

Uvod

Konstrukcija i tehnologija proizvodnje letelica

Zlatko Petrović & Aleksandar Grbović & Jelena Svorcan &
Miloš Petrašinović

2019/2020.



Predavači i termin za predavanja

Aleksandar Grbović
Jelena Svorcan
Miloš Petrašinović

ČETVRTAK 10 h

Sala: 452

Kabineti: AG: 226, JS: 113, MP: 226



Deo I

Raznovrsnost iznad svega



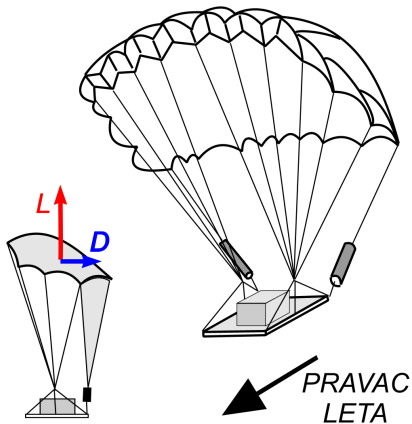
Primeri letelica – 1/39



Slika: Air Tractor AT-802A, poljoprivredni, $m_{\max} \approx 7257$ kg



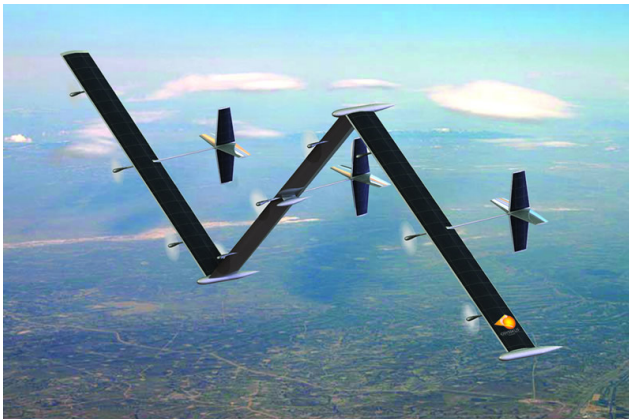
Primeri letelica – 2/39



Slika: Spuščanje tereta padobranom



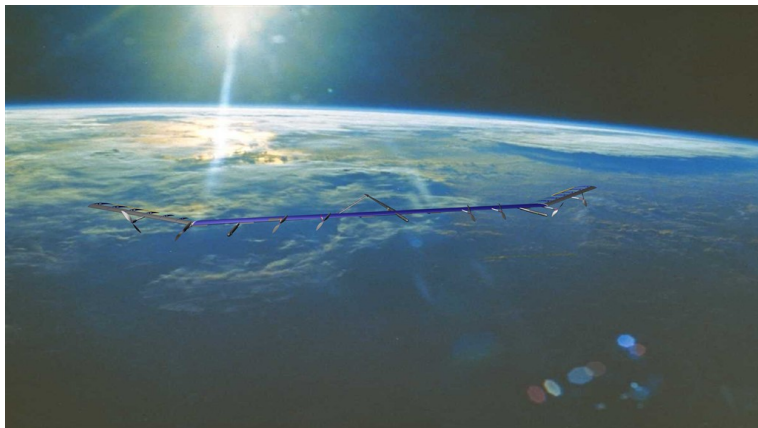
Primeri letelica – 3/39



Slika: AIR UAV Vulture AFS Odyssey Concept (na solarni pogon)



Primeri letelica – 4/39



Slika: AIR Zephyr-Vulture Concept



Primeri letelica – 5/39



Slika: Jurišni helikopter Augusta A129, $m_{\max} \approx 4600$ kg



Primeri letelica – 6/39



Primeri letelica – 7/39



Slika: Bell-Boeing MV-22B Osprey, $m_{\max} \approx 27400$ kg



Primeri letelica – 8/39



Slika: Boeing 747-44AF/SCD



Primeri letelica – 9/39



Slika: Bombarder Boeing B-17G Flying Fortress, $m_{\max} \approx 29700$ kg



Primeri letelica – 10/39



Slika: Paragljajder



Primeri letelica – 11/39



Slika: De Havilland Canada DHC-8-106 Dash 8



Primeri letelica – 12/39



Slika: Fairchild A-10A Thunderbolt II



Primeri letelica – 13/39



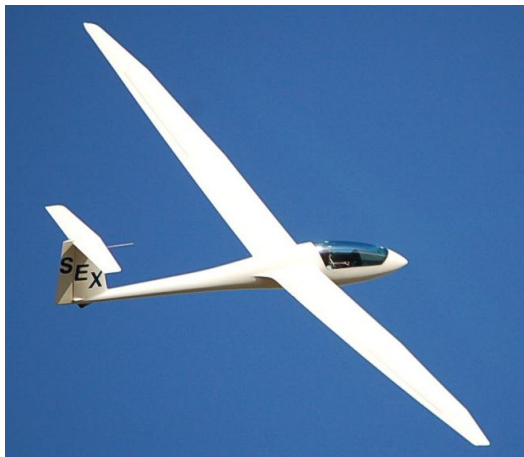
Slika: Gossamer Albatross (letelica na ljudski pogon)



Primeri letelica – 14/39



Primeri letelica – 15/39



Primeri letelica – 16/39



Slika: Kamov Ka-50 koaksijalni rotor, $m_{\max} \approx 10800$ kg



Primeri letelica – 17/39



Slika: Borbeni McDonnell Douglas F-15C Eagle, $m_{\max} \approx 30845 \text{ kg}$



Primeri letelica – 18/39



Slika: Mil Mi-17, $m_{\max} \approx 13000 \text{ kg}$



Primeri letelica – 19/39



Slika: Mil Mi-28, $m_{\max} \approx 11700 \text{ kg}$



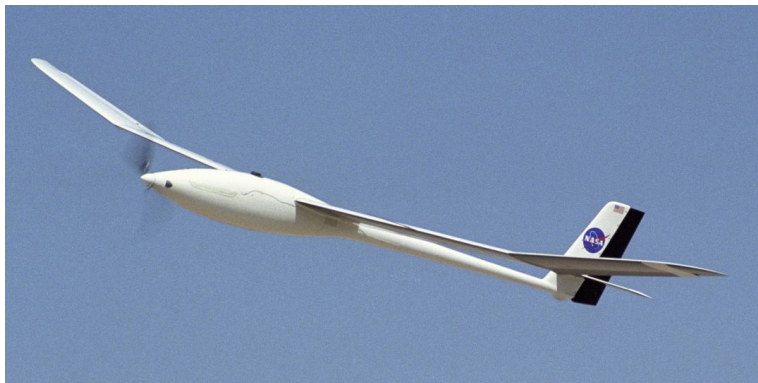
Primeri letelica – 20/39



Slika: Mil Mi-24V, $m_{\max} \approx 12000 \text{ kg}$



Primeri letelica – 21/39



Slika: NASA model – motorizovana jedrilica



Primeri letelica – 22/39



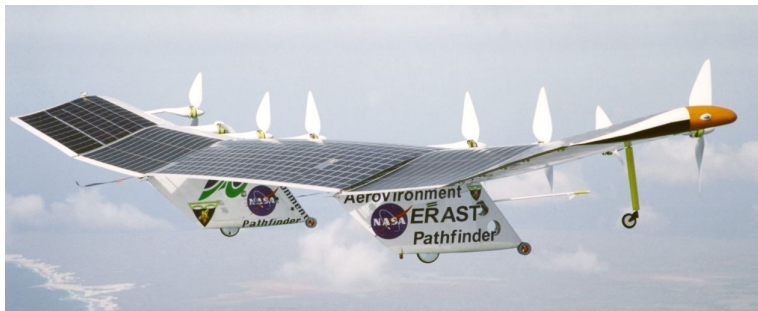
Slika: Zmaj



Primeri letelica – 23/39



Primeri letelica – 24/39



Slika: Pathfinder-Plus



Primeri letelica – 25/39



Primeri letelica – 26/39



Slika: STOL letelica Pilatus PC-6/B2-H4 Turbo Porter, $m_{\max} \approx 2800$ kg



Primeri letelica – 27/39



Slika: Školski Pilatus PC-9A, $m_{\max} \approx 3200$ kg



Primeri letelica – 28/39



Slika: PRA (daljinski upravljana) letelica Predator, $m_{\max} \approx 1020 \text{ kg}$



Primeri letelica – 29/39



Slika: Proteus, $m_{\max} \approx 5670$ kg, plafon leta 19000 m



Primeri letelica – 30/39



Slika: Tihi supersonični biznis avion



Primeri letelica – 31/39



Slika: Shuttle Atlantis



Primeri letelica – 32/39



Slika: Shuttle Launch



Primeri letelica – 33/39



Slika: Sukhoi Su-27, $m_{\max} \approx 30450 \text{ kg}$



Primeri letelica – 34/39



Slika: Unapređena verzija Sukhoi Su-34, $m_{\max} \approx 45100 \text{ kg}$



Primeri letelica – 35/39



Slika: Rutan Model 76 Voyager – prva letelica koja je obletela Zemlju bez zaustavljanja, $m_{\max} \approx 4400 \text{ kg}$



Primeri letelica – 36/39



Slika: Sikorsky X2 najbrži (koaksijalni) helikopter sa elisnim pogonom,
 $m_{\max} \approx 2404 \text{ kg}$



Primeri letelica – 37/39



Slika: Grumman X-29, $m_{\max} \approx 8070$ kg



Primeri letelica – 38/39



Slika: Akrobatski, školski Yakovlev Yak-52, $m_{\max} \approx 1315 \text{ kg}$



Primeri letelica – 39/39



Slika: Koncept prostornog zatvorenog krila



Konstruktivni zahtevi – 1/9

**Šta je to što tera
konstruktore da prave
toliko različite letelice?**



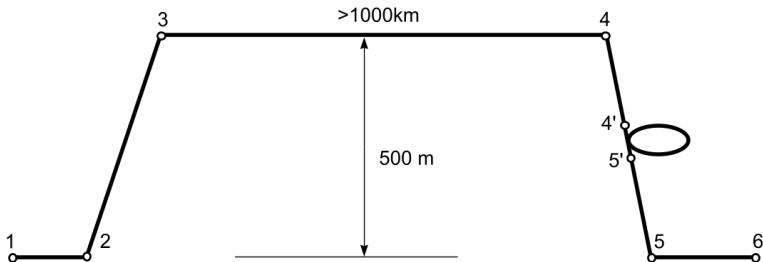
Konstruktivni zahtevi – 2/9



Slika: Koristan teret u odnosu na poletnu masu od 95% do 5%



Konstruktivni zahtevi – 3/9



Slika: Prenos tereta od tačke A do tačke B za određeno vreme (brzina)



Konstruktivni zahtevi – 4/9

Tabela: Tipični segmenti leta letelice

Faza	Opis
0 – 1	Zagrevanje i taksiranje
1 – 2	Start motora i poletanje
2 – 3	Penjanje i ubrzavanje
3 – 4	Podzvučno krstarenje (Ubrzavanje do nadzvučnog krstarenja) (Supersonično krstarenje, borba) (Supersonični povratak)
4 – 4'	Podzvučni let nazad ili spuštanje
4' – 5'	Kruženje
5' – 5	Sletanje
5 – 6	Taksiranje



Konstruktivni zahtevi – 5/9

Tipični konstruktivni zahtevi

- Zahtevi primene (namene) letelice
- Troškovni zahtevi
- Zahtevi održavanja
- Zahtevi razvoja letelice



Konstruktivni zahtevi – 6/9

Tipični konstruktivni zahtevi

Zahtevi primene letelice

- Namena: Transportni, poljoprivredni, borbeni, opšte vazduhoplovstvo, laki, izviđački, . . .
- Posada: Sa ili bez posade.
- Korisni teret: Putnici, teret, naoružanje, senzori, . . .
- Brzina: Krstarenja, maksimalna, kruženja, sletna, . . .
- Rastojanje: Dolet ili radijus.
- Istrajnost: Vreme provedeno u letu.
- Dužina poletne staze: Vertikalni, kratki, konvencionalni uzlet.
- Vidljivost: Radarska, infracrvena, optička, čujnost.



Konstruktivni zahtevi – 7/9

Tipični konstruktivni zahtevi

Troškovni zahtevi

- Cena razvoja
- Nabavna cena
- Cena eksploatacije i podrške
- Cena životnog ciklusa (zbir prethodnih cena)
- Cena kao nezavisna promenjiva (za državne programe)



Konstruktivni zahtevi – 8/9

Tipični konstruktivni zahtevi

Zahtevi održavanja

- Broj časova održavanja prema broju letnih časova
- Oprema za zemaljsko održavanje
- Nivo i vrsta održavanja
- Plan snabdevanja rezervnim delovima
- Podrška proizvođača ili vlasnika letelice



Konstruktivni zahtevi – 9/9

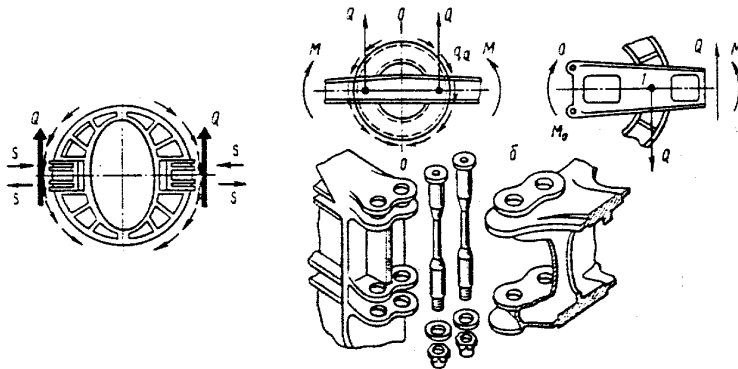
Tipični konstruktivni zahtevi

Zahtevi razvoja letelice

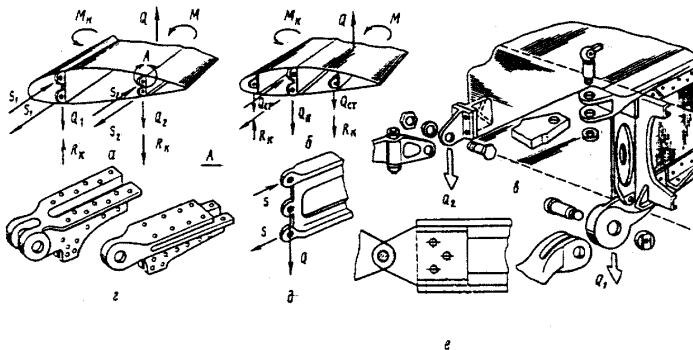
- Vreme razvoja i ispitivanja letelice
- Trenutak dostupnosti vazduhoplova za upotrebu



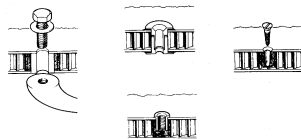
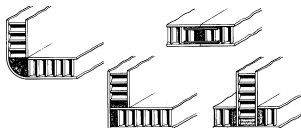
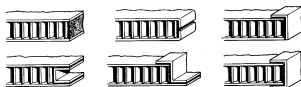
Od detalja do celine – 1/5



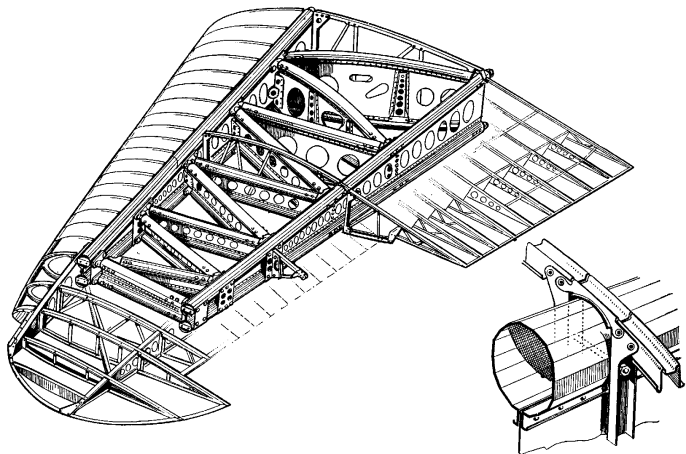
Od detalja do celine – 2/5



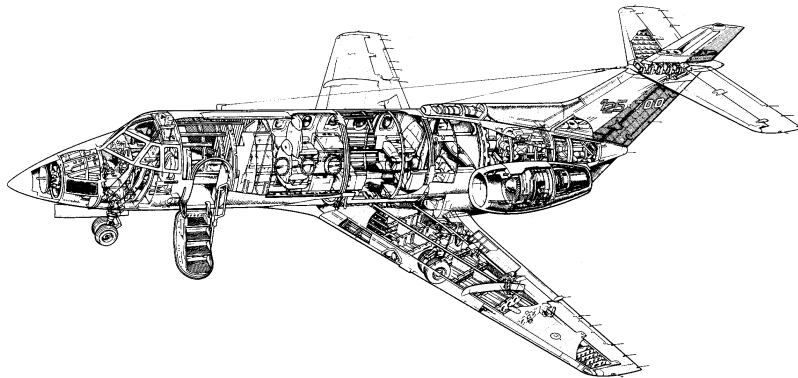
Od detalja do celine – 3/5



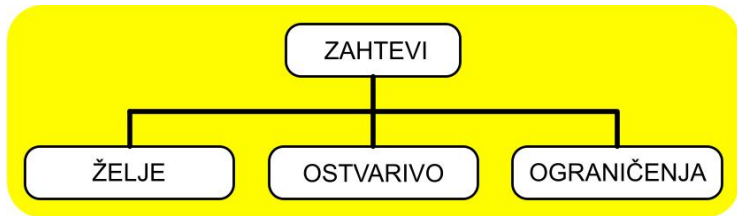
Od detalja do celine – 4/5



Od detalja do celine – 5/5



Proces projektovanja letelica – 1/40



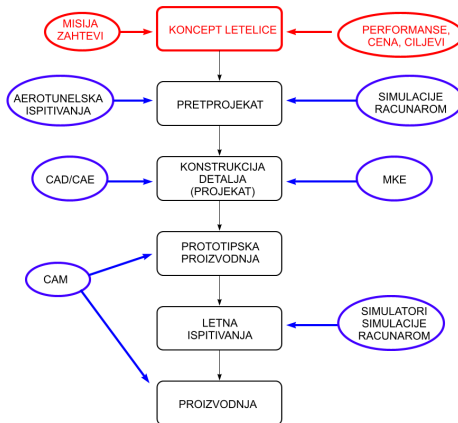
- Želje: Kratka formulacija koja idealno zadovoljava potrebe u odnosu na postojeću situaciju.
- Ostvarivo: Izmeriva očekivanja kao odgovor na potrebe.
- Ograničenja: Tehnička, finansijska, tehnološka, vremenska, ...



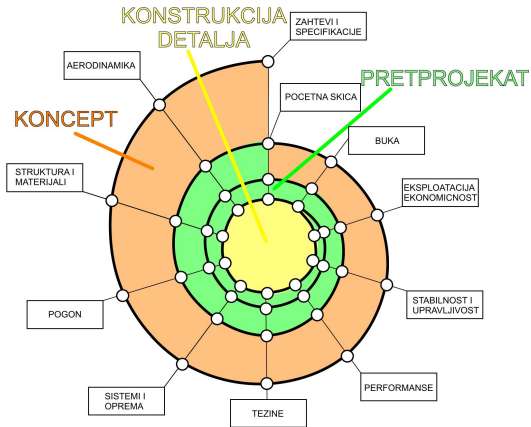
Proces projektovanja letelica – 2/40



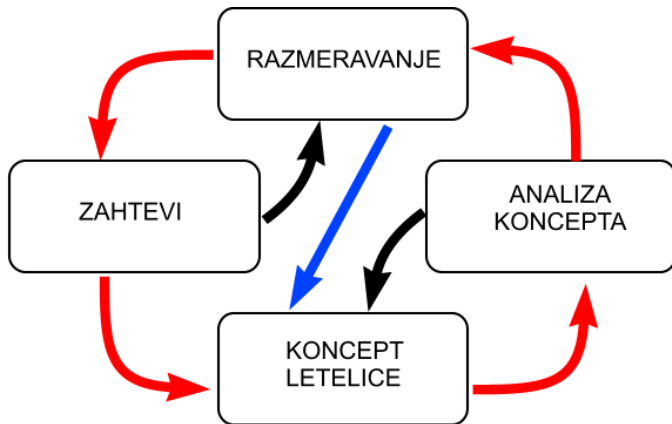
Proces projektovanja letelica – 3/40



Proces projektovanja letelica – 4/40



Proces projektovanja letelica – 5/40

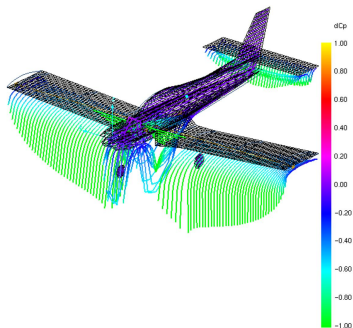
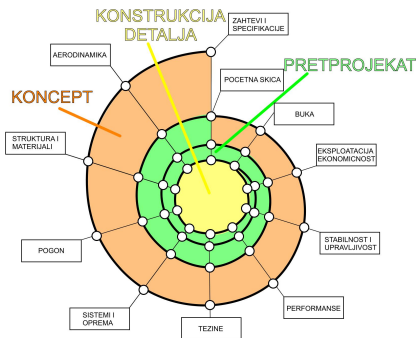


Slika: Faze su iterativne!



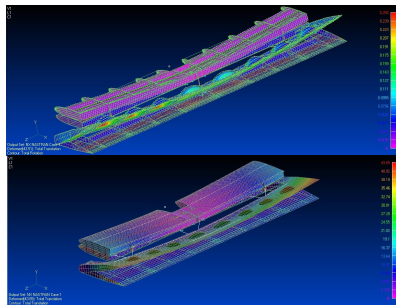
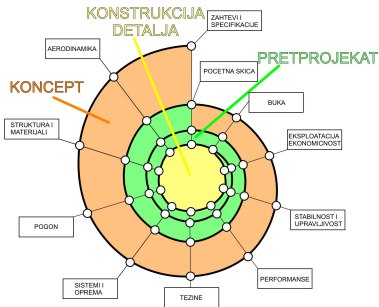
Proces projektovanja letelica – 6/40

Aerodinamika



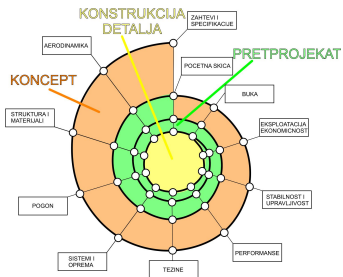
Proces projektovanja letelica – 7/40

Struktura



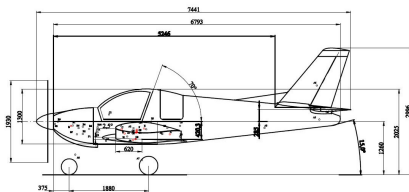
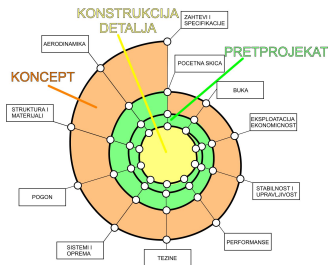
Proces projektovanja letelica – 9/40

Sistemi – avionika



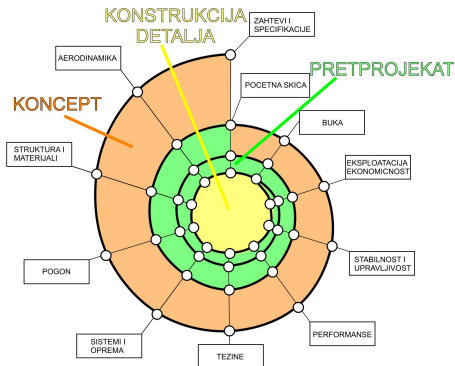
Proces projektovanja letelica – 11/40

Težine i položaj težišta



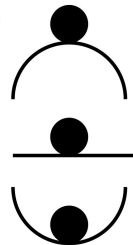
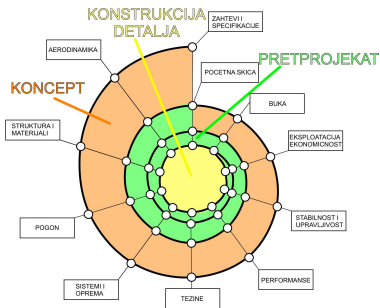
Proces projektovanja letelica – 12/40

Performanse – Poletanje, sletanje, dolet

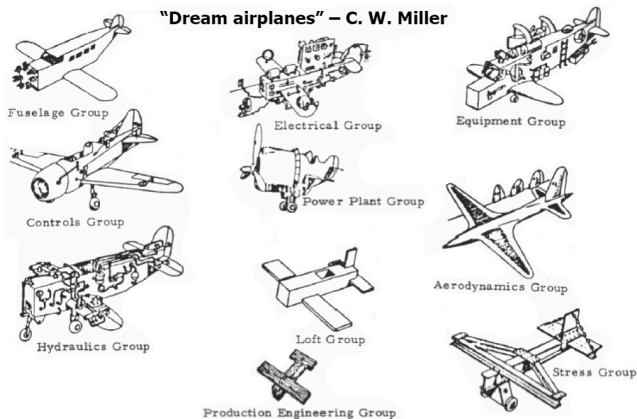


Proces projektovanja letelica – 13/40

Stabilnost i upravljivost



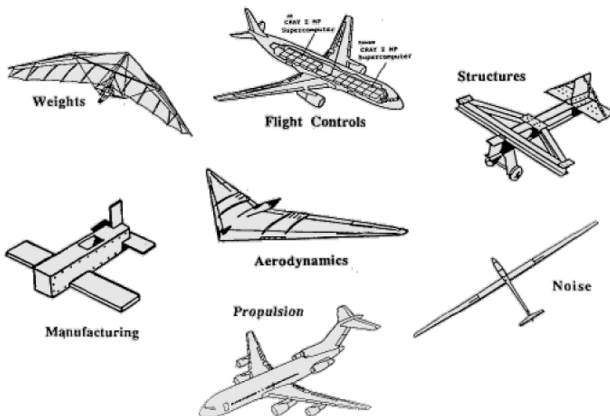
Proces projektovanja letelica – 14/40



Slika: Koordinacija je neophodna – Glavni projektant!



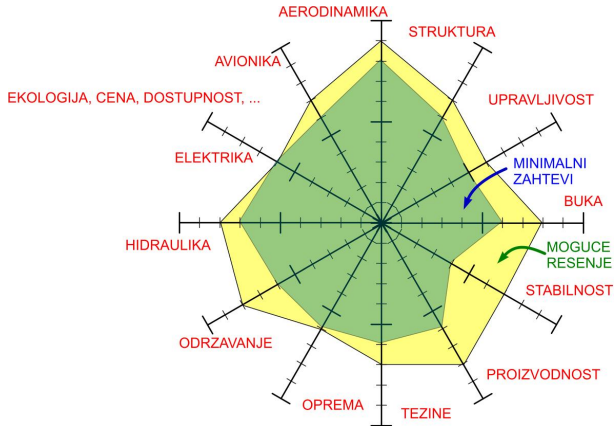
Proces projektovanja letelica – 15/40



Slika: Neko MORA da koordinira timskim radom!



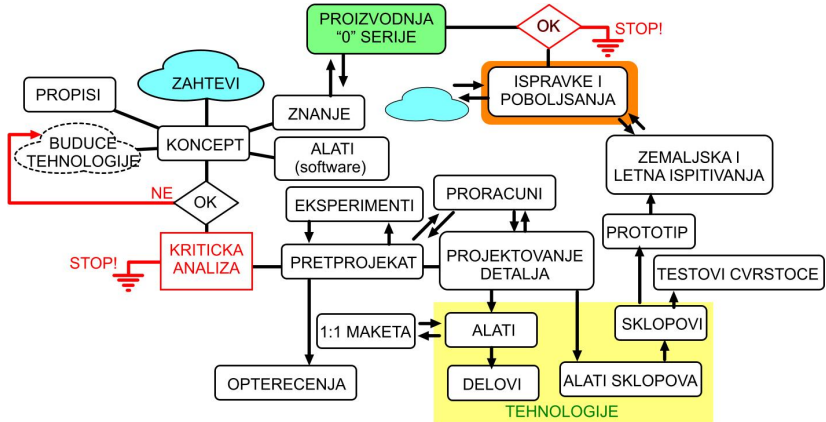
Proces projektovanja letelica – 16/40



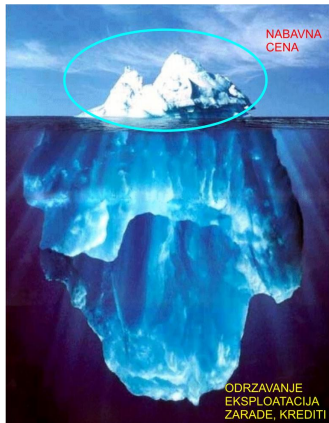
Slika: Definicija dobrog aviona ???



Proces projektovanja letelica – 17/40



Proces projektovanja letelica – 18/40

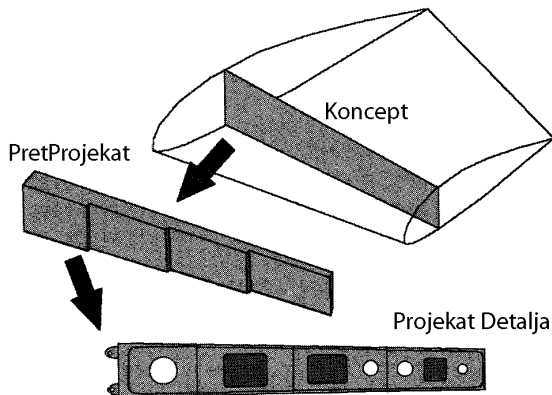


POBOLJSANJA I
KOREKCIJE UMANJUJU
UKUPNU CENU

ODRZAVANJE
EKSPLOATACIJA,
ZARADE, KREDITI



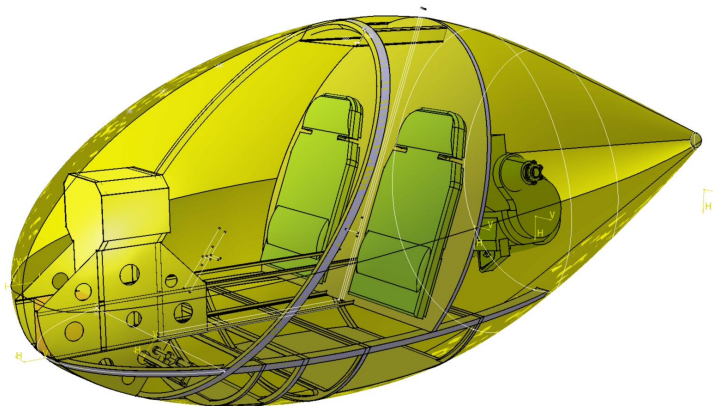
Proces projektovanja letelica – 19/40



Slika: Faze u projektovanju



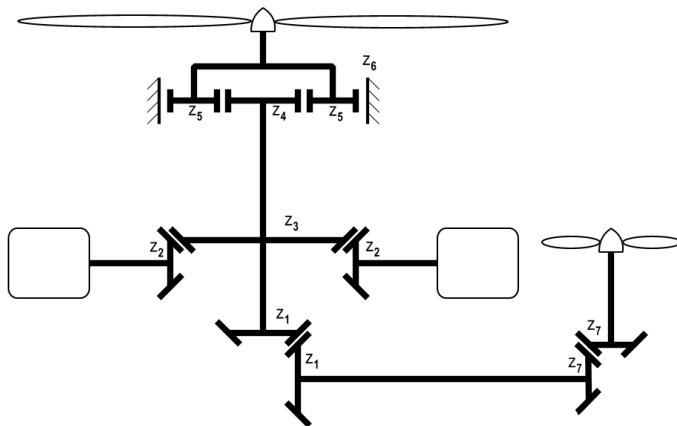
Proces projektovanja letelica – 20/40



Slika: Početak obiluje varijantama



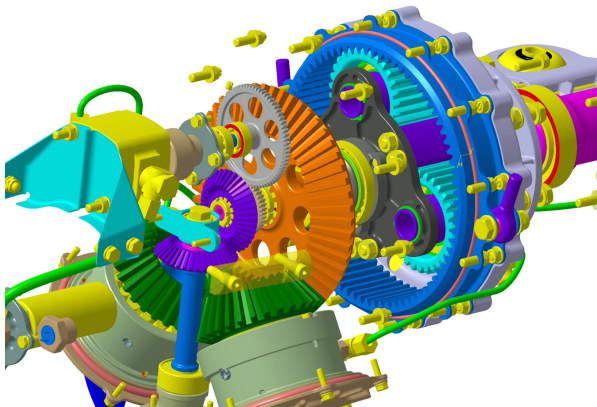
Proces projektovanja letelica – 21/40



Slika: Transmisija – koncept



Proces projektovanja letelica – 22/40



Slika: Transmisija – projekat detalja



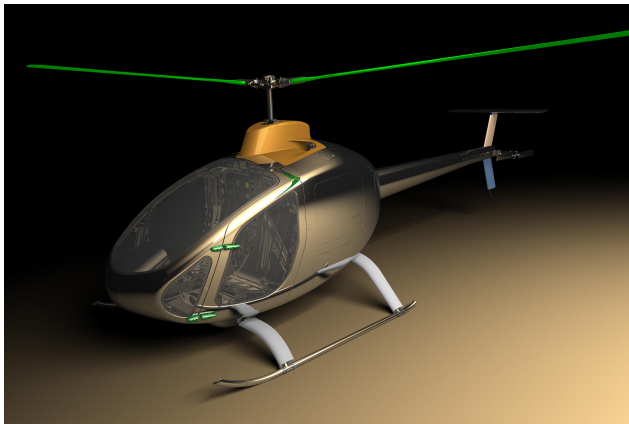
Proces projektovanja letelica – 23/40



Slika: Proizvedeni delovi transmisije



Proces projektovanja letelica – 24/40



Slika: Projekat detalja helikoptera – konačna varijanta



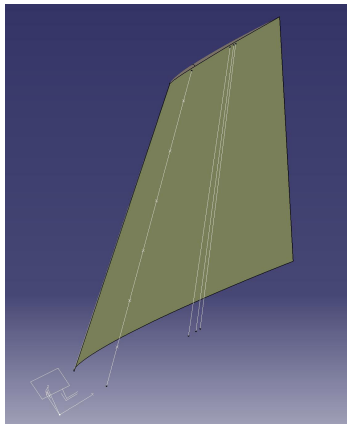
Proces projektovanja letelica – 25/40



Slika: Proizvodnja kabine helikoptera



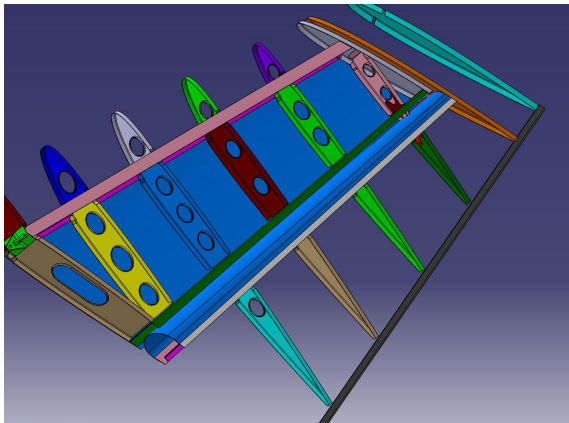
Proces projektovanja letelica – 26/40



Slika: Koncept vertikalnog repa aviona



Proces projektovanja letelica – 27/40



Slika: Projekat detalja vertikalnog repa



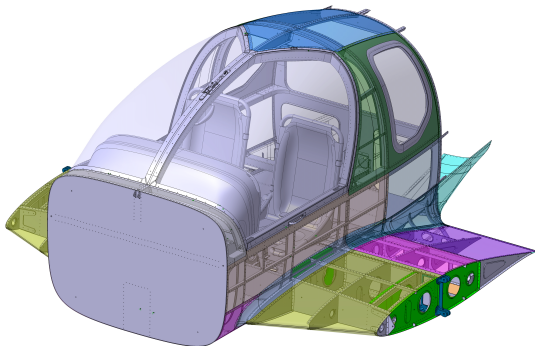
Proces projektovanja letelica – 28/40



Slika: Sklapanje detalja vertikalnog repa u privremenom alatu



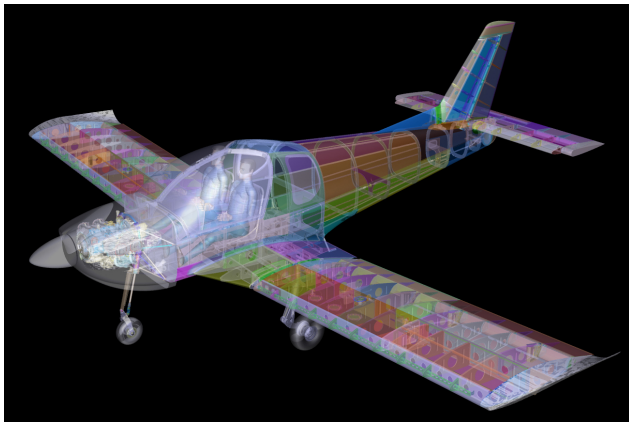
Proces projektovanja letelica – 29/40



Slika: Projekat detalja kabine lakog aviona



Proces projektovanja letelica – 30/40



Slika: Sklop aviona – projekat detalja (prototip)



Proces projektovanja letelica – 31/40



Slika: Proizvodnja prototipa lakog aviona



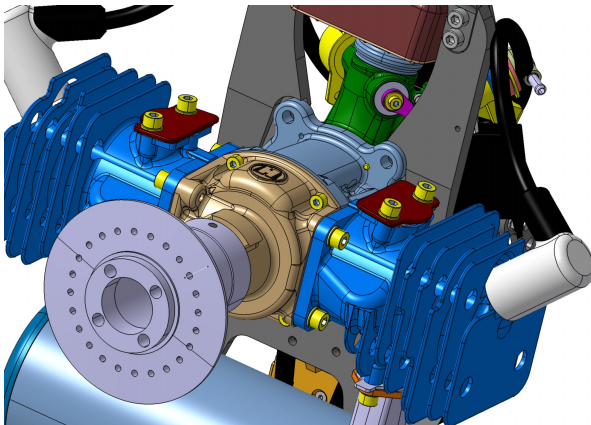
Proces projektovanja letelica – 32/40



Slika: Prototip aviona na izložbi



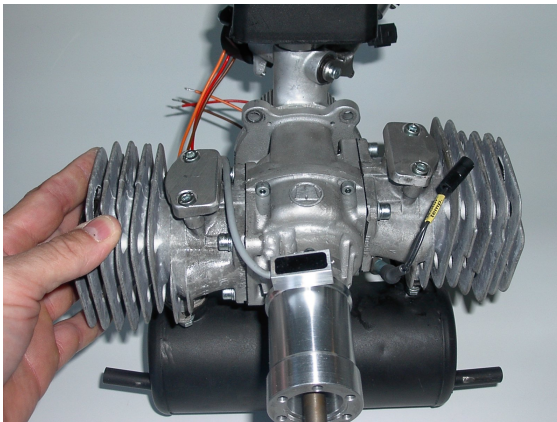
Proces projektovanja letelica – 33/40



Slika: Projekat detalja klipnog motorčića



Proces projektovanja letelica – 34/40



Slika: Proizvedeni motorčić



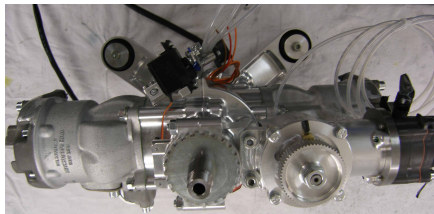
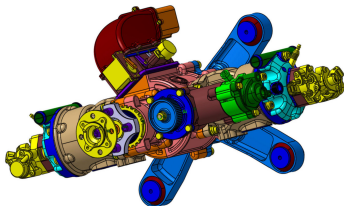
Proces projektovanja letelica – 35/40



Slika: Motorčić u letelici



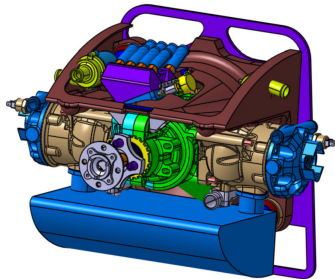
Proces projektovanja letelica – 36/40



Slika: Projekat detalja i izrađeni motor



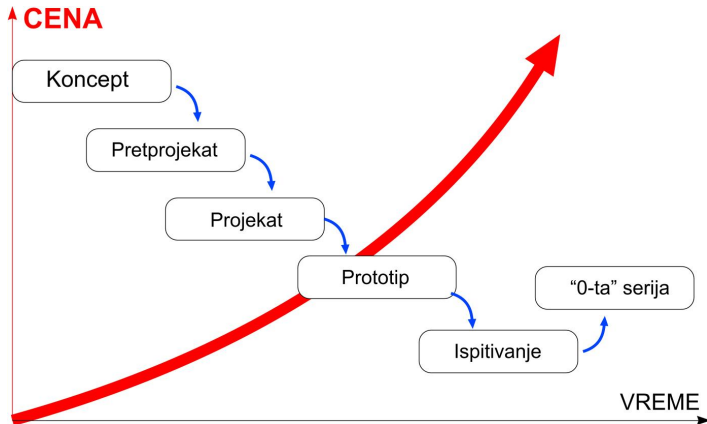
Proces projektovanja letelica – 37/40



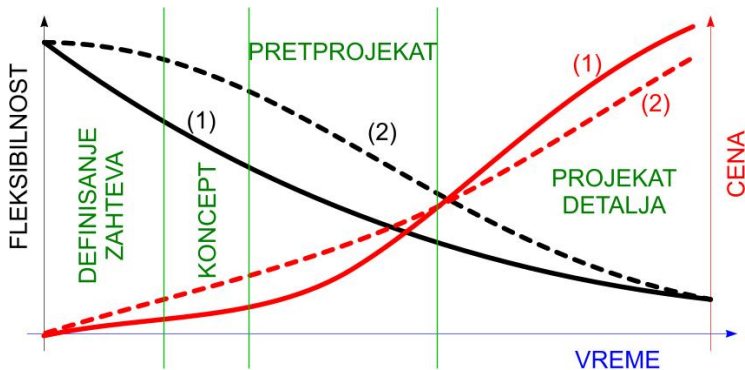
Slika: Motor na izložbi i projekat detalja



Proces projektovanja letelica – 38/40



Proces projektovanja letelica – 39/40



Slika: Fleksibilnost i konačna cena projekta



Proces projektovanja letelica – 40/40

Letelice moraju zadovoljiti propise.

Internacionalni: EASA, FAR, JAR

- CS-22 (Sailplanes and Powered Sailplanes), (< 750 kg)
- CS-23 (Normal, Utility, Aerobatic and Commuter Aeroplanes), (< 5670 kg, < 8618 kg – dva motora)
- CS-25 (Large Aeroplanes)
- CS-27 (Small Rotorcraft), (3175 kg)
- CS-29 (Large Rotorcraft)
- CS-31HB (Hot Air Balloons)
- CS-VLA (Very Light Aeroplanes), (< 750 kg i $V_s < 83$ km/h)
- CS-VLR (Very Light Rotorcraft), (< 600 kg)

Nacionalni i drugi propisi

- Ultralight ili Microlight < 472 kg
- Paraglider
- Žiroplani i žirodini
- Padobrani
- LA1, LA2 (EASA u najavi!)
- ASTM propisi
- Drugi propisi

