvo) lahko zanemarimo. Enota za merjenje gostote zraka je kg / m^3 . Označujemo jo z grško črko ρ (Glušič, 2003).

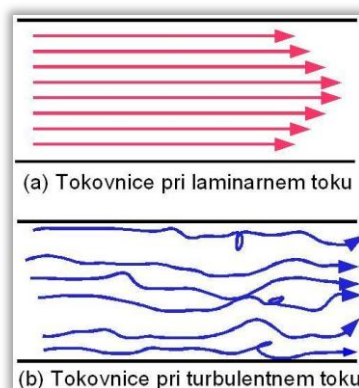
Temperatura: je merilo za merjenje povprečne kinetične energije molekul zraka, ki se gibljejo v prostoru. Merimo jo v stopinjah Kelvina ($^{\circ}\text{K}$). Pogosteje pa je uporabljeno merjenje temperature po Celzijevi skali ($^{\circ}\text{C}$), ki je določena z lediščem in vreliščem vode. Segrevanje zračne mase je močno odvisno od vremenskih in orografskih pogojev. Večino toplotne energije sprejme zrak od Zemljine površine. Toplotno sevanje Zemlje z oddaljenostjo od površine slabi. Do določenih plasti atmosfere z višino pada premo sorazmerno tudi temperatura zraka (Glušič, 2003).

Viskoznost: je lastnost tekočin in plinov. Med molekulami zraka delujejo molekularne sile (notranje trenje), ki vplivajo na premikanje zračnih plasti. Hitrejše plasti zraka z medmolekularnimi silami vlečejo sosednje, počasnejše plasti in jih pospešujejo, te pa nasprotno zadržujejo hitrejše plasti. Ta medmolekularna sila, s katero hitrejša plast zraka vleče sosednjo, počasnejšo v smeri gibanja se imenuje viskozna sila (Glušič, 2003).

3.3.2. Osnovni zakoni v aerodinamiki

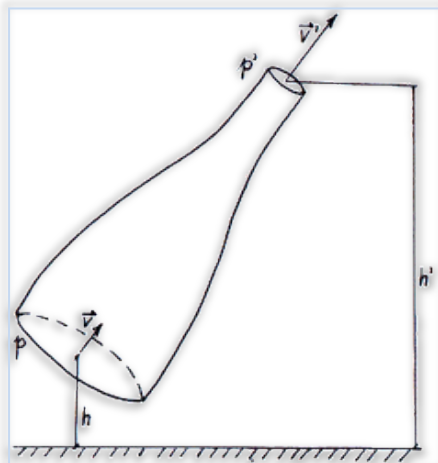
Aerodinamika preučuje pojave, ki nastajajo pri gibanju teles skozi zrak ali pri obtekanju zraka okoli mirujočega objekta. Kako se osnovni zakoni aerodinamike prenesejo v prakso, bomo razložili v poglavju Aerodinamika v praksi.

Tokovnica (slika 24): če opazujemo majhen delec zraka, ki z neko relativno hitrostjo potuje mimo aerodinamičnega telesa, opazimo da zariše določeno pot. Tej prostorski krivulji pravimo tirnica. Tokovnica pa je prostorska krivulja, za katero velja, da je hitrost v vsaki točki, ki leži na njej, usmerjena v smeri tangente na tokovnico. V aerodinamiki ločimo laminarno in turbolentno gibanje zraka. Pri laminarnem toku so tokovnice vzporedno s konturo aerodinamičnega telesa in druga z drugo. Pri turbolentnem toku pa se tokovnice prepletajo oziroma mešajo med seboj (Anderson, 2001).



Slika 24. Tokovnice (www.fiz.e-va.si).

Zakon o ohranitvi mase (m) (slika 25 in 26): kadar opazujemo stacionarni tok zraka v cevi, opazimo, da je količina zraka ki vstopi v cev enaka tisti ob izstopu iz cevi. Ta pojav pojasnjuje kontinuitetna enačba oziroma zakon o ohranitvi mase. Če je cev na nekem mestu zožena, pomeni, da se bo hitrost zraka na tem mestu povečala, da se ohrani masni pretok (slika 25). Torej zakon o ohranitvi mase pravi, da se mora hitrost v cevi povečati, kadar se zmanjša njen presek. Tako se ohrani enak masni pretok v vseh delih cevi (Anderson, 2001).



Slika 25. Zakon o ohranitvi mase (neznan avtor).



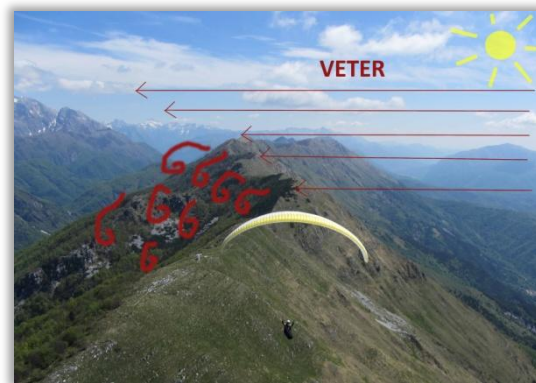
Slika 26. Zakon o ohranitvi mase pri Jesenicah (osebni arhiv).

Zakon o ohranitvi energije: zračni tlak se v cevi z enakomernim prerezom vzdolž smeri pretoka ne spreminja, če predpostavimo, da je zrak idealen plin in tok stacionaren. Drugače je, če se prerez cevi spreminja. Kjer je prerez cevi večji, je hitrost manjša, na zoženem delu pa večja. Pri meritvah tlaka pa opazimo, da je v ožjem delu, kjer je hitrost večja, manjši tlak. V širšem delu cevi, kjer je hitrost zraka manjša, pa je večji tlak. To povezanost se opisuje z zakonom o ohranitvi energije oziroma Bernoullijevo enačbo. Zakon o ohranitvi energije pravi, da je vsota vseh energij v vsakem opazovanem prerezu enaka (Anderson, 2001).

3.3.3. Aerodinamika v praksi

Zrak predstavlja poligon za jadralne padalce. Tako kot voda predstavlja poligon za kajakaše. Ta dva medija (zrak in voda) lahko povežemo, za lažjo predstavo. To pa zato, ker se zrak in voda obnašata zelo podobno ob podobnih pogojih. Razlika je predvsem v gostoti in v tem, da je zrak neviden medij, vodo pa naše oko lahko zazna. In prav tu morajo biti piloti jadralnih padal najbolj pozorni. Zraka namreč na vidijo in zato je potrebno predvidevanje gibanje zraka. Kot primer naj navedemo vrtnčenje zraka (rotor) ob vetrovnemu dnevu za gorskim grebenom (zavetrni strani) in vrtinec vode za skalo (kontra tok) (slika 27). Praktično gre za isto stvar v različnih agregatnih stanjih (voda in zrak). Kontra tok kajakaši s pridom izkoriščajo, medtem ko se mora jadralni padalec izogibati teh zračnih »kontra tokov«, ki se ob močnejšem vetru naredijo na zavetrnih straneh grebenov in dolin ter ostalih ovir. Z izkušnjami in učenjem

lahko piloti zelo dobro predvidijo zaveterne vrtince (rotorje) ter gibanje zraka in to izkoriščajo v svojo prid.



Slika 27. Zavetrna turbolenca (osebni arhiv).

Lastnosti in obnašanje zraka v praksi

V praksi je za jadralne padalce zračni tlak precej pomemben dejavnik. Predvsem zato, ker nizek zračni tlak ponavadi pomeni slabše vreme za letenje, visok pa ravno obratno.

Gostota zraka je stvar o kateri se sicer jadralni padalci ne pogovarjajo prav veliko. Tudi nima nekega posebnega pomena ob pregledovanju vremenske napovedi in podatkov za ugotavljanje ugodnega vremena za prelete. V praksi je tako, da padalo leti hitreje na velikih višinah (npr. 5000 m.n.v.), kjer je gostota zraka precej manjša. Večinoma pa se piloti jadralnih padal ne ukvarjajo preveč z gostoto zraka.

Temperaturo piloti jadralnih padal ponavadi dobro spremljajo. Je zelo pomemben podatek pri pregledovanju vremenske napovedi. Sprememba temperatura z višino (temperaturni gradient) je namreč za jadralne padalce ena izmed najpomembnejših stvari. Dober temperaturni gradient (ravno pravšnja ohladitev zraka z višino) je eden izmed najpomembnejših dejavnikov, ki ločijo slab in dober dan za prelete z jadralnim padalom. Ravno obratno pomeni temperaturna inverzija. To pomeni, da se zrak z nadmorsko višino ogreva, kar seveda ni dobro za letenje. Še vedno se lahko varno leti, ampak termičnih dviganj v inverzni plasti praviloma ni toliko.

O viskoznosti se v praksi jadralni padalci večinoma ne pogovarjajo, saj direktno ni tako zelo pomembna pri pregledu vremenskih podatkov za opredeljevanje dobrega letalnega dneva.

Osnovni zakoni aerodinamike v praksi

Tokovnice se močno tičejo jadralnega padalstva tudi v praksi. Predvsem *laminarno in turbulentno* gibanje zraka. Seveda se morajo jadralni padalci izogibati preveč turbulentnemu ozračju, toda v praksi je ozračje vedno bolj ali manj turbulentno. Predvsem dnevi, ki omogočajo izjemno dolge prelete z jadralnim padalom, so vedno tudi turbulentni. Namreč

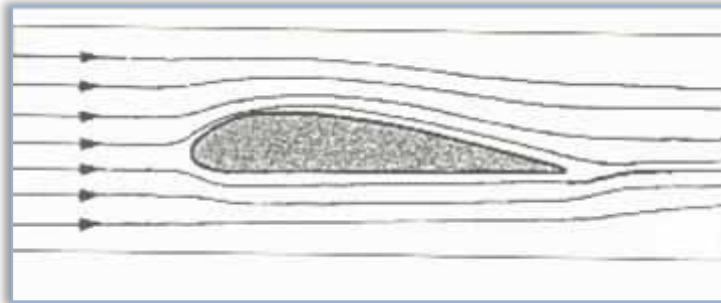
močna vertikalna dviganja zraka, ki jih piloti za dolge prelete potrebujejo, vedno ustvarjajo tudi določeno turbolenco. Določena meja turbolence je povsem obvladljiva z jadralnim padalom. V izredno turbulentnih dnevih, pa jadralno padalo ni naprava s katero bi si človek želel biti v zraku. Naj spomnimo, da je jadralno padalo letalna naprava, ki nima trdne konstrukcije in ima zelo omejeno hitrost. Močni vetrovi (v jadralnem padalstvu močan veter pomeni že hitrosti več kot 8 m/s) seveda tudi ustvarjajo turbolence za ovirami. Oviro predstavlja gora, greben, drevesa, hiša, itd. Zato se je potrebno izogibati letenju z jadralnimi padali ob močnih vetrovih, predvsem v goratem svetu. Precej drugače pa je na ravninskem svetu, kjer lahko jadralno padalo bolj varno leti tudi ob močnejših vetrovih saj ni gorskih prepek in ostalih ovir, ki povzročajo turbolence.

Zakon o ohranitvi mase je v praksi letenja z jadralnim padalom vedno prisoten. Pri prostem preletu z jadralnim padalom piloti venomer izkoriščajo poznavanje tega zakona. Če je termika šibka, potem piloti letijo tja, kjer se teren zoža in zato tam veter oziroma termika vertikalno pospeši. To je ponavadi na gorskih sedlih, na koncih dolin itd. (slika 25 in 26). Ravno obratno piloti naredijo, ko sta veter ali termika premočna. Takrat se je potrebno izogibati ozkih dolin ali ozkih grap, ker lahko veter tam preveč pospeši in je celo hitrejši od lastne hitrosti jadralnega padala. To je lahko tudi nevarno. Med preletom z jadralnim padalom mora torej pilot vseskozi spremljati konfiguracijo terena in uporabljati v praksi zakon o ohranitvi mase. Glede na to pilot vnaprej predvidi pot, kjer bo poizkušal leteti.

Zakon o ohranitvi energije je prav tako v praksi letenja zelo prisoten. Vetrovi, ki so zelo pomemben faktor pri letenju, namreč pihajo zaradi razlik v zračnih pritiskih. Veter je naravno gibanje zraka, ki ga povzroči porušeno razmerje med zračnima pritiskoma nad hladnim in toplim delom površja. Naloga vetrov je tako izenačiti porušeno razmerje. V nižjih plasteh pihajo vetrovi od visokega k nizkemu zračnemu pritisku, v višjih plasteh ravno obratno. Pri letenju v goratem svetu (Alpah), so piloti pozorni na splošne vetrove, ki pihajo čez večje področje (npr. JV Alpe) in pa tudi na lokalne vetrove, ki nastajajo zaradi konfiguracije terena. Jadralni padalci imajo tako majhne hitrosti, da morajo dobro poznati princip delovanja mikroklima. To pomeni klime majhnega področja, saj ima v alpskem svetu skoraj vsaka dolina svojo mikroklimo. Tako so na primer nekatere doline zaščitene od splošnega vetra, medtem ko je dolina na drugi strani gorske skupine (npr. Julijskih Alp) zelo izpostavljena vetru in zato neprimerna in lahko celo nevarna za letenje z jadralnim padalom. Zanimivo je tudi opazovati veter v dolinah spomladi in poleti, ko je termična aktivnost največja. V Sloveniji je vsekakor najbolj značilni dolinski veter v Zgornjesavski dolini od Jesenic pa vse do Rateč in naprej v Italijo. Tam ob sončnem dnevu praviloma piha vzhodni veter od Jesenic proti Kranjski Gori (slika 25 in 26). Tudi ti dolinski vetrovi seveda nastanejo zaradi zakona o ohranitvi mase in zakona o ohranitvi energije.

3.3.4. Princip letenja letalskega in jadralno padalskega krila

Letalsko krilo leti zaradi posebne obilke oziroma profila. Tudi jadralno padalo lahko leti zaradi enakega razloga, deluje namreč na principu letalskega krila. Oglejmo si profil krila na skici (slika 28):



Slika 28. Profil letalskega in jadralno padalskega krila (www.zagar.ws).

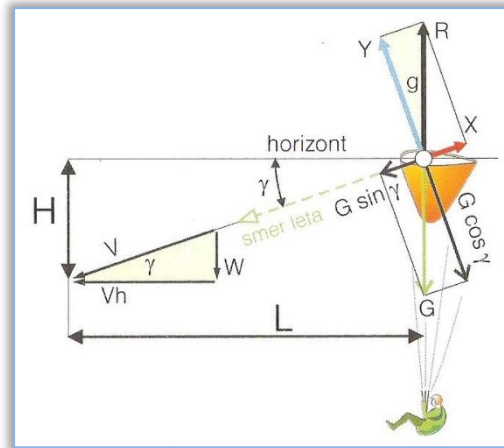
Dva delca zraka se na začetku profila krila razcepita. Po zakonu o ohranitvi mase, mora zrak, ki se je razcepil na začetku profila priti istočasno na zadnji rob profila po zgornji in spodnji strani. Na sliki vidimo, da delec zraka, ki se giblje po zgornji strani opravi daljšo pot, zato mora imeti večjo hitrost, kot jo ima delec ob spodnji strani profila. Za profil krila torej velja tudi zakon o ohranitvi energije (Bernoullijeva enačba). Le ta pravi, da se vzdolž zgornje in spodnje strani profila krila, hitrost zraka spreminja in temu ustrezno tudi tlak. Vzdolž spodnjega dela profila se torej tvori nadtlak, zgoraj pa podtlak (slika 28). Profil krila je tem boljši, čim večje je razmerje vzgona in upora (Glušič, 2003).

Vsota vseh tlakov, ki delujejo na profil krila, predstavlja aerodinamično silo (R). To silo razstavimo na dve osnovni komponenti. Ena je usmerjana v smeri zračnega toka in ji pravimo upor, druga pa je pravokotno na njo in ji pravimo vzgon. Ti dve sili se pojavljata kot posledica gibanja telesa skozi zrak ali gibanja zraka okoli telesa. Velikost aerodinamične sile je odvisna od oblike in velikosti telesa, ter od relativne hitrosti in gostote zraka (slika 29) (Glušič, 2003).

Vzgon, ki ga povzroča profil krila, narašča skoraj linearno s povečanjem vpadnega kota. Vpadni kot je kot med tetivo profila in relativnim zračnim tokom. Pri nekem vpadnem kotu pa zračni tok ne more več spremljati upognjenost profila in zato se odcepi. Pride do zloma vzgona. Vzgon se močno zmanjša, upor naraste. Zato letenje pri majhnih hitrostih, z velikimi vpadnimi koti, zahteva veliko previdnost in natančnost pri manevriranju. Vpadni kot krila jadralnega padala je običajno blizu kota, kjer imamo najboljše razmerje vzgona in upora profila (slika 29) (Glušič, 2003).

Upor je prav tako odvisen od oblike in velikosti telesa ter od relativne hitrosti in gostote zraka. V letalstvu se ukvarjamo predvsem z dvema uporoma. Upor zaradi oblike telesa se imenuje tlačni upor, poznamo pa še upor zaradi trenja. Upor zaradi trenja povzroča trenje zraka ob neko drugo površino. Vzrok tega je lastnost zraka, ki ji pravimo viskoznost. Zelo pomemben pri letenju je tudi inducirani upor. Le tega povzročijo vrtinci na zadnjem robu krila

in predvsem na njegovih zaključkih. Induciran upor ima velik delež pri skupnem uporu jadralnega padala. Zmanjša se lahko s čim večjo vitkostjo (razmerje med razpetino in širino krila) in z nepravokotno tlorisno obliko krill - trapezna, eliptična (slika 29) (Glušič, 2003) .



Slika 29. Sile ki delujejo na krilo (Glušič, 2003).

Na jadralnega padalca, ki leti v teoretično mirnem ozračju (brez vetra, termike), delujejo naslednje sile (slika 29):

- sila teže (G) - je sestavljena iz teže celotne opreme in pilota
- aerodinamična sila (R) - je nasprotna sili teže
- sila vzgona (Y)
- sila upora (X) - pri jadralnem padalstvu je razdeljena na upor krila, upor vrvic, upor pilota in induciran upor
- komponenta teže nasproti vzgona ($G \cos \gamma$)
- komponenta teže nasproti upora ($G \sin \gamma$) - v smeri leta jadralnega padala

3.3.5. Spreminjanje hitrosti jadralnega padala

Hitrost jadralnega padala lahko spreminjamo s pospeševalnimi mehanizmi in krmilnimi vrvicami. S pospeševalnimi mehanizmi spreminjamo vpadni kot krila in tako povečujemo ali manjšamo vzgon.

Večino leta pa spreminjamo vzgon, in s tem hitrost padala, le s krmilnimi vrvicami. Z njimi spreminjamo ukrivljenost skeletnice profila. Želena hitrost dosežemo tako, da hkrati usklajeno (enakomerno) premaknemo obe krmilni vrvi v položaj, ki nam zagotavlja želeno potovalno hitrost.

3.4. Osnove meteorologije v jadralnem padalstvu

Meteorologija je veda, ki raziskuje procese in pojave v ozračju. Za jadralno padalstvo in predvsem disciplino prosti preleti, je poznavanje splošne in lokalne meteorologije eden izmed ključnih dejavnikov. Z dobrim poznavanjem in predvsem z izkušnjami lahko jadralni padalec meteorološko znanje obrne močno v svojo prid. Ker je meteorologija izjemno široko področje, bomo poizkušali v tem poglavju povedati res samo najpomembnejše stvari, ki se tičejo jadralnega padalstva in predvsem discipline preleti.

3.4.1. Atmosfera ali ozračje

Najprej bomo povedali nekaj o atmosferi oziroma ozračju. Zato, ker jadralni padalci uporabljajo zrak kot njihov športni poligon. Vsak športnik mora v osnovi dobro poznati svoj poligon, seveda jadralno padalstvo ni nobena izjema.

Atmosfera ali ozračje je plinast ovoj, ki obdaja naš planet. V njem je zmes različnih plinov, ta zmes se imenuje zrak. Plini ki sestavljajo zrak so: dušik (78%), kisik (21%), argon (0,9%), ogljikov dioksid (0,03%). Ostali plini so v manjših deležih. Atmosfera je najgostejša pri tleh, z višino pa gostota in tlak padata približno eksponentno. Ozračje nima ostre meje in se z višino redči. 75% ozračja se nahaja v plasti do 11 km stran od zemlje.

Najpomembnejši plin, kar se tiče vremena, je vodna para H₂O. Količina vodne pare v spodnjih plasteh je zelo odvisna od kraja na Zemlji, le - to pa bistveno vpliva na vremenska dogajanja.

Značilne plasti v ozračju od tal navzgor so: troposfera, tropopavza, stratosfera, stratopavza, mezosfera in termosfera. Jadralno padalstvo se dogaja le v troposferi in zato povejmo nekaj besed o tej zračni plasti. V troposferi je večji del zračne mase celotne atmosfere. Sega od tal do višine 6-8 km nad poloma in do višine 16-18 km nad ekvatorjem. V tej plasti se nahaja praktično vsa voda, ki je prisotna v atmosferi, zato se večinoma v njej tvorijo oblaki in nastajajo padavine. Temperatura v njej z višino pada, kar omogoča občasno hidrostatično labilnost, zato so tu prisotni vertikalni zračni tokovi in vremenska dogajanja (Bon, 2003). Ta vremenska dogajanja v veliki meri izkoriščajo jadralni padalci pri preletih. Tropopavza je naslednja plast, ki je zelo stabilna in ima konstantno temperaturo med -50 in -60 °C. Omenjamo jo zato, ker ta plast zavre vse vertikalne tokove in tudi oblaki lahko sežejo le do začetka tropopavze. Torej teoretično in pa tudi praktično bi se lahko jadralni padalec dvignil le do konca troposfere, zato ostalih zračnih plasti niti ne bomo opisovali.

3.4.2. Načini prenosa energije

Jadralni padalci pri jadraniu in preletih uporabljajo energijo. Ta energija so bodisi vetrovi bodisi termična dviganja zraka. Večina te energije se prenese v ozračje preko Sonca. Le - ta ogreje Zemljo in s tem ustvarja energijo. V praksi se termična dviganja in vetrovi dopolnjujejo.

V sistemu vesolje – atmosfera - Zemlja so najpomembnejši načini prenosa energije sevanje, kondukcija in konvekcija (po Baumer, 1990).

Sevanje: skoraj vso energijo Zemlja dobi od Sonca, ki seva energijo. Zemlja dobi neznamen del te energije, ki med drugim omogoča ohranitev življenja. Sevanje je prenos energije z elektromagnetnim valovanjem. Telesa (atmosfera, oblaki, Zemlja) sevalno energijo delno odbijajo, delno prepuščajo, delno pa tudi vpijajo. Prav tako kot telesa energijo absorbirajo, jo tudi sevajo. Črna telesa so tista, ki največ energije sevanja absorbirajo in so hkrati tudi najboljši sevalci (po Bon, 2003). Posledica Zemljinega sevanja so tudi termični vetrovi in termična dviganja, ki jih izkoriščajo jadralni padalci.

Kondukcija: je prevajanje toplote med dvema telesoma v neposrednem stiku. Za nas je ta način prenosa energije pomemben zaradi tal in za segrevanje najnižjega sloja zraka ob tleh. Višje v atmosferi lahko kondukcijo zanemarimo, saj je zanemarljiva v primerjavi s sevanjem in konvekcijo.

Konvekcija: v naravi pomeni gibanje in mešanje zraka, kar ima za posledico prenos energije in tudi ostalih primesi v prostoru (vodna para, kristalčki soli, cvetni prah,...). Ne more potekati v trdnem stanju. Prenos toplote s konvekcijo je v atmosferi 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 toplim območjem se segreva in zato dviga. Prisilna konvekcija je posledica mehaničnih sil. Tipični primer je dviganje zraka ob hribu, proti kateremu piha veter. Konvekcijo neprestano uporabljajo jadralni padalci. Termična konvekcija se izrazi v obliki termičnih stebrov (premera cca. 50 – 500m), ki se dvigujejo iz tal pod različnimi koti v nebo. Prisilna konvekcija pa v praksi pomeni termični vzgornik, ki piha po grebenih navgor (slika 30).



Slika 30. Prisilna konvekcija (osebni arhiv).

Najbolj pomembna prenosa toplote za jadralne padalce sta predvsem sevanje in konvekcija. Termična dviganja in tudi nekateri vetrovi nastanejo zaradi teh dveh načinov prenosa toplote.

3.4.3. *Meteorološki elementi in pojavi*

Ugoden in neugoden dan za prelete z jadralnim padalom definirajo meteorološki elementi (temperatura, zračni pritisk in vlažnost zraka) in meteorološki pojavi (oblaki, vidljivost, zračne mase, anticikloni, cikloni, fronte, nevihte). Nekateri elementi in pojavi so manj, drugi bolj pomembni za ugoden dan za letenje z jadralnim padalom. Povedali bomo nekaj najvažnejših stvari v zvezi s tem.

Temperatura: je izredno pomemben element pri jadralnem padalstvu. Pomembna je predvsem sprememba temperature z višino (temperaturni gradient) in pa tudi sprememba temperature vzporedno s časom dneva. Inverzija (višanje temperature z višino) ponavadi ni zaželjena, razen v višjih plasteh ozračja (npr. 2 km nad tlemi), da zaustavi prevelik vertikalni razvoj oblakov.

Zračni pritisk: za letenje z jadralnimi padali je ugodno stanje visokega zračnega pritiska, saj to ponavadi pomeni lepo vreme (brez ciklonov in front). Nizek zračni pritisk večinoma pomeni slabo vreme tudi za letenje. Zračni pritisk se spreminja tako horizontalno kot vertikalno. Horizontalne spremembe (anticikloni in cikloni) kažejo črte, ki se imenujejo izobare. Le te povezujejo mesta z enako vrednostjo pritiska. Osnovni vzrok za razlike v zračnem pritisku je neenakomerno ogrevanje zemeljske površine. Posledica razlik v zračnem pritisku so vetrovi. Vetrovi, ki so pomembni za jadralno padalstvo, so splošni vetrovi (npr. JZ veter, ki piha čez celotno področje Slovenije in širše) in lokalni vetrovi (dolinski vetrovi, pobočni vetrovi, morski vetrovi...), ki nastanejo zaradi lokalnih značilnosti terena. Vertikalne spremembe zračnega pritiska pa so posledica sprememb pritiska z višino. Z višino se zračni pritisk niža.

Vlažnost zraka: temperatura in vlažnost sta povezani. Večja kot je temperatura, več vodne pare lahko vsebuje zrak. Z nižanjem temperature se torej niža tudi maksimalna količina vodne pare v zraku. Topel zrak (termični steber) se torej dviga in ko pride do določene višine, kjer je okoliški zrak precej hladnejši, začne zrak kondenzirati. Se pravi pride do trenutka, ko je v dvigajočem toplim zraku več vodne pare, kot jo lahko hladnejši okoliški zrak sprejme. In tako začne zrak izločati vodne kapjice, ki formirajo oblak.

Oblaki: v atmosferi nastanejo oblaki, če se pri dviganju zrak ohladi pod temperaturo rosišča in je doseženo nasičenje vodne pare. Kako se to zgodi smo opisali že zgoraj pri vlažnosti zraka. Pogoj za nastanek oblakov so vzgonski tokovi, ki nastajajo na različnih mestih v atmosferi: v središču ciklona, na frontah, na orografskih pregradah (gorovja) ter pri termičnem dviganju zraka. Pri vsakem od naštetih tipov vzgonskih tokov se pojavljajo oblaki značilnih oblik. Oblaki so, glede na višinsko plast v kateri nastajajo, razdeljeni na tri kategorije (po Reynolds, 2004):

- visoki oblaki (med 6 in 12 km nad tlemi) - Cirus, Cirokumululus, Cirostratus
- srednji oblaki (med 2 in 6 km nad tlemi) - Altostratus, Altokumululus
- nizki oblaki (od tal do 2 km nad tlemi) - Stratokumululus, Stratus, Kumulus

Dve vrsti oblakov je težko kvalificirati po višini, saj se raztezajo med 0 in 11 km nad tlemi. To sta Nimbostratus in Kumulonimbus.

Naj torej strnimo, da se oblaki delijo na deset osnovnih rodov: Cirus, Cirokumululus, Cirostratus, Altokumululus, Altostratus, Nimbostratus, Stratokumululus, Stratus, Kumulus in Kumulonimbus. Vsi ti oblaki vplivajo na razmere letalnega dne, nekateri bolj drugi manj. Jadrlnih padalcev se direktno tičejo predvsem nizki in srednji oblaki, saj so to zračni sloji, kjer se tudi leti. Visoki oblaki bolj posredno vplivajo na letenje predvsem tako, da s svojo prisotnostjo zavrejo termično aktivnost. Takrat namreč sonce ne ogreva tal z vso svojo močjo in posledično je termična aktivnost ustrezno manjša. Nizki in srednji oblaki pa bolj direktno vplivajo na letenje jadrlnega padalca, namreč pojavljajo se v prostoru, kjer se nahaja tudi jadrlni padalec v tistem trenutku (po Martens, 2007).

3.4.4. Oblaki in njihov vpliv na letenje v praksi

Piloti jadrlnih padal ponavadi veliko vedo o oblakih. Z njimi si namreč delijo nebo. Nekateri oblaki so za pilote jadrlnih padal dobri, drugi manj, tretji so lahko že nevarni. Vsak oblak torej pove nekaj o razmerah, ki vladajo v zraku. Izkušen jadrlni padalec ob pogledu v nebo in pri opazovanju oblakov kaj hitro ugotovi kakšne so razmere za letenje.

V praksi letenja lahko oblake razdelimo v dve kategoriji. In sicer na dobre in slabe oblake. Se pravi na oblake, ki pomenijo, da so razmere v zraku ugodne in na tiste, ki pomenijo manj ugodne ali celo nevarne razmere. Slabi oblaki so vsi visoki in ponavadi tudi srednji. Visoki oblaki (Cirusi, Cirokumulusi in Cirostratusi), kot smo že omenili, zavirajo termično aktivnost. Tudi srednji oblaki (Altotratusi in Altokumulusi) večinoma slabijo termično aktivnost.



Slika 31. Kumulus in dviganje zraka pod njim (osebni arhiv).

Dobri oblaki pa so za jadralne padalce predvsem Kumulusi (slika 31). To so termični oblaki, ki nastanejo zaradi dviganja zraka. Zaradi razlik v temperaturi in vlažnosti na vrhu termičnega dviganja nastane Kumulus. Torej so ti oblaki dobri zaradi tega, ker je pod njimi termično dviganje, ki gre od tal do oblaka in tudi v oblak. Ta dviganja pa izkoriščajo jadralni padalci. Dobra stran Kumulusov je tudi to, da se pilot na osnovi teh oblakov lahko lažje odloči za linijo letenja. Med letenjem lahko tako pilot pogleda v smeri svojega letenja in se na osnovi Kumulusov na njegovi poti odloči za pravo linijo letenja. Kumulusi (in večina ostalih oblakov) so kot nek živ organizem in imajo prav tako življenjski cikel. Oblak se počasi formira (se rodi), potem živi nekaj časa, nato počasi izgine (umre).

Naj posebej omenimo še oblak, ki je strah in trepet jadralnega padalstva. Ta oblak se imenuje Kumulonimbus in je nevihtni oblak (slika 32). Zanimivo je to, da vsak Kumulonimbus (slab oblak) nastane iz malega neškodljivega Kumulusa (dober oblak). Nato bolj ali manj hitro raste v visok nevihtni oblak. V nekaterih Kumulonimbusih so prisotne tako velike sile, da se morajo takih oblakov jadralni padalci na široko izogibati. Naj povemo to, da so v velikih Kumulonimbusih prisotni vertikalni in horizontalni vetrovi tudi do 200 km/h. Da ne govorimo o dežju, kot pest debeli toči in o strelah, ki švigajo v takšnem oblaku. Nastanek teh oblakov v prvi vrsti ponavadi predvidi že vremenska napoved, pa tudi med letenjem pilot lahko opazi potek vremena in se odloči za pristanek pred nastankom Kumulonimbusov. V zgodovini jadralnega padalstva so se že zgodili primeri, da je jadralnega padalca posrkalo v tak oblak. Nekateri primeri so se končali srečno, drugi žal ne. Naj poudarimo to, da so se taki primeri dogajali vedno, ko so piloti preveč izzivali srečo.



Slika 32. Kumulonimbus (paragliding-slovenia.si).

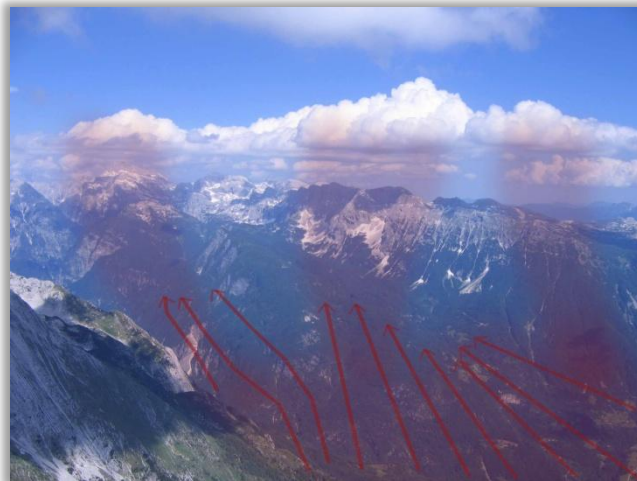
3.4.5. Ali jadralni padalci lahko letijo po oblakih?

Da, praktično se jadralni padalci lahko dvignejo do in tudi v oblak (Kumulus). Kot smo napisali že prej, je pod Kumulusi termično dviganje ki gre do in v oblak (slika 31). Možno je leteti tudi skozi meglo, na primer pozimi s sončnega Krvavca, skozi meglo v Cerklje. Vendar pa uradno jadralni padalci letimo po pravilih vizualnega letenja, kar pomeni da letenje po oblakih ni dovoljeno. Predvsem zaradi nevarnosti, ki jih letenje več zrakoplovov hkrati v oblaku predstavlja. Obstaja namreč velika verjetnost trčenja, ker je v oblaku vidljivost praktično nična.

Kaj se zgodi, ko jadralni padalec vstopi v oblak? Ob vstopu v oblak najprej izgubi orientacijo in vidljivost. Tako, da je potrebno takrat spremljati kompas in navigacijski instrument. Dogaja se tudi to, da telesnim čutilom pilot ne zaupa več. Razum govori, da je padalo nad tabo, čutila pa pravijo vse drugo kot to. Zaradi sil, ki se jih občuti ob dvigovanju ali spuščanju v oblaku telo enostavno ne ve ali padalo kroži ali leti naravnost. Potrebno se je torej mentalno prepričati, da gre zaupati instrumentu, ki ga pilot spremlja. Do takšne dezorientacije pride ker oči nimajo več točke, na katero bi se orientirale (gora, koča na grebenu, ravnina,...). Tako so oči kot čutilo izvzete pri prejemanju informacij in posledica je dezorientacija v prostoru. Če je jadralni padalec v oblaku dalj časa (npr. več kot 5 min), se zaradi vlage navlaži celotna oprema in tudi sam pilot.

3.4.6. Termika (termični vzgornik)

Jadralni padalci uporabljajo izraz termika za dvigajoči se zrak, ki ga izkoriščajo za letenje (slika 31 in 33). Kot smo že omenili nastane termika predvsem zaradi sevanja in konvekcije. Sonce različno močno ogreva različne vrste Zemljine površine (gozd, njiva, skale, ravnino, gore,...). Kako deluje termika mora razumeti vsak jadralni padalec. Ne obstajata pa niti dva dneva, ko bi termika delovala popolnoma enako, zato ker na termiko vpliva veliko pogojev (temperatura, vlažnost, orografija, vidljivost, vetrovi,...). Vsak pilot si tako z učenjem in izkušnjami ustvari svojo sliko delovanja termike. To sliko pa mora med samim letenjem prilagajati trenutnim vremenskim pogojem. V realnosti ta slika nikoli ni popolna, je le nek približek popolnosti.



Slika 33. Dolinski veter in termično dviganje do baze oblaka- Kumulusa (osebni arhiv).

V naših geografskih širinah Sonce na ravno površino nikoli ne sije iz zenita (pravokotno na ravnino), pač pa vedno pod kotom. Količina energije, ki jo prejme neka površina, je odvisna od nagiba te ploskve, pa tudi barve in vrste ploskve (gozd, travnik, skale, hiše,...). Prisojna pobočja dobijo torej več energije kot ravnine in seveda daleč več kot osojna. Prisojnost in osojnost se preko dneva spreminjata, zjutraj so prisojna vzhodna pobočja, opoldne južna, proti večeru zahodna. Prisojna pobočja se zaradi večjega dotoka energije ogrejejo bolj kot okolica

in ogrevajo zrak tik nad pobočjem. Ta zrak je zato glede na okolico pregret in se začne dvigovati. Sprva se od pobočja (ali ravninskega predela) začnejo trgati posamezni baloni toplega zraka, kasneje pa se vzpostavi stalni steber dvigajočega se toplega zraka, ki mu pravimo tudi termični vzgornik ali termični steber (po Kaniamos, 2008). Hitrosti dviganja jadralnih padalcev v termičnih stebrih dosežejo tudi do 10 m/s, v skrajnih primerih tudi več.

Količina sprejete energije in intenzivnost segrevanja zraka sta odvisni tudi od naravne podlage. Skale se segrevajo hitreje kot travnata površina, ta pa spet hitreje kot gozd. Temne površine se segrevajo intenzivneje kot svetle, snežena pobočja, četudi prisojna večino energije odbijejo in ne povzročajo termičnega vzgornika (po Kaniamos, 2008). Torej, ko je sneg do nižin, termičnih vzgornikov ni (razen ob zelo močnem temperaturnem gradientu).

Narava podlage tudi vpliva na shranjevanje energije. Gozd se na primer segreva počasneje od skal, vendar sprejme več energije, tako da jo pozno popoldne ali celo po sončnem zahodu še vedno oddaja zraku. Termični pobočnik nad takšnimi gozdnatimi pobočji torej vztraja dalj časa kot nad skalnatimi. Nad skalami se termični pobočnik konča hitro po prenehanju direktnega ogrevanja, vendar pa se dopoldne tam prej začne, ker se hitreje ogrejejo (po Kaniamos, 2008).

Termični vzgornik se razvije le ob sončnem vremenu. Visoka in srednja oblačnost zmanjšujeta intenzivnost termike, s pooblačitvijo se termični vzgornik hitro konča, tako kot tudi z zahodom sonca (po Bon, 2003).

Zaradi termičnega vzgornika nad prisojnimi pobočji, pride do kompenzacijskega spuščanja ob osojnih pobočjih. Na ta način se vzpostavijo v hribovitem svetu značilne dolinske cirkulacije zraka, ki se prek dneva spreminjajo (dolinski vetrovi) (po Bon, 2003).

Za uspešno letenje je potrebno poiskati čim bolj izrazite in enakomerne vzgornike. Enakomernost vzgornika je odvisna od enakomernosti podlage. Čim obširnejše je območje enakomernega ogrevanja (obsežna gozdna področja, travniki,...), obsežnejši je termični vzgornik (po Bon, 2003).

Termični vzgornik je najizrazitejši tik 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 termični stebri bolj ali manj nagnjeni. Termični vzgornik se kanalizira (zakon o ohranitvi mase), tako kot splošni veter. Zelo ugodna je kombinacija termičnega vzgornika in prisilnega dviga zraka (prisilne konvekcije) na južnih pobočjih (dopoldne vzhodnih, proti večeru zahodnih) (po Bourges, 1983).

Če je splošni veter nasproten vzgorniku, pride do takoimenovane zaveterne termike (splošni veter ne sme biti premočan). Tudi zavetrno termiko izkušeni padalci s pridom izkoriščajo, vendar je potrebno vedeti, da bo na višini, kjer se srečata termični vzgornik in splošni veter, precej turbolentno ozračje. Naj dodamo še to, da je zavetrna termika primerna le za zelo izkušene pilote (po Bon, 2003).

Šibak splošni veter ugodno vpliva predvsem na odlepljanje balonov toplega zraka, pa tudi na vzpostavitev stalnega termičnega stebra. Mestu odlepljanja termičnega vzgornika od tal pravimo termični sprožilec (sprožilec). Zrak se navadno odlepi od tal zaradi neke raznolikosti v pokrajini oziroma sprožilca. To mesto je lahko meja polja in gozda, rob vasi, jezera, posamezna vzpetina ali prelomnica (po Kaniamos, 2008).

Z večanjem prizemne hitrosti vetra se večja tudi prizemna turbolentna plast, v kateri se dinamično premeša zrak in to ne dopušča, da bi se formirale plasti pregretega zraka. Za hitrosti do 25 km/h velja, da dobimo na naravnih prelomnicah stalne vzgornike, ki so nagnjeni z vetrom. Ob večjih hitrostih vetra pa le - ta preveč razbija termični vzgornik in termika dobi pulzirajoče karakteristike (po Kaniamos, 2008). To v praksi pomeni precej turbolentno ozračje predvsem v hribovitem svetu. V ravninskem svetu je lahko tudi več vetra.

Obstoj srednje in visoke oblačnosti, kot smo že dejali, zavira ali celo preprečuje segrevanje zemeljske površine, s tem prizemnega zraka in razvoja termike. Popolnoma enak vpliv imajo tudi nizki slojasti oblaki (Stratusi), celo prekomeren razvoj Kumulusnih oblakov, nastalih kot posledica termike. Oblačnost prevelikega vertikalnega razvoja duši konvekcijo, nekako bi lahko rekli samo sebe (po Kaniamos, 2008).

Če je v zraku dovolj vlage, se suha termika (plava termika brez oblakov) lahko spremeni v oblačno konvekcijo in nastanejo Kumulusni oblaki. Pod Kumulusi in v njihovi bližini gre pričakovati močna dviganja. Med letenjem je potrebno spremljati morebiten vertikalni razvoj kumulusne oblačnosti, ki lahko privede do nevihte in pojavov povezanih z njo (Kumulonimbus oblakov) (po Kaniamos, 2008).

3.4.7. Pobočni vzgornik

Nastane, ko gibajoča se masa (veter) naleti na oviro (slika 30). Če je ovira takšna, da je zrak ne more oblitati, se pri tem pojavi določen vertikalni tok (pobočni vzgornik), ki se prilaga pobočju in je uporaben za jadranje. Vertikalne hitrosti znašajo ponavadi do 5 m/s. Vertikalni tok ponavadi sega (odvisno od hitrosti vetra) med 50 in 150 metrov stran od pobočja. Lastnosti pobočnega vzgornika so odvisne od številnih dejavnikov:

- oblika prepreke (konkavna ali konveksna, strma ali položna,...)
- dobro je, če je prepreka enolična, s čim manj vmesnimi dolinami in preprekami
- osamljene prepreke so neučinkovite saj jih veter oblije
- gladka travnata ali skalnata pobočja rojevajo močnejše vzgornike kot razbita in porasla, pri slednjih moramo računati tudi na močnejšo turbolenco
- uporabna so pobočja z nagibom med 20° in 60°
- najbolj idealna smer vetra je pravokotno na prepreko, vendar tudi vetrovi, ki pihajo pod kotom na prepreko, ustvarijo vzgornik
- hitrost vetra je najpomembnejši faktor (potrebna je minimalna hitrost okrog 15 km/h, odvisno seveda od konfiguracije terena)

- stabilna atmosfera je ugodna ker duši turbolenco
- vlažnost dotekajočega zraka določa, ali se bo pojavila baza oblačnosti, nastala zaradi prisilnega dviga zraka ob prepreki

3.4.8. Termični vzgornik in pobočni vzgornik v praksi

V praksi se na vsak dober letalni dan bolj ali manj mešata termični vzgornik (termika) in pobočni vzgornik (veter). V danem trenutku se jadralni padalec znajde v termičnem vzgorniku visoko nad vrhovi hribov, že kmalu za tem pa se znajde na koncu doline, kjer jadra na pobočnem vzgorniku (prisilni dvig zraka dolinskega vetra, ki zadane ob greben). In tako se v praksi izmenjava cel letalni dan (do 10 letalnih ur). Seveda mora dober pilot obvladati tehniko letenja in pridobivanja višine ob obeh vrstah vzgornika.

3.4.9. Turbolenca

Kadarkoli piha veter, moramo računati z nastankom turbolence. Vsaka neenakomernost na tleh ali na pobočju povzroča turbolence. Le - te se pojavljajo na zavetrni strani hriba, za naselji na tleh, za vsakim gozdom, preko katerega piha veter. Zrak se obnaša podobno kot voda, zato si pojem turbolence v zraku lahko dobro predstavljamo, če pomislimo na to, kako teče voda v rečni strugi. Intenzivnost turbolence predvsem narašča s hitrostjo povprečnega toka, z razbitostjo terena in s spremenljivostjo poraščenosti in strmine terena. Turbolenca je najizrazitejša v plasti zraka nekaj deset metrov nad tlemi, višje je tok zraka mirnejši (po Bon, 2003). Tudi to pa je precej relativna zadeva, saj včasih v višjih plasteh ozračja piha močnejši veter in ko se ta veter sreča s termičnim stebrom (vzgornikom), prihaja do turbolenc (slika 27).

3.5. Prosti preleti

3.5.1. Kaj so prosti preleti?

Jadralno padalska disciplina z imenom prosti preleti nima enotne definicije. Z razvojem jadralno padalske opreme in znanja so prosti preleti iz leta v leto dobivali nove razsežnosti. Zato je težko točno definirati kaj je prosti prelet.

Prosti prelet je nekakšno zračno popotovanje. Če želi pilot narediti prosti prelet, potem mora izkoriščati dvigajoči se zrak in to pridobljeno višino (vertikalno pot) s preletavanjem ozemlja pretvarjati v horizontalno pot. Se pravi bistvo prostih preletov je preleteti čim daljšo zračno razdaljo. To pomeni, da mora biti pilot sposoben čim dlje časa ostati v zraku in hkrati leteti s čim višjo povprečno hitrostjo. Tako lahko enostavno pridemo do enačbe, ki opredeljuje uspešnost prostega preleta (pot = čas letenja x povprečna hitrost letenja): $x = t v$.

Vzletno mesto pri prostih preletih ni določeno, niti ni določeno mesto pristanka. Pilot se na osnovi vremenske napovedi in svojih želja odloči kje bo vzletel in največkrat si okvirno določi tudi pot, po kateri naj bi letel. Okvirno si določi tudi katero poddisciplino bo skušal izpeljati. Več o poddisciplinah bomo povedali v naslednjem poglavju. Piloti, ki najraje letijo proste prelete najbolj cenijo to, da se lahko pot letenja, in s tem tudi poddisciplina, med samim preletom prilagaja ali pa popolnoma spremeni. Vremenske razmere so namreč lahko v realnosti precej drugačne od tistih, ki so bile napovedane. Ta svoboda je glavni razlog zakaj vedno več pilotov prisega na proste prelete. Hkrati pa se lahko preko prijave leta na spletno stran primerjajo z drugimi piloti na isti lokaciji ali po celem svetu.

Dokaz, da je pilot res opravil prosti prelet, je prijava preleta na enega izmed spletnih strežnikov. Na ta strežnik naloži zapis poti iz njegovega navigacijskega instrumenta (GPS-a). Spletna stran mu avtomatsko točkuje prelet glede na število odletenih kilometrov in glede na poddisciplino, ki jo je opravil.

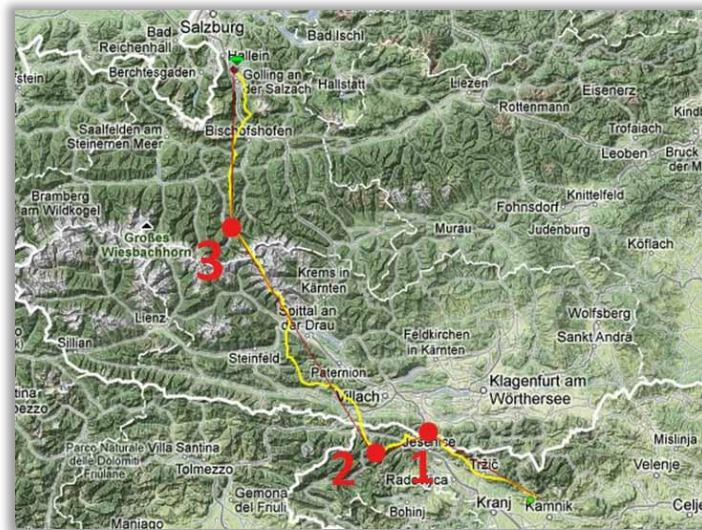
Obstajajo različne spletne strani, kjer lahko piloti naložijo svoj prelet. Na strežnikih se tako zbere ogromno število preletov iz istega dne (včasih tudi do 1000). Piloti lahko vse zapise poti (tudi drugih pilotov) vidijo in analizirajo. Vsi naloženi preleti se shranijo in piloti lahko pogledajo določen let iz preteklih dni ali celo sezon. S tem se močno izboljšuje kakovost letenja pri nas in po svetu.

Pilot naloži prelet na strežnik če tako želi, seveda pa to ni obvezno. Vsekakor pa je to v zadnjih približno desetih letih postalo izredno popularno. Tako se lahko piloti dokazujejo in tudi tekmujejo med seboj, kar je seveda velikega motivacijskega pomena. To je pripeljalo do meteorskega pomikanja jadrarno padalskih mejnikov. Govorimo predvsem o preletenih razdaljah in tudi o preletavanju terenov, ki se jih prej ni.

3.5.2. Poddiscipline prostih preletov

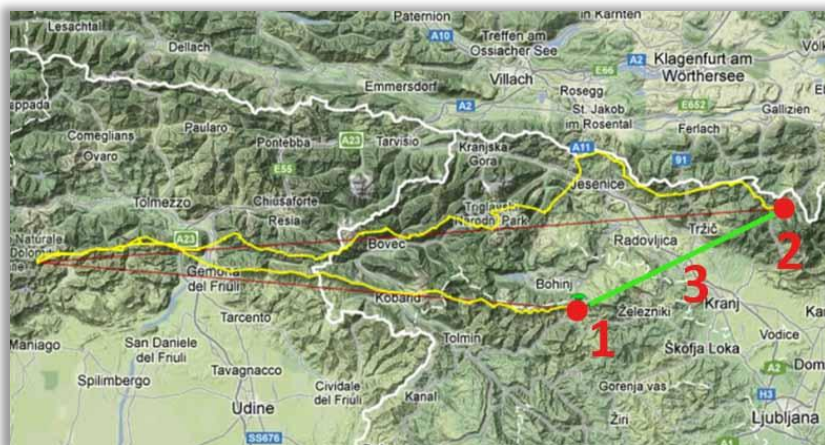
Prosti preleti z jadrlnim padalom imajo različne poddiscipline. Poddiscipline so narejene na osnovi florisne oblike poti, ki jo opravi jadrlni padalec. Točkovane so s faktorji glede na zahtevnost. Tako kot smo zgoraj omenili, si okvirno poddisciplino pilot izbere že na osnovi vremenske napovedi in osebnih želja. Poddiscipline prostih preletov so:

- **prosti prelet** - prelet čez tri obratne točke (slika 34):



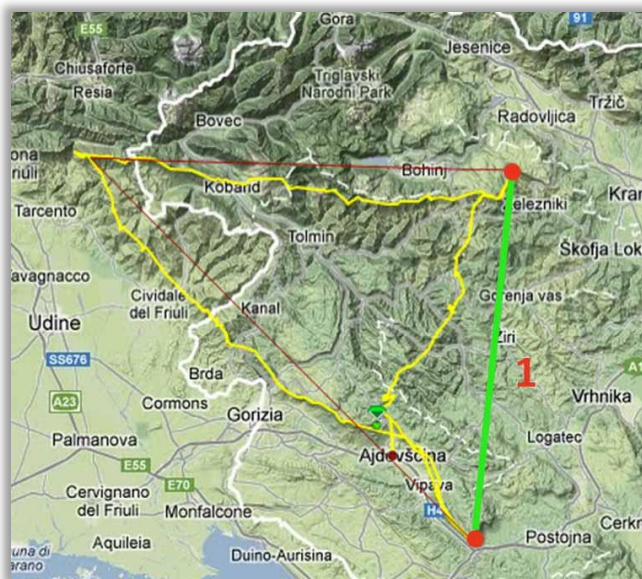
Slika 34. Prosti prelet 215 km. Pilot Matic Erbežnik (osebni arhiv).

- **prelet s povratkom** (ploski trikotnik) - ko je razdalja med vzletno točko in točko pristanka manj kot 20% celotne preletene razdalje (slika 35):



Slika 35. Prelet s povratkom 238 km. Pilot Matic Erbežnik (osebni arhiv). 1-vzletno mesto, 2-mesto pristanka, 3-manj kot 20% celotne razdalje

- **FAI trikotnik** - ko je najkrajša stranica trikotnika dolga vsaj 28% celotnega trikotnika (slika 36):



Slika 36. FAI trikotnik 202 km. Pilot Jošt Napret (XC Globe).
1- najkrajša stranica

3.5.3. Točkovanje poddisciplin

Prosti prelet se torej točkuje po naslednji formuli: število preletenih kilometrov se pomnoži s faktorjem preletene poddiscipline. Faktorji za poddiscipline so naslednji:

- prosti prelet (slika 34): faktor 1
- prelet s povratkom (ploski trikotnik) (slika 35): faktor 1,2
- FAI trikotnik (slika 36): faktor 1,4

Torej za 100 km prelet bi pilot glede na različne discipline dobil različno število točk:

- prosti prelet (slika 34): 100 točk
- prelet s povratkom (ploski trikotnik) (slika 35): 120 točk
- FAI trikotnik (slika 36): 140 točk

Faktorji za poddiscipline so različni zaradi različne zahtevnosti. Prosti prelet naj bi bil najmanj zahteven, pilot ima namreč med letenjem na voljo tri obratne točke (slika 34). Zato lahko leti sem in tja po istem terenu, kjer so vremenski pogoji vseskozi zelo podobni. Ali pa vseskozi leti v smeri vetra v eno smer. V tem primeru se leti tako, da je teren oziroma veter jadralnemu padalcu čim bolj v pomoč. Ponavadi se tako leti le v dveh smereh neba. Prelet s povratkom (ploski trikotnik) naj bi bil precej bolj zahteven (slika 35). Pilot ima namreč na voljo zgolj eno obratno točko in se mora vrniti skoraj nazaj do vzletne točke (razlika je lahko 20 % celotne preletene razdalje). Tako mora preleteti precej več različnega terena, kjer so različni vremenski pogoji. Najbolj zahteven pa naj bi bil FAI trikotnik (slika 36). To je

poddisciplina, ki je zelo podobna enakostraničnemu trikotniku. Tu mora pilot skoraj cel polet opraviti po različnem terenu. Zaradi letenja v vse smeri neba (S, J, V, Z) skoraj sigurno nekje leti proti vetru, kar je pri jadralnemu padalstvu precej zahtevno.

Vsak prosti prelet, ki ga pilot prijavi na strežnik, se točkuje. Za skupni rezultat na koncu sezone šteje pet najbolje točkovanih preletov.

3.5.4. Izbira poddiscipline

Dolžina in vrsta poddiscipline, ki jo pilot odleti, je ponavadi odvisna od motivacije posameznika. Nekateri piloti letijo za čim večje število točk, drugi za čim daljši prelet, spet tretji si načrtujejo pot, kjer še niso leteli. Vsekakor so najtežje še nikoli odletene smeri in tereni, tako kot ponavadi pri alpinizmu.

Izbira poddiscipline, ki bi jo pilot želel odleteti, je prepuščena vsakemu posamezniku. Predvideno dolžino preleta in seveda tudi vrsto poddiscipline si pilot zastavi glede na svoje znanje in sposobnosti. Velikega pomena pa je tudi vremenska napoved. Dobri piloti prilagodijo poddisciplino in dolžino glede na vremensko napoved. Med samim preletom se nato držijo svojega načrta, ali pa ga spreminjajo v skladu z vremenskimi razmerami, ki vladajo v zraku. Najboljši piloti znajo zelo dobro predvideti in načrtovati prosti prelet in ga tudi prilagajati med samim letenjem. Cilj pilota je torej čim bolj izkoristiti razmere, ki so v zraku. Včasih se izkaže, da je pilot, ki se je odločil za prelet s povratkom, letel samo npr. 100 km, medtem ko je pilot, ki je šel v eno smer (prosti prelet), dodobra izkoristil razmere in letel kar npr. 220 km. V praksi se to velikokrat zgodi.

3.5.5. Priprava na prelet

Priprava na prosti prelet je izredno pomemben dejavnik uspešno izvedenega preleta. Le dobro pripravljen pilot se lahko popolnoma posveti sami izvedbi preleta in ostane sproščen skozi celotno izvedbo. K pripravi avtor diplomskega dela šteje:

- organiziranje prostega dne na dan preleta
- pregled vremenske napovedi
- izbira vzletišča
- okvirni načrt poti preleta (plan a)
- alternativni načrt (plan b)
- analiza opravljenih preletov na področju, kjer pilot načrtuje prelet
- priprava in pregled opreme
- organizacija prevoza na vzletišče
- razmislek o možnostih povratka ob pristanku daleč od vzletišča
- dovolj dolg spanec v noči pred načrtovanim preletom

Organiziranje prostega dne na dan preleta: je vsekakor ena izmed prvih nalog pilota. Dolg prelet z jadralnim padalom pilotu vzame vsaj cel dan, včasih se pilot iz preleta vrne celo pozno ponoči. Treba je računati, da predvsem preleti v eno smer vzamejo precej časa pri povratku nazaj, predvsem v gorskem svetu. Na ravninskem svetu je ta problem nekoliko manjši. Pilot nikakor ne sme imeti kakršnih koli obveznosti na dan preleta.

Pregled vremenske napovedi: je seveda ena izmed bolj pomembnih stvari. Jadralni padalci smo v prvi vrsti odvisni od vremena. Smer in hitrost vetra, temperaturni gradient, napoved višine baze oblaka, vse to so dejavniki na katere je potrebno gledati. Več o tem smo povedali že v poglavju Osnove meteorologije v jadralnem padalstvu. Najprej se vremensko napoved pregleda dan pred načrtovanim preletom, obvezno pa je tudi pregledati napoved in trenutne podatke zjutraj pred odhodom na vzletišče. Napoved se lahko namreč precej spremeni.

Izbira vzletišča: glede na vremensko napoved si pilot izbere na katero vzletišče bo odšel. Pilot se lahko tudi odloči na katerem vzletišču želi izvesti prelet, nato pa čaka na ugodno vreme za to vzletišče. Vendar za tak vrstni red potrebuje pilot veliko prostega časa. Različna vzletišča so namreč ugodna za različne vremenske razmere.

Okvirni načrt poti preleta (plan a): je tudi izredno pomemben del. Ta načrt se lahko prilagaja med samim poletom zaradi vremenskih razmer. Če pilot nima ideje kam bi letel, potem se marsikdaj zgodi da ne opravi dobrega preleta. Marsikateri pilot tako izgubi motivacijo za letenje in predčasno pristane.

Alternativni načrt (plan b): je zaželjena stvar pri načrtovanju preleta. Ponavadi pride alternativni načrt v poštev, če so razmere v zraku precej drugačne od napovedanih. Včasih med letenjem pilot sprejme napačno odločitev in ostane »ujet« na enem mestu (v dolini) dalj časa (npr. 1 uro). Takrat »plan a« ponavadi pade v vodo in alternativni načrt pride še kako prav.

Analiza opravljenih preletov na področju kjer pilot načrtuje prelet: je skoraj obvezna. Na spletnih strežnikih, kjer so zbrani preleti, je dobro analizirati nekatere prelete, ki se najbolj dotikajo načrtovanega preleta. Z zapisi poti in ustrezno programsko opremo lahko polet analiziramo v 3-D tehniki. Program izriše izoblikovanost terena in padalca, ki leti po opravljeni poti. Neverjetno je koliko podatkov se da razbrati iz take analize.

Priprava in pregled opreme: že večer pred načrtovanim preletom je dobro, da pilot pripravi in pregleda vso opremo (osnovno, dodatno in dodatke za prosti prelet). Več o opremi smo povedali že v poglavju Oprema. Predvsem je potrebno napolniti vse baterije za instrumente, pripraviti ustrezna oblačila in dodatke za prosti prelet. Ne sme se pozabiti na dovolj tekočine, hran (energijske ploščice, sendvič), kremo za obraz in ustnice ter sončna ali kakšna druga očala. Zelo pomembno je tudi, da ima pilot nek sistem za uriniranje v zraku. Avtor diplomske naloge predlaga plenico ali še boljše urinalni kondom. V npr. osmih urah letenja se je namreč potrebno rehidrirati s tekočino in posledično tudi urinirati.

Organizacija prevoza na vzletišče: je sekundarnega pomena, a vseeno je dobro vedeti kako in zakaj. Najboljše je, da se organizira nek skupni prevoz, da potem piloti nimajo svojih avtomobilov na vzletišču. Po dolgi poti nazaj s preleta si pilot najmanj želi še skrbi, kako priti do svojega avtomobila.

Razmislek o možnostih povratka ob pristanku daleč od vzletišča: tudi to je sicer sekundarnega pomena, a lahko precej olajša pot nazaj, ob primeru pristanka nekje daleč. Dobro je vedeti vsaj kje vozi kakšen vlak ali avtobus, mogoče tudi imeti vozni red. Vse to vpliva na spoščenost pilota in posledično boljši prelet.

Dovolj dolg spanec v noči pred načrtovanim preletom: je tudi dobro vzeti precej resno. Utrujen pilot ne more izkoristiti vseh svojih znanj in potencialov. Avtor diplomskega dela je že letel utrujen in ugotovil, da tako leti slabše in tudi manj uživa. Seveda psihofizične sposobnosti utrujenega pilota ne dovoljujejo vrhunskih preletov in vrhunskega letenja.

3.5.6. *Nekaj mejnikov v preletih (preletena zračna linija)*

- Prelet v ravni črti:
502,9 km; Nevil Hulett (RSA); Copperton (RSA); 14.12.2008
- Prelet s povratkom:
259,7 km; Aljaž Valič (SLO); Soriška planina (SLO); 20.7.2006
- FAI trikotnik:
268,7 km; Helmut Eicholzer; Sportgastein (AT); 19.4.2011

Prelet v ravni liniji zelo močno izstopa po preleteni razdalji. To pa zato, ker so rekordi v ravni črti narejeni na ravninskih območjih (v tem primeru v Republiki Južni Afriki), kjer so lahko prisotni precej močnejši splošni vetrovi kot pri gorskem letenju. Ker ni hribov, ne nastajajo zavetrne turbolence. Rekordi pri preletu s povratkom in FAI trikotnikih so tako možni le v hribovitem svetu, rekordi v ravni liniji pa le v ravninskem svetu. Naj omenimo tudi to, da je trenutni svetovni rekord v preletu v ravni črti narejen ob vzletu z vzletno vitlo (avtomobil). Zaradi močnejših vetrov so v ravninskih preletih mogoče precej večje povprečne hitrosti, kot v hribovitih predelih. Pri trenutnem rekordu v preletu v ravni črti je povprečna hitrost neverjetnih 73,3 km/h, medtem ko povprečne hitrosti pri preletu s povratkom in FAI trikotniku segajo nekje do 35 km/h. Maksimalna hitrost pri preletu v ravni liniji je ob rekordu znašala celo 126,7 km/h.

3.5.7. Tehnika letenja

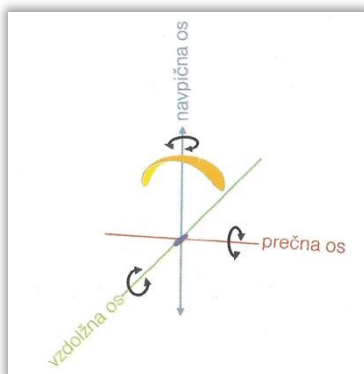
Tehnika letenja z jadralnim padalom pri preletih je zelo širok pojem. Zraven sodi tehnika vzletanja, tehnika letenja, tehnika pristajanja ter tudi tehnika reševanja nenavadnih situacij. Naprej se to deli tudi na tehnike v različnih jakostih vetra in termike. Še naprej bi lahko opisali različne tehnike pri različnih režimih leta (zavrto, nezavrto, pospešeno letenje).

Naj na tem mestu povemo, da ima vsak jadralni padalec, tako kot v drugih športih, nek osebni stil letenja. To pomeni, da se tehnika od posameznika do posameznika nekoliko prilagaja. V tem poglavju bomo opisali osnovno tehniko in tehniko v termičnem ozračju. V realnosti sta obe tehniki seveda prilagojeni posameznikom. Na samo tehniko letenja vpliva tudi različna oprema in njene nastavitve, trenutne vremenske razmere, pa tudi fizična pripravljenost pilota.

Mi se bomo osredotočili zgolj na tehniko letenja. Tehnika vzletanja in pristajanja nas v tem diplomskem delu ne zanimata.

Stabilnost jadralnega padala

Današnja tehnika letenja z jadralnimi padali je v prvi vrsti posledica stabilnosti oziroma nestabilnosti jadralnega padala. Zato moramo najprej povedati nekaj na to temo. Jadralno padalo je v primerjavi z drugimi zrakoplovi zasnovano na edinstven način. Pilot visi na vrvicah pod mehko konstrukcijo jadralnega padala. Padalo leti normalno, ko je težišče pilota točno tam, kjer mora biti, in sicer v osi krila. Stik vseh treh osi je v težišču pilota (slika 37). Zaradi vetrov, termike, različnih turbolenc in tudi napak pilota, težišče brez ustreznih reakcij pilota teži stran od idealne točke (slika 38). Tako lahko pride do napačno obremenjenega padala in zmanjšanja pritiska znotraj krila, kar privede do različnih trenutnih deformacij (zapiranje) krila (po Klokočevnik, 2003). Večinoma se lahko te deformacije z ustrežno tehniko letenja že preventivno prepreči. Reakcije pilota morajo biti pravočasne in ravno prav hitre, posebej pa ne pregrebe. Praktično je naloga pilota, da prek celotnega preleta ohranja težišče čim bližje idealne točke, to je v osi krila.



Slika 37. Tri osi stabilnosti (Glušič, 2003).



Slika 38. Stabilnost okoli prečne osi (Glušič, 2003).

Jadrarno padalo niha okoli treh osi. Te so: navpična, vzdolžna in prečna os (slika 37 in 38). V mirnem ozračju je padalo avtostabilno okoli vseh osi. Pri letenju v termičnem ozračju, kar se pri preletih počne tudi do deset ur, pa mora to stabilnost ohranjati pilot s pravo tehniko letenja (po Klokočovnik, 2003). To počne s krmiljenjem (zategovanjem in popuščanjem krmilnih ročic) v kombinaciji s prenosom teže preko bokov na levo ali desno stran padala (slika 39).



Slika 37. Prenos teže in zategovanje krmilnih ročic (osebni arhiv).

Krmiljenje jadrarnega padala v mirnem ozračju (osnovna tehnika):

Pilot krmili jadrarno padalo z vlečenjem krmilnih vrvic in z nagibom svojega telesa v levo ali desno stran. Z vlečenjem krmilnih vrvic spreminja krilu upor na določeni strani in posledica je zavoj v želeno smer. Z nagibom telesa pa prenaša težo na eno ali drugo polovico krila in s tem doseže enakomerno obremenitev nosilnih vrvic. V zavoju pilot uporabi kombinacijo vlečenja krmilnih vrvic in nagiba v smeri zavoja (slika 39). Močnejša kot sta poteg krmilne vrvice in nagib pilota, hitrejša je zavijanje. Zelo intenzivno izveden zavoj povzroči tudi močnejši nagib krila in posledica je hitrejša izguba višine. Pilot izvaja s kombinacijo ustvarjanja upora in prenosa teže poljubno velike zavoje, zavoje z različno hitrostjo gibanja in zavoje z različno stopnjo propadanja (ploske, strme). Torej je krmiljenje jadrarnega padala zelo kompleksna dejavnost, ki omogoči pilotu, da z ustreznim upravljanjem krila kar najbolje izkoristi trenutni zračni tok (po Klokočovnik, 2003).

Zelo pomembno pri krmiljenju in samemu letenju je razumevanje delovanja sistema pilot - krilo. Pilot je krilu breme, ki je potrebno za letenje (teža da krilu jadrarnega padala potrebno obliko, hitrost in trdnost). Pilot je preko letalnega sedeža in nosilnih vrvic pripet na krilo in obremenjuje krilo izven samega težišča krila. Pilota si lahko predstavljamo tudi kot nihalo, ki je pritrjeno na krilo (po Klokočovnik, 2003).

Pogoj varnega letenja je, da se pilot nahaja v osi krila (slika 37). Pri tem so vse nosilne vrvice pravilno obremenjene in ima celotno krilo potrebno trdnost. Vsako grobo krmiljenje krila in prenašanje teže povzroči nekontrolirano nihanje pilota. Pilot predstavlja telo z občutno večjo maso in manjšim uporom glede na telo krila. To pomeni, da se lahko krilu zelo hitro in nenadno spreminja hitrost gibanja, pilotu pa ne. Kot primer naj povemo, da se nenadoma močno zavrto krilo hitro ustavi, pilot pa zaniha naprej, kot da je na gugalnici (slika 38). Če

pilot pade iz stičišča treh osi krila, pride do razbremenitve določenega dela krila in ta del krila izgubi potrebno trdnost. Nihaj pilota povzroči posledičen nihaj krila in to pride v nepravilni položaj glede na trenutni zračni tok. Razbremenjeni del krila, ki je v neustreznem položaju glede na zračni tok, se lahko zapre (zalomi) ali krilo izgubi ustrezno drsnost in krmilnost (Klokočovnik, 2003).

Nihaje okoli prečne osi pilot zaustavlja z vlečenjem krmilnih vrvic. Če padalo zaniha nazaj, potem krmilne vrvice povsem popusti, ko pa ima padalo tendenco za nihaj naprej, krmilne vrvice povleče navzdol (slika 38).

Tudi nihaje okoli navpične osi lahko pilot zaustavlja z vlečenjem ene ali druge krmilne vrvice v kombinaciji z nagibom telesa.

Najbolj problematični so nihaji okoli vzdolžne osi, ki jih pilot poizkuša že preventivno preprečiti ravno tako z vlečenjem krmilnih vrvic v kombinaciji z nagibom telesa.

Krmiljenje jadralnega padala v termičnem ozračju (aktivno letenje):

V termičnem ozračju velja tudi osnovna tehnika krmiljenja padala, vendar se zaradi močnejših vertikalnih in horizontalnih gibanj zraka ta tehnika nekoliko prilagaja. To pa zaradi sprememb smeri in velikosti sil, ki delujejo na sistem pilot - krilo. Termični tokovi v realnosti niso lepi in gladki stebri dvigajočega se zraka, ponavadi so precej neenakomerni in raztrgani. Prvo pravilo pri letenju v bolj turbolentni termiki je, da se leti z okoli 10-25% zavrtim krilom. Takrat je vpadni kot krila večji in zaradi tega je padalo najmanj občutljivo na zapiranja (po Klokočovnik, 2003).

Še večji pomen dobi nagibanje telesa oziroma prenašanje teže med letenjem zdaj na eno zdaj na drugo stran. Vseskozi prihaja do zračnih tokov, ki bolj obremenjujejo padalo na eni kot na drugi strani. S prenosom teže se tako izenačuje obremenitev in s tem pritisk v celotnem krilu (slika 39). In to je ena izmed ključnih stvari pri letenju v termičnem ozračju.

Med letom naravnost je potrebno aktivno zaustavljati nihaje v smeri vseh treh osi, saj jih nemirno ozračje neprestano želi povzročati (slika 37).

Med kroženjem v termičnem stebri je potrebno vseskozi popravljati nagib telesa in tudi vlečenje krmilnih vrvic. Včasih se je potrebno ob izgubi pritiska v krilu na zunanji strani, med kroženjem nagniti za trenutek na zunanjo stran krila. Potrebno je vseskozi kontrolirati pritisk na zunanji krmilni vrvice in po potrebi zaustavljati prevelike nihaje okoli navpične osi med kroženjem. Pri močnejših dviganjih pilot lahko bolj ostro kroži, pri šibkejših pa manj.

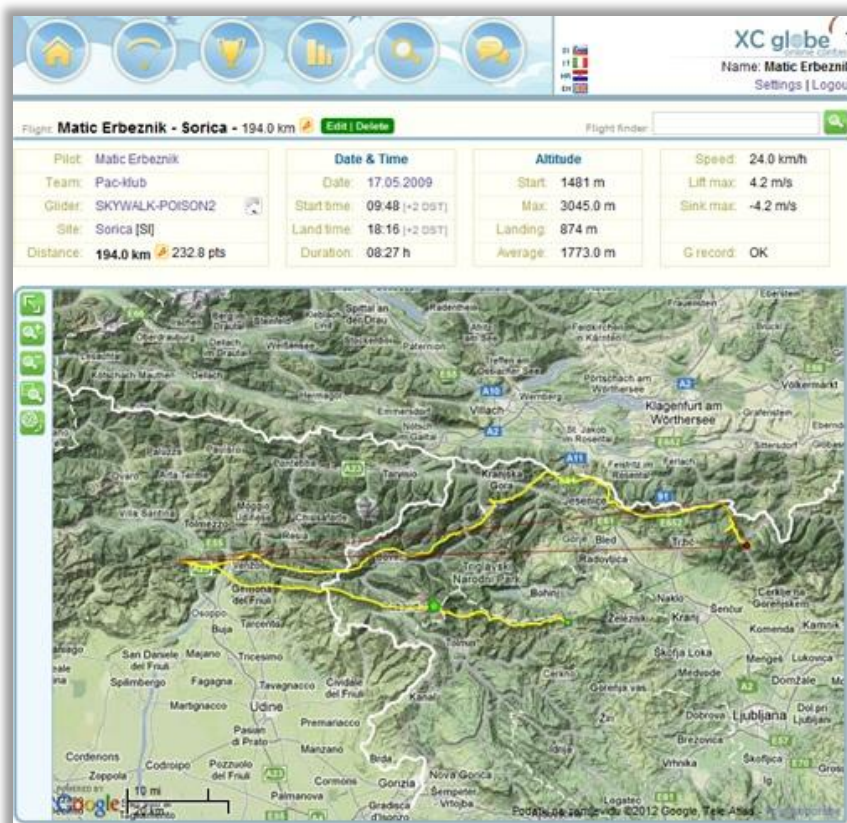
Pri uporabi nožnega pospeševalnika moramo paziti, da ga ob večjih nihajih okoli prečne osi dovolj hitro sprostimo. Vpadni kot je povečan in zaradi tega je krilo bolj občutljivo na frontalna zapiranja.

V termičnem ozračju je potrebna stoodstotna koncentracija in neprestano aktivno letenje. To pomeni zaustavljanje nihajev in s tem ohranjanje ravnovesja sil. Pilot lahko preko sedeža in krmilnih vrvic zazna, na kateri strani so večje obremenitve ali razbremenitve (dviganja ali spuščanja) krila, nadalje zazna potrebno velikost radija kroženja in hitrost letenja (ne prehitro in ne prepočasno), da se uskladi z dvigajočim tokom in sledi njegovi smeri gibanja (po Klokočovnik, 2003). Večino nenavadnih situacij (različna zapiranja, spirale in zastoji krila) je z ustrezno tehniko letenja mogoče že preventivno preprečiti. Včasih pa pride do napačne odločitve in pilot se znajde v močni turbolenci. Takrat je potrebno obvladati tudi reševanje nenavadnih situacij, kar pa ni tema tega diplomskega dela.

3.6. Primer prostega preleta (priprava, taktika, analiza-statistika)

Vse kar smo napisali do tega poglavja je bilo zato, da bo lažje razumeti analizo konkretnega prostega preleta. Brez informacij, ki so bile podane do sedaj, bi bilo razumevanje tega poglavja zelo oteženo, morda celo nemogoče. V tem poglavju bomo analizirali prosti prelet, ki ga je opravil avtor diplomskega dela. Pisali bomo o taktiki, pripravi in o izvedbi preleta. Opirali se bomo na znanja meteorologije, aerodinamike, topografije in seveda tudi tehnike letenja. Prelet bomo analizirali z računalniškim programom za analizo letenja See You. Pomagali si bomo tudi z aplikacijo Google Earth in spletnim strežnikom XC Globe.

3.6.1. Dejstva preleta in zapis poti



Slika 38. Prelet s povratkom 194 km. Pilot Matic Erbežnik (XC Globe).

Pilot preleta je avtor diplomskega dela Matic Erbežnik. Prelet je bil izveden 17.5.2009 z vzletišča Soriška Planina na nadmorski višini 1481 m.n.v. Pristanek je bil na SZ strani gore Kočna, na pobočnem travniku. Nadmorska višina pristanka je 874 m.n.v. Dolžina preleta je 194 km, poddisciplina pa prelet s povratkom (ploski trikotnik). Čas vzleta je 9:48, čas pristanka pa 18:16. Čas preleta (brez čakanja na vzletišču in pristajalnem prostoru) je 8 ur in 4 minute. Povprečna hitrost preleta je 24 km/h. Povprečna nadmorska višina letenja je bila 1773 m.n.v. Maksimalna hitrost dviganja in tudi spuščanja je bila 4,2 m/s. Vendar tu je izračunano 5 sekundno povprečje. Maksimalno trenutno dviganje pa je bilo več kot 7 m/s (slika 40).

3.6.2. Priprava na prelet

Priprava na prelet je potekala približno po točkah, ki smo jih že opisali v prejšnjih poglavjih. V tem poglavju bomo opisali pripravo na konkreten prelet po že znanih točkah.

- organiziranje prostega dne na dan preleta: pilot si je seveda za tisti dan organiziral prost dan
- pregled vremenske napovedi: vremenska napoved za tisti dan je bila zelo obetavna za prosti prelet s povratkom. Ozračje naj bi bilo jasno, popoldne s Cu (Cumulus) oblaki, ki naj se ne bi preveč razvili v večje oblake. Baza oblaka (začetek oblaka) naj bi bila na okoli 2500 m.n.v., v visokih hribih še nekoliko višje. Tudi višinske vrednosti vetra in temperature so govorile na dober letalni dan. V nižjih plasteh ozračja (do okoli 2000 m.n.v.) naj bi čez cel dan pihal šibak vzhodni veter (največ 14 km/h), kar pomaga pri prvi stranici preleta, saj se leti proti zahodu. V višjih plasteh (nad 2000 m.n.v.) pa naj bi se veter po drugi uri popoldne začel obračati v zahodne in jugozagodne smeri, kar je tudi ugodno, saj se popoldne leti proti vzhodu.
- izbira vzletišča: za vletišče si je pilot izbral Soriško planino, saj je idealna za take vrste preletov. Posebnost tega vzletišča je ta, da omogoča zelo zgoden vzlet (do desete ure dopoldne), kar podaljša čas samega letenja in s tem tudi dolžino preleta.
- okvirni načrt poti preleta (plan a): »plan a« se je razlikoval od preleta, ki ga je nato pilot izvedel. Ta dan naj bi pilot letel še okoli 30 km dlje proti zahodu in nato po skoraj isti poti letel nazaj do vzletišča. Dolžina je bila planirana na okoli 220 km. »Plan a« torej v tem primeru ni bil realiziran. Predvsem zaradi močnejšega zahodnega vetra v višjih plasteh od napovedanega. Zaradi tega je bilo težko leteti dlje proti zahodu.
- alternativni načrt (plan b): ko je pilot ugotovil (na najbolj zahodni točki poti), da so razmere za »plan a« slabše, je začel leteti po »planu b«. Ta je bil, leteti po dolini Trenta proti Vršiču in nato preskočiti v Karavanke in leteti čim dlje z zahodnim vetrom proti Krvavcu. »Plan b« je bil tisti dan skoraj v celoti realiziran.

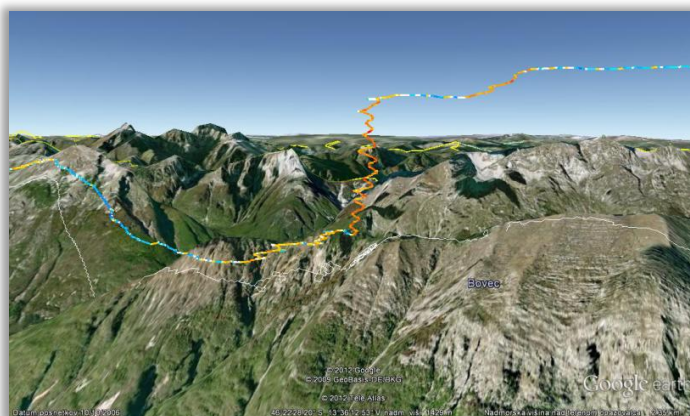
- analiza opravljenih preletov na področju kjer pilot načrtuje prelet: pilot je že dlje časa analiziral prelete, ki so bili opravljeni na tem področju. Tudi prej je že sam večkrat letel tam in je poznal vso pot po delih.
- priprava in pregled opreme: pilot je že prejšnji dan pripravil večino opreme, ki jo potrebuje. Predvsem se nam zdi pomembna rehidracijska pijača ali voda, energetske ploščice med letenjem in urinalni kondom. Namreč pilot mora (!!!) v zraku nadomestiti izgubo tekočine in vsaj približno nadomestiti topli obrok, ki ga med letenjem ne more zaužiti. Osnovna in dodatna oprema (poglavje Oprema) pa je tako ali tako obvezna in samoumevna
- organizacija prevoza na vzletišče: tisti dan se je pilot pridružil kolegu v avtu in zraven je šlo tudi dekle, ki je peljalo avto nazaj v dolino.
- razmislek o možnostih povratka ob pristanku daleč od vzletišča: pilot si je pred preletom ogledal, kje so alternativne železniške povezave in postaje. Tudi cestne povezave je približno poznal.
- dovolj dolg spanec v noči pred načrtovanim preletom: spanec je bil na noč pred tem preletom dovolj dolg.

3.6.3. Taktika preleta

Taktika in taktična izvedba preleta je tudi stvar, kateri gre posvetiti precej pozornosti. V tem poglavju bomo govorili o taktiki konkretnega preleta, to pa se lahko prenese tudi na večino preletov narejenih v hribovitem (alpskem) svetu.

Osnovna taktika vseh dolgih preletov je preleteti čim večjo razdaljo. To pomeni, da mora pilot leteti čim dlje časa s čim večjo povprečno hitrostjo. V Alpah je ob dobrih letalnih pogojih možno leteti okoli deset ur. Na Soriški planini se ponavadi vzleti med deveto in deseto uro dopoldne. Pristane se lahko do okoli šeste ali sedme ure zvečer. To je čas termične aktivnosti, ki je močno odvisen tudi od dolžine dneva.

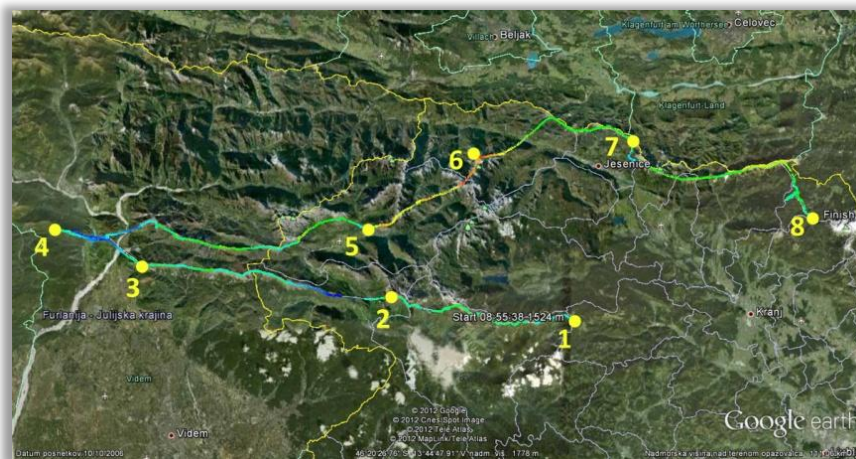
Teoretično bi največjo povprečno hitrost jadralni padalec dosegel tako, da bi čim več časa letel zgolj naravnost, v smeri začrtane poti. A praktično to ni mogoče, saj jadralno padalo nima motorja s katerim bi lahko pilot vseskozi vzdrževal višino. Jadralno padalo v določenem trenutku nima več dovolj relativne višine in zato mora s kroženjem v termičnem stebri ali z zavoji ob pobočju kjer piha pobočni veter, višino pridobiti. In na ta račun pilot pridobi dovolj višine, da lahko zopet začne potovati naravnost po začrtani poti (slika 41).



Slika 39. Pridobivanje višine s kroženjem v termičnem stebri (osebni arhiv).

Taktika za ta prelet je bila podobna kot pri ostalih preletih. Leteti čim hitreje, čim manj krožiti v termičnih stebrih in čim manj zadrževanja na istemu mestu. Ena izmed glavnih stvari pa je seveda leteti čim več časa. Pri dvigovanju v termičnih stebrih je taktika izkoriščati čim močnejša dviganja, zato da se hitro pridobiva višino. Pri letenju naravnost po začrtani poti je taktika, da se čim več uporablja nožni pospeševalnik za hitrejšo letenje.

Že vnaprej je treba razmisliti in si postaviti ključne točke, kjer je potrebno biti čim višje. Pri tistih točkah lahko izgubimo nekoliko več časa, saj lahko s prenizkim nadaljevanjem preleta tvegamo predčasen pristanek. Med temi ključnimi točkami pa velja čim hitreje prileteti do naslednje ključne točke. Ponavadi so ključne točke pred širokimi dolinami ali kotlinami, ki se jih mora preleteti, pred deli kjer je pričakovati močnejši veter in tudi pred deli, ki jih ne poznamo dobro (slika 42).



Slika 40. Ključne točke. 1- vzletišče, 2- Krn, 3- Veliki Karman (Chiampon), 4-mesto povratka, 5- Svinjak, 6- Špik, 7- Struška, 8- pristanek (osebni arhiv).

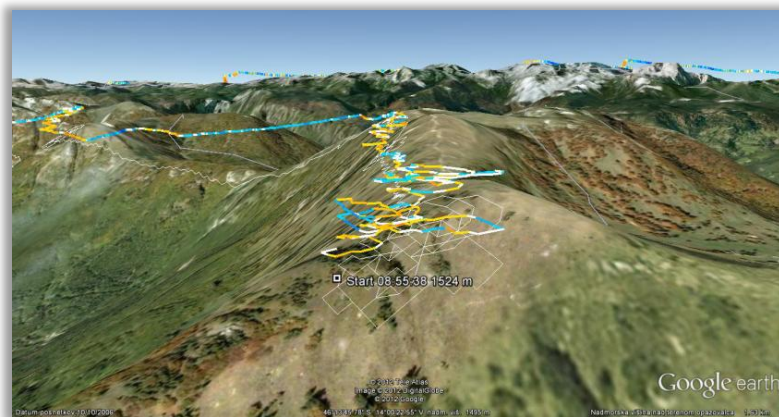
Dobra taktika preleta je tudi izbira poti ali vsaj terena na začrtani poti, kjer gre pričakovati veter ki piha v smeri letenja. To seveda pomaga pri hitrejšem letenju. Pri tem nam je v veliko pomoč dobra priprava na prelet in analiza terena. V goratem alpskem svetu v večini večjih ali manjših letalnih predelov obstajajo lokalne klimatske zakonitosti (mikroklima), ki ponavadi veljajo ob določenih letalnih pogojih (smer in jakost splošnega vetra, temperaturni gradient, oblačnost,...).

Moramo pa poudariti, da se taktika za čim hitrejšo letenje podreja varnosti in najprej je treba gledati na to, in šele v drugemu planu uresničevati ideje o čim hitrejšem in čim daljšem preletu.

3.6.4. Analiza preleta iz dne 17.5.2009

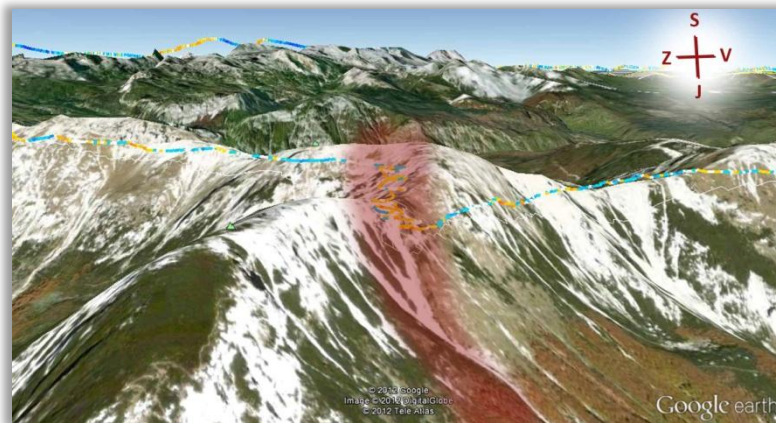
Prihod na vzletišče je bil dovolj zgođen, tako da se je dalo v miru pripraviti na prelet. Prišlo je okoli dvajset pilotov jadralnih padal, kar kaže na to da je bila napoved za prelete ugodna.

Na vzletišču so bile razmere slabše od napovedanih. V višinah je pihal še vedno precej močan SV veter (okoli 6 m/s). Prvi piloti, ki so vzleteli so kmalu tudi pristali v vasi Sorica. Ob 9:48 se je podal v zrak tudi avtor diplomskega dela. Začetek ni bil najbolj obetaven, saj termika še ni bila dovolj močna za hitro napredovanje. Zato se je prvih 15 min letelo zgolj na enem mestu ob iskanju močnejše termike, ki se je počasi prebujala (slika 43).



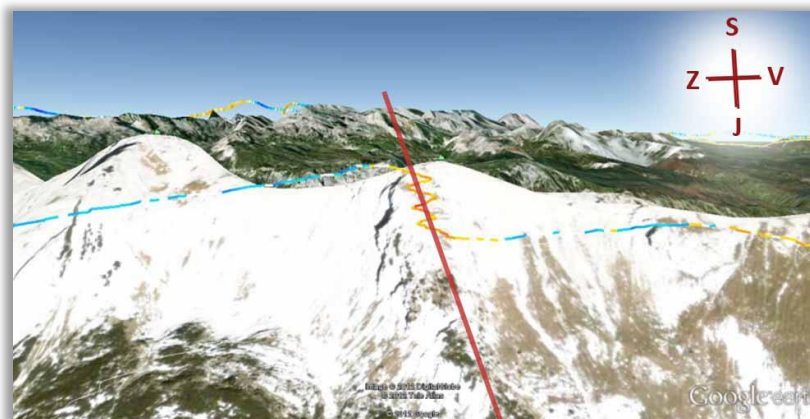
Slika 41. Iskanje termike takoj po vzletu (osebni arhiv).

Nato je bilo letenje od Črne prsti naprej do Tolminskega Migovca precej bolj tekoče. Termična aktivnost je postala močnejša in zato je bil pretežni del preleta do Tolminskega Migovca opravljen z letenjem naravnost v smeri začrtane poti. Dobro je vidno, da je bila v tem času termična aktivnost na V in JV straneh pobočij, ker v tistem času dneva (med 10 in 13h) sonce najbolj ogreva V in JV pobočja (slika 44). Tudi hitrost letenja proti Z je bila v tem času večja, kot če bi letel proti V. Zato ker je bilo prisotno nekoliko V vetra in še sonce je ogrevalo V pobočja, kar pomaga pri povprečni hitrosti pri letenju na Z.



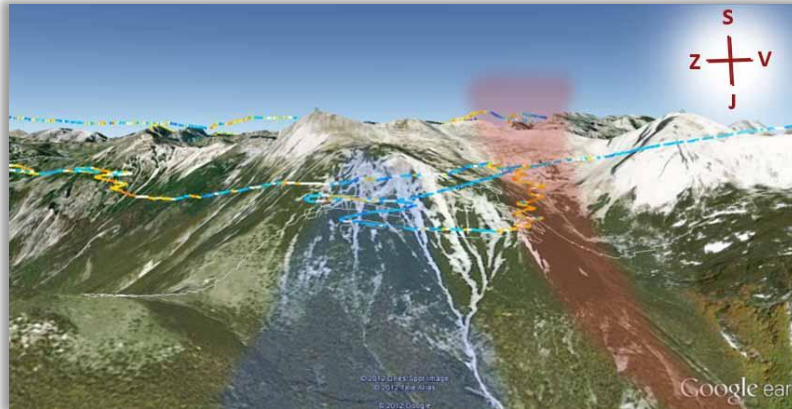
Slika 42. Termika v tem času (10-13h) prihaja iz V pobočij (osebni arhiv).

Podroben pogled na smer zanosa termičnega stebra tudi govori v prid V tendencam vetra v tem času letenja. Stebri so bili poševno zamaknjeni iz V proti Z kar govori da je bil V veter res prisoten (slika 45).



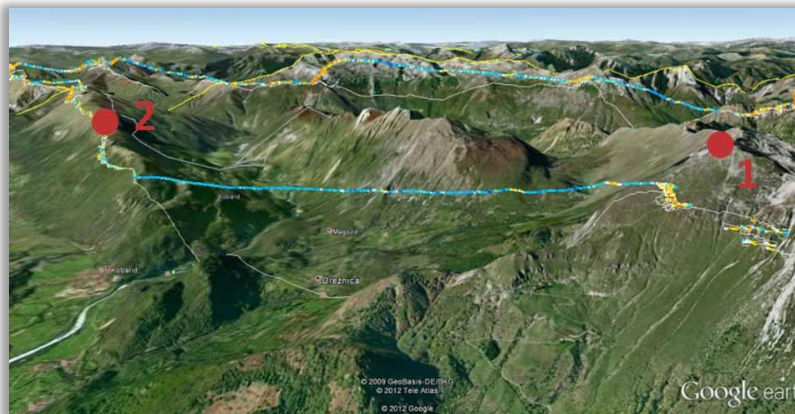
Slika 43. Zanos termičnega stebra proti zahodu (osebni arhiv).

Zanimiv del preleta je vsekakor med 10:45 in 10:55 dopoldne. Na sliki se vidi, da je avtor diplomskega dela naredil nekaj napak. Letel je mimo V pobočij in na J in JZ pobočjih ni uspel najti dviganja, zato je moral leteti nazaj in na V pobočjih iskati termično dviganje. Tukaj je pilot z ne najbolj optimalno odločitvijo izgubil okoli 10 min (slika 46).



Slika 44. Neuspešno iskanje termike na J in JZ pobočjih (osebni arhiv).

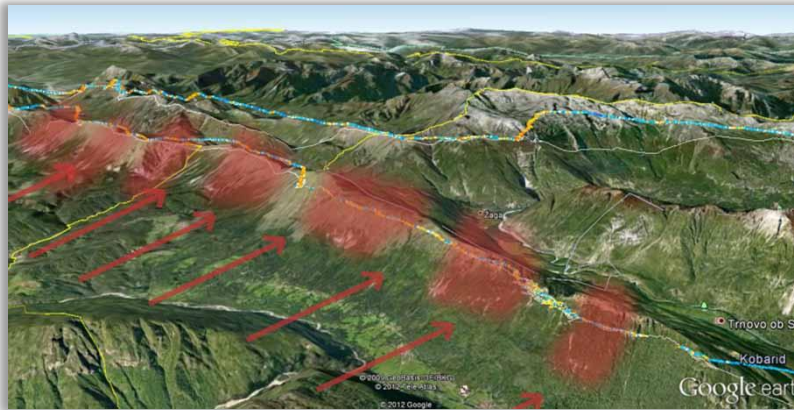
Prva ključna točka je bil preskok doline Soče iz Krna na Kobariški Stol (slika 47). To je namreč prvi večji preskok doline in tudi Kobariški Stol včasih ob tem času (11.30 h) še nima močnejše termike. Zato je potrebno na Krnu pridobiti čim več višine in si tam po potrebi vzeti nekoliko več časa. Seveda pa ne preveč, saj pilot tako izgublja dragocene minute. Preskok je potekal po planu, po pričakovanju pa je bilo na začetku grebena Kobariškega Stola nekoliko težje najti termične vzgornike in tam je avtor diplomskega dela izgubil okoli 10 min.



Slika 45. Prva ključna točka- preskok doline Soče (osebni arhiv). 1- Krn, 2- Kobariški Stol

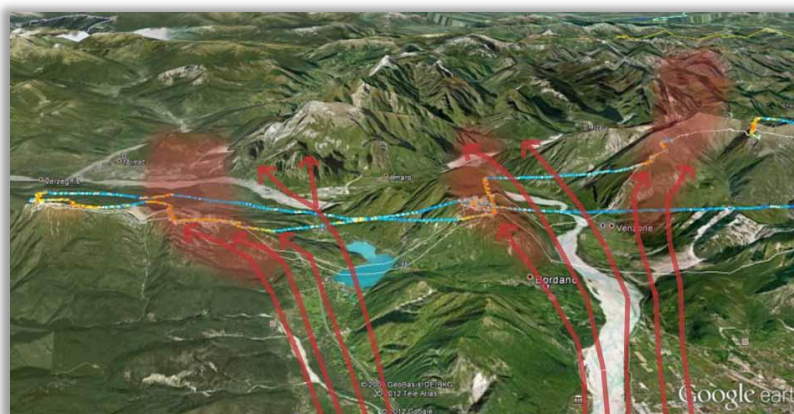
Nato se je termična aktivnost okoli 12:00 ure (tako kot ponavadi) izboljšala, saj je sonce takrat že precej visoko in posledično zelo dobro ogreva tla. Letenje od Kobariškega Stola preko slovensko - italijanske meje naprej do Velikega Karmana (It. Chiampon) je bilo tekoče, z le nekaj popravki višine ob močnejših termičnih dviganjih. Menimo da danes, po treh letih od preleta ki ga analiziramo, avtor diplomskega dela ne bi več popravljal višine, ampak bi samo letel po načrtani poti naprej. Izkušnje so pokazale, da korekcije višine ne bi bile

potrebne. Vendar za takratni nivo znanja in izkušenj so bili popravki višine pametni. Greben Kobariškega Stola od Kobarida pa vse do Humina (It. Gemona) je dolg okoli 30 km, z le enim manjšim preskokom doline. To pomeni, da je prisilna konvekcija (dvig zraka ob grebenu) prisotna skoraj po celi dolžini grebena ob ugodnih razmerah (slika 48). Zato lahko pilot z izbiro prave linije letenja večino časa preleti naravnost v smeri načrtane poti.



Slika 46. Prisilna konvekcija po celotni dolžini grebena Kobariškega Stola (osebni arhiv).

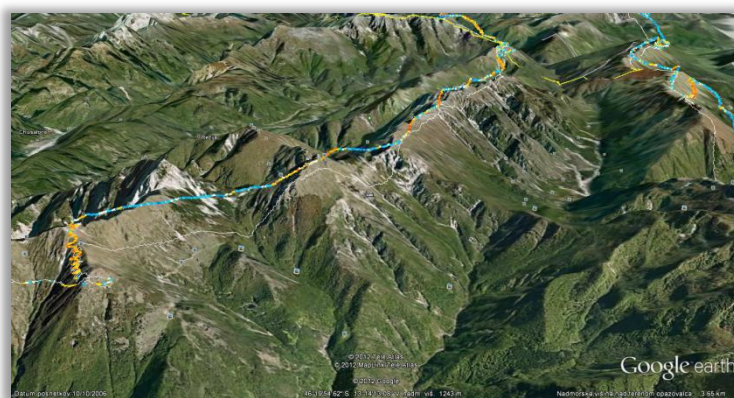
Naslednja ključna točka tega preleta je gora Veliki Karman (It. Chiampon), ki se nahaja v Beneški Sloveniji (Italija), to je SV od Humina (It. Gemone). Tam je zopet potrebno nabrati čim več višine za preskok doline reke Tilment (It. Tagliamento). Ta preskok doline je dolg kar okoli 10 km (slika 49). Po tej dolini piha ob normalnih letalnih pogojih J veter, to pomeni od ravnine (Padske nižine) proti Alpam. Tudi takrat je bilo tako. Ta veter se da dodobra izkoristiti na obeh straneh doline (V in Z) kjer se upre v začetke grebenov in pilotu pomaga pri pridobivanju višine. Pomaga mu seveda le ob ustrezni izbiri linije letenja, če se pilot napačno odloči pa ga lahko dolinski veter hitro prizemlji. Na spodnji sliki se lepo vidi, kako izkoristiti ta južni veter na obeh straneh doline v svojo korist (slika 49).



Slika 47. Preskok doline reke Tilment in izkoriščanje dolinskega vetra na obeh straneh doline (osebni arhiv).

Približno 80 km zračne linije od vzletišča (ura je bila 13.03) se je pilot odločil obrniti in leteti nazaj proti V (slika 49). Torej v tistem trenutku je postal aktualen »plan b«. Odločitev je bila taka, ker se je vedno bolj čutil Z veter, ki je upočasnjeval letenje proti Z, pa tudi pogled nazaj proti Julijskim Alpam je kazal da so razmere tam res odlične.

Zopet je bilo potrebno preskočiti dolino reke Tilment (It. Tagliamento), tokrat iz Z proti V. Preskok je potekal brez težav, le da je pilot tokrat namesto na Veliki Karman (It. Chiampon), letel bolj severno v greben Mužcev (It. Mussi). Na začetku grebena mu je pomagala tudi prisilna konvekcija južnega vetra, ki piha po dolini (slika 49). Prelet Mužcev je potekal brez težav, le z nekaj popravki višine (slika 50).



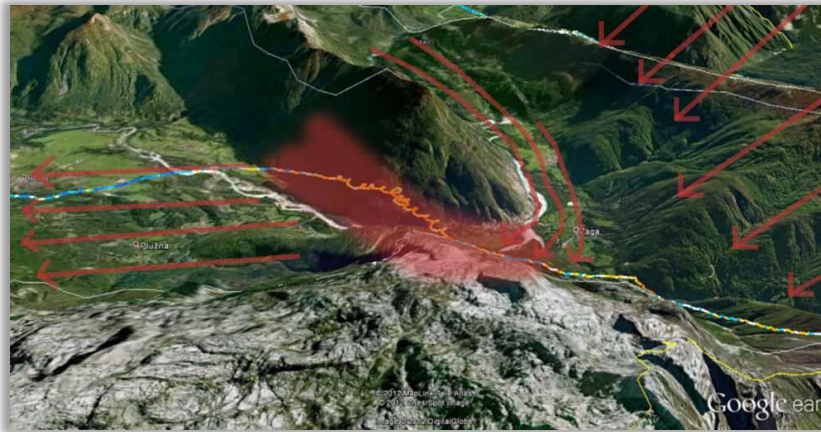
Slika 48. Prelet grebena Mužcev (osebni arhiv).

Hitrost letenja (povprečno okoli 45 km/h) nad Mužci proti V kaže na to, da je bil v ozračju res že prisoten šibak Z do JZ veter. Tudi ura se je bližala 14:30, kar pomeni da so bila vedno bolj osončena JZ pobočja. Oboje skupaj je šlo v prid letenja nazaj proti V, saj se je dalo leteti hitreje in učinkoviteje. Tudi zanos termičnega stebra na koncu Mužcev, nad goro Zajavor, kaže na prisotnost šibkega Z vetra (slika 51).



Slika 49. Zanos termičnega stebra proti vzhodu (osebni arhiv).

Prelet se je nadaljeval in preko italijansko - slovenske meje je pilot priletel nazaj v Slovenijo. Nad slapom Boka v bližini vasi Žaga je bilo potrebno nabrati višino. Na sliki se dobro vidi, kako je bil tudi ta termični steber zanešen iz smeri JZ, zaradi šibkega vetra v višinah v kombinaciji z dolinskim vetrom iz doline Soče. V dolini je pihalo kot po navadi iz smeri Kobarida proti Žagi (slika 52).

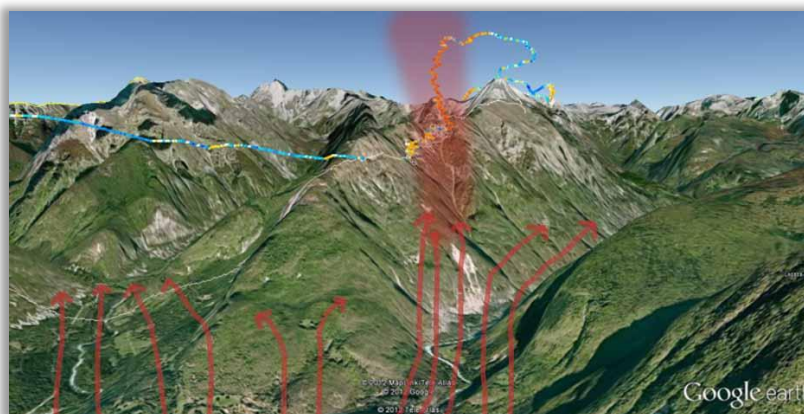


Slika 50. Dvigovanje v termičnem stebru zanešenem od Z vetra in dolinskega vetra (osebni arhiv).

Naj dodamo še to, da je bila največja višina pilota do tedaj 2225 m.n.v., tukaj pa je bila baza oblaka (začetek oblaka) že na okoli 2400 m.n.v.. Višja baza je bila v tem primeru posledica višjih gora v tem predelu preleta. Največja višina je bila kasneje 2974 m.n.v. (3045 po izračunu spletnega portala), ampak o tem bomo pisali nekoliko kasneje.

Prelet se je nadaljeval mimo kaninskega pogorja, preko Rombona proti gori Svinjak. Tudi tu je hitrosti letenja nekoliko naraščala in je na trenutke dosegla tudi 65 km/h. Predvsem nižje proti gori Svinjak so bile hitrosti večje zaradi dolinskega vetra, ki je pihal v Bovški kotlini. Svinjak je bil zopet ena izmed ključnih točk, kjer je bilo potrebno nabrati čim več višine (slika 53). Predvsem zato, ker je po dolini Trente pihal dolinski veter proti Vršiču (hitrosti tega vetra v dolini lahko dosega tudi vrednosti do 10 m/s). Zato se je vedno potrebno v področju, kjer so visoke gore in izrazite ter ozke doline, zadrževati čim višje, kjer ni dolinskega vetra.

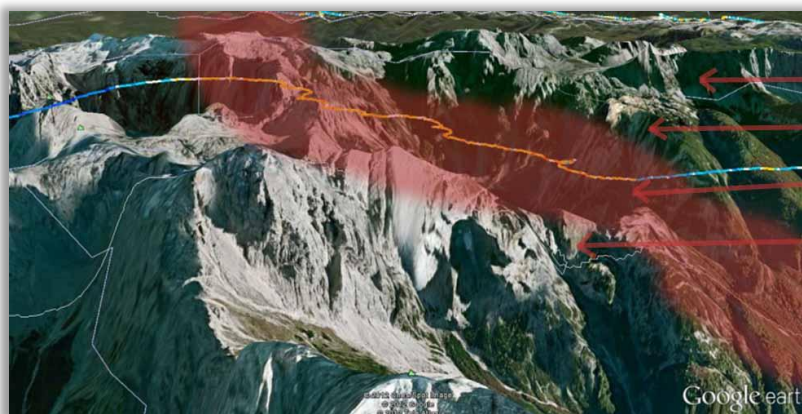
Na spodnji sliki se tudi zelo lepo vidi kako jadralni padalci izkoriščajo v praksi zakon o ohranitvi mase. Termični steber se je formiral točno tam, kjer se teren zoža in tako tudi zrak, ki priteče iz doline, vertikalno pospeši. To je avtor diplomskega dela tukaj dodobra izkoristil. Dviganje v bližini gore Svinjak nad dolino Trenta je bilo v tem primeru do 7 m/s (slika 53).



Slika 51. Ključna točka Svinjak in termični steber točno nad zožanjem terena-zakon o ohranitvi mase (osebni arhiv).

Prelet se je nadaljeval čez Bavški Grintavec do gore Razor. Tudi tu je hitrost letenja občasno presegala 70 km/h, kar pomeni da se je Z do JZ veter nekoliko okreplil, pa tudi višine letenja so bile večje (čez 2600 m.n.v.), zato je zrak redkejši in padalo leti hitreje.

Pri Razorju je bila ura 15:10, kar pomeni, da je takrat področje Trente in Razorja odlično osončeno in v kombinaciji z dolinskim vetrom iz Trente, je bilo termično dviganje pri Razorju skoraj zagotovljeno. Tu je pilot dosegel nadmorsko višino 2864 m, kar je zanimivo, saj je ravno toliko visok Triglav. Na sliki spodaj je dobro razvidno kako je dviganje zamaknjeno zaradi JZ vetra v kombinaciji z dolinskim vetrom, ki je prišel iz doline Trente (slika 54).



Slika 52. Zanos dviganja nad Razorjem od JZ vetra v kombinaciji z dolinskim vetrom iz Trente (osebni arhiv).

Ko je pilot letel čez Razor, po Z strani Škrlatice do Špika, je hitrost letenja na trenutke presegla tudi 90 km/h. To pomeni da je bilo na tej višini (med 2500 in 2864 m.n.v.) tudi do 50 km/h JZ vetra. Povprečno pa okoli 30 km/h vetra. Pri takih vremenskih pogojih je potrebno paziti, da pilot iz Razorja proti Špiku leti dovolj visoko (vsaj okoli 200m, še boljše več) nad grebenom, saj gre takoj za grebenom pričakovati zavetrne rotorje in turbolence. Dobro v tem primeru je to, da se Razor na S straneh skoraj prepadno spusti v dolino Krnice, tako da ima pilot zelo hitro veliko višino nad tlemi (slika 54). Posledično ima veliko časa in prostora za reševanje morebitnih deformacij padala ob zavetrnih turbolencah. Pilot se je z dovolj visokim letenjem v tem primeru izognil vsem turbolencam in ni imel nikakršnih problemov. Hitrost JZ vetra se je hitro zmanjševala ob padanju nadmorske višine.

Naj omenimo še to, da je nad Špikom pilot dosegel največjo višino dneva in sicer 2974 m.n.v. Spletni strežnik je izračunal sicer višino 3045 m, a računalniški program za analizo (See You) pokaže bolj točne podatke. Pri Špiku je bil pilot zopet na eni izmed ključnih točk, saj je tu potrebno nabrati dovolj višine za preskok doline v Karavanke (slika 55). Nizko letenje čez Zgornjesavsko dolino ponavadi pomeni predčasni pristanek zaradi dolinskega vetra, ki piha iz Jesenic proti Kranjski Gori (slika 55).

Prelet se je nadaljeval SZ od Kukove špice in čez Zgornjesavsko dolino proti Kepi. Zaradi JZ vetra ob tem času (15:30) v višinah, je preskok iz Julijskih Alp v Karavanke potekal brez problema. Hitrost letenja je bila vseskozi med 60 in 65 km/h, saj je bil pilot dovolj visoko nad dolinskim vetrom, ki bi mu nižje precej otežil ali celo onemogočil preskok doline (slika 55).



Slika 53. Ključna točka od Špika do Kepe in dolinski veter v Zgornjesavski dolini (osebni arhiv).

Pod Kepo je pilot priletel na nadmorsko višino okoli 1830 m, kar je zelo ugodno za nemoteno nadaljevanje preleta proti V. Letenje je potekalo mimo Dovške Babe, preko Golice do Struške.

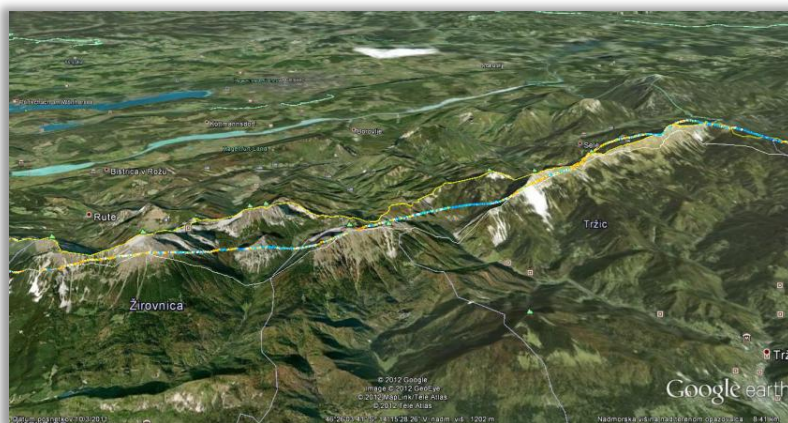
Na Struški je ena izmed zadnjih ključnih točk tega preleta. Med jadralnimi padalci je letenje iz Struške proti Belščici in Stolu ena izmed večnih ugank. Tam (skoraj) vedno piha V veter, ki neugodno obliva teren nad kateremu se leti. Namreč leti se po Z strani, kar ob V vetru res ni

ugodno. Uporaba nožnega pospeševalnika je v tem primeru skoraj vedno potrebna. Do V vetra tam prihaja zaradi akumulacije toplote iz celotne Ljubljanske kotline. Nato pa se pri Jesenicah teren močno zoža v Zgornjesavsko dolino, na S pa se teren zapre s Stolom, Belščico in Struško. Tako vsa energija (veter) steče v Zgornjesavsko dolino in proti Struški in Golici (slika 25, 26 in 56).



Slika 54. Ključna točka Struška in V veter (osebni arhiv).

S kar nekaj težavami (tako kot vedno pri letenju iz Z proti V na temu področju) je pilotu uspelo prileteti na ugodnejše JZ strani Belščice (slika 56). Od tam se je letelo mimo najvišje gore Karavank Stola, do Begunjščice in preko Ljubelja do grebena Košute. Na grebenu Košute je bil pilot ob 16:50, kar pomeni da je termična aktivnost počasi a vztrajno upadala. S pomočjo JZ vetra in šibkejše termike je bilo letenje po Košuti precej enostavno in psihično nenaporno, za razliko od ostalih delov preleta (slika 57).



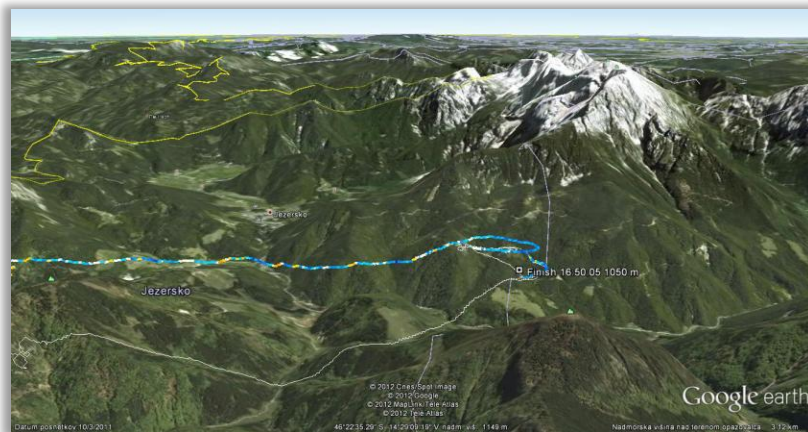
Slika 55. Mimo Stola, Begunjščice in grebena Košute v ravni liniji (osebni arhiv).

Na fotografiji spodaj je greben Košute (gora Kofce in Kladivo). Baza oblaka (začetek oblaka) je bila tam na okoli 2300 m.n.v.. Skoraj popolnoma raven začetek (baza) oblaka govori v prid dobri termični aktivnosti (slika 58). Fotografija je nastala na dan obravnavanega preleta. Fotografiral je prijatelj avtorja diplomskega dela, s katerim sta skupaj letela celoten prelet in tudi pristala sta na istem travniku. Avtor fotografije je Pavel Kante.



Slika 56. Pogled proti grebenu Košute z ravno bazo oblaka (Pavel Kante, 2009).

Želja je bila, da bi bil pristanek v vasi Cerklje na Gorenškem. Zato je pilot pri Košutnikovem turnu obrnil protu JV in letel v smeri Z grebena Kočne. Toda skorajšnji konec termične aktivnosti in dolinski veter v dolini Kokre, ki piha proti Jezerskem, sta prizemljila pilota. Pristanek je bil ob 17:53 (18:16 je bil ugasnjen GPS) na pobočnem travniku na SZ vznožju gore Kočna (slika 59).



Slika 57. Mesto pristanka na SZ vznožju Kočne (osebni arhiv).

3.6.5. Povzetek prostega preleta iz dne 17.5.2009

Najprej naj povemo, da je bil to v tistem času za pilota in avtorja diplomskega dela najboljši prosti prelet. Predvsem se je globoko vtisnil v spomin, ker je bil skoraj celoten prelet opravljen skupaj s prijateljem in pilotom Pavlom Kantetom. Namreč redkokdaj se zgodi, da se dva pilota tako dobro ujameta v samem stilu letenja, razmišljanju in tudi padalski opreми. Leteti z nekom osem ur in pol je res redkost in zaradi tega prav posebno doživetje.

Prelet je potekal zelo tekoče in uspešno. Tudi priprava na prelet in taktika sta bili za tisti dan dobra. Pilot je sicer moral med preletom prilagoditi svoj plan in je upošteval in letel po »planu b«. To samo potrjuje dejstvo, kako pomemben je alternativni načrt (plan b). Brez tega, bi pilot najbrž ostal brez ideje in motivacija za letenje bi padla.

Med preletom je bilo nekaj napačnih odločitev, zaradi katerih je pilot izgubil nekaj minut. V prejšnjem poglavju smo te napačne odločitve tudi pokomentirali in analizirali. A vedno je bolje izgubiti nekaj minut, kot pa narediti napačno odločitev, ki bi pomenila predčasni pristanek ali celo zmanjšala varnost letenja.

Poudarili bi tudi pomembnost analize preletov, ki so potekali po podobnem terenu in vnaprejšnjo določitev ključnih točk. Izkazalo se je, da so bile ključne točke postavljene ustrezno in ni bilo večjih težav pri letenju mimo njih. Če teh ključnih točk ne bi predvideli, bi bilo verjetno precej več težav med preletom.

Ta prelet je bil leta 2009 eden bolj zanimivih in tudi komentiranih. Tudi danes tak prelet še vedno veliko velja med jadralnimi padalci. Predvsem zato, ker povratek proti V poteka preko precej zahtevnega terena osrčja Julijskih Alp in tudi, ker prelet povezuje poleg italijanskega dela tudi vse tri skupine slovenskih Alp (Julijske Alpe, Karavanke, Kamniško - Savinjske Alpe). V času med letom 2009 pa do danes je avtor diplomskega dela ta prelet podaljšal na 238 km. In sicer tako, da je prvo obratno točko povlekel še 20 km bolj Z.

4. SKLEP

Jadralno padalstvo je šport s katerim se da ukvarjati tako rekreativno kot tudi tekmovalno. S hitrim razvojem opreme se je izoblikovalo precej različnih jadrarno padalskih disciplin. Do tega je prišlo predvsem zaradi vedno boljših in lažjih materialov. Pomemben doprinos razvoju jadrarnega padalstva in njegovih disciplin pa je dalo tudi računalniško konstruiranje padal, boljše vremenske napovedi in raziskovanje novih terenov za letenje po celem svetu.

Za dobro razumevanje jadrarnega padalstva smo na kratko razložili kaj jadrarno padalstvo sploh je in povzeli zgodovino tega športa. Ugotovili smo, da se zgodovina jadrarnega padalstva močno prepleta tudi z zgodovino klasičnega padalstva. Jadralno padalstvo je precej mlad šport saj se je začelo šele 33 let nazaj, in sicer leta 1978 v Franciji. Takrat je obstajala zgolj ena disciplina, z razvojem opreme pa so se počasi izoblikovale tudi druge discipline. Predstavili in opisali smo opremo, ki se je močno spremenila in izboljšala skozi zgodovino. Jadralna padala imajo danes v primerjavi s preteklostjo boljše letalne sposobnosti in hkrati večjo varnost. Tudi ostala oprema, ki smo jo tudi našteali in opisali, ni izjema.

Disciplina, ki je najtemeljiteje predstavljena v tem diplomskem delu, se imenuje prosti preleti z jadrarnim padalom. Avtor diplomskega dela ima dvanajst let izkušenj s prostimi preleti, zato je diplomsko delo plod tega znanja. Prosti preleti so vsekakor ena izmed najkompleksnejših disciplin v jadrarnem padalstvu.

Za ukvarjanje s prostimi preleti mora pilot imeti veliko različnih znanj. Aerodinamika in meteorologija sta vedi, ki jih mora pilot precej dobro poznati. Predvsem meteorologija je izjemnega pomena, saj je zrak neviden medij in je predvidevanje dogajanja v ozračju stvar učenja, še bolj pa izkušenj. Za uspešen in varen prosti prelet mora pilot najprej obvladati tehniko samega letenja o kateri smo tudi pisali, uporabiti pa mora tudi znanja meteorologije in aerodinamike.

Literature o prostih preletih je zelo malo, še posebej v slovenskem jeziku. Tudi to je bil razlog, da smo se odločili za podrobnejšo predstavitev te discipline. Proste prelete smo predstavili z vidika poddisciplin, točkovanja in predvsem priprave na prosti prelet. Priprava je izredno pomembna in ji je potrebno posvetiti veliko časa. Dobra priprava na prelet pomeni tudi analizo zapisov poti, ki so jih opravili že drugi piloti. Za to obstajajo računalniški programi za analiziranje letenja (See You). Vedno bolj so popularne tudi spletne strani, na katere lahko piloti naložijo svoj zapis preletene poti. Prav te zapise lahko kasneje pilot analizira sam, lahko pa tudi ostali piloti v Evropi in po svetu. Spletna tekmovanja v kombinaciji z računalniškimi programi za analizo letenja so prinesla zelo hiter razvoj prostih preletov v zadnjih desetih letih.

Diplomsko delo smo zaključili z analizo prostega preleta, ki ga je opravil avtor. Analizirali smo 194 km dolgo zračno popotovanje po vseh treh skupinah slovenskih Alp (Julijske Alpe, Karavanke, Kamniško-Savinjske Alpe) ter delom italijanskih Alp. Prelet, ki je trajal osem ur

in pol, smo analizirali z vidika dejstev in statistike preleta, priprave in taktike. Dodali smo tudi slike, ki ponazarjajo pot preleta in teren po katerem je bil prelet opravljen. Z računalniškim programom za obdelavo fotografij (Adobe Photoshop CS5), smo ponazorili termično in vetrovno dogajanje v ozračju, da bi si bralec diplomskega dela lažje predstavljal kaj se v zraku dogaja.

Diplomsko delo je eno izmed redkih, ki govori o jadralnemu padalstvu, še posebej o disciplini prosti preleti. Jadralno padalstvo je šport namenjen širokemu krogu ljudi, saj lahko vsak izbere primerne vremenske pogoje za svoje znanje. Potrebno pa se je zavedati, da je to šport, ki se dogaja v naravi, kjer včasih vladajo pogoji v katerih lahko letijo le najbolj izkušeni in sposobni jadralni padalci. Upamo, da bo diplomsko delo pristalo v rokah marsikaterega jadralnega padalca, saj menimo, da vsebuje precej uporabnih informacij za napredovanje pri letenju in predvsem pri disciplini prosti preleti

Slovensko jadralno padalstvo je že dolgo v svetovnem vrhu. Žal tega ne moremo trditi tudi za literaturo v slovenskem jeziku. Predvsem literature na temo prostih preletov skorajda ni. Upamo, da bo to diplomsko delo vzpodbudilo pisanje člankov, priročnikov, morda tudi učbenika v slovenskem jeziku.

5. VIRI

- Adobe Photoshop CS5 Extended, version 12.0.4x32 [računalniški program]. (2010). Adobe Systems Incorporated
- Airborne Systems celebrates 90th Anniversary of Irvin's Historic Parachute jump. Pridobljeno 2012 iz <http://www.airborne-sys.com/pages/view/airborne-systems-celebrates-90th-anniversary-of-ir>
- Anderson, J.D. (2001). Fundamentals of Aerodynamics. University of Michigan: McGraw-Hill
- Baumer, H. (1990). Človek in vreme, O odkrivanju vremenskega sevanja. Obzornik za matematiko in fiziko, 37 (1), 31-32
- Bo, C.. History of Paragliding. Pridobljeno 2012 iz <http://www.circlinghawk.com/history.html>
- Bourges, R., (1983). Prosto letenje. Ljubljana: Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije
- Currer, I., Cruickshank, R. (1991). Touching Cloudbase. Worcester: Leading Edge Press & Publishing
- Čoh, A. (2011). XC globe. Pridobljeno 2012 iz <http://xcglobe.com/olc/> [spletni portal].
- Glušič, M., Bon, J., Marinčič, S., Klokočovnik, S., Repovž, M., Jazbec, D. idr.(2003). Učbenik za učitelje in pilote jadralnih padal. Ljubljana: Moj Repro
- Google Earth [računalniški program]. (2011). Google Inc.
- Guttman, J. (2012). Heinecke Parachute: A Leap of Faith for WWI German Airmen. Military History magazine
- Kačičnik, M. (1995). Pregled razvoja jadralnega padalstva v Sloveniji. Krila revija letelcev in ljubiteljev letalstva, 25(2), 4-5.
- Kaniamos, P. (2008). Paragliding: priročnik in vodič za letenje z jadralnim padalom. Jastrebarsko: Pintardesign
- Kunaver, V., Marinčič, S., Orehek, D. (1992). Jadralno padalstvo. Ljubljana: Športna zveza Slovenije
- Kunaver, V., Marinčič, S., Vrhovec, T. (1988). Priročnik za letenje z jadralnimi padali
- Lee, A.G. (1968). No Parachute. London: Jarrolds
- Martens, B. (2007). Thermal Flying for Paraglider and Hang Glider pilots. Gaissach: Mayr Miesbach GmbH
- McBrewster, J., Miller, F. P., Vandome, A. F. (2010). Domina Jalbert. Alphascript Publishing
- Meeks, C. (1991). Skydiving. Capstone Press.
- Murillo, X. (2001). David Barish, the forgotten Father of Paragliding. Cross Country International Free Flying Magazine, Januar 2001
- Pagen, D. (2008). Paragliding: priročnik in vodič za letenje z jadralnim padalom. Jastrebarsko: Pintardesign
- Parachute (2012). Wikipedia, the free encyclopedia. Pridobljeno 2012 iz <http://en.wikipedia.org/wiki/Parachute>

- Paragliding (2012). Wikipedia, the free encyclopedia. Pridobljeno 2012 iz <http://en.wikipedia.org/wiki/Paragliding>
- Polutnik, E., Pečar, M., Kolar, A. (2009). See You, Flight Analysis and Planning Software. Naviter
- Reynolds, R. (2004). Vremenski vodnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije
- Soden, G. (2005). Defying Gravity: Land Divers, Roller Coasters, Gravity Bums, and the Human Obsession with Falling. W. W. Norton & Company, 21-22
- Vanič, Z. (1991). Leteti: učbenik za letenje z zmaji, motornimi zmaji, jadralnimi padali in baloni. Ljubljana: Mladinska knjiga
- White, L. (1968). The invention of the Parachute. Technology and Culture, 9(3), 462-467

5.1. Viri slik

- <http://samilitaryhistory.org/vol116jm.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Homo_Volans.jpg
- [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Early_flight_02561u_\(4\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Early_flight_02561u_(4).jpg)
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Static_jump.jpg
- <http://www.circlinghawk.com/history.html>
- http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gleb_Kotelnikov.jpg
- http://simple.wikipedia.org/wiki/File:Ram_air_square.jpg
- <http://www.flysussex.com/supair-xtralite-reserve-parachute.html>
- <http://www.fiz.e-va.si/lessons/202/>
- <http://pilotage.choletais.free.fr/bernoulli.htm>
- <http://www.zagar.ws/ana/aerodinamika/zgodovina.html>
- <http://www.paragliding-slovenia.si/index.php?pid=19>