



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

DESIGN VÍRNÍKU

DESIGN OF GYROPLANE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Juraj Klas

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

akad. soch. Josef Sládek, ArtD.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Bc. Juraj Klas**
Studijní program: Aplikované vědy v inženýrství
Studijní obor: Průmyslový design ve strojírenství
Vedoucí práce: **akad. soch. Josef Sládek, ArtD.**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Design vírníku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vírník se vzhledově podobá malému vrtulníku, jeho rotor však není poháněný, nýbrž je roztáčen proudícím vzduchem, vzniklým dopředným pohybem, který zajišťuje vrtule (většinou tlačná). Výhodou je velmi krátká vzletová dráha, snadná ovladatelnost a nízká cena. Vírníky jsou v současnosti využívány především pro sportovní létání, ale existují i varianty pro záchrannou službu nebo „létající auta“ se skládacím rotorem a ocasní částí.

Typ práce: vývojová – designérská

Výstup práce: aplikovaný výsledek (Fužit, Fprum, Gprot, Gfunk, R)

Projekt: specifický vysokoškolský výzkum

Cíle diplomové práce:

Hlavním cílem je koncepční design vírníku pro dvě osoby s uzavřenou kabinou a tlačnou vrtulí, určeného pro profesionální užití (bezpečnostní, záchranné a hasičské složky, environmentální výzkum, atd.). Předpokládána je malosériová výroba s využitím progresivních technologií a materiálů.

Dílčí cíle diplomové práce:

- identifikovat hlavní designérské trendy a charakteristické prvky současných vírníků,
- prokázat funkčnost, ergonomičnost a vyrobiteľnosť návrhu,
- realizovat fyzický model ve zmenšeném měřítku.

Požadované výstupy: průvodní zpráva, sumarizační poster, technický poster, ergonomický poster, designérský poster, fotografie modelu, fyzický model.

Rozsah práce: cca 72 000 znaků (40 – 50 stran textu bez obrázků).

Časový plán, struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

<http://ustavkonstruovani.cz/texty/magisterske-studium-ukoncení/>

ABSTRAKT

- Návrh konceptu dvojmiestneho vírniku pre profesionálne použitie
- Vymedzenie sa voči vrtulníku, konkurenčným vírnikom, vytvorenie ucelenej kompozície
- Návrh designu profesionálneho vírniku po stránke designu, technológie a ergonómie, výroba fyzického modelu a plagátov
- Práca prináša súdobí profesionálny vírnik

KLÍČOVÁ SLOVA

Design, vírnik, vrtulník, STOL, autogyro

ABSTRACT

- Concept design of two seat autogyro for professional application
- Creating compact composition that differs from helicopter and other autogyros
- Professional autogyro design in accordance to design, technologies and ergonomics, production of physical model and posters
- Work creates contemporary professional autogyro

KEYWORDS

Design, gyrocopter, helicopter, STOL, autogyro

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KLAS, Juraj. *Design vírníku* [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-20]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/139718>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav konstruování. Vedoucí práce Josef Sládek.

PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE

Prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně, pod odborným vedením Současně prohlašuji, že všechny zdroje obrazových a textových informací, ze kterých jsem čerpal, jsou řádně citovány v seznamu použitých zdrojů.

.....

Podpis autora

OBSAH

ABSTRAKT	5
KLÍČOVÁ SLOVA	5
ABSTRACT	5
KEYWORDS	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	7
PROHLÁŠENÍ AUTORA O PŮVODNOSTI PRÁCE	9
1 ÚVOD	14
2 PREHLAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA	16
2.1 Rešeršné metódy	16
2.2 Výskum	18
2.3 Rešerš stavu techniky	19
2.3.1 Designérska analýza	19
2.3.2 Technická analýza	33
2.4 Zhrnutie hlavných zistení	39
2.5 Identifikácia novosti a príležitostí	40
3 CIEĽ PRÁCE	41
3.1 Vymedzenie problému	41
3.2 Cieľ vývoja	42
4 KONCEPČNÝ NÁVRH	43
4.1 Analýza cieľov	43
4.2 Špecifikácia obmedzení	44
4.3 Technická funkčná analýza	45
4.4 Návrh alternatívnych riešení	47
4.4.1 Varianta I	47
4.4.2 Varianta II	48
4.4.3 Varianta III	49

4.4.4	Morfologická analýza	50
5	PREDBEŽNÝ NÁVRH	52
5.1	Určení tvarů, rozměrů a materiálů	52
5.2	Odhad výrobních nákladů	53
6	DETAILNÝ NÁVRH	54
6.1	Tvarové řešení	54
6.1.1	Proporce a kompozícia	54
6.1.2	Trup	55
6.1.3	Křídlové plochy	57
6.1.4	Prepojenie chvostovej časti	58
6.1.5	Stabilizátory	59
6.1.6	Napojenie rotora	60
6.1.7	Otváranie dverí	61
6.1.8	Napojenie Kamerovej techniky	62
6.2	Konštrukčné, ergonomické riešenie a bezpečnosť	63
6.2.1	Základné rozmery	63
6.2.2	Konštrukcia	64
6.2.3	Ergonomické riešenie	66
6.3	Farebné a grafické riešenie	69
6.3.1	Varianta I, neutrálna	69
6.3.2	Varianta II, záchranárska	69
6.3.3	Varianta III, policajná	70
6.4	Bezpečnosť	72
6.5	Udržateľnosť produktu	72
6.6	Hodnotenie kľúčových parametrov	73
7	ZÁVER	74
8	VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV	75
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	76
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN	81
11	SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ	82
12	SEZNAM TABULEK	84

1 ÚVOD

Vírník je druh rotorového lietadla, vztlak sa generuje nemotorizovaným rotorom. Pri doprednom pohybe, ktorý je zabezpečený hnanou tlačnou, alebo historicky ťažnou vrtuľou, vzniká vzdušné prúdenie roztáčajúce rotor. Stav samovoľného roztáčania rotoru sa označuje autorotácia, to je reflektované aj anglickým názvom vírniku, *autogyro*. O prvý úspešný vírnikový let sa roku 1923 zaslúžil španielsky konštruktér *Juan de la Cierva*. V 30. a 40. rokoch minulého storočia boli vírniky populárne. Roku 1932 bol vírník prvý krát použitý v policajných službách, keď britská *Metropolitan Police* využila vírník *Cierva C.19* k monitorovaniu dopravy počas derby v meste Epsom. Spoločnosť Baťa medzi rokmi 1934-1937 používala vírník *Cierva C.30A* pri doprave firemnej pošty, k zhadzovaniu reklamných letákov a ako atrakciu na leteckých dňoch. Rozkvet vírnikového letectva bol ale prerušený *Igorom Sikorskym*. Jeho vynález helioplány, schopnej vertikálneho letu a vznášania sa definoval ďalší vývoj rotorového letectva. [1,2,3]

V súčasnosti sú v policajnom letectve najpoužívanejšie vrtuľníky. Podľa správy amerického úradu *Bureau of Justice Statistics* z roku 2007, letecké jednotky disponovali väčším počtom vrtuľníkov (604), ako lietadiel (295). Spomedzi všetkých orgánov presadzovania práva, iba 20% veľkých policajných agentúr malo leteckú jednotku. Limitujúcim faktorom, ktorý bráni v rozšírení leteckých jednotiek sú najmä náklady na ich operáciu. [4]

V snahe založiť leteckú jednotku, zaviedlo do testovacej prevádzky viacero menších agentúr vírniky. *Modesto Police* v roku 2021 spustilo 6-mesačný pilotný program s vírnikom Cavalon nemeckej firmy Autogyro, vybaveným termálnou (FLIR) kamerou. V priebehu prvých dvoch týždňov absolvovali okolo 20 misií, operačné aj akvizičné náklady pritom dosiahli iba 10% nákladov vrtuľníka. Okrem výhody rýchlej reakcie spojenej s leteckou jednotkou, bola pozitívne hodnotená nižšia spotreba a hlučnosť oproti súčasným helioplánom. [5]

Tomball Police v roku 2011 zaviedlo do služby vírník MTO sport, medzi rokmi 2011 a 2013 zaznamenali vyše 500 letových hodín a niekoľko stoviek zadržaní. Okrem podpory pozemných jednotiek bol vírník použitý pri protidrogových operáciách, pri riadení dopravy a hľadani nezvestných osôb. Tieto operácie patria k tým najčastejším, ktoré letecké jednotky vykonávajú. Sú to reakcia na tiesňové volanie (98%), tvorba leteckých fotografií (98%), pomoc pozemným jednotkám (94%), prenasledovanie vozidiel a osôb (92%), pátranie s pomocou termovízie (87%). Väčšina operácií nevyžaduje schopnosť lietadla vznášať sa, podľa správy *Bureau of Justice Statistics*, iba 36% jednotiek asistovalo pri zásahu SWAT a 35% pri pohotovostnom lekárskom zásahu. [6,7]

Zapojením do policajných leteckých zložiek uplatnenie vírniku nekončí. V roku 2014 univerzita *Anhalt University of Applied Sciences* testovala vírnik Cavalon, vybavený viacerými senzormi (spektrometer, termálna vĺzia, RGB kamera), ako vhodnú, nízko nákladovú platformu pre environmentálny výskum. Preukázali, že vírnik je pre túto úlohu vhodný a môže simultánne operovať viacero sensorov. *Luca Magni*, výkonný riaditeľ talianskej firmy Magni Gyro, tiež vidí potenciál vírniku ako profesionálneho nástroja. Konštatuje výrazné technologické zlepšenia vo vírnikovom priemysle, a pripravenosť vstúpiť na rôzne trhy, iné ako rekreačné. [8,9]

Nárast záujmu o vírnikové letectvo a rastúce tendencie trhu reflektuje aj komerčný úspech vírniku Cavalon, dvojmiestneho vírniku s uzavretým kokpitom nemeckej firmy Autogyro. Po uvedení na trh v roku 2011 získal designérske ocenenie *Red Dot*, v roku 2014 vznikla elektrifikovaná verzia e-Cavalon poháňaná elektrickým motorom firmy Bosch. V Roku 2021 dosiahol počet vyrobených kusov 500, celkovo je v prevádzke vyše 3000 vírnikov tejto nemeckej firmy. [10]

Je to práve dopyt po ekonomicky dostupnom leteckom prostriedku, ktorý by bol vhodnou platformou pre aplikáciu v rôznych odvetviach, čo formovalo záujem diplomovej práce. Tá sa preto zaoberá návrhom uzavretého vírniku pre dve osoby, so zameraním na profesionálne použitie (bezpečnostné, záchranné a hasičské zložky, environmentálny výskum, mediálne agentúry a iné).

2 PREHLAD SÚČASNÉHO STAVU POZNANIA

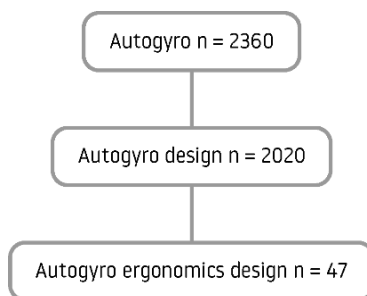
2.1 Rešeršné metódy

Keďže design, s výnimkou teórie designu a jeho histórie, nie je typická vedná disciplína, jeho podstata je multiodborová a väčšina realizácií sa uskutočňuje v komerčnej sfére, nebolo možné čerpať výlučne z akademických publikácií. Z týchto dôvodov boli ako zdroje vyhladané nielen vedecké články, ale aj webové stránky výrobcov, designových štúdií a podobne.

Hlavným hodnotiacim kritériom pre vyhladané akademické práce bola predovšetkým citovanosť, dôveryhodnosť inštitúcie, rok vydania a miera súvislosti so spracovávanou problematikou. Keďže trh s vírnikmi je najrozvinutejší v Európe a Spojených štátoch, boli uprednostnené publikácie z tohto prostredia. Pri selekcii prameňov iných než akademických, ako napríklad webové stránky výrobcov, konkrétne modely výrobcov a designové štúdiá, bol rozhodujúci faktor renomovanosť firmy, predajné úspechy, či ocenenie designérskymi cenami. Primárnym jazykom vyhľadávania bola angličtina, sekundárnym slovenčina, dva z celkových 33 zdrojov sú písané v nemčine.

Vyhľadávanie akademických publikácií a odbornej literatúry bolo realizované použitím bibliografických databáz Google Scholar, Scopus, Web of Science, ProQuest a Primo. Pre vyhľadávanie ostatných druhov zdrojov bol použitý vyhľadávač Google.

Pri vyhľadávaní boli použité nasledujúce kľúčové slová: Gyrocopter, Gyroplane, Autogyro, Autogiro, Design, Ergonomics, Application, Observation. Keďže slovo Design má v angličtine dva významy, jeden obdobný, ako v slovenčine, druhý vo význame návrhu alebo konštrukcie z čisto technického hľadiska. Ako efektívny spôsob vyhľadávania sa osvedčila najmä stratégia osekávania, a teda obecná rešeršná požiadavka bola vo viacerých krokoch viac špecifikovaná a upresnená. Touto cestou bolo možné odfiltrovať veľké množstvo menej relevantných publikácií, zaoberajúcich sa výlučne konštrukčným riešením. Schéma nižšie ilustruje príklad použitej rešeršnej stratégie.



Obr. 2-1 Ukážka rešeršnej stratégie

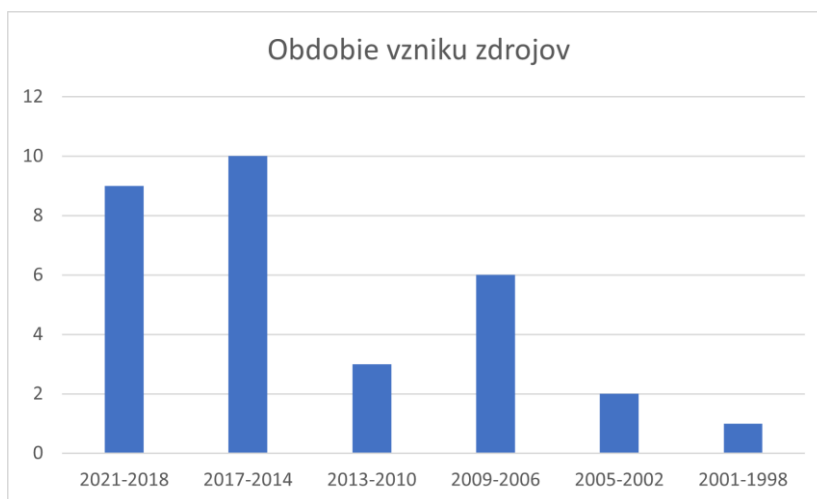
Ďalej bola použitá rešeršná stratégia rastúcej perly, ktorá však bola použiteľná iba v prípade, že daný vyhľadávač podporuje booleovské operátory.

Pri vyhľadávaní zdrojov ohľadne konkrétnych produktov, ich designu a technických parametrov sa osvedčilo skúmanie článkov na weboch zaoberajúcich sa vírnikmi, alebo ľahkým športovým letectvom obecné, ako napr. bydanjohnson.com. Ďalej sa osvedčili magazíny zaoberajúce sa designom, ako napr. Yankodesign alebo Dezeen. Na základe vyššie uvedených boli následne dohľadané primárne zdroje, a to webové stránky výrobcov, technické špecifikácie konkrétnych modelov, manuály, brožúry a podobne. Ďalej bola preskúmaná história udelených prestížnych designérskych cien, ako napr. Red Dot Design Award, alebo iF Design Award.

Filtrovanie akademických prác započalo spresňovaním rešeršného požiadavku. Ďalej boli vylúčené duplicitné nálezy a články, ktoré boli svojím obsahom príliš podobné. Hodnotiacim kritériom pri selekcii bol počet citácií a rok vydania. Nakoniec boli odstránené články, pri ktorých prečítanie abstraktu odhalilo nižšiu mieru relevancie pre prácu.

Pri výbere ostatných zdrojov, ako sú konkrétne produkty, či koncepty, bol od jednej firmy vždy volený iba jeden zástupca, so zreteľom na zameranie práce. Celkovo prevažujú výrobky Európskej produkcie, keďže trh vírnikov je tu pestrejší ako vo Spojených štátoch.

Po pretriedení zostalo 33 najrelevantnejších zdrojov. Graf obdobia ich vzniku ich triedi podľa roku publikácie, v prípade produktov a konceptov podľa roku uvedenia na trh, respektíve predstavenia. Keďže väčšina zdrojov vznikla v posledných šiestich rokoch, možno konštatovať ich aktuálnosť. Staršie zdroje sú hlavne tie, ktoré skúmajú aerodynamiku vírniku, ergonómiu kokpitu alebo obecné danosti, a teda dáta, ktoré sa radikálne nezmenili a sú použiteľné aj v súčasnosti.



Obr. 2-2 Graf obdobia vzniku zdrojov

2.2 Výskum

Bola využitá výskumná metóda dotazníkového šetrenia. To bolo sprostredkované pomocou platformy Google Forms. Boli vytvorené dva samostatné dotazníky, jeden určený pre laickú verejnosť, s cieľom pokryť čo najširšiu demografiu. Druhý dotazník bol určený pre pilotov vírnikov. Oba dotazníky boli umiestnené na sociálnych sieťach, avšak pre druhú menovanú skupinu boli použité špeciálne záujmové skupiny venujúce sa práve vírnikovému letectvu. Prvý dotazník zodpovedalo 113 respondentov, druhý dotazník zodpovedalo 52, z čoho ale iba 48 respondentov potvrdilo skúsenosť s pilotovaním vírniku.

Z prvého dotazníku plynie, že povedomie o vírniku je nízke. Takmer polovica respondentov nevie čo je vírnik, a ďalšia štvrtina sa s pojmom síce stretla, ale nerozumie mu. Ďalej bolo zistené že väčšina síce odlišila vírnik od helikoptéry, ale pozorovali nápadnú zhodu. Pozitívne je zistenie, že viac, ako polovica opýtaných by malo záujem o vírnikový let. Najčastejším dôvodom nezájmu bol nedostatok informácií a následne nedôvera.

Druhý dotazník bol cielený na pilotov, šíril sa predovšetkým záujmovými stránkami zaoberajúcimi sa športovým vírnikovým letectvom. Väčšina respondentov (60%) hodnotila kladnejšie tandemové usporiadanie sedadiel a uviedla, že neprenáša žiadnu batožinu (83%). Na základe toho môžeme súdiť, že sa jedná o rekreačných alebo športových pilotov, a teda nie o moju záujmovú skupinu. Pre prácu prínosnejšie bolo zistenie, že tí, čo batožinu prenášajú, tak robia na voľnom sedadle a takmer jednohlasne by ocenili špecializovaný (modulárny) úložný priestor. Tesná väčšina označila vertikálny štart za zbytočný, niektorý ďalší ho označili za komplikáciu, a dokonca možný zdroj ohrozenia.

2.3 Rešerš stavu techniky

2.3.1 Designérska analýza

Táto časť sa venuje zhodnoteniu trendov v designe vírnikov s uzavretým s profesionálnym aj rekreačným zameraním. Dôraz je kladený na riešenie kokpitu, chvostových stabilizačných plôch a vplyv prepojenia dielčich prvkov na celkovú kompozíciu.

Vírniky AutoGyro

Firma AutoGyro je nemecký výrobca, ktorého možno označiť za trhového lídra. Od roku 2011, kedy bol model Cavalon uvedený na trh sa ich predalo viac ako 500 kusov. Celkovo je v prevádzke na globálnom trhu vyše 3000 vírnikov ich výroby. [10]

AutoGyro Cavalon

Vírnik Cavalon je typický zástupca side-by-side konfigurácie kokpitu, kde sú sedadlá umiestnené vedľa seba, čo vedie k výraznejšej priečnej proporcii. Aerodynamický, slzičkový tvar trupu plynulo prepája čelnú a bočné plochy, v jeho zadnej časti sa zvrchu napája krytovanie sťažňa rotoru. Trojuholníkový otvor nasávania vzduchu člení prednú plochu napojenia, sťažň tak pôsobí hmotnejšie. Čelné sklo, ktoré tvorí približne dve tretiny prednej plochy a v smere k nosu sa zužuje, oddeľuje od bočných skiel výraznejší stĺpik. Takéto členenie môže negatívne ovplyvniť výhľad z kabíny. Umiestnenie svetiel v zlome čelnej plochy je síce logické, ale nepomer ich proporcie voči tejto ploche pôsobí rušivo. Podvozok vírniku tvoria 3 kolesá, jedno napojené pod nosom trupu, dve v zadnej časti pomocou priečneho nosníka, ten zároveň slúži ako listová pružina. Chvostová časť je na trup v jeho spodnej časti napojená jedným prehnutým nosníkom. Tvorí ju jeden horizontálny stabilizátor priamo napojený na nosník, a 3 vertikálne vychádzajúce z neho.



Obr. 2-3 Autogyro Cavalon [11]

Prehnutie nosníka hovorí o snahe preniesť organické tvarovanie kokpitu aj na ostatné časti. Ostro pôsobiace stabilizačné plochy tak kontrastujú zo zvyškom kompozície, tú narúša aj nasávanie na sťažni rotora. Pôsobivým prvkom sú dvere, ktoré sa vyklápajú šikmo dopredu. [12]

AutoGyro CavalonPro

CavalonPro je verzia určená na profesionálne použitie, vírnik s typovou certifikáciou ICAO (International Civil Aviation Organization) možno použiť v denných a nočných podmienkach VFR (Visual flight rules) a pre letecké práce.

Vírnik možno vybaviť stabilizovanou kamerovou platformou DynaX5 od rakúskej firmy Dynamic Perspective, tá je optimalizovaná pre filmové a televízne produkcie, ako aj pre aplikácie geomatiky, presné merania a pozorovanie bezpečnosti infraštruktúry.

Aj keď je vírnik vybavený pre profesionálnu aplikáciu, jedná sa o dodatočné úpravy základného modelu, ktorý je určený skôr na rekreáciu. Napojenie kamerovej platformy pôsobí rušivo, vzdialenosť kamery od povrchu je neadekvátne, spolu s pôvodnými svetlami a pristávacím reflektorom vizuálne zahlcujú prednú časť kokpitu. [13]



Obr. 2-4 Autogyro CavalonPro [14]

Magni Gyro M24 Orion

Vířník M24 Orion je dvojmiestny vířník talianskeho výrobcu Magni Gyro s konfiguráciou side-by-side. Architektúra produktu, proporcia aj tvarovanie sa nápadne podobá na vířník AutoGyro Cavalon. Jedná sa však o jeho predchodcu, kde M24 Orion bol na trh uvedený roku 2008, Cavalon roku 2011.

Schematickejšie tvarovanie je v tomto svetle pochopiteľné. Kokpit, ktorého bočná silueta tvorí kosodĺžnik, má ohraničenie dverí tiež geometrického charakteru. Aj keď je na streche kokpitu umiestnený otvor nasávania vzduchu, nie je tu tendencia spojiť ho s hmotou sťažňa, ten pôsobí v porovnaní s vířníkom Cavalon odľahčeným dojmom. Stabilizačné plochy sú s kokpitom spojené priamym nosníkom. Predná časť kokpitu bez svetiel pôsobí čistým dojmom. Jednoduchšie tvarovanie, ktoré je ale konzistentné pre všetky časti má za výsledok jednotnejšiu kompozíciu, tá ma príjemne dynamický charakter a dobre reprezentuje princíp vířníkového letu. [15]



Obr. 2-5 Magni Gyro M24 Orion [16]

ELA Aviation 10-Eclipse

Eclipse je dvojmiestny vírnik španielskeho výrobcu ELA Aviation s rekreačným zameraním, je použitá tandemová konfigurácia sedadiel, to má za následok zvýraznenú pozdĺžnu proporciu kokpitu a zúženie jeho prierezu. Tvar kokpitu pripomína náboj, v jeho spodnej časti sú po stranách umiestnené gondoly na uloženie batožiny, aj keď je tento prvok praktický, narúša hmotu kokpitu. Farebné tónovanie presklenia pôsobí príjemne. Kryt rotorového sťažňa, má nesúrodý tvar, jeho priama predná línia je rušená prehnutou líniou v zadnej časti, kde sa stáča k tlačnej vrtule. To je dané snaha zakryť spojenie prerotátora s motorom, v tomto prípade sprostredkované pružným hriadeľom. Stabilizačné plochy tvorí horizontálny stabilizátor, umiestnený v ose vrtule, a tri vertikálne stabilizátory. Na prostredný sa napája spojovací nosník zalomený do tvaru písmena v, prepojenie výraznejšie prechádza do oblasti nosníka. Prepojenie chvostovej časti a trupu je síce plynulejšie ale celková kompozícia je príliš členitá a chaotická. Pozitívne hodnotím dynamický výraz prednej časti. [17]



Obr. 2-6 ELA Aviation, 10-Eclipse [18]

Trixy Eye

Vírník rakúskej spoločnosti Trixy Aviation, TrixyEye je profesionálna verzia jej konvenčných tandemových modelov. Presklená časť kokpitu je voči jeho spodnej časti užšia, vzniknutý rádius napomáha zafinovať tvar kokpitu. Takéto tvarovanie zároveň umožňuje integráciu otvoru nasávania vzduchu bez narušenia hmoty trupu. Sťažň rotora je nezakrytý, priznáva nosnú konštrukciu, tiahla ovládania aj kardan poháňajúci prerotátor. Rovnako je priznaný aj chladič umiestnený za sťažňom. Stabilizačné plochy sú tvorené horizontálnym stabilizátorom, umiestneným v ose vrtule, a tromi vertikálnymi stabilizátormi. Na prostredný sa napája zalomený nosník hranatého prierezu.

TrixyEye môže niesť voliteľný box alebo prídavnú palivovú nádrž pod kabínou. Box môže byť vybavený padákom na bezpečné zhodenie záchranného vybavenia a tovaru. Napojenie kamery, umiestnené na ľavej strane pri zadnom sedadle, je volené bližšie k ťažisku a umožňuje tak montáž ťažších kamier. Hmota kamery uchytená na bočnej ploche kokpitu ale pôsobí nevyvážene.

Plynulé tvarovanie kokpitu a rafinovane umiestnený otvor nasávania vzduchu je v nepomere so surovo pôsobiacim plne nezakrytým sťažňom rotora. Celkový dojem z kompozície nie je kompaktný. [19]



Obr. 2-7 Trixy Aviation Trixy Eye [19]

ArrowCopter AC20

Tento rekreačne zameraný vírnik rakúskej produkcie, tandemovej konfigurácie predstavuje zaujímavý kompozičný prístup. Priečny nosník zadnej nápravy podvozku bol pretvorený na krídlové plochy, funkcia úchytu kolies a tlmenia je zachovaná. Do krídlových plôch bola presunutá aj palivová nádrž a pristávacie osvetlenie. Trup tak môže byť v zadnej časti výrazne zúžený.

Tvar krídel kokpitu kopíruje aj horizontálny stabilizátor, umiestnený v osi vrtule, stabilizátory sú na kokpit napojené jedným jemne zalomeným nosníkom. Pri pohľade zospodu tak dvojica šípovitých tvarov dodáva kompozícii výrazne smerový charakter. [20]



Obr. 2-8 ArrowCopter AC20 [20]

DiNelly eXoGyro

DiNelly eXoGyro je ďalší vírnik nemeckej firmy, ktorý sa ale z vývojovej fázy neposunul ďalej. Výnimočný je svojou veľkosťou a konfiguráciou kokpitu. Ten má celkovo štyri dvere vyklápajúce sa dohora. Predný rad tvoria dve sedadlá, zadný tvorí úložný priestor, je možné sem primontovať ďalší rad sedadiel, alebo inštalovať priezor a snímaciu techniku väčších rozmerov. Celková proporcia kokpitu je pomerne mohutná, spája dĺžkovú proporciu tandemovej konfigurácie so šírkovou proporciou side-by-side konfigurácie. Dvojica stabilizačných plôch pod uhlom, tvoriacich písmeno V, je s kokpitom spojená jedným zalomeným nosníkom. Ten v chvostovej časti vystúpi až tesne pod osu tlačnej vrtule. Aj keď je riešenie stabilizátorov zaujímavé, pôsobia neproporčne k zvyšku hmoty.[21]



Obr. 2-9 DiNelly eXoGyro [22]

Vírniky AVIATION Artur Trendak

Prominentný poľský výrobca vírnikov, ktorý ma tiež svoje zásluhy na pokročilom štádiu rozvoja vírnikového letectva v Poľsku. Túto skutočnosť potvrdzuje fakt, že začiatkom roka 2022 zverejnil Úrad civilného letectva kompletný zoznam registrovaných lietadiel v Poľsku - Przegląd Lotniczy: „Najpočetnejším typom ultral'ahkých lietadiel sú vírniky – 110 kusov“ [23]

Taurus

Jedná sa o vírnik zameraný na profesionálnu aplikáciu. Má tri sedadlá v konfigurácii 1 + 2. K tejto gyrokoptére je možné veľmi jednoducho pridať špeciálne vybavenie, ako je postreková súprava alebo priezor umožňujúci bezpečné namontovanie skeneru, fotoaparátu alebo iných optických zariadení.

Kokpit má prednú časť výrazne zúženú do špicu, spodná časť je presklená, čelné sklo má strmší sklon stúpania, čo umožňuje vzpriamenejší posed. Podporný stĺpik je umiestnený v boku kokpitu, výhľad cez čelné sklo je zlepšený. Stabilizačné plochy tvoria dva vertikálne stabilizátory, v úrovni osi vrtule prepojené horizontálnym, na kokpit napojené dvoma nosníkmi v spodnej časti. Použitie dvoch nosníkov umiestnených po stranách kokpitu umožňuje rozšírenie chvostových plôch, kompozícia, hlavne z pohľadu a nadhľadu pôsobí uzavretejšie. Podvozok je zvýšený a rozchod zadnej nápravy je širší. Aj keď možnosť napojenia kamerovej techniky je obmedzená, je tento vírnik solídnu platformou pre profesionálne použitie. [24]



Obr. 2-10 Aviation Artur Trendak, Taurus [24]

Taifun

Vírník Taifun je ďalším modelom od poľského výrobcu Aviation Artur Trendak. Možno ho označiť za tvarovo rafinovanejšiu verziu modelu Taurus. Hmota kokpitu a silueta je čistejšia, čelné sklo, pokrýva celú prednú plochu a pokračuje až do oblasti strechy. Napojenie chvostových stabilizátorov na kokpit tiež sprostredkujú dva nosníky, spoj s trupom je výrazne pretvarovaný. Dynamike výrazu prispieva aj širší otvor sania vzduchu umiestnený na streche. Celková kompozícia pôsobí kompaktno. [25]



Obr. 2-11 Aviation Artur Trendak, Taifun [26]

Rotorvox C2A

Vířník Rotorvox C2A nemeckého výrobcu je jedným z technicky najpokročilejších vířníkov C2A tvorená karbonovým monokokom, má dvoj nosníkovú konfiguráciu zadnej stavby s dvomi vertikálnymi, jemne naklonenými stabilizátormi, na kokpit napojenú prostredníctvom krídlových plôch. Na tie je napojená aj zadná stavba podvozku, ten využíva elastomérové tlmenie. Tvar kokpitu je podobný vířníku Taifun, jeho spodná časť je výraznejšie prehnutá, pri vstupe sa celý panel presklenia vyklopí dopredu. [27]



Obr. 2-12 Rotorvox C2A [27]

Jokertrike

Vírník slovenskej firmy Jokertrike predstavuje agresívnejší, geometrický prístup k tvarovaniu, čo mu dodáva dynamický výraz. Klinovitý tvar trupu sa v zadnej časti zužuje k napojeniu tlačnej vrtule. Čelnú plochu od bočnej plochy delí priznaná hrana, ďalšia hrana je vedená bočnou plochou pozdĺž plnej dĺžky trupu. Čelné a bočné sklo tvorí jeden celok, pre vstup do kabíny sa celá predná časť vyklopí.

Chvostová časť je tvorená dvomi vetvami, prepojenými horizontálnym stabilizátorom. Napojenie na trup vytvára prídavné krídlivé plochy do ktorých sú rafinovane zakomponované sacie otvory a zadné pristávacie kolesá. Zopakovanie ostrého tvarovania na chvostovej časti pomáha dosiahnuť vizuálnu jednotnosť, nosníky ale pôsobia mierne ťažkopádne. Kryt sťažňa rotora má elementárne tvarovanie a je farebne odlíšený. [28]



Obr. 2-13 Jokertrike gyrocopter [29]

Aerobike

Koncept jednomiestneho elektrického vírnička Aerobike vyvíjal nemecký designér Ralf Pohl v spolupráci s policajnými zložkami. Motiváciou bolo vytvorenie účelného, environmentálne nezaťažujúceho hliadkovacieho lietadla s nízkymi prevádzkovými nákladmi. Koncept uvažuje pohon elektrickým motorom a jump-start systém umožňujúci vertikálne štart a pristátie. Pristávací modul je teda zbavený kolies a tvorí nosnú kostru, ktorá spája otvorený kokpit a chvostovú časť, tvorenú dvoma skosenými stabilizátormi. Lomené plochy krytovania tvoria samostatné prvky, prepojenie s kokpitom a nosným rámom však vytvára kompaktnú, vzdušnú kompozíciu. Zaujímavé je rozdelenie stabilizačných plôch na dve polovice, ktoré vzájomne nie sú prepojené. Tuhosť zadnej stavby dodáva priečka spojujúca chvostové nosníky, pôsobí ale poddimenzovane. Dobre integrované umiestnenie kamery v prednej časti kokpitu zdôrazňuje funkciu a to vzdušné pozorovanie. [30]



Obr. 2-14 Aerobike, Ralf Pohl [31]

Niki Rotor Aviation Lightning

Vírník Lightning od výrobcu Niki Rotor Aviation predstavuje ďalšiu koncepciu prepojenia trupu a chvostovej časti. Kokpit má aerodynamický slzičkový tvar, ktorý sa v smere dozadu hore zužuje, následne prechádza do chvostového nosníka, v ose ktorého je osadená tlačná vrtuľa. Čelné a bočné sklá tvoria väčšinu povrchu trupu, delí ich veľmi tenký stĺpik, čo maximalizuje výhľad z kabíny a odľahčuje kompozíciu. Rozmiestnenie sedadiel je tandemové. Chvostová časť, s centrálnym vertikálnym stabilizátorom a dvomi bočnými stabilizátormi pripomína vrtuľník, túto asociáciu podporuje aj riešenie napojenia na trup. Kompozícia pôsobí ucelene, sanie vzduchu na bočnej stene tvorí pekný detail. [32]



Obr. 2-15 NIKI Rotor Aviation, Lightning [33]

Fraundorfer Aeronautics Tensor 600X

Tensor je technologicky pokročilý vírník vyvíjaný nemeckou firmou Fraundorfer. Konfigurácia kokpitu je tandemová, ohraničenie presklenia je zvýraznené farebnou líniou, to dobre prepája prednú a zadnú časť kokpitu. Bohaté presklenie a posunutie stĺpikov do strán zlepšuje výhľad z kokpitu. Rotorový sťažň je z čelného pohľadu priechodný, tvorí tvar písmena A. Aj keď je z boku výraznejší, dobre nadväzuje na hmotu kokpitu a pôsobí vzdušne. Zakrytovanie rotorovej hlavy umocňuje dojem prepojenia.

Aj keď sa na prvý pohľad zdá, že chvostová časť je na kokpit napojená v ose vrtule na prostredný vertikálny stabilizátor, jedná sa len o krytovanie, skutočné prepojenie zabezpečujú dva nosníky spájajúce krídlivé plochy a bočné vertikálne stabilizátory, tie sú pod miernym uhlom. V rovnakom bode sa na krídla, zo spodnej strany, napája zavesenie zadných kolies, to využíva elastomérové tlmenie. Kompozícia kokpitu s bohatým presklením a napojenie rotora pôsobí kompaktné a vzdušne. Krídla s pomerne širokým rozpätím v kombinácii s napojením chvostovej časti dvoma nosníkmi a tvarovým previazaním na osu vrtule zadnú časť kompozície zahlcuje. Umiestnenie otvorov sania vzduchu v prednej a zadnej časti kokpitu je rafinované a dodáva solídny výraz. [34]



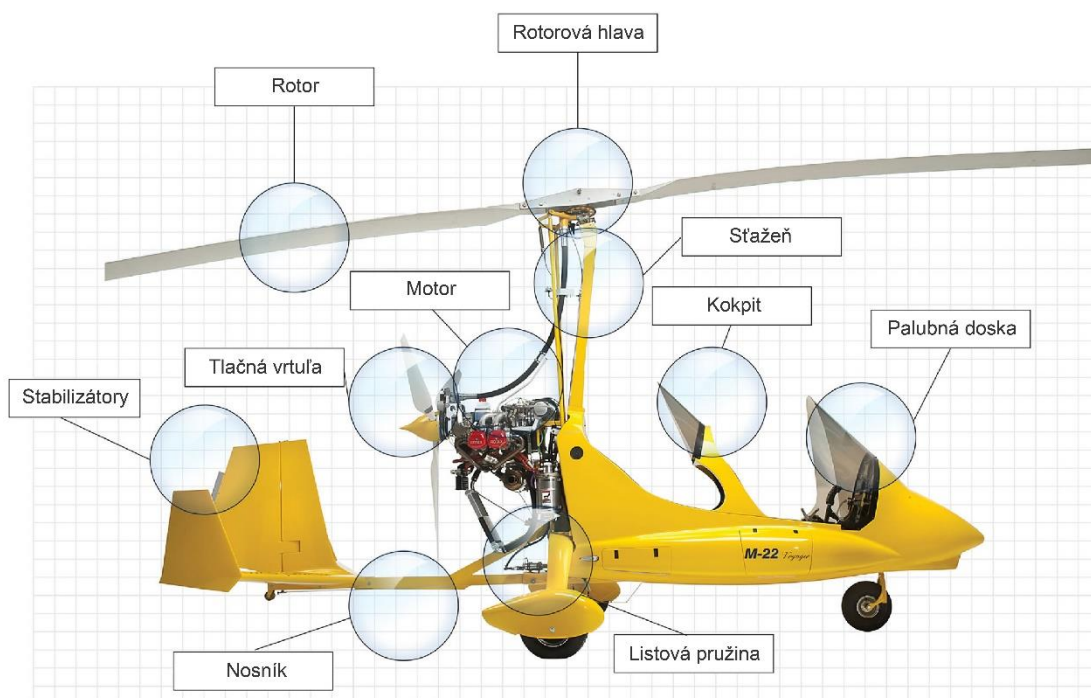
Obr. 2-16 Fraundorfer Aeronautics, Tensor 600X [35]

2.3.2 Technická analýza

Vírník je klasifikovaný ako rotorové lietadlo, keďže jeho vztlak je generovaný nemotorizovaným rotorom a definovaný ako STOL (short take-off and landing) lietadlo, a teda lietadlo s krátkou vzletovou a pristávacou dráhou. Potrebná dráha pre vzlet je približne 100m, pre pristátie 5-10m. [36]

Podľa regulácie (EC) 216/2008 vydanéj EASA (European Union Aviation Safety Agency), vírniky s maximálnou vzletovou hmotnosťou (MTOW, maximum take-off weight) menšou ako 560kg, spadajú do kategórie ultraľahkých lietadiel, a sú regulované na národnej úrovni. Príkladom takejto regulácie je CAP 643: BCAR Section T vydaný britským leteckým úradom CAA (Civil Aviation Authority). [37,38]

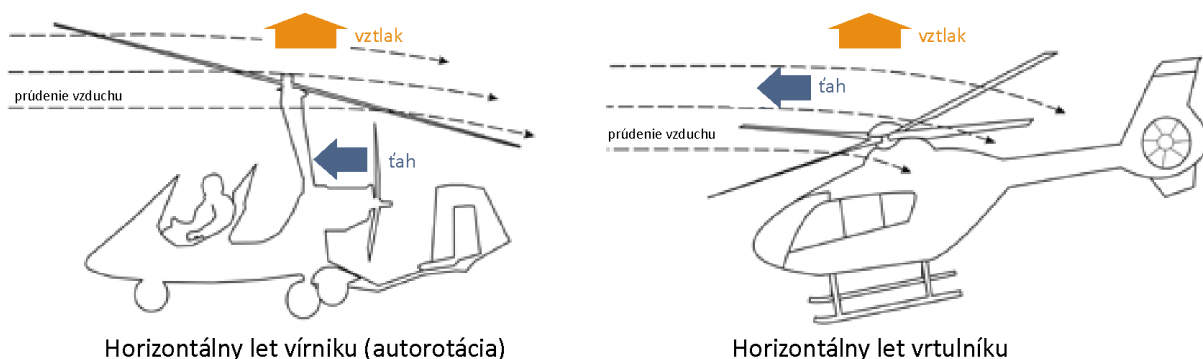
Architektúra vírniku



Obr. 2-17 Komponenty vírniku [39]

Hlavnými časťami vírniku sú trup, stabilizátory, vrtuľa a rotor. Trup spája všetky ostatné komponenty, obsahuje kokpit a motor. Chvostová časť tvorená vertikálnymi a horizontálnymi stabilizátormi zabezpečuje kontrolu letu. Vrtuľa zabezpečuje dopredný pohyb. Prvé vírniky používali ťažnú konfiguráciu vrtule, v súčasnosti sa ale používa tlačná konfigurácia, dôvodom je zlepšenie viditeľnosti a lepšie rozloženie hmoty. Vztlak je generovaný rotorom, a nie krídlými plochami, čo je hlavný rozdiel medzi vírnikom a lietadlom.

Rotor ale nie je motorizovaný, roztáča ho prúd vzduchu prechádzajúci jeho lopatkami, to je hlavný rozdiel medzi vírnikom a helikoptérou. Vírnik teda nie je schopný vznášať sa a ani vertikálneho vzletu. Výhodou je, že na nemotorizovanom rotore nevzniká prídavný moment a nie je potrebný chvostový stabilizačný rotor, ďalším benefitom je konštrukčná jednoduchosť. [36]



Obr. 2-18 Porovnanie horizontálneho letu vírniku a vrtuľníku [40]

Rotor vírnika počas horizontálneho letu roztáča vzdušné prúdenie smerujúce zospodu nahor, to spôsobuje aj náklon rotora dozadu. V prípade straty doprednej rýchlosti vírnik začne voľne klesať, prúd vzduchu udržiava rotor v autorotácii a klesanie je tak kontrolované.

Motorizovaný rotor vrtuľníka zabezpečuje vztlak, aj ťah, pri horizontálnom lete je naklonený dopredu. V prípade motorového výpadku je síce možné uviesť rotor do autorotácie, ale tento manéver je komplikovaný a je k nemu potrebná určitá dopredná rýchlosť a výška.

Následná tabuľka uvádza ďalšie porovnanie charakteristík vrtuľníku, lietadla a vírniku. Aj napriek neschopnosti vznášať sa má vírnik radu výhod.

Charakteristika	Vrtuľník	Lietadlo	Vírnik
Stabilita	Obmedzená, dynamicky nestabilný	Dobrá	Dobrá, aj pri nízkej rýchlosti
Vertikálny štart	Možný, rotor je hnaný	Možný v obmedzenej miere	Možný, jump-start systém
Vznášanie	Možné	Nie je možné	Možné dosiahnuť veľmi nízkej rýchlosti
Strata vztlaku, (zlihanie motoru)	je vyžadovaný autorotačný manéver	je vyžadovaný záchranný manéver	stále v autorotácii, kontrolované pristátie
Ovládanie	Komplexné	Jednoduché	Jednoduché

Tab. 2-1 Porovnanie vlastností vrtuľníku, lietadla a vírniku [41]

Stabilita

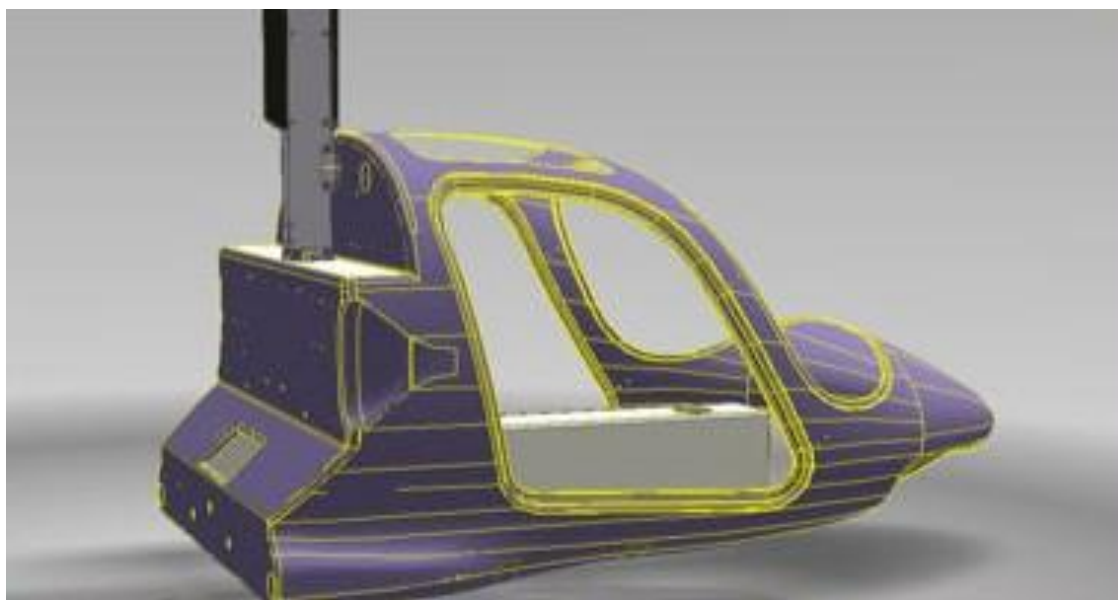
Rozvoj vírnikového letectva a s tým spojený výskum letovej dynamiky pomohol určiť kľúčové parametre ovplyvňujúce stabilitu letu. Pod stabilitou chápeme schopnosť lietadla udržiavať pôvodnú dráhu letu, v prípade narušenia navrátenie do pôvodného stavu.

Bolo zistené:

- Použitie dostatočných horizontálnych stabilizačných plôch vyvažuje účinok destabilizačných statických zaťažení (udržiava stálu polohu ťažiska) a zabezpečuje dynamickú stabilitu letu. [42]
- Stabilnejšia je konfigurácia s krátkou vertikálnou vzdialenosťou medzi ťažiskom a ťahovou líniou tlačnej vrtule. [42]
- Testy vo veternom tuneli ukázali, že aerodynamické vlastnosti vírniku sú pomerne necitlivé na konfiguračné zmeny. Aj pri vysokých rýchlostiach majú aerodynamické charakteristiky kokpitu a chvostových plôch malý vplyv. [43]

Konštrukcia

V súčasnosti možno pozorovať dva prístupy ku konštrukcii vírniku. Starší je tvorený nosným oceľovým rámom, na ktorý sú pripevnené ostatné diely. Technicky pokročilejšie vírniky, ale využívajú pre kokpit karbónový, nosný monokok, na ktorý sú potom priamo napojené ostatné diely vírniku. Okrem ušetrenia hmotnosti, keďže nie sú potrebné podporné rámy ani šasi, plní monokok aj ochrannú funkciu s integrovanými deformačnými zónami, ktoré v prípade nehody pohlcujú energiu nárazu. [44]



Obr. 2-19 Monokok trupu vírniku Argon [44]

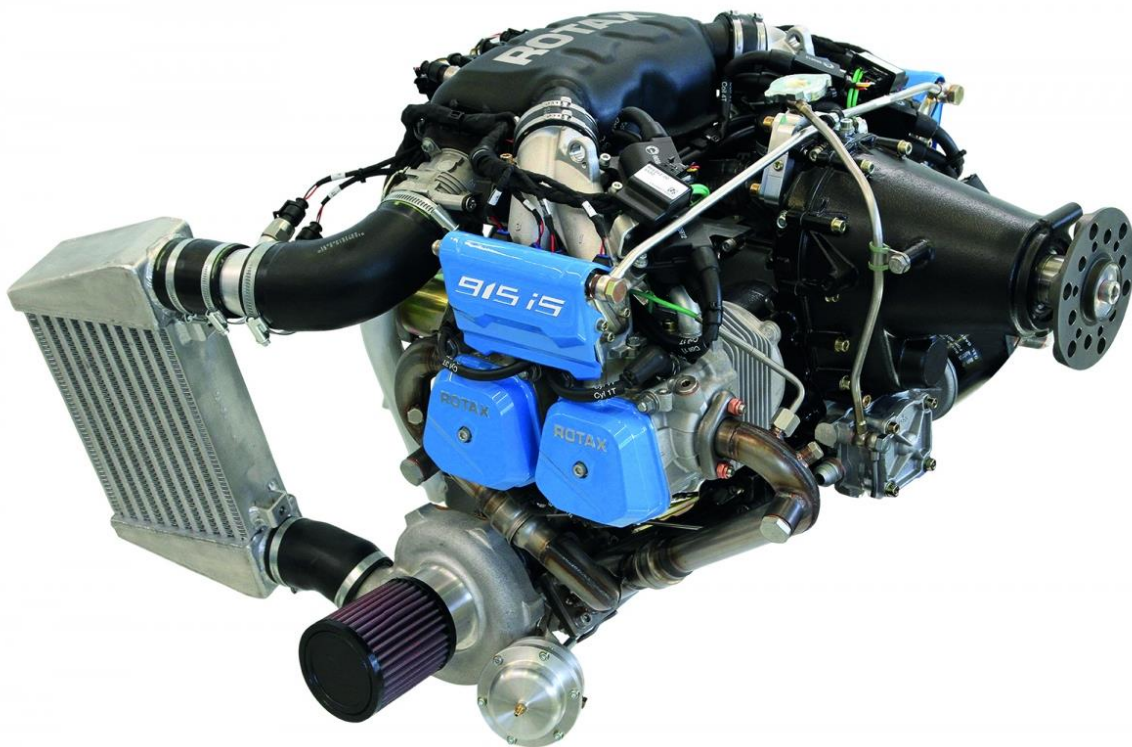
Pohon

Motor

Väčšina vŕínikov používa ploché štvorvalcové motory konfiguráciu boxer. Prominentným výrobcom je rakúska firma Rotax. Najvýkonnejším motorom v jej portfóliu je Rotax 915 iS. Ten poskytuje výkon 141hp.

Jedná sa o štvorvalcový, štvortaktný motor s horizontálne protichodným pohybom valcov. Takáto konfigurácia minimalizuje vibrácie. Motor je vybavený elektronicky riadeným vstrekovaním paliva, čo je spoľahlivejšie ako použitie karburátora. Hlavy valcov sú chladené tekutinou, telo je chladené vzduchom. Preplňovanie zabezpečuje turbodúchadlo, to zabezpečuje optimálny výkon aj vo vyšších nadmorských úrovniach. Všetky motory Rotax sú certifikované na prevádzku s leteckým benzínom (AVGAS), etanolovou zmesou E10, a s automobilovým benzínom (E5), čo znižuje cenu prevádzky. [9]

Spojenie motoru s tlačnou vrtuľou môže byť priame, alebo sprostredkované redukčnou prevodovkou, typicky s pomerom 2:1. To umožňuje používať motor vo vyšších otáčkach a generovať viac ťahu.



Obr. 2-20 Motor Rotax 915 iS [45]

Tlačná vrtuľa

Tlačná vrtuľa, je vrtuľa zabezpečujúca dopredný pohyb, môže byť použitá koncepcia s fixným náklonom čepelí, tá je technicky jednoduchšia. Alebo koncepcia umožňujúca meniť náklon čepelí počas letu, tzv. *constant speed propeller*, to umožňuje využitie celého rozsahu otáčok motoru.

Pre náboj vrtule sa používa letecký hliník, pre čepele kompozit. Typická je konfigurácia s tromi čepelami, priemer okolo Ø1700mm. [12]



Obr. 2-21 Vrtuľa Kaspar KA-2/3-LT [46]

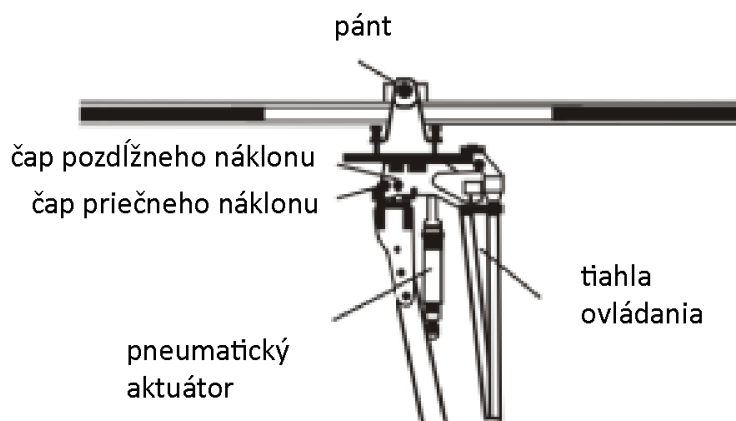
Prerotátor

Pre skrátenie vzletovej dráhy sa používa prerotátor. Jedná sa o mechanické, elektrické alebo hydraulické zariadenie, ktoré pred štartom preniesie otáčky motora na rotor, roztočí rotor na vzletovú úroveň (približne 200rpm). Za použitia prerotácie je možné doceliť aj nulovej vzletovej dráhy, tzv. jump-start. Je potrebné aby bol vírnik vybavený rotorom s voliteľným sklonom listov, po roztočení na požadované otáčky v náklone generujúcom nulový vztlak je sklon skokovo zmenený, čo po obmedzenú dobu umožňuje kolmý let. Takýto systém je ale komplikovaný, súčasná legislatíva navyše blokuje jeho používanie. [47,48]

Rotor

Vírniky používajú dvojlistové rotory, priemer rotora sa pohybuje v rozmedzí Ø8400mm až Ø8800mm. Menšie priemery generujú nižší odpor a sú vhodnejšie ku športovému lietaniu, väčšie priemery generujú vyšší vztlak a sú vhodnejšie pre väčšiu záťaž. Listy rotoru sú vyrobené z kompozitu, majú aerodynamický profil (napr. NACA 8H12). Typický je fixný sklon 2°. [12,49]

Rotorová hlava spája rotorové čepele a umožňuje naklápanie rotoru v pozdĺžnom a priečnom smere, to je ovládané riadiacou pákou. Samotná hlava je s rotorovým sťažňom spojená univerzálnym kĺbom, rotorové listy sú s hlavou spojené pomocou pántu, ktorý umožňuje vyrovnáť asymetrické rozloženie vztlaku. Ovládanie zabezpečujú dve tiahla a pneumatický aktuátor. Je možné aj plne hydraulické ovládanie [50]



Obr. 2-22 Schéma rotorovej hlavy [50]

2.4 Zhrnutie hlavných zistení

Prepojenie chvostovej časti a trupu má priamy vplyv na vizuálnu celistvosť kompozície. Možno pozorovať tri odlišné prístupy. Napojenie jednou vetvou v spodnej časti trupu, kde spojovací prvok leží v jednej rovine s osou tlačnej vrtule, dostatočný priestor pre vrtuľu zabezpečuje prehnuté tvarovanie chvostového nosníka. Napojenie dvoma vetvami v spodnej časti trupu, dostatočný priestor pre tlačnú vrtuľu zabezpečuje rozstup medzi dvoma chvostovými nosníkmi. A napojenie jednou vetvou vo vrchnej časti, kde osa tlačnej vrtule je identická s osou chvostového nosníka. Obecne možno povedať, že dva neskôr menované prístupy zabezpečujú vyššiu mieru vizuálnej celistvosti kompozície, napojenie v ose tlačnej vrtule ale približuje tvarovanie k vrtuľníku, navyše je takéto riešenie technicky komplikované. Riešenie prepojenia dvomi vetvami ďalej umožňuje rozšírenie horizontálneho stabilizátoru.

Tvar trupu musí brať ohľad na aerodynamiku, hmota má plynulo prúdiť od prednej časti kokpitu k tlačnej vrtuli. Väčšina zástupcov vírnikov preto volí tvarovanie bez prítomností hrán, alebo vodiacich línií. To môže viesť k nečitateľnosti tvaru až amorfnému výrazu. Výraz môže byť naopak posilnený použitím tvarovania, ktoré reflektuje funkciu vírnikového letu, vyzdvihuje jeho jedinečnosť a reflektuje dynamiku, a teda také riešenie ktoré sa nesnaží o napodobenie vrtuľníku.

Ďalším dôležitým faktorom je viditeľnosť z kabíny. Okrem ohraničenia okien, pozície a tvaru stĺpikov tu hrá rolu aj rozloženie sedadiel. Tandemová konfigurácia síce zabezpečí obom pasažierom rovnocenný bočný výhľad, zadná pozícia má však limitovaný čelný výhľad. Side-by-side konfigurácia zabezpečí rovnocenné zorné pole pre oboch členov posádky. Tiež je dané, že side-by-side konfigurácia má oproti tandemovému usporiadaniu výraznejšiu priečnu proporciu a skrátenú pozdĺžnu. Viditeľnosť je tiež možné zlepšiť zväčšením presklenia.

Keďže vírnik obecne nie je schopný vertikálneho štartu, je potrebný podvozok. Predné koleso zabezpečuje otáčanie, zadné dve, keďže sú pro pristátí prvé v kontakte, zabezpečujú tlmenie. To vo väčšine prípadov sprostredkováva samotný priečny nosník, ktorý slúži ako listová pružina.

Aj keď väčšina súčasných vírnikov nemá fixné krídlové plochy a vztlak generujú výlučne rotorom, prídavné krídla majú potenciál zlepšiť letové vlastnosti vírnika a jeho efektivitu pri vyšších rýchlostiach. Navyše použitie krídel otvára nové príležitosti na riešenie celkovej kompozície.

Celkovú kompaktnosť kompozície neurčuje len miera prepojenia jednotlivých komponentov. Rovnako dôležité je aj udržanie konzistentného tvarovania jednotlivých častí.

Technickou analýzou bolo zistené, že pre konfigurácii vírniku je dôležité ťažisko umiestnené čo najbližšie k línii ťahu tlačnej vrtule. Dôležitým stabilizačným prvkom je horizontálny stabilizátor. Ďalej bolo zistené že použitie monokokového kokpitu ako nosného prvku je výhodné s ohľadom na hmotnosť, zaťaženie a bezpečnosť.

2.5 Identifikácia novosti a príležitostí

V súčasnosti sú pre vírniky s profesionálnym zameraním používané takmer výlučne modifikované konvenčné modely. To ale nie je správny prístup a jeho dôsledkom je často nelogicky umiestnené osvetlenie, snímacia technika alebo iné nadstavby. Pre vytvorenie skutočne funkčného profesionálneho vírniku je nutné požiadavky uvažovať pred začiatkom návrhového procesu a ten im prispôbiť.

Použitie fixných krídlových plôch má potenciál zlepšiť letové vlastnosti a vytvoriť svojské kompozičné prístupy. Krídla generujú dodatočný vztlak a odľahčujú tak rotor, možno ich využiť pre napojenie podvozku, ktorý tak môže mať širší rázvor a teda zvýšenú stabilitu. Rovnako napojene chvostových stabilizačných plôch na krídlové plochy, a nie priamo na hmotu kokpitu umožňuje zväčšiť šírku horizontálneho stabilizátora, ktorý je kľúčový pre stabilný let.

Použitie monokokovej konštrukcie pre kokpit je efektívnejšie riešenie konštrukcie, z pohľadu bezpečnosti a hmotnosti. Použitie kompozitných materiálov aj pre ostatné časti, kde je to možné má potenciál hmotnosť znížiť ešte viac.

3 CIEĽ PRÁCE

3.1 Vymedzenie problému

Produktom je vírnik určený pre komerčnú aplikáciu.

Zákazníkom sú organizácie, policajné zložky, hasičské zložky, záchranné zložky, poľnohospodárske družstvá, mediálne/filmové agentúry a ďalšie.

Koncovým užívateľom je profesionálny vírnikový pilot a jeho spolupilot, resp. operátor snímacej techniky.

V tabuľke nižšie sú uvedené hlavné problémy, ktoré je potrebné v rámci diplomovej práce vyriešiť

Charakteristika	Ciele	Obmedzenia	Funkcie	Prostriedky
Vytvorenie dvoj-osobovej koncepcie	✓	✓		
Použitie uzavretého kokpitu	✓	✓		
Použitie tlačnej vrtule	✓			✓
Zameranie na komerčné využitie	✓	✓	✓	
Vytvorenie ucelenej tvarovej koncepcie	✓			
Odlíšenie sa od vrtulníka	✓			
Optimálne prepojenie kokpitu a stabilizačných plôch			✓	
Maximalizácia zorného uhlu	✓		✓	
Riešenie pristávacieho podvozku	✓		✓	
Uloženie snímacej technológie	✓			✓
Riešenie úložného priestoru	✓		✓	
Zakomponovanie nadstavieb			✓	
Modulárny batožinový priestor				✓
Výsuvný pristávací podvozok				✓
Zvýšenie efektivity	✓		✓	
Rešpektovanie aerodynamických daností		✓		✓
Použitie fixných krídlových plôch				✓
Rešpektovanie noriem		✓		
Vymedzenie sa voči konkurencii	✓			
Riešenie interiéru s dôrazom na ergonómiu	✓		✓	

Tab. 3-1 Kategorizácia problémov

Materiáli sú volené s ohľadom na minimalizáciu hmotnosti. Telo kokpitu a chvostovej časti sú tvorené kompozitnými materiálmi, na presklenie je použitý polykarbonát. Komponenty rotorovej hlavy a stožiaru sú vyrobené z hliníku 7075, listy tlačnej vrtule a rotoru sú kompozitné.

Vzhľadom na použitie materiálov a technológií obdobných súčasnej vírnikovej produkcii možno odhadovať, že cena bude tiež porovnateľná a teda 100 000 až 150 000 €.

3.2 Cieľ vývoja

Hlavným cieľom je koncepčný dizajn vírnika pre dve osoby s uzavretou kabínou a tlačnou vrtuľou, určeného na profesionálne použitie (bezpečnostné, záchranné a hasičské zložky, environmentálny výskum, atď.).

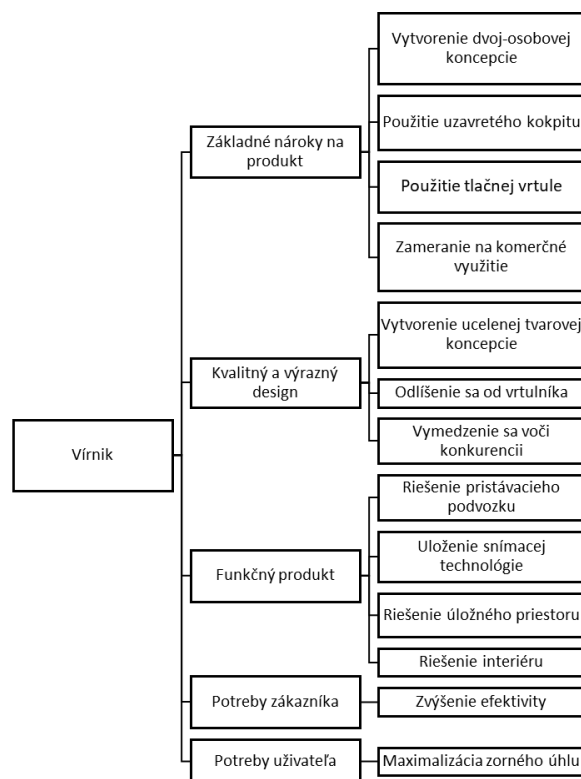
Dielčie ciele diplomovej práce:

- Vytvorenie ucelenej kompozície ktorá sa tvarovo vymedzí voči vrtuľníku a odlíši od konkurencie.
- Preskúmanie rôznych možností prepojenia kokpitu a chvostovej časti, integrácia fixných krídlových plôch.
- Maximalizácia zorného uhlu z kokpitu, riešenie interiéru s dôrazom na ergonómiu.
- Riešenie pristávacieho podvozku, úložného priestoru, napojenia snímačej technológie.

4 KONCEPČNÝ NÁVRH

4.1 Analýza cieľov

- **Základné nároky na produkt**
 - Vytvorenie dvoj-osobovej koncepcie
 - Použitie uzavretého kokpitu
 - Použitie tlačnej vrtule
 - Zameranie na komerčné využitie
- **Kvalitný a výrazný design**
 - Vytvorenie ucelenej tvarovej koncepcie
 - Odlíšenie sa od vrtuľníka
 - Vymedzenie sa voči konkurencii
- **Funkčný produkt**
 - Riešenie pristávacieho podvozku
 - Uloženie snímačej technológie
 - Riešenie úložného priestoru
 - Riešenie interiéru
- **Potreby zákazníka**
 - Zvýšenie efektivity
- **Potreby užívateľa**
 - Maximalizácia zorného uhlu



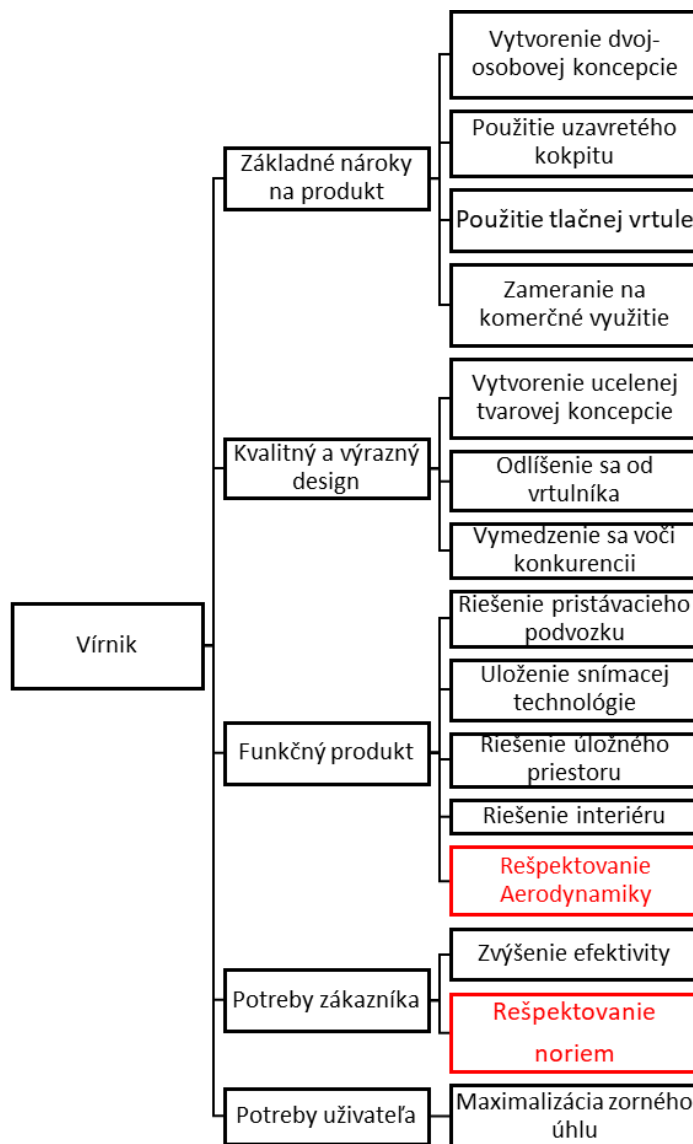
Tab. 4-1 Okruhy cieľov

4.2 Špecifikácia obmedzení

Zoznam obmedzení

Vytvorenie dvoj-osobovej koncepcie
Použitie uzavretého kokpitu
Zameranie na komerčné využitie
Rešpektovanie aerodynamických nárokov
Rešpektovanie noriem

Tab. 4-2 Zoznam obmedzení



Tab. 4-3 Rozšírenie o obmedzenia

4.3 Technická funkčná analýza

Hnacie Ústrojenstvo

ROTAX 915 IS, boxer, 4-válec, chladenie tekutina a vzduch, 141 hp

Redukčná prevodovka

Kompozitná tlačná vrtuľa, \varnothing 1700 mm

Spojka

Pružná hriadeľ

Konštrukcia

Trubkový rám, Cr-Mo

Kompozitné materiály

Organické sklo (Polykarbonát)

Ergonómia

Sedlo, sklon 45°- 60°

Prístrojový panel

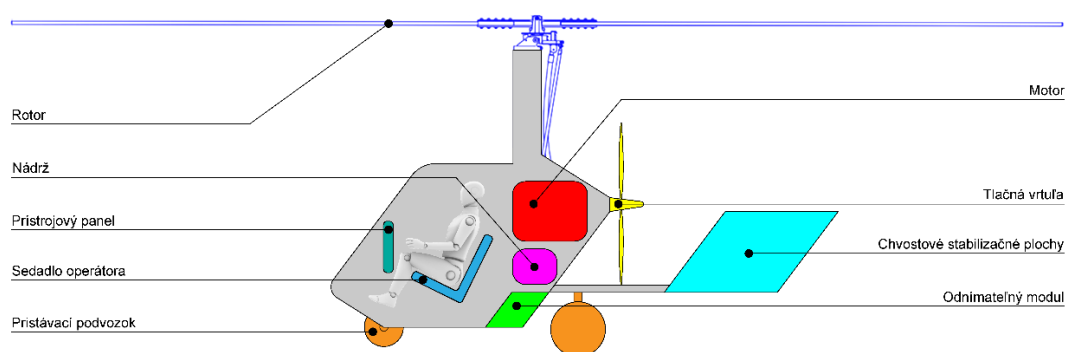
Smerové ovládanie, nožné

Ovládanie výkonu, ručné

Náklon, volant/knipl

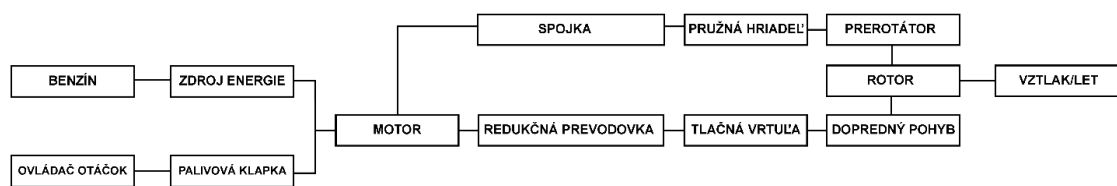
Tab. 4-4 Technické a funkčné nároky

Rozloženie komponentov



Obr. 4-1 Schéma komponentov

Funkčná schéma pohonu

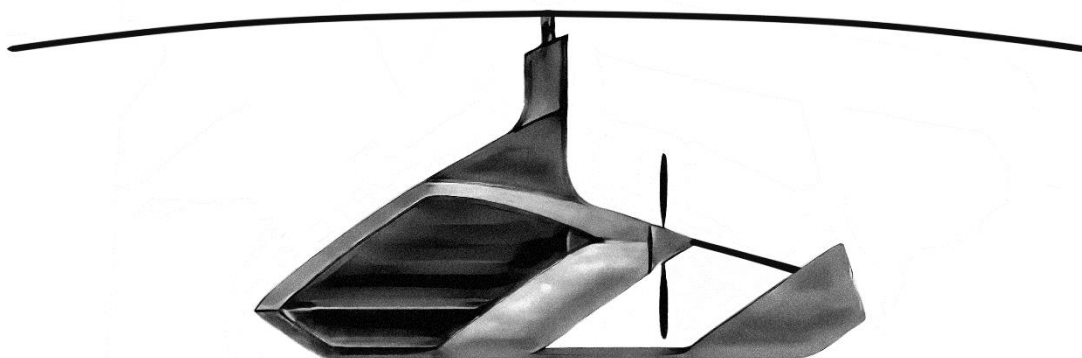


Tab. 4-5 Schéma pohonu

4.4 Návrh alternatívnych riešení

Boli zvolené tri hlavné varianty. Cieľom bolo preskúmať rôzne kompozičné prístupy a vytvoriť čo najviac odlišné koncepcia. Všetky varianty volia konfiguráciu kokpitu side-by-side, pretože poskytuje rovnocenný výhľad obom členom posádky. Tieto varianty boli následne demonštrované podľa morfolologickej analýzy, ktorá pomohla učiť, ktorý návrh je najsilnejší.

4.4.1 Varianta I

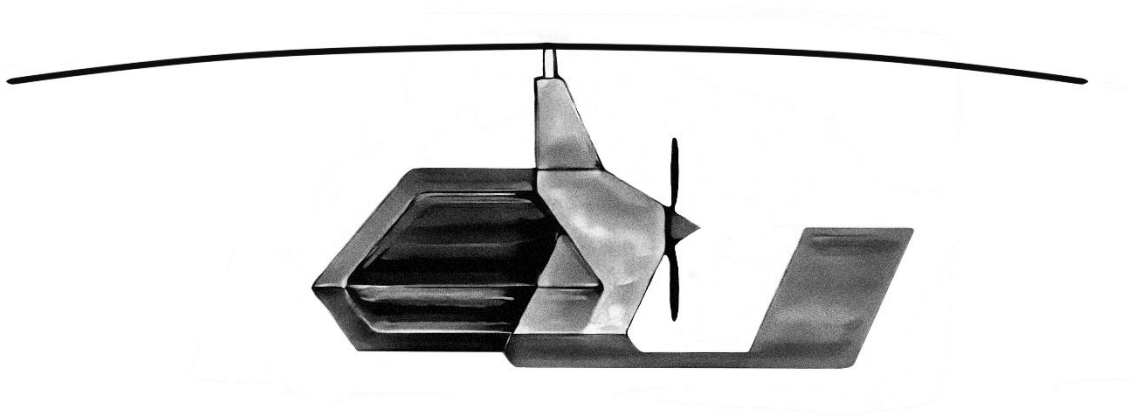


Obr. 4-2 Variantný návrh č.1

Prvá varianta volí prepojenie trupu jedným centrálnym umiestneným nosníkom a ďalším uchytením na osu vrtule. Trup má kosodĺžnikový tvar, spodná línia je rovná, vrchná v smere k tlačnej vrtuli výrazne klesá, pokračuje ako trám chytený o osu vrtule. Presklenená časť kokpitu je rozdelená horizontálnou líniou, ohraničenie dverí v zadnej časti trupu prechádza do otvoru sania vzduchu a odleskom naväzuje na kryt vrtule. Krytovanie rotora tvarovo naväzuje na trup v jeho prednej aj zadnej časti. Kompozícia pôsobí kompaktno, čisto a plynulo.

Úložný priestor je v interiéri za sedadlami, napojenie kamery je možné v spodnej, čelnej ploche kokpitu. Táto varianta je najviac podobná súčasnej produkcii.

4.4.2 Varianta II

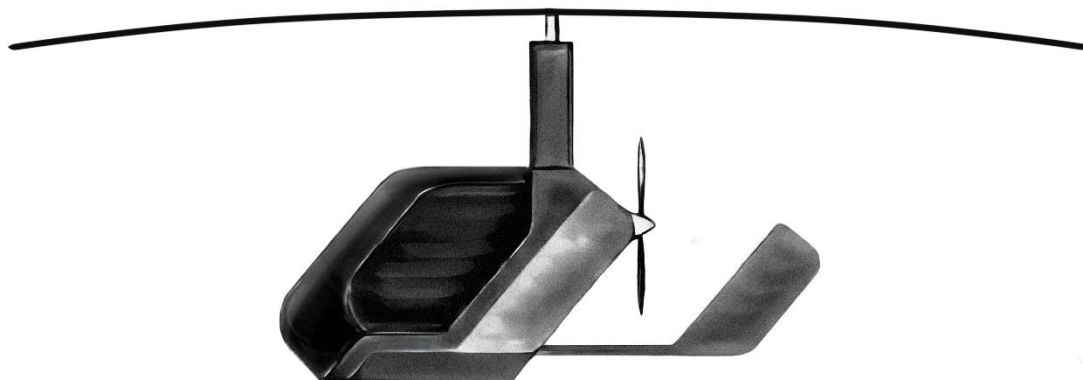


Obr. 4-3 Variantný návrh č.2

Druhá varianta volí ostré, geometrizované tvarovanie, prepojenie trupu a chvostovej časti je zprostredkované dvomi nosníkmi po stranách, na kokpit napojených cez krídlové plochy. Trup má bočnú siluetu kosodĺžnika so zrezanými vrcholmi. Presklená časť trupu je od zadnej výraznejšie odlišená. Zadná časť trupu tak lepšie naväzuje na stožiar rotora a krídlové plochy. V línii, ktorá tvorí špáru otvoru úložného priestoru je umiestnené sanie vzduchu. Použitie krídlových plôch má priaznivý vplyv na kompaktnosť kompozície, hlavne jej zadnej časti, ktorá je pre vírniky typicky problematická. Výraz je dynamický, hraničí s agresivitou.

Úložný priestor nie je súčasťou interiéru, je preň vyčlenený samostatný priestor v zadnej časti trupu. Kamerový systém je možné napojiť v spodnej ploche čela kokpitu.

4.4.3 Varianta III



Obr. 4-4 Variantný návrh č.3

Druhá varianta volí prepojenie trupu a chvostovej časti dvoma nosníkmi priamo na trup. Je volený vzpriamenejší posed, výšková proporcia je zvýraznená, dĺžková zkrátená. Nosný rám kopíruje siluetu sediaceho človeka, z prednej časti sa naň napája sklenená kupola kokpitu, v zadnej krytovanie motora. Zo spodnej časti trupu je umiestnený odnímatelný modul batožiny. Stožiar rotora a prepojenie chvostovej časti je schematické, dôraz sa kladie na hmotu trupu. Kompozícia, sústredená na kokpit, reflektuje modulárny prístup, zvýrazňuje nosný rám, ktorí naväzuje na stožiar rotora.

Úložný priestor tvorí samostatnú jednotku. Napojenie kamerového systému je v prednej čelnej ploche presklenia.

4.4.4 Morfológická analýza

Zoznam popisovaných prvkov pre morfológickú tabuľku

Podobnosť s vrtuľníkom
 Podobnosť s produkčnými modelmi
 Ucelenosť kompozície
 Maximalizácia zorného uhlu
 Fixné krídlové plochy
 Uloženie podvozku
 Úložný priestor
 Uloženie snímačej techniky

Tab. 4-6 Prvky morfológickej tabuľky

V morfológickej analýze sú najlepšie hodnotené prvky označené oranžovou

	1.	2.	3.
Podobnosť s vrtuľníkom	Nízka	Nízka	Stredná
Podobnosť s produkčnými modelmi	Vyššia	Stredná	Nižšia
Ucelenosť kompozície	Vyššia	Vyššia	Nižšia
Maximalizácia zorného uhlu	Priemerná	Vyššia	Vyššia
Fixné krídlové plochy	Nie	Áno	Nie
Uloženie podvozku	Menej vhodné	Veľmi vhodné	Vhodné
Úložný priestor	Za sedadlami	Samostatný vnútorný priestor za sedadlami	Modulárny
Uloženie Snímačej techniky	Menej vhodné	Viac vhodné	vhodné

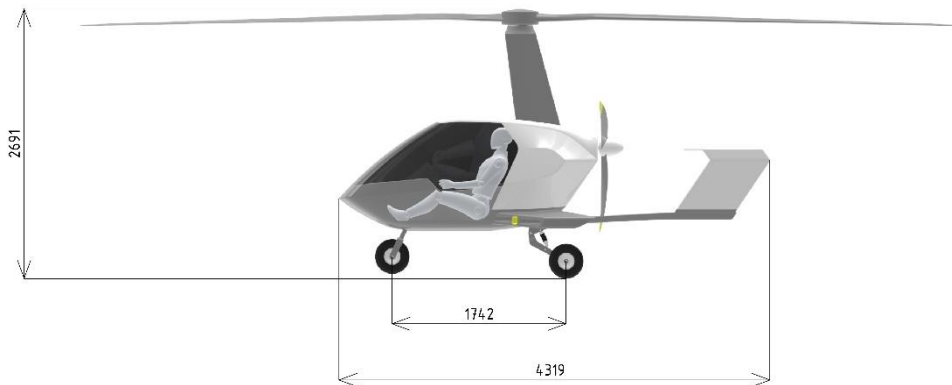
Tab. 4-7 Morfológická tabuľka

Z morfolologickej tabulky najlepšie vyplýva varianta č.2. Dosahuje vysokú mieru kompaktnosti kompozície, vymedzuje sa voči vrtulníku aj konkurenčným modelom. Použitie krídlových plôch je kompozične zaujímavé a oproti ostatným variantám poskytuje funkčnú výhodu, ako napríklad napojenie podvozku. Vhodné uloženie kamerovej techniky a samostatný úložný priestor podporujú vhodnosť pre profesionálne použitie.

5 PREDBEŽNÝ NÁVRH

5.1 Určení tvarů, rozměrů a materiálů

Na základe morfolologickej analýzy bola ako hlavný východiskový bod predbežného návrhu zvolená varianta č.2. Do úvahy bola braná aj varianta č.1, kde ako pozitívum bola vnímaná jej plynulosť. Rozmery boli určené podľa vírniku Trendak Taurus [24] nakoľko sa jedná o profesionálny výrnik s dostatočnou proporciou pre uloženie batožinového priestoru.



Obr. 5-1 Predbežný návrh

Rozmery:

- Šírka: 2148 mm
- Priemer rotoru: $\varnothing 8800$ mm
- Dĺžka: 4319 mm
- Priemer vrtule: $\varnothing 1700$ mm
- Výška 2691 mm
- Priemer kolies: $\varnothing 350$ mm
- Rozvor: 1742 mm
- Rozchod: 1873 mm

Materiály:

- Kokpit, stabilizátory, chvostový nosník, kryt sťažňa: karbon
- Rotorová hlava, nosník sťažňa: letecký hliník 7075
- Presklenie kokpitu: Organické sklo

5.2 Odhad výrobných nákladů

Vzhľadom na použitie monokokovej karbonovej konštrukcie a ďalších karbonových dielov sa predpokladá vyššia cena, pohybujúca sa okolo 150 000 €, cena je ale stále výrazne nižšia oproti vrtulníku.

Predpokladá sa malosériová výroba.

6 DETAILNÝ NÁVRH

6.1 Tvarové riešenie

6.1.1 Proporcie a kompozícia

Základné proporcie boli vymedzené potrebným priestorom pre posádku, priestorom pre uloženie motora, palivovej nádrže a úložného priestoru. Ako referencia pre ostatné prvky bol použitý vírnik Trendak Taurus .



Obr. 6-1 Celková kompozícia

Pre dosiahnutie ucelene pôsobiacej kompozície bolo zvolené tvarovanie, ktoré síce rešpektuje samostatnosť jej prvkov, ale konzistentná štylizácia ich prepája. Napomáha aj smerovosť daná vodiacimi líniami. Od nosu kokpitu smeruje linka šikmo dozadu, kde sa v oblasti motoru zalamuje, najskôr nahor, následne naspäť do prednej časti kde sa na rozhraní s presklením stráca. Hmota trupu je tak rozdelená na spodnú a vrchnú časť. Vzadu, kde sa obe plochy zužujú v smere k tlačnej vrtuli, vzniklo ich rozhranie. To tvorí zlom, tvrdý prechod tieňov dodáva smerovosť, línia ide v rovnakom smere ako prúd vzduchu hnaný tlačnou vrtulou, zároveň smeruje na horizontálny stabilizátor. Samotný stabilizátor reflektuje smerovosť zadnej časti kokpitu.

Farebné členenie bolo použité k vizuálnemu spojeniu určitých častí. Spodná časť trupu, krídlivé plochy, nosník, stožiar a rotor majú jednotnú farbu. Jedná sa o nosné a prepájajúce prvky, ich tvarovanie je jednoduché. Trup, okrem členenia líniou, je delený aj farebne. Vzikla tak zóna človeka a zóna technického zázemia. Vďaka tomu sa zadná časť trupu vizuálne prepája s chvostovými stabilizátormi. Strecha a kryt vrtule tvoria jednu farebnú skupinu. Postupné rozširovanie sa strechy v bočnom pohľade v smere dozadu, na kryt vrtule nadväzuje tiež tvarovo. Prepojenie jednotlivých častí je zvýraznené akcenčnými prvkami, čo jednak zdôrazňuje ich samostatnosť, ale keďže sa tento prvok opakuje, pôsobí aj zjednocujúco.

6.1.2 Trup

Trup vychádza z klinovitého tvaru. Horizontálne ho na dva celky delí línia. Tá je v čelnom pohľade horizontálna, na bočných plochách ide šikmo v smere dozadu. V časti technického zázemia sa stáča, zalamuje a vracia naspäť. Tu sa napája na zlom ohraničenia presklenia.



Obr. 6-2 Tvarovanie trupu, predná časť

Vo vzniknutej slučke v zóne technického zázemia je zapustený otvor sania vzduchu, vnútorná plocha tejto slučky je zapustená, zvažuje sa smerom k tomuto otvoru. Plochy na vonkajšej strane sa okolo nej obtáčajú, zužujú sa v smere k tlačnej vrtuli, napomáhajú k nej priviesť vzdušný prúd. V spodnej ploche je umiestnený otvor batožinového priestoru.

Na spodnú, farebne odlišenú časť trupu sa napájajú krídlivé plochy, tvoria spolu jeden celok. spodná plocha sa v zadnej časti stáča postupne nahor, prechádza do zadnej plochy. Tá je rovinná, z bočného pohľadu úplne skrytá. Je na nej umiestnená vetracia mriežka, pod ňou výfuk.

Strecha kopíruje siluetu danú špárov, v zadnej časti sa pomocou oblo napojenej válcovej plochy spája so zadnou plochou, kde tvoria oblasť napojenia tlačnej vrtule.



Obr. 6-3 Tvarovanie trupu, zadná časť

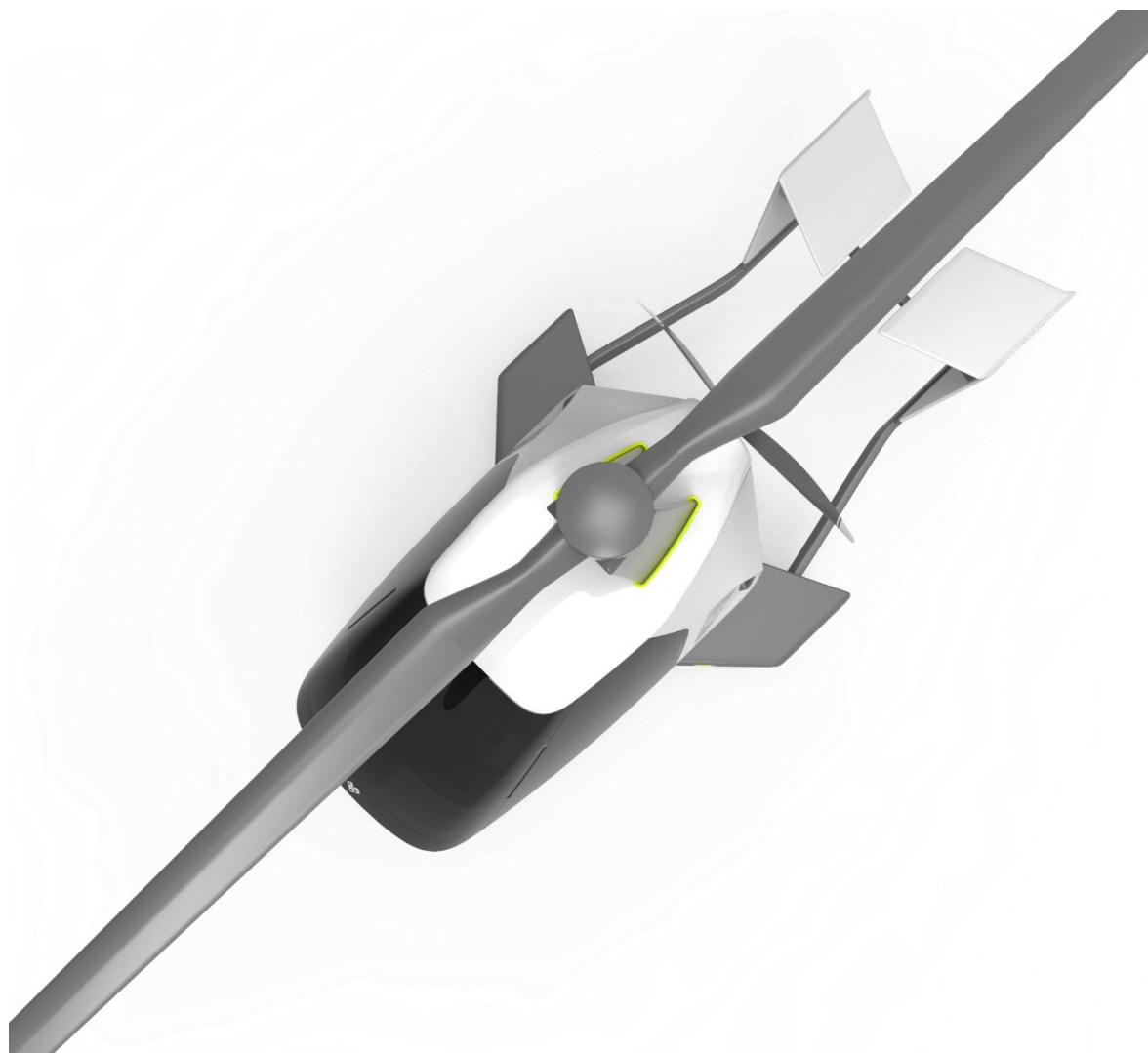
6.1.3 Krídlové plochy

Krídlové plochy, vyzhádzajúce zo spodnej časti trupu spolu s ňou tvoria jeden celok. V smere dozadu sú výrazne skosené, v smere nadol idú jemne pod úhлом. Nejedná sa o jeden plný profil ale dva tenšie profily, tie sú vzájomne prepojené približne v strede krídla a na jeho kraji. Čelnou plochou krídla teda môže prádiť vzduch, výhodné je to ale aj pre napojenie trámu chvostovej časti, ktorý je upevnený v stredovej, zosilnenej časti zozadu, v jej prednej časti je umiestnený reflektor pristávacieho svetla. Spoj nosníku a reflektor majú akcenčné farby. Zadná hrana krídla je zkosená, teda pri pohľade zhora je napojenie nosníku skryté. V spodnej časti krídla sa napája zadná stavba podvozku.



Obr. 6-4 Krídlové plochy, bočný pohľad

6.1.4 Prepojenie chvostovej časti



Obr. 6-5 Pohľad zhora

Chvostovú časť a trup prepája dvojica trémov obdĺžnikového prierezu, v pohľade zhora sa trémami v smere k chvostu zbiehajú, tesne pred napojením stabilizátorov sa ich smer vyrovnáva. Sklon tohto zbiehania reflektuje zužujúcu sa líniu strechy v smere dozadu.

6.1.5 Stabilizátory



Obr. 6-6 Stabilizačné plochy

Bočná stena stabilizátorov, v ktorej sú umiestnené smerové krídelká, je mierne naklonená. Vo vrchnej časti je plocha dva krát zalomená, najskôr v úrovni zlomu zadnej plochy trupu, následne v úrovni vrtule, kde tvorí horizontálny stabilizátor. Ten v pohľade zvrchu smeruje dopredu, kopíruje zadnú líniu krídel. Ľavý a pravý horizontálny stabilizátor nie je priamo prepojený, je medzi nimi odskok približne na šírku rotorovej čepele. Tuhosť zadnej stavby zabezpečuje traverza spájajúca chvostové nosníky. V ich ukončení je umiestnené pozičné osvetlenie, to lemuje kontrastný prvok.

6.1.6 Napojenie rotora



Obr. 6-7 Napojenie rotora

Rotor s trupom spája konštrukcia v čelnom pohľade tvoriaca tvar písmena A. Hliníkový rám je zakrytovaný, v bočnom pohľade sa stožiar nakláňa dopredu. Zakrytovaná je aj rotorová hlava. Napojenie na strechu je zvýraznené akcenčným prvkom.

6.1.7 Otváranie dverí



Obr. 6-8 Otváranie dverí

Dvere kokpitu sa vyklápajú šikmo dopredu. Ich pánty sú umietnené z vonkajšej strany, v presklení je vybratie do ktorého sú zapustené, podkladová farba rámu kokpitu je tu priznaná.

6.1.8 Napojenie Kameratej techniky



Obr. 6-9 Detail na kameru a špáru dverí

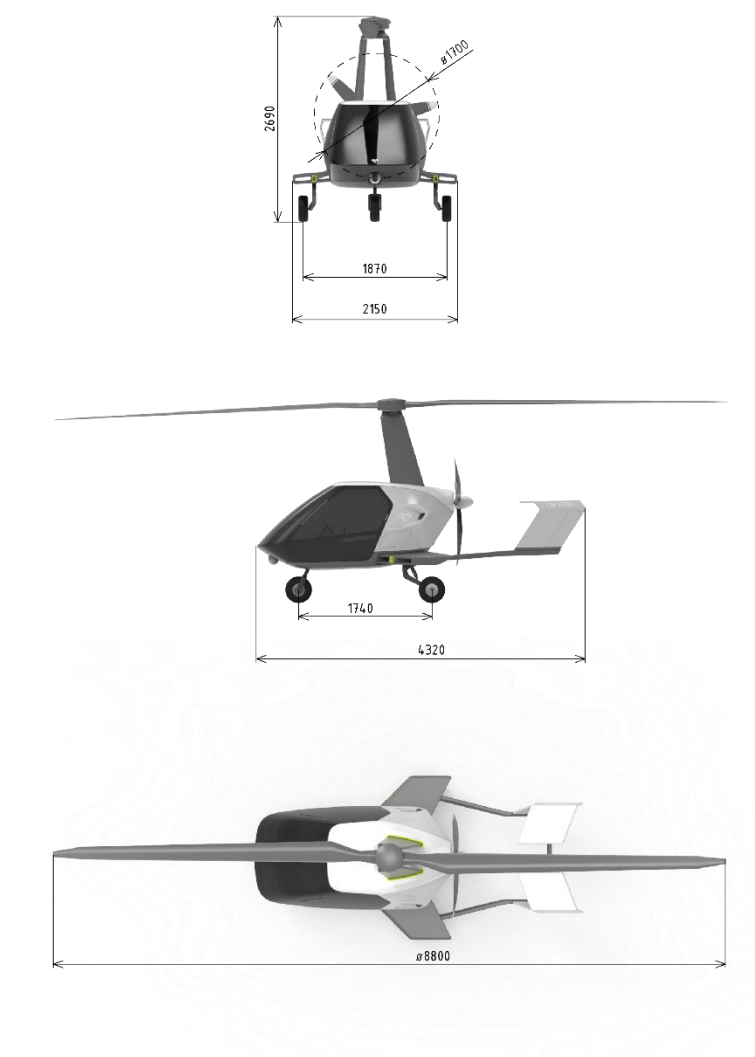
FLIR kamera je umiestnená v spodnej čelnej ploche. Napojená je na stredový tunel interiéru, čo je nosný prvok, je teda možné napojenie aj ťažších aparátov.

6.2 Konštrukčné, ergonomické riešenie a bezpečnosť

V tejto kapitole je detailnejšie popísané konštrukčné riešenie vlníku a jeho ergonomie

6.2.1 Základné rozmery

Celková dĺžka vlníku je 4320mm, šírka 2150mm a výška 2690mm

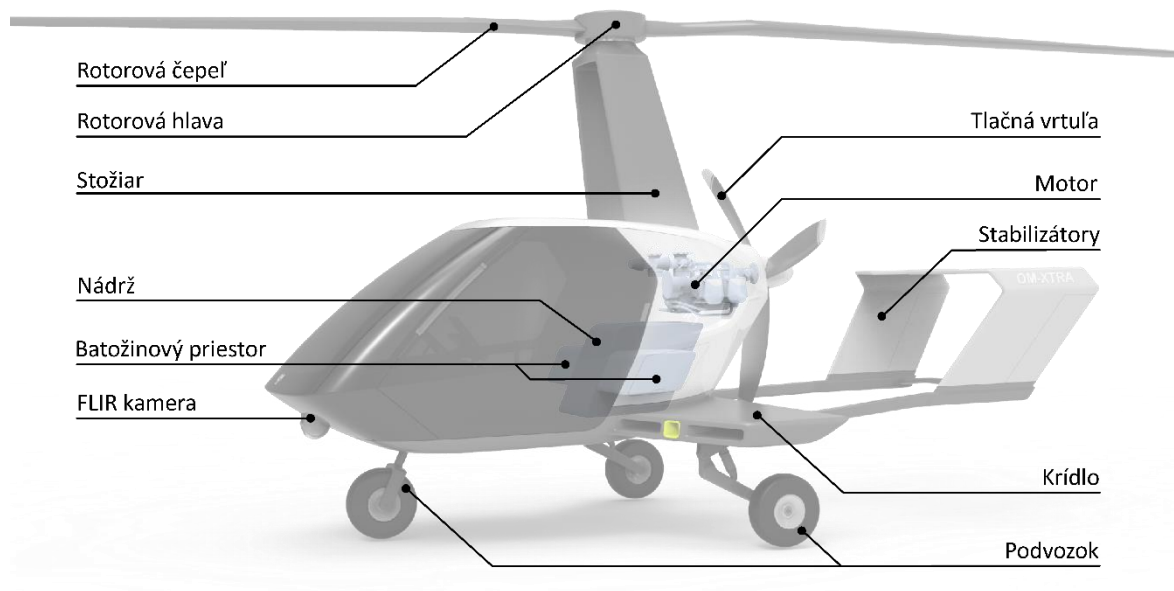


Obr. 6-10 Rozmery vlníka

6.2.2 Konštrukcia

Komponenty

Nasledujúca schéma popisuje komponenty vŕníka.



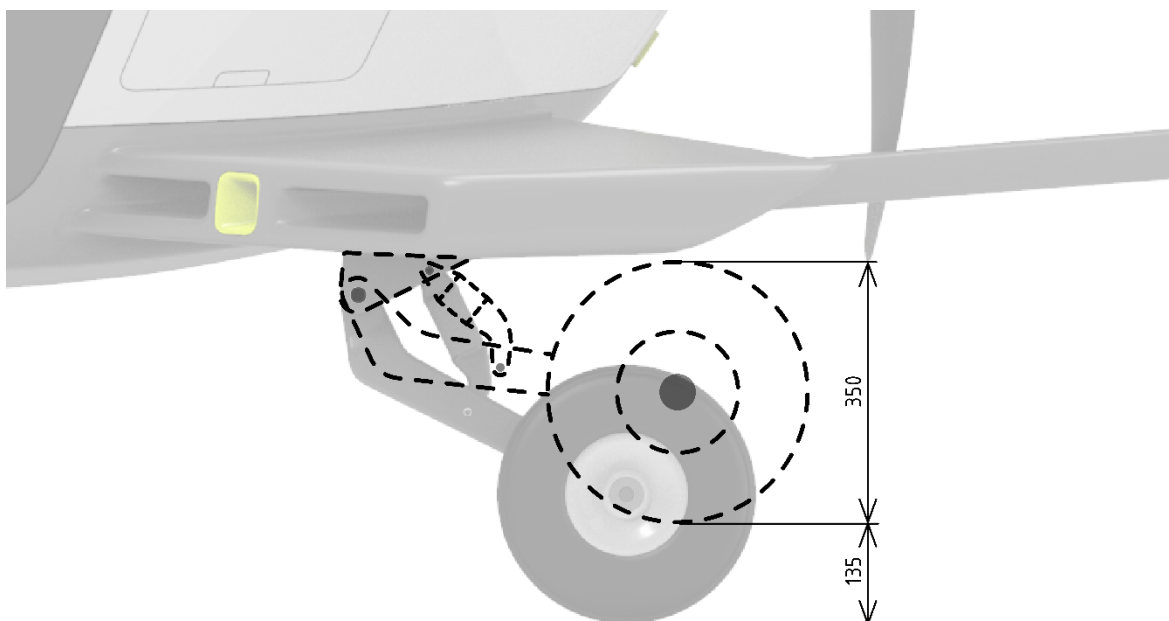
Obr. 6-11 Schéma komponentov

Použitý je motor Rotax 915 iS, nádrž má kapacitu 85l, batožinový priestor 2 x 21 litrov.

Materiály

Trup vŕníka spolu s krídlami, je tvorený karbonovým monokokom. Na nosný rám kokpitu je pripevnené plexisklo. V zadnej časti je napojené bočné krytovanie technického zázemia, z vrchnej časti panel strechy, oba z kompozitných materiálov. Tie sú použité aj pre ostatné prvky vŕníka s výnimkou nosného rámu stožiara rotora. Ten tvoria hliníkové profily z leteckého hliníka 7075, jeho krytovanie je však kompozitné.

Podvozok



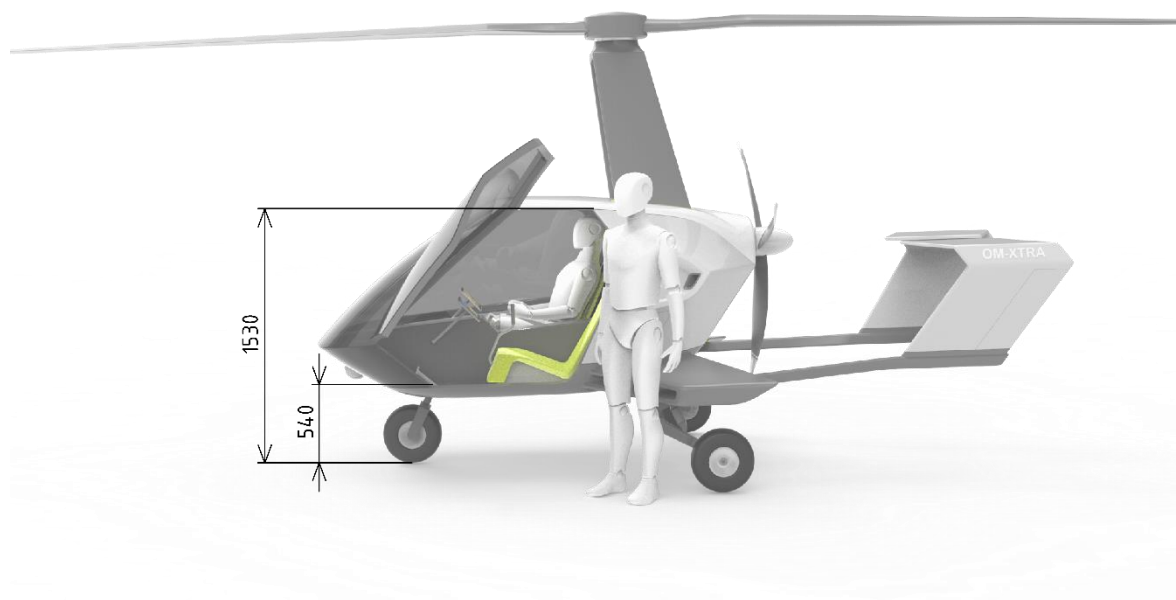
Obr. 6-12 Tlmenie podvozku

Podvozok tvorí jedno koleso vpredu, to zabezpečuje otáčanie, a dve kolesá vzadu, tie zabezpečujú tlmenie, keďže pri pristávaní sú prvé v kontakte s povrchom. Vďaka napojeniu zavesenia zadnej stavby podvozku na krídlkové plochy bolo možné dosiahnuť široký rozchod kolies, 1870 mm. Rozvor kolies je 1740 mm. Samotné koleso má priemer 350mm a použité elastomérové tlmenia umožňuje. Schéma vyššie znázorňuje maximálny vertikálny posun, ten je 135mm,

6.2.3 Ergonomické riešenie

Pri návrhu hraľa ergonómia dôležitú úlohu, dôraz bol kladený na maximalizáciu zorného uhlu z kokpitu.

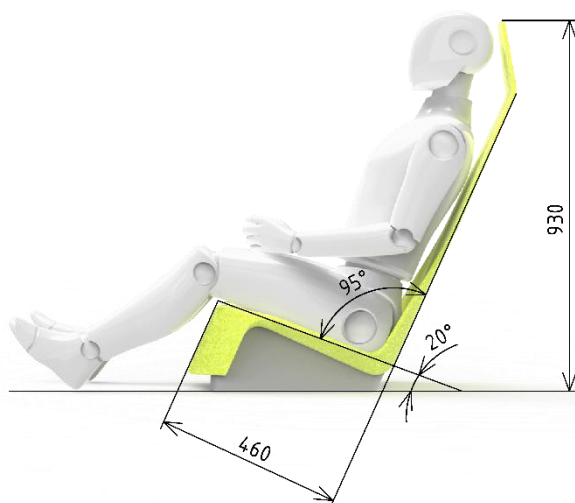
Nástup do kokpitu



Obr. 6-13 Ergonomická schéma dverí

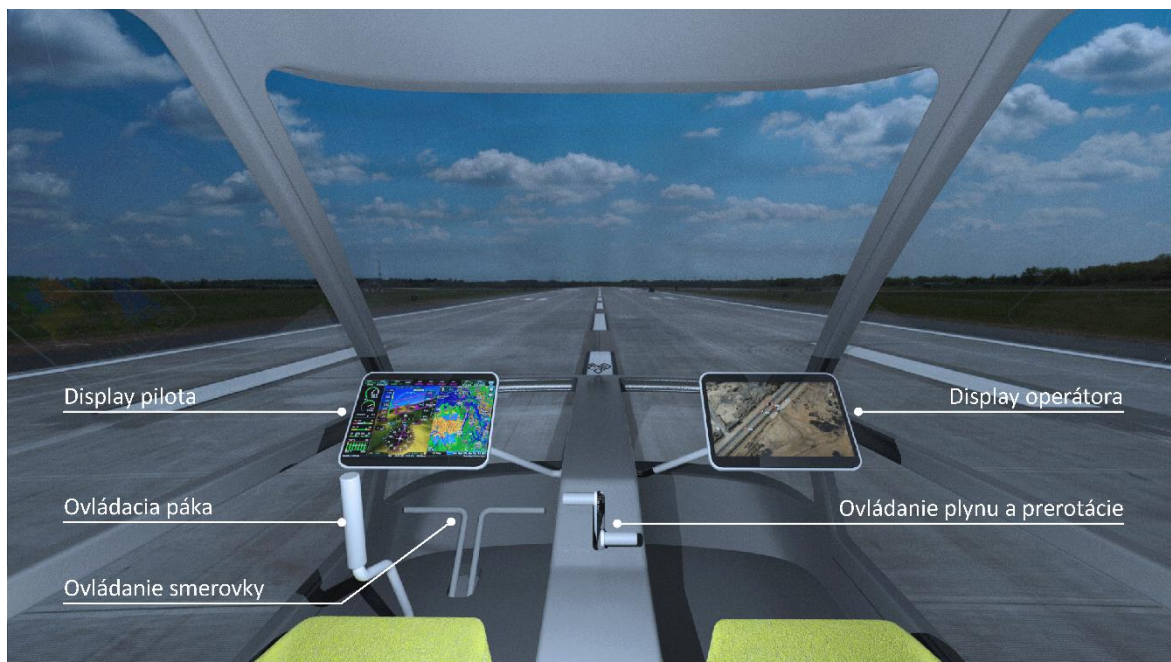
Dvere sa vyklápajú šikmo nahor, je vytvorený dostatočný priestor pre nástup. Spodná hrana je vo výške 540mm nad povrchom, vrchná 1530mm.

Interiér kokpitu



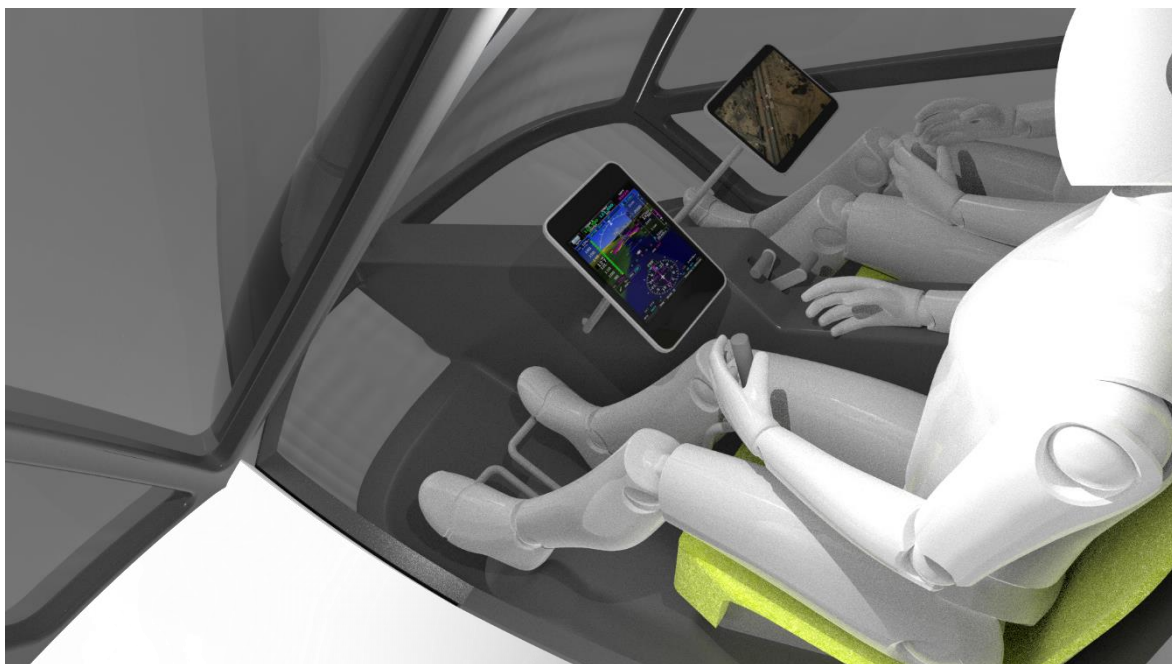
Obr. 6-14 Sedadlo

Bol zvolený vzpriamenejší posed. Sedadlo má v spodnej časti šikmé bočnice ktoré pokračujú až do bedrovej oblasti, to v spojení s 20° uhlom sedáčka zabraňuje doprednému posúvaniu.



Obr. 6-15 Pohľad zvnútra

Schéma znázorňuje pohľad zvnútra a jednotlivé ovládacie prvky. Posunutím nosných stĺpikov do bočných plôch sa zlepšila viditeľnosť cez čelné sklo.



Obr. 6-16 Detail na displej

Poloha displeju je nastaviteľná, taktiež jeho orientácia je nastaviteľná.

6.3 Farebné a grafické riešenie

6.3.1 Varianta I, neutrálna



Obr. 6-17 Farebná varianta č.1

6.3.2 Varianta II, záchrannárska



Obr. 6-18 Farebná varianta č.2

6.3.3 Varianta III, policajná



Obr. 6-19 Varianta č.3

Grafické riešenie

Vírník bol nazvaný gyrocop, logo je tvorené zo znakov bezpatkového geometrického písma, na štvorcovom rastru otočenom o 45°



Obr. 6-20 logo, čelná plocha

Okrem čelnej plochy je umiestnené aj na bočnej ploche vedúcej do sania.



Obr. 6-21 Logo, bok

Záchranársky a policajný variant je ďalej označený názvom služby, tiesňovým číslom a výstražným rastrom. Text je umiestnený na šikmých plochách, čo je výhodné lebo je viditeľný aj zospodu.



Obr. 6-22 detail grafiky, záchranársky



Obr. 6-23 Detail grafiky, policajný

6.4 Bezpečnosť

Vírník je počas letu neustále v autorotácii, a teda aj pri výpadku motoru je schopný kontrolovaného pristátia. Gyroskopický efekt rotoru má ďalej stabilizačný účinok na let. Možnosť havárie však nikdy nemožno vylúčiť. V takom prípade je výhodné že po dopade vírník takmer okamžite stráca doprednú rýchlosť.

Použitie monokokovej konštrukcie kokpitu navyše tvorí ochrannú kľetku pasažierov.

6.5 Udržateľnosť produktu

Vírník má výrazne nižšiu spotrebu pohonných hmôt ako vrtulník, produkuje teda menej emisií. Nahradenie vrtulníkov vírníkmi tam kde to je možné by tak mohlo emisie ovplyvniť na makroskopickej úrovni.

6.6 Hodnotenie kľúčových parametrov

Podarilo sa navrhnuť vírnik tak, že sa vymedzil voči vrtulníku aj voči ostatným vírnikom. Kompozícia je ucelená, má výrazný výraz ktorý vyzdvihuje princípy vírnikového letu a tak podporuje identitu produktu.

Boli použité krídlové plochy, úspešne integrované do kompozície ako funkčný prvok. Je na ne napojení tram stabilizátora v spodnej časti podvozok. Zadná stavba podvozku bola prepracovaná oproti súčasným vírnikom.

Vzniklo riešenie kokpitu, vrátane interiéru, ktoré bohatým presklením a vhodným umiestnením nosných stĺpikov konštrukcie bol maximalizovaný výhľad.

Kamera a úložný priestor boli oboje zakomponované do hmoty vírnika.

7 ZÁVER

Je nevyhnutné zhodnotiť, či finálny design splňuje ciele vytýčené v rámci práce. Tvarovanie navrhnutého konceptu tvorí ucelenú, progresívnu kompozíciu, ktorá sa vymedzuje voči vrtuľníku a konkurenčným produktom, je podporená identita produktu, ako samostatnej kategórie leteckých dopravných prostriedkov. Úložný priestor a snímacia technológia je uložená s ohľadom na funkčné požiadavky a maximalizáciu výhľadu z kokpitu. Vytvorený produkt je profesionálnym nástrojom vzdušného pozorovania.

Základ tvarovej koncepcie, kokpit, vychádza z klinovitého tvaru, prechádza ním výrazná vodiaca línia, ktorá sa v jeho zadnej časti stáča. Tá napomáha k jasnému definovaniu a dynamizácii tvarov. Chvostová časť, tvorená stabilizačnými plochami, je tvarovaná v súlade s kokpitom. Jej napojenie zabezpečujú dva nosníky vychádzajúce z krídlových plôch, použitý je akcenčný prvok, ktorý sa opakuje aj pri spojení sťažňa rotoru a kokpitu.

Maximálny výhľad z kokpitu je významné ergonomické hľadisko návrhu. Je daný samotným tvarovaním kokpitu, bohatým presklením a vhodným umiestnením podporných trávov. Uloženie snímacej techniky, ktorá vychádza zo stredového tunelu interiéru, výhľad nenarušuje.

Zväčšenie rozchodu a rozvoru pristávacieho podvozku napomáha k zvýšenej stabilite. Jeho zadná časť používa elastomérové tlmenie, napája sa na krídlové plochy v úrovni nosníkov chvostovej časti. Z prednej strany krídlových plôch sú na tomto mieste umiestnené aj reflektory pristávacieho osvetlenia. Úložný priestor tvoria dve samostatné priehradky, umiestnené v zadnej časti kokpitu nad krídlovými plochami.

Z vyššie uvedených aspektov návrhu vyplýva, že ciele vytýčené v rámci práce boli naplnené. Vzniknutý produkt je funkčný a zohľadňuje špecifické požiadavky pre profesionálnu aplikáciu.

Zostáva otvorená možnosť pre ďalšiu evolúciu produktu. Tvarovanie krídlových plôch umožňuje uchytanie rôznych iných nastavení. Umiestnenie pohonnej jednotky v zadnej časti kokpitu, v ose tlačnej vrtule, umožňuje použitie alternatívnych pohonov. Za predpokladu technologického pokroku by tak mohol byť použitý elektrický alebo vodíkový pohon. V súlade so súčasnými tendenciami, možno ďalej predpokladať verziu s autonómnou prevádzkou, neprítomnosť posádky by tak zvýšila objem prevážaného nákladu.

8 VÝSLEDEK VÝZKUMU PODLE RIV

Druh výsledku	Funkčný vzorek
Názov výsledku	Profesionálny vírnik
Autori	Juraj Klas
Pôvodci	-
Miesto uloženia výsledku	VUT Brno

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Great Big Gyroplane Grins — The Modern Resurgence of a Misunderstood Machine – Hangar Flying. In: [cit. 05.05.2021]. Dostupné z: <https://inspire.eaa.org/2019/04/25/great-big-gyroplane-grins-the-modern-resurgence-of-a-misunderstood-machine/>
- [2] Derby Day Traffic Control. In: Epsom & Ewell History Explorer – The history and people of Epsom & Ewell [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://eehe.org.uk/?p=24070>
- [3] Vírnik Cierva C.30A u firmy Baťa . In: Pilotinfo | Nezávislé a seriózní informace o českém letectví [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <http://www.pilotinfo.cz/z-historie/virnik-cierva-c-30a-u-firmy-bata>
- [4] LANGTON, Lynn a Bjs STATISTICIAN. Bureau of Justice Statistics Special Report Aviation Units in Large Law Enforcement Agencies, 2007. [online]. 2009, č. figure 1, s. 1–24. Dostupné z: <https://www.bjs.gov/content/pub/pdf/aullea07.pdf>
- [5] Modesto Police Look To Establish Air Support Unit With Pilot Program Using Gyroplane – CBS Sacramento. In: *Sacramento, Stockton, And Modesto News And Weather From CBS 13 – News, Sports, Weather, Traffic and the Best of Sacramento* [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://sacramento.cbslocal.com/2021/04/08/modesto-police-look-to-establish-air-support-unit-with-pilot-program-using-gyroplane/>
- [6] Tomball Police to again have eyes in the sky. In: Chron: Houston News, Sports, Entertainment, Food and Drink - Chron [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.chron.com/neighborhood/spring/news/article/Tomball-Police-to-again-have-eyes-in-the-sky-5481318.php>
- [7] LEGERSKI, Mike. The Bill Blackwood Law Enforcement Management Institute of Texas Pursuit Intervention Technique A Leadership White Paper Submitted in Partial Fulfillment Required for Graduation from the Leadership Command College By. . 2010, č. September
- [8] BANNEHR, Lutz et al. Possible Applications of a Gyrocopter in the Field of Environmental Research Gyrocopter Cavalon D-MHSA from the Anhalt University of. , s. 1–8.
- [9] MOORMAN, Robert W. Gyroplanes: From novelty to mainstream? *Vertiflite*. 2019, roč. 65, č. 2, s. 22–28. ISSN 21669333.
- [10] Cavalon celebrates its production anniversary: 10 years 500 Cavalon - A new milestone of AutoGyro. In: AutoGyro [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.auto-gyro.com/en/news/Cavalon-celebrates-its-production-anniversary-10-years-500-Cavalon-A-new-milestone-of-AutoGyro_589.html

- [11] » Cavalon Pro becomes the first certified gyroplane. In: Flying in Ireland [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://flyinginireland.com/2015/04/cavalon-pro-becomes-the-first-certified-gyroplane/>
- [12] AutoGyro - Gyroplane - AutoGyro Models - Cavalon. In: [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <https://www.auto-gyro.com/en/Gyroplane/AutoGyro-Models/Cavalon/>
- [13] AutoGyro_6Seiter_CAVPRO-DP_Ansicht.pdf. In: AutoGyro [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.auto-gyro.com/chameleon/public/34972763-7de7-fda0-6314-4e81adb225da/AutoGyro_6Seiter_CAVPRO-DP_Ansicht.pdf
- [14] Two-seater gyroplane - CavalonPRO - AutoGyro GmbH - 4-stroke engine / closed canopy / side-by-side. In: AeroExpo - The B2B marketplace for aeronautical material and products: aircraft, ground support, airport terminal equipment, etc. [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.aeroexpo.online/prod/autogyro-gmbh/product-171206-1770.html>
- [15] Magni Gyro | production gyroplanes for work and leisure. In: [cit. 16.05.2021]. Dostupné z: <http://www.magnigyro.it/en/products/m24-orion/>
- [16] Two-seater gyrocopter - M24 Orion - MAGNI GYRO SRL - 4-stroke engine / closed canopy. In: AeroExpo - The B2B marketplace for aeronautical material and products: aircraft, ground support, airport terminal equipment, etc. [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.aeroexpo.online/prod/magni-gyro-srl/product-176057-15835.html>
- [17] ELA Eclipse - ELA Aviación. In: ELA Aviación [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://elaaviacion.com/eclipse/>
- [18] ElaAviacion-Argentina [online]. In: . [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <http://www.elaaviacion-argentina.com/>
- [19] Trixy Eye – Trixy Aviation. In: Trixy Aviation – The Innovation in Aircraft Design [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://trixyaviation.com/trixy-eye.html>
- [20] UL-Pilot-Report: ArrowCopter AC20 - fliegermagazin. In: [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <https://www.fliegermagazin.de/flugzeuge/ul-pilot-report-arrowcopter-ac20/>
- [21] WDeXo - Waidhofer DiNelly eXoCompany [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://wdexo.com/>

- [22] XympoDinely_ExoGyro_pm&e_Inc_(24)_copie.jpg (1350×900). In: InvestorsHub - NYSE, NASDAQ, AMEX, OTCBB, Pink Sheet Stock Message Boards, Stock Charts, Stock Quotes, Level II and Market News [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: [https://investorshub.advfn.com/uimage/uploads/2017/1/2/xympoDinely_ExoGyro_pm&e_Inc_\(24\)_copie.jpg](https://investorshub.advfn.com/uimage/uploads/2017/1/2/xympoDinely_ExoGyro_pm&e_Inc_(24)_copie.jpg)
- [23] Record number of Aviation Artur Trendak gyroplanes. In: Gyroplanes manufacturer best world gyrocopters producent wiatrakowców [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://trendak.eu/en/record-number-of-aviation-artur-trendak-gyroplanes/>
- [24] Taurus - Trendak Aviation. In: Gyroplanes manufacturer best world gyrocopters producent wiatrakowców [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://trendak.eu/en/modele/taurus-2/>
- [25] TaiFun - Icon of prestige. In: Gyroplanes manufacturer best world gyrocopters producent wiatrakowców [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://trendak.eu/en/modele/taifun-2/>
- [26] TEST FLIGHTS TAIFUN - Poland - Aviation Artur Trendak. In: AeroExpo - The B2B marketplace for aeronautical material and products: aircraft, ground support, airport terminal equipment, etc. [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://trends.aeroexpo.online/aviation-artur-trendak/project-171502-71416.html>
- [27] Rotorvox C2A Gyroplane Lands in USA; Will Debut at Sun 'n Fun 2018 - ByDanJohnson.com. In: ByDanJohnson.com - News & Video on Light-Sport Aircraft, Sport Pilot Kits, and Ultralight Aircraft [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://bydanjohnson.com/rotorvox-c2a-gyroplane-lands-in-usa-will-debut-at-sun-n-fun-2018/>
- [28] Joker trike - výroba - motorové rogalá, vírniky a gyrocopter - Napísali o nás - Kubistický sokolík z Topoľčian. In: [cit. 16.05.2021]. Dostupné z: https://www.jokertrike.sk/napisali-o-nas/news_kubisticky-sokolik-z-topolcian/
- [29] Gonzo - Vírniky. In: Gonzo [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.gonzoaviation.com/clanok/jokertrike-gyro-s-kabinou-ako-vyklad>
- [30] POHL, Ralf a Mirko GABSCHUSS. Aerobike [online]. Dresden, 2009 [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: http://manosparnai.lt/e107_files/public/1306253552_9_FT0_aerobike_ger.pdf. Diplomentwurf. HTW-Dresden.
- [31] Aerobike Gyrocopter BY Ralf Pohl. In: Pinterest [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://sk.pinterest.com/pin/692147036460464549/>
- [32] Lightning - Niki Rotor Aviation. In: [cit. 17.05.2021]. Dostupné z: <https://nikiaviation.com/gyrocopters/lightning/>

- [33] Two-seater gyrocopter - LIGHTNING - NIKI ROTOR AVIATION - 4-stroke engine / tandem / closed canopy. In: AeroExpo - The B2B marketplace for aeronautical material and products: aircraft, ground support, airport terminal equipment, etc. [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.aeroexpo.online/prod/niki-rotor-aviation/product-175940-15829.html>
- [34] AVIATION, Business. Gulfstream fulfils promise on G600 service entry Fraundorfer prepares Tensor for flight. . 2019, č. September
- [35] Tensor-600X-1.jpg (2500×1408). In: FLYER [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://flyer.co.uk/wp-content/uploads/2021/11/Tensor-600X-1.jpg>
- [36] MANEL, Caballeria. Proceedings of the 2nd TMAL02 Expert Conference [online]. Linköping, Sweden [cit. 2022-04-20]. ISBN 978-91-7929-766-4. ISSN TMAL02 Expert Conference. Dostupné z: <https://conference.ep.liu.se/index.php/TMAL02/issue/view/26/18>
- [37] Is there any regulation for gyroplanes / gyrocopters? | EASA. In: EASA | European Union Aviation Safety Agency [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.easa.europa.eu/faq/46187>
- [38] CAP 643: BCAR Section T. In: Civil Aviation Authority | Civil Aviation Authority [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://publicapps.caa.co.uk/modalapplication.aspx?appid=11&mode=detail&id=169>
- [39] Magni Gyro | production gyroplanes for work and leisure [online]. In: . [cit. 2022-05-19]. Dostupné z: <http://www.magnigyro.it/en/gyroplane>
- [40] DLR - Institute of Flight Systems - Autogyro / Gyrocopter. In: Startseite - DLR Portal [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://www.dlr.de/ft/en/desktopdefault.aspx/tabid-1396/1935_read-40093/
- [41] PETRITOLI, Enrico a Fabio LECCESE. Unmanned autogyro for advanced SAR tasks: A preliminary assessment. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. ISBN 9781728166360. DOI: 10.1109/MetroAeroSpace48742.2020.9160111
- [42] Gyroplanes, the “New Generation”. In: Magni USA [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://magniusa.com/assets/New_Generation.pdf
- [43] THOMSON, Douglas a Stewart HOUSTON. Advances in the understanding of autogyro flight dynamics. Annual Forum Proceedings - AHS International. 2008, roč. 3, č. April, s. 2005–2017. ISSN 15522938.
- [44] Safety. In: MANUFAKTURA Lotnicza [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <http://www.argo.aero/safety-en.html>

- [45] Maiden flight of Rotax 915 is engine. In: BRP-Rotax - We get your heart beating [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://www.rotax.com/es/novedades/actualidades/detalles/maiden-flight-of-rotax-915-is-engine.html>
- [46] Kaspar KA-2/3-LT | PhanTec – Aircraft Solutions. In: Aircraft Parts Europe and Aviation Spare Parts Supplier piper | Phantec [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <https://phantec.gr/product/kaspar-ka-2-3-lt/>
- [47] Prerotator. In: Gyroplane [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <http://www.gyroplanepassion.com/Prerotator.html>
- [48] Simulator Study on Gyrocopter Pilot Performance in Different Takeoff Procedure Scenarios. In: DLR Portal [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://elib.dlr.de/113981/1/DLRK-2017-Sachs_Prueter_Walter.pdf
- [49] NACA 8H12 ORIGINAL AIRFOIL BLADES - Gyro-Tech Composite blades and rotor heads. In: Gyro-Tech Composite blades and rotor heads [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: <http://gyrotech.eu/naca-8h12-original-airfoil-blades/>
- [50] EFFECTS OF ROTOR CONTAMINATION ON GYROPLANE FLIGHT PERFORMANCE. In: DLR Portal [online]. [cit. 2022-04-20]. Dostupné z: https://elib.dlr.de/98019/1/ERF_2015_Duda_final.pdf

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

FLIR	forwar looking infrared camera
MTOW	maximum take-off weight
STOL	short take off and landing

11 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 2-1 Ukážka rešeršnej stratégie	16
Obr. 2-2 Graf obdobia vzniku zdrojov	17
Obr. 2-3 Autogyro Cavalon [11]	19
Obr. 2-4 Autogyro CavalonPro [14]	20
Obr. 2-5 Magni Gyro M24 Orion [16]	21
Obr. 2-6 ELA Aviation, 10-Eclipse [18]	22
Obr. 2-7 Trixy Aviation Trixy Eye [19]	23
Obr. 2-8 ArrowCopter AC20 [20]	24
Obr. 2-9 DiNelly eXoGyro [22]	25
Obr. 2-10 Aviation Artur Trendak, Taurus [24]	26
Obr. 2-11 Aviation Artur Trendak, Taifun [26]	27
Obr. 2-12 Rotorvox C2A [27]	28
Obr. 2-13 Jokertrike gyrocopter [29]	29
Obr. 2-14 Aerobike, Ralf Pohl [31]	30
Obr. 2-15 NIKI Rotor Aviation, Lightning [33]	31
Obr. 2-16 Fraundorfer Aeronautics, Tensor 600X [35]	32
Obr. 2-17 Komponenty vírniku [39]	33
Obr. 2-18 Porovnanie horizontálneho letu vírnika a vrtulníka [40]	34
Obr. 2-19 Monokok trupu vírniku Argon [44]	35
Obr. 2-20 Motor Rotax 915 iS [45]	36
Obr. 2-21 Vrtuľa Kaspar KA-2/3-LT [46]	37
Obr. 2-22 Schéma rotorovej hlavy [50]	38
Obr. 4-1 Schéma komponentov	45
Obr. 4-2 Variantný návrh č.1	47
Obr. 4-3 Variantný návrh č.2	48
Obr. 4-4 Variantný návrh č.3	49
Obr. 5-1 Predbežný návrh	52
Obr. 6-1 Celková kompozícia	54

Obr. 6-2 Tvarovanie trupu, predná časť	55
Obr. 6-3 Tvarovanie trupu, zadná časť	56
Obr. 6-4 Krídlové plochy, bočný pohľad.....	57
Obr. 6-5 Pohľad zhora	58
Obr. 6-6 Stabilizačné plochy	59
Obr. 6-7 Napojenie rotora	60
Obr. 6-8 Otváranie dverí	61
Obr. 6-9 Detail na kameru a špáru dverí	62
Obr. 6-10 Rozmery vírnik.....	63
Obr. 6-11 Schéma komponentov	64
Obr. 6-12 Tlmenie podvozku	65
Obr. 6-13 Ergonomická schéma dverí.....	66
Obr. 6-14 Sedadlo	67
Obr. 6-15 Pohľad zvnútra.....	67
Obr. 6-16 Detail na displej	68
Obr. 6-17 Farebná varianta č.1	69
Obr. 6-18 Farebná varianta č.2.....	69
Obr. 6-19 Varianta č.3	70
Obr. 6-20 logo, čelná plocha.....	70
Obr. 6-21 Logo, bok	71
Obr. 6-22 detail grafiky, záchranný	71
Obr. 6-23 Detail grafiky, policajný.....	72

12 SEZNAM TABULEK

Tab. 2-1 Porovnanie vlastností vrtuľníku, lietadla a vírniku [41].....	34
Tab. 3-1 Kategorizácia problémov.....	41
Tab. 4-1 Okruhy cieľov.....	43
Tab. 4-2 Zoznam obmedzení.....	44
Tab. 4-3 Rozšírenie o obmedzenia.....	44
Tab. 4-4 Technické a funkčné nároky.....	45
Tab. 4-5 Schéma pohonu.....	46
Tab. 4-6 Prvky morfolologickej tabulky.....	50
Tab. 4-7 Morfologická tabulka.....	50

13 SEZNAM PŘÍLOH

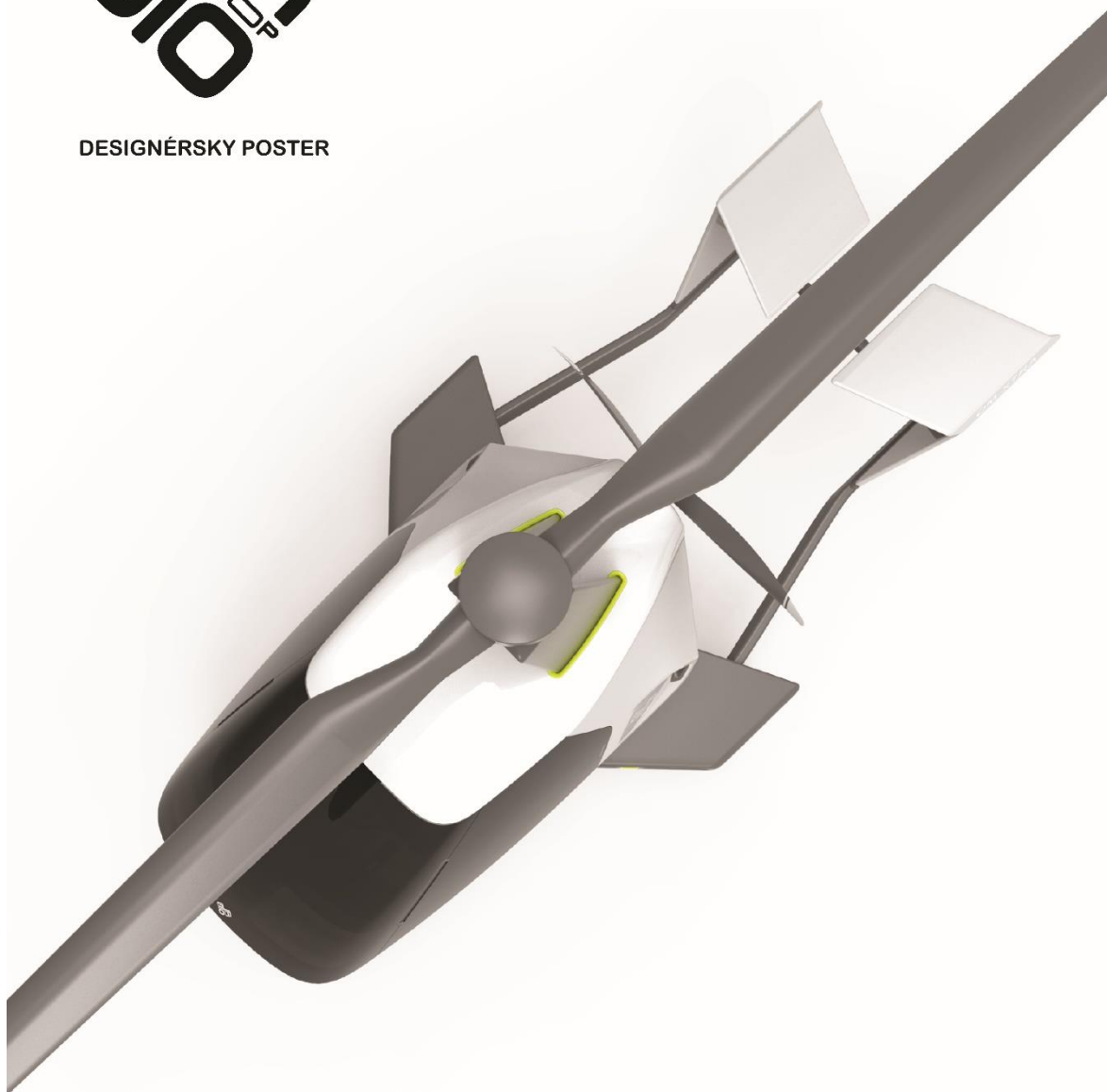
- zmenšený náhľadový designérsky poster
- zmenšený náhľadový technický poster
- zmenšený náhľadový ergonomický poster
- zmenšený náhľadový sumarizačný poster

Samostatné prílohy

- designérsky poster
 - technický poster
 - ergonomický poster
 - sumarizačný poster
-
- fyzický model



DESIGNÉRSKY POSTER



DESIGN VÍRNÍKU / Diplomová práce / Autor: Bc. Juraj Klas / Vedoucí práce: akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2021/22





TECHNICKÝ POSTER

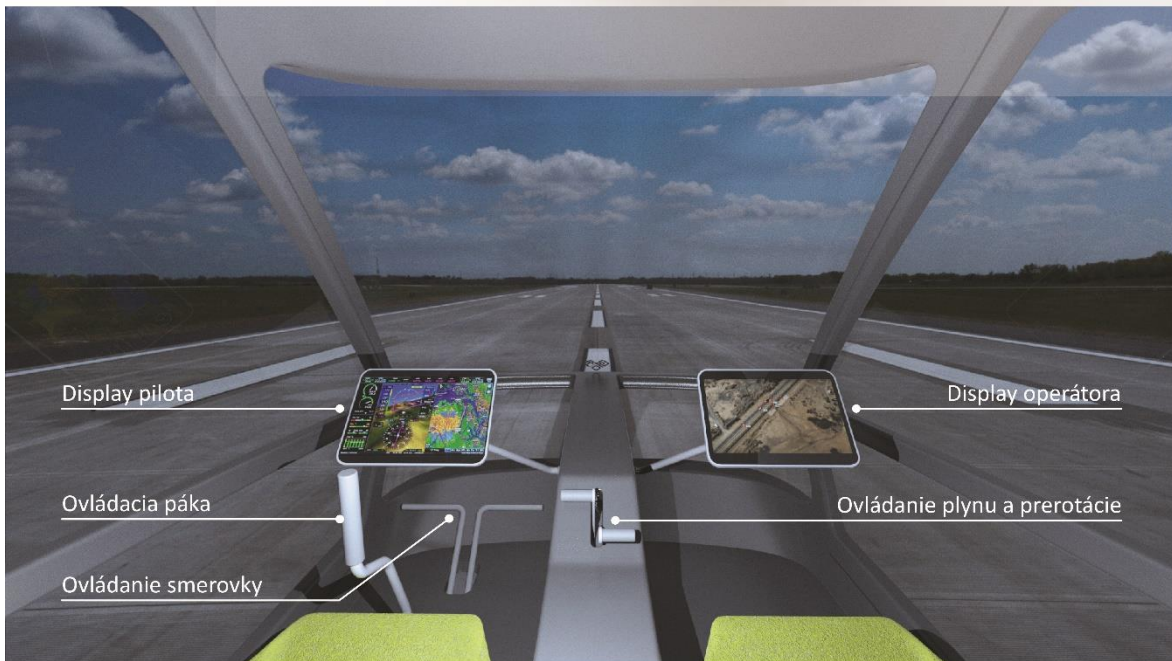
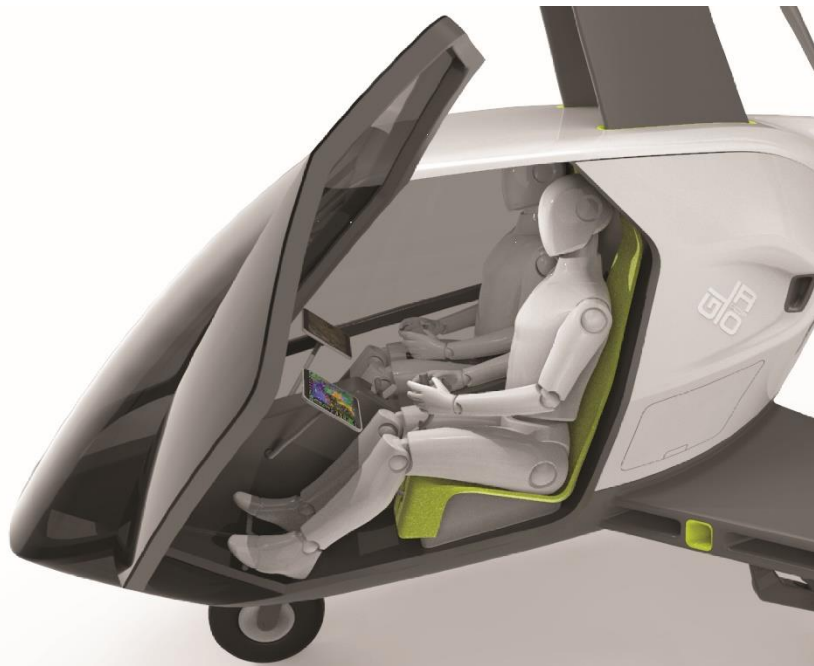


DESIGN VÍRNÍKU / Diplomová práce / Autor: Bc. Juraj Klas / Vedoucí práce: akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2021/22





ERGONOMICKÝ POSTER

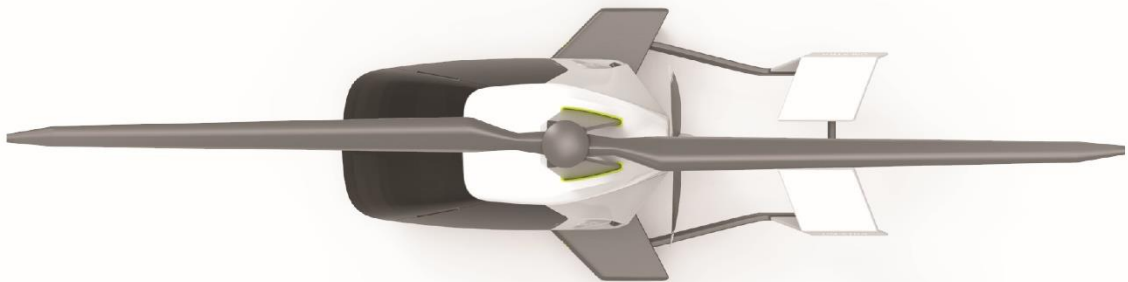


DESIGN VÍRNÍKU / Diplomová práce / Autor: Bc. Juraj Klas / Vedoucí práce: akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2021/22





SUMARIZAČNÝ POSTER



DESIGN VÍRNÍKU / Diplomová práce / Autor: Bc. Juraj Klas / Vedoucí práce: akad. soch. Josef Sládek, ArtD. / VUT v Brně / FSI / ÚK / OPD / 2021/22



