

Konceptualny projekt szybowca

Konceptualny projekt szybowca

Rafał Liszka

Numer albumu:
11588

Promotor:
dr hab. Marek Liskiewicz, prof ASP

Recenzent:
mgr Krzysztof Hamiga

Akademia Sztuk Pięknych im. Jana Matejki
Wydział Form Przemysłowych
Katedra Projektowania Produktu
Pracownia Rozwoju Nowego Produktu

Kraków
2025

Spis treści

1 Wstęp	
Szybownictwo, dziedzictwo przeszłości	
czy wyzwanie przyszłości?	9
2 Historia i wstępna analiza	
Początki szybownictwa	13
Rola szybownictwa w lotnictwie	
sportowym i badaniach aerodynamiki	13
Na jakiej zasadzie lata szybowiec?	14
Metody Startu Szybowca	15
Współpraca z SZD Allstar	16
Współczesne konstrukcje na przykładzie wybranych modeli	
szybowców SZD Allstar Glider	16
Inspirująca historia szybownictwa.	18
SZD-6x „Nietoperz” – Eksperymentalny krok	
w świat szybowców bezogonowych	19
SZD-20x „Wampir 2”	20
Problematyka	21
Rola szybownitwa w kulturze	22
3 Doświadczenia i analiza	
Wizyta w SZD Allstar	27
Rozmowy z szybownikami	29
Wystąpienia publiczne	31
Lot szybowcem	33
Odwiedzanie wystaw i muzeów	35
4 Rozwój Koncepcji	36
Pierwsza koncepcja	36
Analiza pozycji pilota	37
Szkice	39
Dron wynoszący	41
Zasada działania	42
Rozwój koncepcji	45
Druga koncepcja	46
Założenia projektowe	47
Inspiracja	49
Scenariusz użytkowy	51
Sylwetka	52
Nazwa	55
Trend posiadania	57
Transport	59
Hangarowanie	61
Bezpieczeństwo	63



Napęd podczas startu 65

Śmigło i silnik elektryczny 67

Wnętrze kabiny 69

Sterowanie 71

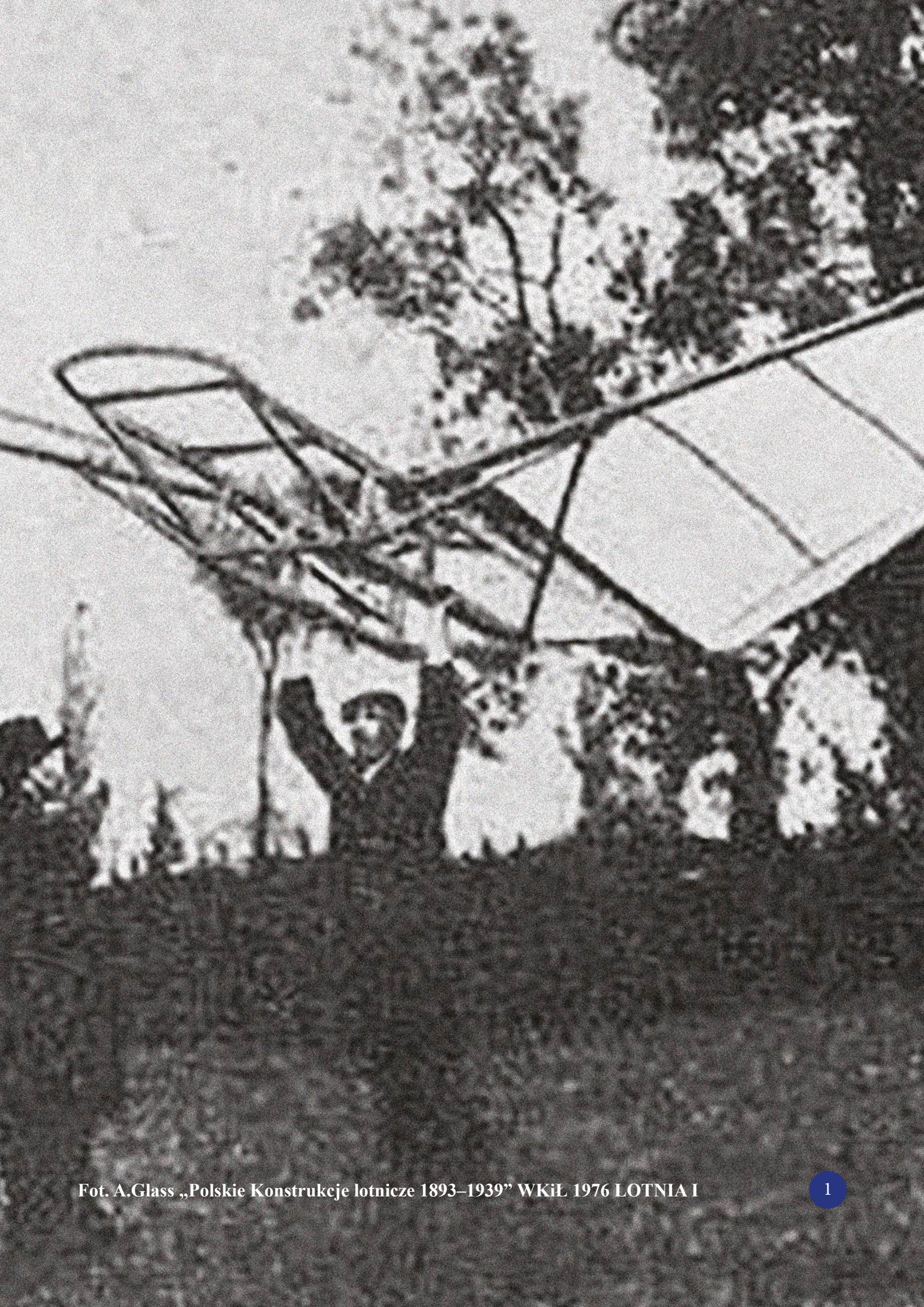
Ergonomia 74

Budowa modelu w skali. 80

Abstrakt 84

Podziękowania 86

Źródła. 88



1 Wstęp

Szybownictwo, dziedzictwo przeszłości czy wyzwanie przyszłości?

Szybownictwo, często określane mianem podniebnego żeglarstwa, od lat fascynuje miłośników wolności, bliskości z naturą oraz czystej formy lotu pozbawionej wsparcia silnika. To dziedzina o bogatej historii i głębokich tradycjach, która w Polsce ma szczególne znaczenie dzięki imponującym osiągnięciom konstruktorów i pilotów. Polska odegrała znaczącą rolę w rozwoju szybownictwa w XX wieku, dzięki wybitnym konstruktorom związanym z Szybowcowym Zakładem Doświadczalnym (SZD), takim jak Tadeusz Kostia czy Adam Zientek, którzy stworzyli legendarne konstrukcje, m.in. szybowce SZD-9 Bocian, SZD-30 Pirat czy SZD-59 Acro. Ważną rolę odegrały również ośrodki szkoleniowe, takie jak Bezmiechowa i Góra Żar, które stały się kolebką polskiego szybownictwa.

Współczesna sytuacja szybownictwa różni się od jego historycznego rozkwitu. Zmniejszone zainteresowanie tą dziedziną wynika z różnych czynników, takich jak wzrastające koszty utrzymania sprzętu, ograniczony dostęp do nowoczesnej infrastruktury lotniczej oraz rosnąca konkurencja ze strony innych form aktywności rekreacyjnej i sportów ekstremalnych. Dodatkowo, szybownictwo bywa trudne do przyswojenia dla młodych hobbystów, co wynika nie tyle ze skomplikowania technicznego, ile z braku nowoczesnych metod szkoleniowych oraz dominacji przestarzałego sprzętu, który nie odpowiada współczesnym standardom i oczekiwaniom.

Celem niniejszej pracy licencjackiej jest zaprojektowanie nowatorskiego szybowca, który odpowie na współczesne wymagania technologiczne i estetyczne, a jednocześnie będzie szanował polską historię szybownictwa, czerpiąc inspirację z dziedzictwa konstruktorów SZD. Projekt zakłada wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań w zakresie aerodynamiki, ergonomii kokpitu oraz technologii, które zwiększą bezpieczeństwo i komfort lotu.

Szybownictwo, podobnie jak żeglarstwo, uczy szacunku do sił natury, rozwija umiejętności nawigacyjne, techniczne oraz zdolność do pracy zespołowej. Wspieranie i rozwijanie tej dziedziny ma znaczenie nie tylko dla sportu i rekreacji, ale także dla kultury i postępu technologicznego. Nowoczesne projekty szybowców mogą stać się impulsem do ponownego odkrycia tej niezwyklej dyscypliny przez nowe pokolenia, inspirując zarówno do pasji lotniczej, jak i innowacji inżynierskich.



PWS-101

2

2

Historia i wstępna analiza

Początki szybownictwa

Szybownictwo wywodzi się z początków lotnictwa, kiedy pionierzy podniebnych podróży eksperymentowali z maszynami latającymi bez silnika. Pierwsze szybowce pojawiły się już w XIX wieku, a istotny postęp nastąpił na początku XX wieku, kiedy rozwój aerodynamiki pozwolił na konstruowanie coraz bardziej zaawansowanych modeli. W okresie międzywojennym szybownictwo stało się nie tylko formą sportu, ale również laboratorium dla nowych rozwiązań w lotnictwie. Wiele państw inwestowało w rozwój tej dziedziny, traktując ją jako element szkoleniowy dla przyszłych pilotów. Po II wojnie światowej szybownictwo zaczęło nabierać charakteru profesjonalnego, a postęp technologiczny umożliwił konstruowanie szybowców o coraz lepszych osiągnięciach i możliwościach przelotowych.

Rola szybownictwa w lotnictwie sportowym i badaniach aerodynamiki

Szybownictwo od lat odgrywa istotną rolę zarówno w sporcie, jak i w badaniach aerodynamicznych. Rywalizacja sportowa stała się kluczowym czynnikiem napędzającym rozwój tej dziedziny – zawody szybownicze umożliwiały testowanie nowych technologii, sprawdzanie wytrzymałości konstrukcji oraz doskonalenie technik pilotażu. Szybownictwo jest także jednym z najbardziej wymagających sportów lotniczych, łączącym precyzję, strategię oraz znajomość warunków atmosferycznych.

→

Otto Lilienthal w 1891 roku testuje swój pierwszy szybowiec inspirowany ptasimi skrzydłami.

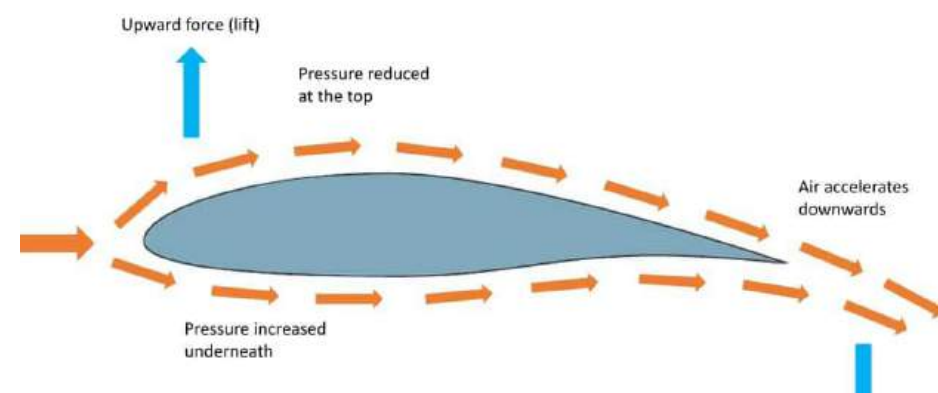


3

Przykładem znaczenia zawodów szybowniczych w testowaniu nowych technologii są Mistrzostwa Świata w Szybownictwie, gdzie innowacyjne rozwiązania aerodynamiczne są wdrażane i sprawdzane w ekstremalnych warunkach. Nowoczesne szybowce, takie jak SZD-59 Acro czy SZD-56 Diana, zawierają technologie, które były wcześniej testowane w sportowych lotach długodystansowych. Co więcej, rozwój szybowców znacząco przyczynił się do badań nad aerodynamiką, w tym nad profilami skrzydeł oraz sposobami wykorzystania prądów wznoszących. Wiele innowacji testowanych na szybowcach znalazło później zastosowanie w lotnictwie pasażerskim i wojskowym, szczególnie w kwestii optymalizacji oporu powietrza i efektywności lotu.

Na jakiej zasadzie lata szybowiec?

Szybowcem nazywamy statek powietrzny, który nie posiada własnego napędu, a jego lot opiera się na zjawiskach aerodynamicznych i wykorzystaniu prądów powietrznych. Główną siłą umożliwiającą utrzymanie się w powietrzu jest siła nośna, powstająca na skutek przepływu powietrza wokół skrzydeł o określonym profilu.



4

Aby szybowiec mógł kontynuować lot, musi wykorzystywać dostępne prądy powietrzne, ponieważ nie uwzględniając warunków zewnętrznych jego lot jest ciągłym opadaniem. Doskonałość szybowca to parametr, który mówi o jego zdolności do szybowania. Jest to stosunek odległości poziomej, jaką szybowiec może przelecieć, do wysokości, którą utraci w tym czasie. Aby wydłużyć lot piloci umiejętnie korzystają ze zjawisk aerodynamicznych takich jak:

1. Prądy Termiczne

Podstawowym mechanizmem umożliwiającym utrzymywanie się szybowca w powietrzu są prądy termiczne. Powstają one na skutek nagrzewania powierzchni ziemi przez promienie słoneczne. Podgrzane powietrze unosi się, tworząc kominy termiczne, w których krążąc szybowiec może zyskiwać wysokość.

2. Prądy Zboczowe

Prądy zboczowe powstają, gdy wiatr napotyka na przeszkodę, taką jak wzgórze czy góry. Unoszące się przez przeszkodę powietrze tworzy możliwość wzniesienia dla szybowca

3. Fale Górskie

Wiatr przepływający nad pasmem górskim, może tworzyć falę górska, rozchodzącą się w pionie. Warunki te sprawiają, że szybowiec może wznieść się na ogromną wysokość. Przykładem takiego wiatru jest wiatr Halny, a skorzystaniem z niego loty Sebastiana Kawy nad Himalajami



↑

Najdłuższym lotem w historii był wyczyn pilota Klausa Ohlmann, który przeleciał dystans 3 009,8 kilometrów sterując szybowcem Schempp-Hirth Nimbus-4DM w Argentynie

Metody Startu Szybowca

Brak własnego napędu wiąże się z koniecznością wzniesienia szybowca korzystając z zewnętrznej siły. Szybownicy korzystają z wielu metod startu między innymi:

1. Hol za Samolotem

Najczęściej stosowaną metodą jest holowanie za samolotem. Szybowiec jest złączony liną holowniczą z samolotem, który wynosi go na określoną wysokość, po czym pilot szybowca odcepie linę i kontynuuje samodzielny lot.

2. Start za Wyciągarką

Metoda ta polega na użyciu specjalnej wyciągarki, która szybko nawią linę przyczepioną do szybowca, powodując jego gwałtowne wznoszenie. Po osiągnięciu maksymalnej wysokości lina zostaje odcepiona, a szybowiec rozpoczyna swobodny lot.

3. Motoszybowce

Motoszybowce to specjalna odmiana szybowców wyposażona w dodatkowy moduł taki jak np. Silnik elektryczny, napęd odrzutowy, co umożliwia im samodzielne wznoszenie się bez potrzeby holowania. W trakcie lotu silnik może być wyłączany, a motoszybowiec przechodzi w klasyczny tryb szybowania. Zalety motoszybowców to niezależność od zewnętrznych metod startu oraz możliwość wydłużenia lotu poprzez ponowne uruchomienie silnika.



↑
Start szybowca poprzez
zepchnięcie go z góry Żar



Współpraca z SZD Allstar

Współpraca z Allstar SZD stanowi istotny element w realizacji niniejszej pracy licencjackiej. Dzięki zaangażowaniu firmy mam możliwość zdobycia praktycznej wiedzy na temat konstrukcji szybowców oraz procesów projektowych i technologicznych stosowanych we współczesnym lotnictwie. Kontakt z ekspertami z branży pozwala mi lepiej zrozumieć wyzwania stojące przed projektantami oraz poznać kluczowe aspekty optymalizacji aerodynamicznej i ergonomicznej nowoczesnych szybowców.

Dodatkowo, dostęp do rzeczywistych konstrukcji daje mi okazję do analizy istniejących rozwiązań oraz czerpania inspiracji do opracowania innowacyjnych koncepcji. Możliwość konsultacji z inżynierami oraz obserwacja procesu modernizacji szybowców pozwala mi uwzględnić najnowsze osiągnięcia technologiczne i dopasować je do wymagań współczesnych pilotów. Wsparcie Allstar SZD nie tylko wzbogaca merytoryczną część projektu, ale również otwiera nowe perspektywy w projektowaniu maszyn latających przyszłości.

[2] Szybowcowy Zakład Doświadczalny (SZD) został założony w 1946 roku jako centrum badań i rozwoju szybowców, odgrywając kluczową rolę w tworzeniu nowatorskich konstrukcji. Od początku swojej działalności zakład koncentrował się na opracowywaniu wysokiej jakości maszyn, które cechowały się wyjątkowymi właściwościami aerodynamicznymi oraz innowacyjnymi rozwiązaniami technicznymi. Przez lata zdobył międzynarodowe uznanie, eksportując swoje projekty na rynki zagraniczne oraz biorąc udział w licznych konkursach i zawodach szybowniczych. W okresie swojej największej świetności, zwłaszcza w latach 50. i 60. XX wieku, SZD wyznaczało standardy w dziedzinie projektowania szybowców, przyczyniając się do rozwoju całej branży lotniczej.

Wraz ze zmianami gospodarczymi i restrukturyzacją przemysłu lotniczego w latach 90. XX wieku, SZD musiało dostosować się do nowej rzeczywistości rynkowej. W wyniku tych przemian, w 2013 roku działalność zakładu została przejęta przez firmę Allstar SZD, która postawiła sobie za cel kontynuację jego dorobku oraz modernizację klasycznych konstrukcji. Przejmując spuściznę SZD, Allstar skupiło się na rozwijaniu i udoskonalaniu istniejących modeli, wdrażaniu nowoczesnych technologii oraz dostosowywaniu szybowców do wymagań współczesnych użytkowników. Dzięki temu firma stała się ważnym graczem na rynku lotnictwa szybowcowego, łącząc tradycję z nowoczesnym podejściem do projektowania i produkcji.

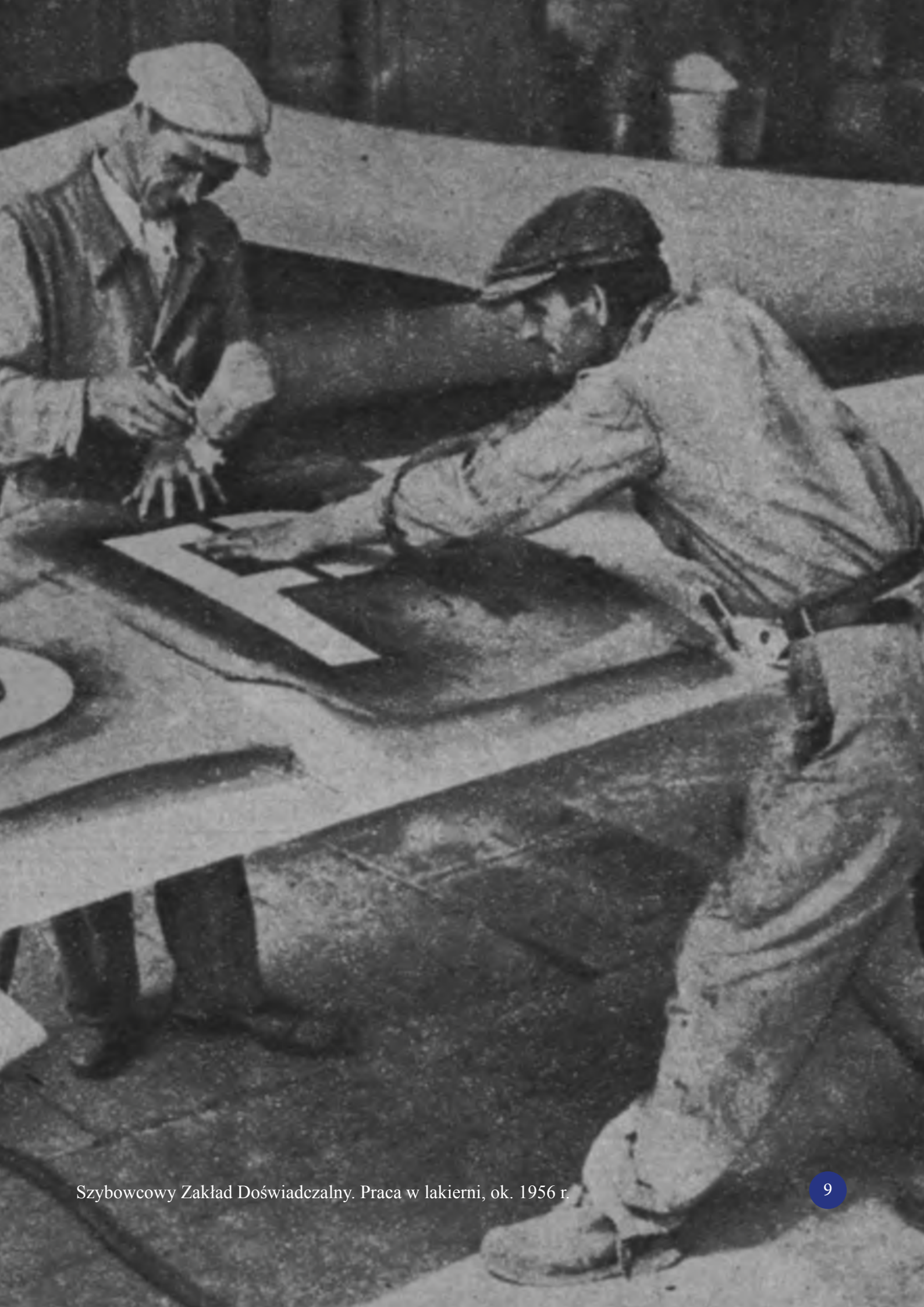
Współczesne konstrukcje na przykładzie wybranych modeli szybowców SZD Allstar Glider

[3] **SZD-54-2 Perkoz** (Fot. 7) to dwumiejscowy szybowiec o szerokim spektrum zastosowań, obejmującym szkolenie podstawowe, zaawansowane, trening, akrobację oraz loty rekreacyjne. Projektowanie tego modelu rozpoczęto w początku lat 2000 przez zespół inżynierów z Szybowcowego Zakładu Doświadczalnego w Bielsku-Białej, a głównym konstruktorem szybowca był inż. Adam Meus. Produkcja seryjna SZD-54-2 Perkoz rozpoczęła się w 2011 roku i od tego czasu model ten zdobył uznanie na rynkach międzynarodowych. Perkoz charakteryzuje się możliwością konfiguracji skrzydeł w trzech wariantach: 17,5 metra do akrobacji, 17,5 metra z wingletami do treningu oraz 20 metrów do lotów przelotowych. Masa własna szybowca wynosi około 480 kg, natomiast maksymalna masa startowa to 750 kg. Pod względem wytrzymałości Perkoz spełnia rygorystyczne normy EASA CS-22, umożliwiając wykonywanie akrobacji o pełnym zakresie, w tym loty z przeciążeniami sięgającymi +7 i -5,5 g. Doskonałość szybowca, wynosi około 40:1 w konfiguracji przelotowej ze skrzydłami o rozpiętości 20 metrów. SZD-54-2 Perkoz to nowoczesny szybowiec z kompozytową konstrukcją, co zapewnia mu niską masę i wysoką wytrzymałość. Kabina jest przestronna i ergonomiczna, co zapewnia komfort zarówno instruktorowi, jak i uczniowi. Model ten cieszy się popularnością wśród aeroklubów na całym świecie dzięki swojej niezawodności i wszechstronności.



[4] **SZD-55-1 Nexus** (Fot. 8) to jednomiejscowy szybowiec klasy standard, który również powstał w Szybowcowym Zakładzie Doświadczalnym w Bielsku-Białej. Za projekt odpowiadał zespół konstruktorów pod kierownictwem inż. Adama Meusa, który nadzorował również prace nad modelem Perkoz. Prace projektowe rozpoczęto na przełomie lat 90. i 2000, a produkcja seryjna wystartowała kilka lat później. Nexus wyróżnia się skrzydłami o rozpiętości 15 metrów, co czyni go idealnym wyborem do zawodów w klasie standard. Masa własna tego szybowca wynosi około 250 kg, natomiast maksymalna masa startowa to 525 kg. Konstrukcja kompozytowa zapewnia mu wyjątkową wytrzymałość oraz aerodynamikę na najwyższym poziomie. Pod względem osiągnięć SZD-55-1 Nexus prezentuje doskonałość na poziomie 42:1, co sprawia, że jest on konkurencyjny na międzynarodowych zawodach szybowcowych. Szybowiec ten jest również dostępny w wersji z elektrycznym napędem pomocniczym Allstar-e-motion, co zwiększa jego wszechstronność i ułatwia starty w różnych warunkach. Kabina Nexusa została zaprojektowana z myślą o ergonomii i komforcie pilota, oferując doskonałą widoczność i intuicyjne rozmieszczenie przyrządów. Model ten zdobył popularność wśród pilotów sportowych na całym świecie, dzięki łączeniu nowoczesnych technologii z tradycyjną niezawodnością polskich szybowców.





Szybowcowy Zakład Doświadczalny. Praca w lakierni, ok. 1956 r.

Inspirująca historia szybownictwa

[5] W latach 50. i 60. XX wieku polskie szybownictwo było świadkiem niezwyklej fali innowacyjności i odwagi konstrukcyjnej. Inżynierowie i projektanci z Szybowcowego Zakładu Doświadczalnego w Bielsku-Białej nie bali się eksperymentów, tworząc unikalne modele, które wyprzedzały swoje czasy.

Jednym z kluczowych czynników umożliwiających takie śmiałe podejście do projektowania było silne wsparcie państwa. W okresie powojennym przemysł lotniczy był postrzegany jako strategiczny dla rozwoju technologicznego kraju, co przekładało się na znaczne inwestycje w badania i rozwój. Szybowce były nie tylko narzędziem sportu, ale również ważnym elementem szkolenia pilotów wojskowych, co dodatkowo motywowało rozwój nowych konstrukcji.

Dzięki centralnemu planowaniu i ścisłej współpracy z ośrodkami badawczymi, inżynierowie mieli możliwość realizacji nawet najbardziej eksperymentalnych projektów bez obaw o rentowność komercyjną. W tamtym okresie priorytetem był rozwój technologiczny i innowacyjność, co sprzyjało powstawaniu śmiałych konstrukcji. Przemysł szybowcowy korzystał również z dostępności wykwalifikowanej kadry, która łączyła wiedzę inżynierską z praktycznym doświadczeniem lotniczym.

Tamten okres był źródłem inspiracji dla wielu współczesnych konstruktorów, w tym również dla mnie przy pracy nad projektem licencjackim. Odwaga, z jaką inżynierowie podchodzili do projektowania, pokazywała, że nawet najbardziej niekonwencjonalne pomysły mogą prowadzić do przełomowych odkryć. Eksperymentalne podejście inżynierów z tamtego okresu pokazuje, że rozwój technologiczny nie zawsze musi iść w parze z komercjalizacją. Dzisiejsze szybownictwo podlega ścisłym regulacjom, a wysokie koszty produkcji ograniczają swobodę eksperymentowania. Jednak duch innowacyjności, który charakteryzował tamtą epokę, wciąż pozostaje inspiracją.

Ciekawostką jest fakt, że niektóre z tych eksperymentalnych szybowców były testowane w ekstremalnych warunkach, takich jak loty w górach czy testy przeciążeniowe, które miały na celu sprawdzenie granic możliwości konstrukcji. Mimo że wiele z tych projektów nie trafiło do masowej produkcji, wpłynęły one na rozwój myśli technicznej i stanowiły inspirację dla przyszłych pokoleń inżynierów. Dziedzictwo tych konstrukcji przypomina, że innowacyjność i kreatywność zawsze znajdują swoje miejsce w historii lotnictwa.

Dziś, gdy pracuję nad swoim projektem licencjackim, czerpię z tych odważnych rozwiązań, starając się łączyć tradycyjne podejście do konstrukcji z nowoczesnymi technologiami. Historia polskiego szybownictwa pokazuje, że nawet najbardziej śmiałe pomysły mogą być punktem wyjścia do innowacyjnych rozwiązań, które zmieniają oblicze lotnictwa.

SZD-6x „Nietoperz” – Eksperymentalny krok w świat szybowców bezogonowych

[6] W 1951 roku w Bielsku-Białej powstał wyjątkowy projekt szybowca bezogonowego, oznaczony jako SZD-6x „Nietoperz”. Konstrukcja ta była dziełem Władysława Nowakowskiego i Justyna Sandauera, którzy postanowili przetestować w praktyce teoretyczne koncepcje związane z nietypowymi układami aerodynamicznymi.

Szybowiec został zbudowany w całości z drewna i wyróżniał się brakiem klasycznego usterzenia ogonowego. Jego skrzydła miały 12 metrów rozpiętości, a powierzchnia nośna wynosiła 14,4 m². Do projektu wykorzystano profil NACA-23012. Masa własna konstrukcji wynosiła 150 kg, a pełna masa startowa dochodziła do 235 kg. W locie „Nietoperz” osiągał doskonałość 17,5 przy prędkości 90 km/h, a jego minimalne opadanie to 1,35 m/s przy 80 km/h.

Początkowe testy odbyły się 5 stycznia 1951 roku na lotnisku w Bielsku. Wykonano tam tzw. „szury”, czyli krótkie przejazdy z lekkim oderwaniem się od ziemi, aby sprawdzić, jak szybowiec reaguje na ruchy sterów. Jednak aby przeprowadzić bardziej kompleksowe próby, maszynę przetransportowano na większe lotnisko w Katowicach, gdzie warunki atmosferyczne były bardziej stabilne.

12 stycznia 1951 roku pilot Adam Zientek wykonał pierwszy hol za samolotem PWS-26, pilotowanym przez Tadeusza Górę. Po odłączeniu holu szybowiec wpadł w strugi powietrza za śmigłem, co spowodowało twarde lądowanie i uszkodzenia przodu kadłuba. Po naprawie i dokładnym przeglądzie konstrukcji, 2 lutego 1951 roku wykonano kolejny lot, tym razem na wysokości 2000 metrów. Lot przebiegł bez problemów, a pilot Zientek do testów wykorzystał nowatorski jak na tamte czasy motocyklowy kask ochronny.

Mimo innowacyjności konstrukcji, piloci testujący „Nietoperza” zgodnie twierdzili, że szybowiec nadaje się jedynie do celów badawczych i nie ma potencjału do produkcji seryjnej.



10



Adam Ziętek pilot
doświadczalkny SZD



Foto: Z. Szajewski „od RWD do MiGa” Mon 1956

11

SZD-20x „Wampir 2”

[7] W 1959 roku rozpoczęto prace nad eksperymentalnym szybowcem bezogonowym SZD-20x „Wampir 2”. Celem projektu było zbadanie nietypowych rozwiązań konstrukcyjnych oraz porównanie ich z tradycyjnymi szybowcami klasy standard. Maszyna miała rozpiętość skrzydeł 15 metrów i powierzchnię nośną o tej samej wartości – 15 m². Co ciekawe, zastosowano specjalny system wychylania sterów, który umożliwiał zmianę konfiguracji sterowania już w trakcie lotu. Głównym konstruktorem tego innowacyjnego projektu był mgr inż. Jan Dyrek.

Próby rozpoczęto ostrożnie, podobnie jak w przypadku wcześniejszego modelu SZD-6x „Nietoperz”. Najpierw wykonywano tzw. szury, czyli krótkie ślizgi po pasie startowym, stopniowo zwiększając wysokość lotów. Prototyp szybowca oznaczony numerem SP-2036 został oblatany przez pilota Adama Zientka. Pierwsze próby odbywały się na holu za samochodem, a po kilkunastu takich testach przystąpiono do lotów za samolotem. Pierwszy udany lot za samolotem miał miejsce 9 września 1959 roku na lotnisku w Katowicach.

Początkowe testy wykazały, że „Wampir 2” był bardzo wrażliwy na turbulencje, zwłaszcza te powstające za śmigłem holującego samolotu. W spokojnych warunkach szybowiec zachowywał się poprawnie, jednak problemy pojawiały się podczas przeciągnięć – maszyna wpadała w niekontrolowany korkociąg, z którego można było wyjść jedynie poprzez zmianę środka ciężkości, co wymagało od pilota pochylenia się do przodu.

Najpoważniejsze wyzwania pojawiły się jednak podczas lotów w niespokojnej atmosferze. Szybowiec doświadczał wtedy szybkich wahań podłużnych o dużej częstotliwości, które były trudne do opanowania. 6 października 1959 roku, niespełna miesiąc po pierwszym oblocie, doszło do dramatycznego zdarzenia. Podczas próby rozpędzenia maszyny do 140 km/h pojawił się rezonans spowodowany tymi właśnie drganiami. Konstrukcja skrzydeł okazała się zbyt wiotka, a masa kadłuba zbyt mała, co sprzyjało powstawaniu rezonansu. Brak klasycznego usterzenia poziomego, które w tradycyjnych szybowcach tłumi takie wibracje, dodatkowo pogłębił problem. W rezultacie szybowiec rozpadł się w powietrzu.

Na szczęście pilot, Adam Zientek, zdołał uratować się, skacząc na spadochronie. Katastrofa zakończyła eksperymenty SZD z tego typu konstrukcjami bezogonowymi, pokazując, jak trudne i ryzykowne mogą być próby wprowadzania innowacji w lotnictwie

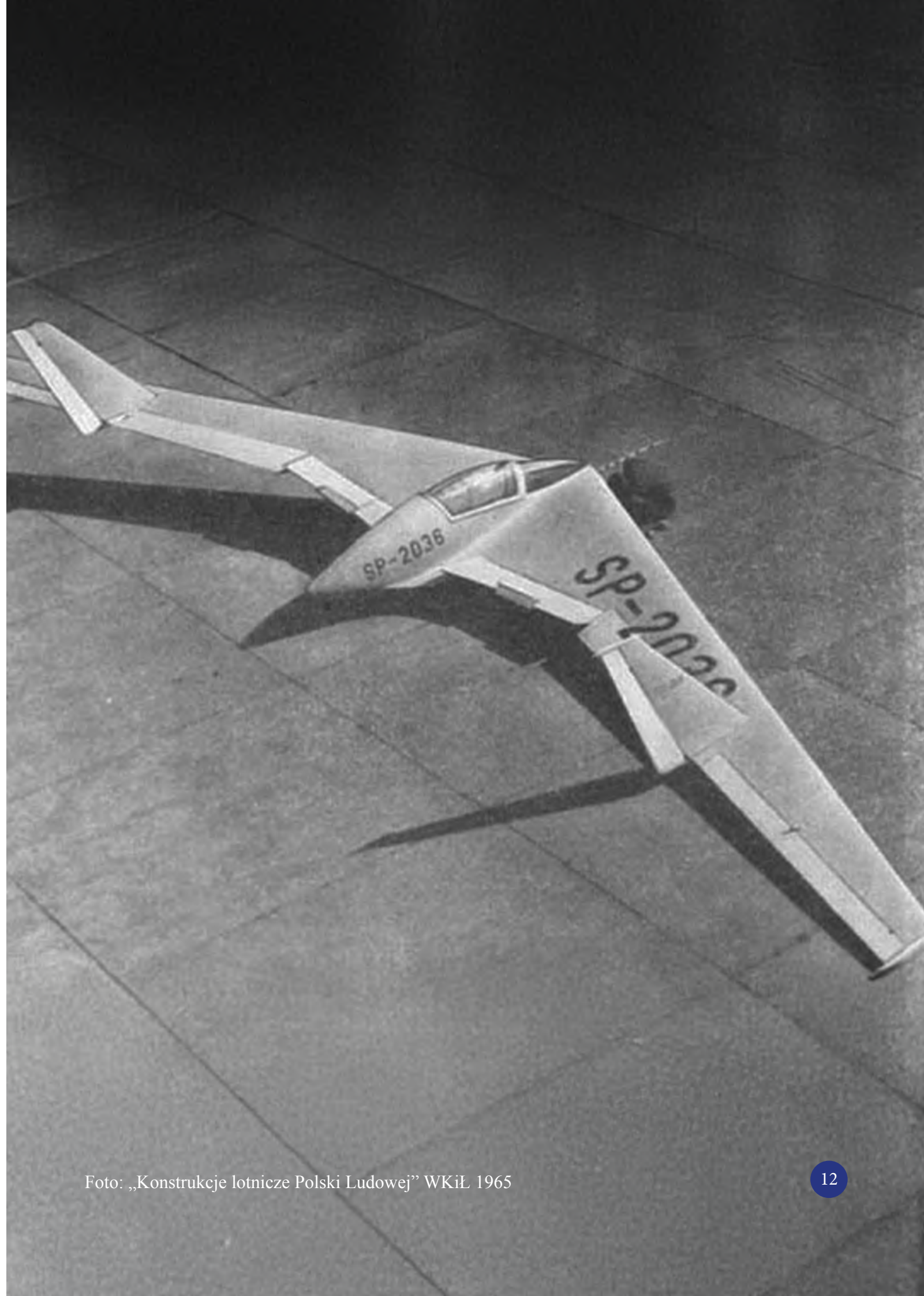


Foto: „Konstrukcje lotnicze Polski Ludowej” WKiŁ 1965

Problematyka

Mimo fascynującej historii i ogromnego wkładu, jaki szybownictwo wniosło w rozwój lotnictwa, ta forma latania nie cieszy się dziś dużą popularnością. Istnieje wiele powodów, które przyczyniają się do tego stanu rzeczy, a co więcej wzajemnie się one napędzają, tworząc swoistą spiralę trudności i zniechęcenia.

Przede wszystkim szybownictwo nie jest finansowane przez państwo w takim stopniu, jak inne dziedziny sportu czy gałęzie lotnictwa. Brak wsparcia finansowego sprawia, że kluby szybowcowe muszą polegać na własnych środkach, składkach członkowskich oraz prywatnych sponsorach, co znacznie ogranicza ich możliwości rozwoju. Inwestycje w nowoczesny sprzęt, infrastrukturę czy szkolenia są kosztowne, a bez stabilnego źródła dofinansowania trudno utrzymać wysoki poziom. To z kolei wpływa na dostępność szybowców dla nowych adeptów, którzy często zniechęcają się wysokimi kosztami już na starcie.

Samo szybownictwo jest również droгим hobby z punktu widzenia indywidualnego pasjonata. Loty szybowcowe wymagają specjalistycznego sprzętu oraz odpowiednich warunków, co generuje dodatkowe koszty. Przykładowo, holowanie szybowca z Nowego Targu nad Tatry wymaga nie tylko organizacji logistyki, ale także obecności samolotu holującego, który zużywa paliwo i wymaga obsługi technicznej. Koszt wynajmu takiego samolotu, a także wynagrodzenie dla pilota, potrafią znacząco podnieść cenę jednego lotu. Często potrzebny jest drugi samolot holowniczy, aby obsłużyć większą liczbę szybowców, co jeszcze bardziej komplikuje i podraża całą operację.

Do tego dochodzi koszt samego szkolenia. Nauka latania szybowcem jest czasochłonna i wymaga wielu godzin praktyki pod okiem doświadczonych instruktorów. Opłaty za kursy, wynajem sprzętu oraz egzaminy mogą sięgać kilku lub nawet kilkunastu tysięcy złotych. Dla wielu osób jest to bariera nie do pokonania, zwłaszcza gdy zestawia się to z kosztami kursów na inne rodzaje statków powietrznych, takich jak ultralekkie samoloty, które często są tańsze i łatwiej dostępne.

Kolejnym czynnikiem zniechęcającym do szybownictwa jest ryzyko związane z tą formą latania. Choć latanie szybowcem może być niezwykle ekscytujące i satysfakcjonujące, wiąże się również z większymi wyzwaniem technicznymi i nieprzewidywalnością warunków atmosferycznych. Brak odpowiednich prądów wznoszących może zmusić pilota do lądowania w terenie przygodnym, takim jak pola czy łąki. Lądowanie w takich miejscach nie tylko zwiększa ryzyko uszkodzenia sprzętu, ale także wymaga organizacji transportu szybowca z powrotem na lotnisko, co generuje dodatkowe koszty i logistyczne problemy.

Wszystkie te czynniki razem prowadzą do stagnacji w rozwoju szybownictwa. Brak finansowania i wysokie koszty zniechęcają nowych pasjonatów, co przekłada się na coraz mniejsze zainteresowanie tym sportem. W rezultacie kluby szybowcowe dysponują starym i często zniszczonym sprzętem, który dodatkowo zniechęca potencjalnych adeptów. Ten zamknięty krąg trudności sprawia, że szybownictwo staje się niszową dziedziną, dostępną tylko dla najbardziej zdeterminowanych i zamożnych osób.

Z kolei osoby, które pragną spełnić marzenia o lataniu, coraz częściej wybierają alternatywy, takie jak ultralekkie samoloty. Ultralighty są nie tylko bardziej dostępne cenowo, ale również prostsze w obsłudze i często uznawane za bezpieczniejsze. Możliwość startów z mniejszych lotnisk, niższe koszty eksploatacji oraz łatwiejszy dostęp do nowoczesnych maszyn sprawiają, że to właśnie one zyskują na popularności kosztem tradycyjnego szybownictwa.

Rola szybownitwa w kulturze

Lubię patrzeć na szybownictwo jak na podniebne żeglowanie. Taka perspektywa sprawia, że staje się ono bardziej zrozumiałe, szczególnie dla tych, którzy mieli okazję żeglować np. po Mazurach. To nie tylko forma rekreacji, ale także sposób na głębsze zrozumienie i połączenie się z naturą. Podobnie jak żeglarze muszą odczytywać wiatr i prądy wodne, tak szybownicy uczą się rozpoznawać prądy wznoszące i dostosowywać do nich trajektorię lotu.

Szybownictwo to sztuka współpracy z siłami natury. Pilot, unosząc się w powietrzu, musi być w pełni świadomy otaczających go warunków atmosferycznych. Odczytywanie subtelnych zmian w powietrzu, znajdowanie noszących prądów oraz podejmowanie szybkich decyzji o zmianie kursu to umiejętności, które kształtują nie tylko zdolności techniczne, ale również rozwijają intuicję i uważność. Tego rodzaju doświadczenia budują w człowieku głęboką świadomość środowiska, ucząc go szacunku dla natury i jej potęgi.

Szybownictwo stanowi także niesamowitą inspirację dla inżynierów, projektantów i pasjonatów lotnictwa. Obserwowanie, jak człowiek potrafi wykorzystywać naturalne siły do unoszenia się w powietrzu bez użycia silnika, motywuje do tworzenia coraz bardziej zaawansowanych i efektywnych konstrukcji lotniczych. Każdy lot to nie tylko wyzwanie, ale także lekcja, z której można czerpać wiedzę i inspirację do dalszego rozwoju technologii.

Nie można również zapominać, że szybownictwo jest integralną częścią naszego dziedzictwa. Polska ma bogatą historię związaną z tą dziedziną lotnictwa, a wielu polskich szybowników zapisało się złotymi zgłoskami w historii światowego szybownictwa. To tradycja, którą warto pielęgnować i chronić, nie tylko ze względu na jej znaczenie historyczne, ale także jako symbol naszej narodowej pasji do latania i odkrywania nieba.

Z pełnym przekonaniem mogę powiedzieć, że szybownictwo to coś więcej niż tylko sport. To sposób na życie, który uczy pokory, rozwija wrażliwość na otaczający nas świat i łączy ludzi z naturą w sposób, który trudno znaleźć gdzie indziej. Dlatego warto dbać o tę tradycję i promować ją wśród kolejnych pokoleń.



3

Doświadczenia i analiza

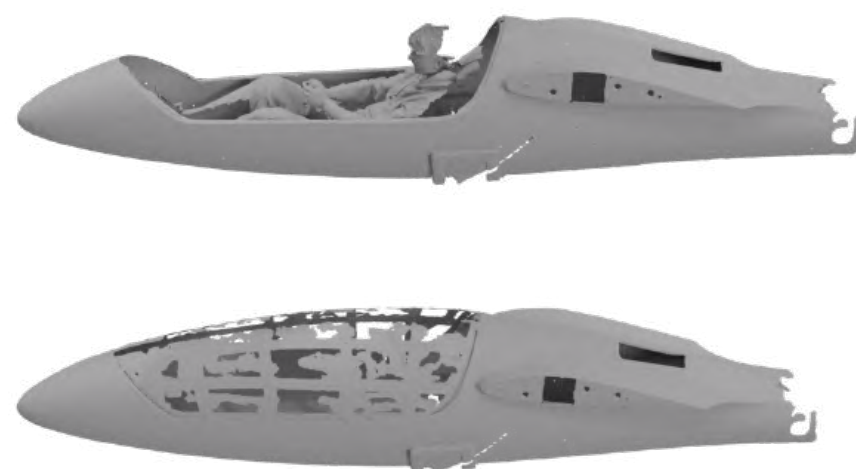
Wizyta w SZD Allstar

Dzięki współpracy z firmą SZD Allstar, już na samym początku miałem okazję znaleźć się w otoczeniu szybowców, co było niezwykle inspirującym doświadczeniem. Bliski kontakt z tymi maszynami umożliwił mi stworzenie obszernej dokumentacji fotograficznej, która stała się cennym źródłem informacji i materiałem referencyjnym w dalszych etapach projektu.

Miałem również możliwość zasiąść w kokpicie szybowca i spojrzeć na niego z perspektywy osoby, która nie jest bezpośrednio związana z szybownictwem. Taka świeża i niezależna perspektywa pozwoliła mi na sformułowanie bardziej obiektywnych wniosków dotyczących ergonomii oraz konstrukcji kabiny, co okazało się pomocne przy analizach i dalszych pracach projektowych.

Wspólnie z **dr. Grzegorzem Matusikiem** przeprowadziliśmy skanowanie 3D szybowca, wykorzystując do tego optyczny skaner 3D. Metoda ta polega na zebraniu precyzyjnej siatki punktów z powierzchni obiektu, które następnie tworzą szczegółowy model przestrzenny. Proces skanowania wymaga odpowiedniego przygotowania powierzchni, dlatego użyliśmy specjalnych markerów optycznych, które poprawiają dokładność odczytu, oraz sprayu matującego, eliminującego refleksy świetlne mogące zakłócić jakość skanów.

Uzyskany skan 3D stał się kluczowym punktem odniesienia w procesie projektowym. Dzięki niemu mogliśmy dokładnie analizować pozycję pilota w trakcie lotu, a następnie dopasować ją do naszych specyficznych potrzeb projektowych. Model 3D pozwolił również na precyzyjne określenie wymiarów potrzebnych do projektowania i montażu urządzeń w kokpicie szybowca. Takie podejście umożliwiło nam stworzenie rozwiązań dobrze dopasowanych do przestrzeni szybowca, co znacząco wpłynęło na ergonomię i funkcjonalność projektowanych elementów.



←
Skany 3D wykonane podczas
wizyty w SZD Allstar



Rozmowy z szybownikami

Najważniejszym elementem w procesie projektowym jest zrozumienie użytkownika i spojrzenie na problem z jego perspektywy. Taka zmiana punktu widzenia może diametralnie wpłynąć na przebieg pracy i finalny efekt projektu. Z tego powodu jednym z kluczowych etapów mojej pracy były rozmowy z doświadczonymi szybownikami, które pozwoliły mi lepiej zrozumieć ich potrzeby oraz wyzwania, z jakimi mierzą się na co dzień.

Dwie rozmowy, które szczególnie wpłynęły na dalszy rozwój projektu, to spotkania z Janem Saługą – młodym pilotem, aktywnym od dwóch sezonów oraz Marcinem Bernaszukiem, wieloletnim instruktorem szybowcowym. Zderzenie ich odmiennych perspektyw, początkującego pilota i doświadczonego instruktora dostarczyło cennych informacji, które znacząco wpłynęły na kształtowanie się kolejnych etapów projektu.

1. Problemy, na które zwrócił uwagę Jan Saługa:

Jan, jako młody pilot, podkreślił przede wszystkim aspekty finansowe związane z szybownictwem. Opowiadał, że koszt wyciągnięcia szybowca z Nowego Targu nad Tatry sięga nawet tysiąca złotych za jeden lot. Taka kwota sprawia, że regularne treningi stają się praktycznie niemożliwe, a koszty wynajmu samego szybowca dodatkowo obciążają budżet. Jan wskazał również na brak nowoczesnych technologii w używanych szybowcach, sprzęt z którego korzysta, jest często przestarzały i nie dorównuje wyposażeniem konkurencyjnym samolotom ultralekkim. Wspomniał także o uzależnieniu szybownictwa od pogody, co ogranicza liczbę możliwych lotów w sezonie i utrudnia planowanie treningów.

2. Problemy, które zauważył Marcin Bernaszuk:

Marcin, jako doświadczony instruktor spędzający wiele godzin w kabinie, zwrócił uwagę na zupełnie inne aspekty, ergonomię i komfort pilota podczas lotu. Zaznaczył, że siedzenie w szybowcu nie posiada możliwości aktywnej regulacji podczas lotu, co jest szczególnie uciążliwe w przypadku wielogodzinnych przelotów. Dodatkowo, obowiązkowy spadochron noszony na plecach ogranicza przestrzeń i powoduje dyskomfort, zwłaszcza w okolicach pleców. Marcin zwrócił również uwagę na potrzebę dostosowywania elementów kokpitu do indywidualnych preferencji pilota, szczególnie deski rozdzielczej, która mogłaby być bardziej modułowa, co ułatwiłoby jej konfigurację. Wspomniał też o konieczności modernizacji obecnych systemów, aby dostosować szybowce do współczesnych standardów technologicznych.



Wystąpienia publiczne

Głównym celem mojego projektu stało się propagowanie szybownictwa oraz poszukiwanie skutecznych metod jego popularyzacji wśród szerokiego grona odbiorców. Uważam, że najlepszym sposobem na osiągnięcie tego celu jest dzielenie się swoją pasją i rozmowy na temat tego, co nas fascynuje. Publiczne wystąpienia nie tylko umożliwiają szerzenie wiedzy o szybownictwie, ale także sprzyjają nawiązywaniu cennych kontaktów, które mogą przyczynić się do dalszego rozwoju projektu.

Pierwszą okazją do podzielenia się moimi doświadczeniami było wystąpienie w Radiu Kraków, w audycji Radiostrada prowadzonej przez Fryderyka Zyskę. Wraz z projektantką Aleksandrą Rzeźnikiewicz opowiedzieliśmy o pracy projektanta w kontekście szybownictwa, poruszyliśmy również temat historii polskiego szybownictwa oraz podzieliliśmy się naszą wizją jego przyszłości. Jestem przekonany, że tego rodzaju wystąpienia mają ogromny wpływ na budowanie społecznej świadomości w zakresie szybownictwa, a także na zwracanie uwagi na wyzwania, z jakimi boryka się ta dziedzina.

Kolejnym ważnym wydarzeniem był mój wykład na Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, który odbył się w ramach spotkania organizowanego we współpracy z Projektem Arting. Podczas tego wykładu, skierowanego do studentów koła naukowego Wydziału Informatyki, przedstawiłem proces projektowy z perspektywy studenta Akademii Sztuk Pięknych. W trakcie spotkania dyskutowaliśmy o możliwościach współpracy międzywydziałowej oraz o tym, jak ważne jest wzajemne inspirowanie się i łączenie sił przy realizacji wspólnych projektów.

Wnioski płynące z tych spotkań pokazują, że szybownictwo, choć niszowe, może stać się tematem łączącym różne środowiska, od pasjonatów lotnictwa, przez projektantów, po inżynierów i informatyków. W przyszłości warto kontynuować tego typu inicjatywy, aby jeszcze szerzej promować szybownictwo i inspirować innych do angażowania się w tę wyjątkową dziedzinę.





Lot szybowcem

Czas na najbardziej surrealistyczne przeżycie mojego licencjatu. Po spotkaniu na uczelni z panem Marcinem Bernaszukiem zostałem zaproszony na lot szybowcem. Choć początkowo chciałem potraktować to doświadczenie jako okazję do analizy i wyciągnięcia wniosków dotyczących ergonomii kabiny oraz samego procesu lotu, szybko okazało się, że emocje całkowicie przejęły kontrolę. To przeżycie było tak intensywne i poruszające, że trudno było mi skupić się na jakichkolwiek technicznych aspektach. Sam fakt, że szybownictwo potrafi wywołać tak silne emocje, jest doskonałym dowodem na to, jak głęboko wpływa na nasze odczucia i postrzeganie świata.

Dopiero po wylądowaniu, gdy emocje nieco opadły, udało mi się spojrzeć na to doświadczenie z nieco bardziej analitycznej perspektywy. Przede wszystkim uświadomiłem sobie, jak wielu ludzi zaangażowanych jest w sam proces przygotowania lotu. To nie tylko pilot i szybowiec, konieczna była obsługa wyciągarki oraz osoba odpowiedzialna za odpowiednie ustawienie skrzydła przed startem. Ten aspekt pokazał mi, jak bardzo szybownictwo jest sportem zespołowym, mimo że z pozoru wydaje się indywidualną aktywnością.

Sam lot był dość krótki, ponieważ wyciągarka nie dała wystarczająco dużo czasu na znalezienie prądów wznoszących, które mogłyby przedłużyć czas spędzony w powietrzu. To doświadczenie uświadomiło mi, jak bardzo szybownictwo uzależnione jest od warunków atmosferycznych. Każdy lot to swoista gra z naturą, w której człowiek musi dostosować się do kaprysów pogody, co dodaje całemu doświadczeniu nieprzewidywalności i ekscytacji.

Zwróciłem również uwagę na widoczność w kabinie szybowca. Była ona ograniczona, co w pewnym stopniu wpływało na komfort i poczucie bezpieczeństwa. Kabina, choć funkcjonalna, nie zapewniała pełnej swobody obserwacji otoczenia, co mogłoby być istotnym aspektem do rozważenia w kontekście projektowania bardziej ergonomicznych kokpitów.

Po locie dotarło do mnie, że szybownictwo to nie tylko technika i aerodynamika, to przede wszystkim emocje. Uczucie unoszenia się nad ziemią, cisza przerywana jedynie szumem powietrza i poczucie bycia częścią przestrzeni powietrznej to coś, czego nie da się porównać z żadnym innym doświadczeniem. To połączenie adrenalin i spokoju, które pozostawia niezatarte wrażenie i sprawia, że chce się wracać do tego uczucia.

Podsumowując, choć początkowo chciałem skupić się na technicznych aspektach lotu, to właśnie emocjonalna strona tego doświadczenia stała się dla mnie najważniejsza. Szybownictwo to coś więcej niż tylko sport, to sposób na oderwanie się od codzienności i spojrzenie na świat z zupełnie innej perspektywy.



Szczepan Grzeszczyk

Odwiedzanie wystaw i muzeów

Czerpanie z przeszłości przewija się przez tematykę mojej pracy od samego początku. Już na etapie wstępnych poszukiwań inspiracji, kluczowym momentem była wizyta w Muzeum Lotnictwa Polskiego w Krakowie, gdzie odbywała się wystawa zatytułowana „Szczepan Grzeszczyk - ojciec polskiego szybownictwa”. To doświadczenie okazało się niezwykle inspirujące i pozwoliło mi głębiej zrozumieć korzenie tej dziedziny.

Podczas zwiedzania miałem okazję nie tylko zobaczyć unikalne eksponaty związane z historią szybownictwa, ale także poznać sylwetkę Szczepana Grzeszczyka, pioniera, którego wkład w rozwój polskiego szybownictwa jest nieoceniony. Jego pasja, determinacja i innowacyjne podejście do projektowania szybowców pokazały mi, jak ważne jest łączenie tradycji z nowoczesnością. Wystawa uświadomiła mi również, że rozwój technologii lotniczej to nie tylko kwestia technicznych innowacji, ale także opowieść o ludziach, którzy z pasją i poświęceniem przekraczali granice możliwości swojego czasu.

To spotkanie z historią stało się dla mnie punktem wyjścia do dalszych rozważań nad tym, jak przeszłość może inspirować współczesne podejście do projektowania i rozwoju szybownictwa. Zrozumiałem, że każdy nowy projekt powinien szanować dziedzictwo, na którym się opiera, a jednocześnie otwierać się na nowe technologie i perspektywy.



Rozwój Koncepcji

4

Pierwsza koncepcja

Pierwsza koncepcja projektu polega na zmodernizowaniu istniejących konstrukcji. Głównym celem projektu jest modernizacja kabiny pod względem ergonomii, z uwzględnieniem aktualnej pozycji pilota w kokpicie, a także odświeżenie designu kabiny poprzez zmianę kolorystyki oraz materiałów, z których jest wykonana. Pozwoli to nadać jej nowoczesny charakter oraz zwiększyć funkcjonalność.

Kolejnym celem jest stworzenie autonomicznego drona zdolnego do wyniesienia szybowca bez potrzeby użycia wyciągarki czy samolotu holowniczego obsługiwanego przez osoby trzecie. Takie podejście mogłoby odświeżyć wizerunek szybownictwa oraz ułatwić korzystanie z szybowców.

1. Modernizacja kabiny szybowca:

Poprawa ergonomii wnętrza z uwzględnieniem współczesnych standardów.
Dopasowanie pozycji pilota w kokpicie dla zapewnienia komfortu i bezpieczeństwa.

2. Odświeżenie designu kabiny:

Zmiana kolorystyki na bardziej nowoczesną i estetyczną.
Zwiększenie funkcjonalności kokpitu poprzez nowoczesne rozwiązania techniczne i przemyślane rozmieszczenie urządzeń potrzebnych do lotu.

3. Stworzenie autonomicznego drona holowniczego:

Zaprojektowanie drona zdolnego do wyniesienia szybowca bez potrzeby angażowania osób trzecich.
Eliminacja konieczności korzystania z wyciągarki lub samolotu holowniczego.

4. Promowanie szybownictwa:

Odświeżenie wizerunku szybownictwa poprzez zastosowanie nowoczesnych technologii.
Ułatwienie dostępu do szybownictwa dla młodych pasjonatów poprzez uproszczenie procesu startu.

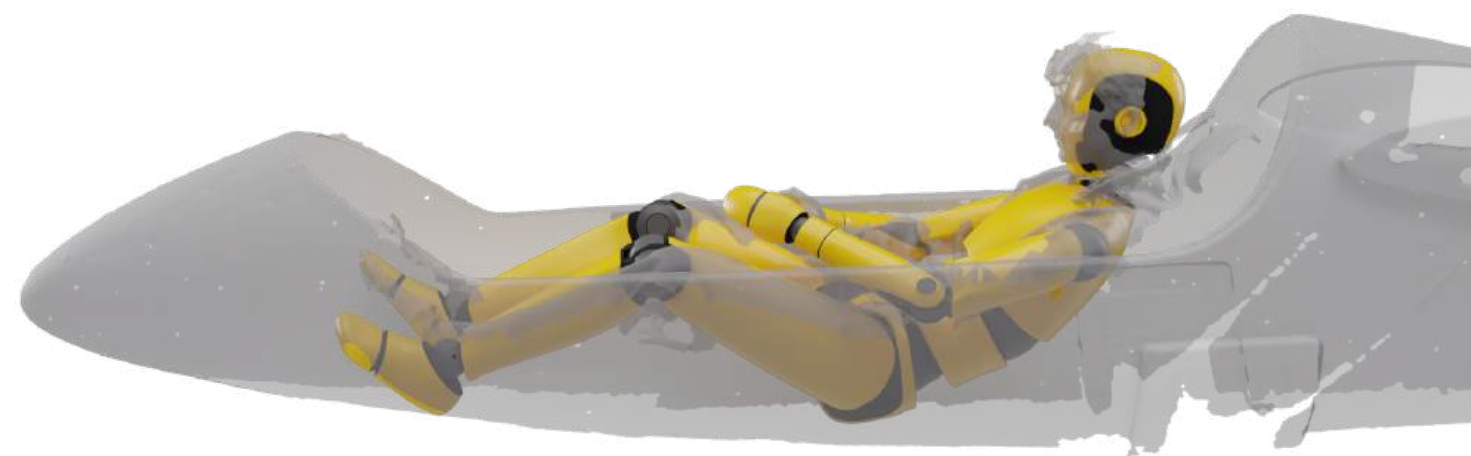
Analiza pozycji pilota

Prace rozpocząłem od analizy pozycji pilota za sterami szybowca. W tym celu skorzystałem ze skanów 3D wykonanych podczas wizyty w firmie SZD Allstar. Podczas jednego ze skanów zasiadłem w kabinie pilota, co umożliwiło precyzyjne zarejestrowanie pozycji osoby o wzroście 180 cm.

Aby dokładniej przeanalizować tę pozycję, wykorzystałem modele fantomów opracowane przez **mgr inż. arch. Mikołaja Trusia**. Fantomy te umożliwiają dowolne ustawienie ich w przestrzeni zgodnie z danymi antropometrycznymi. Przeskalowałem model do mojego wzrostu, a następnie odwzorowałem pozycję za sterami szybowca przy użyciu modelu trójwymiarowego.

Takie podejście pozwoliło mi na szczegółową analizę trójwymiarową zarówno pozycji, jak i zasięgów ruchów osoby pilotującej. Następnie powtórzyłem proces z wykorzystaniem fantomów reprezentujących piąty centyl kobiecy oraz 95 centyl męski. Umożliwiło mi to kompleksową ocenę konieczności regulacji i dostosowania kabiny do różnorodnych potrzeb pilotów.

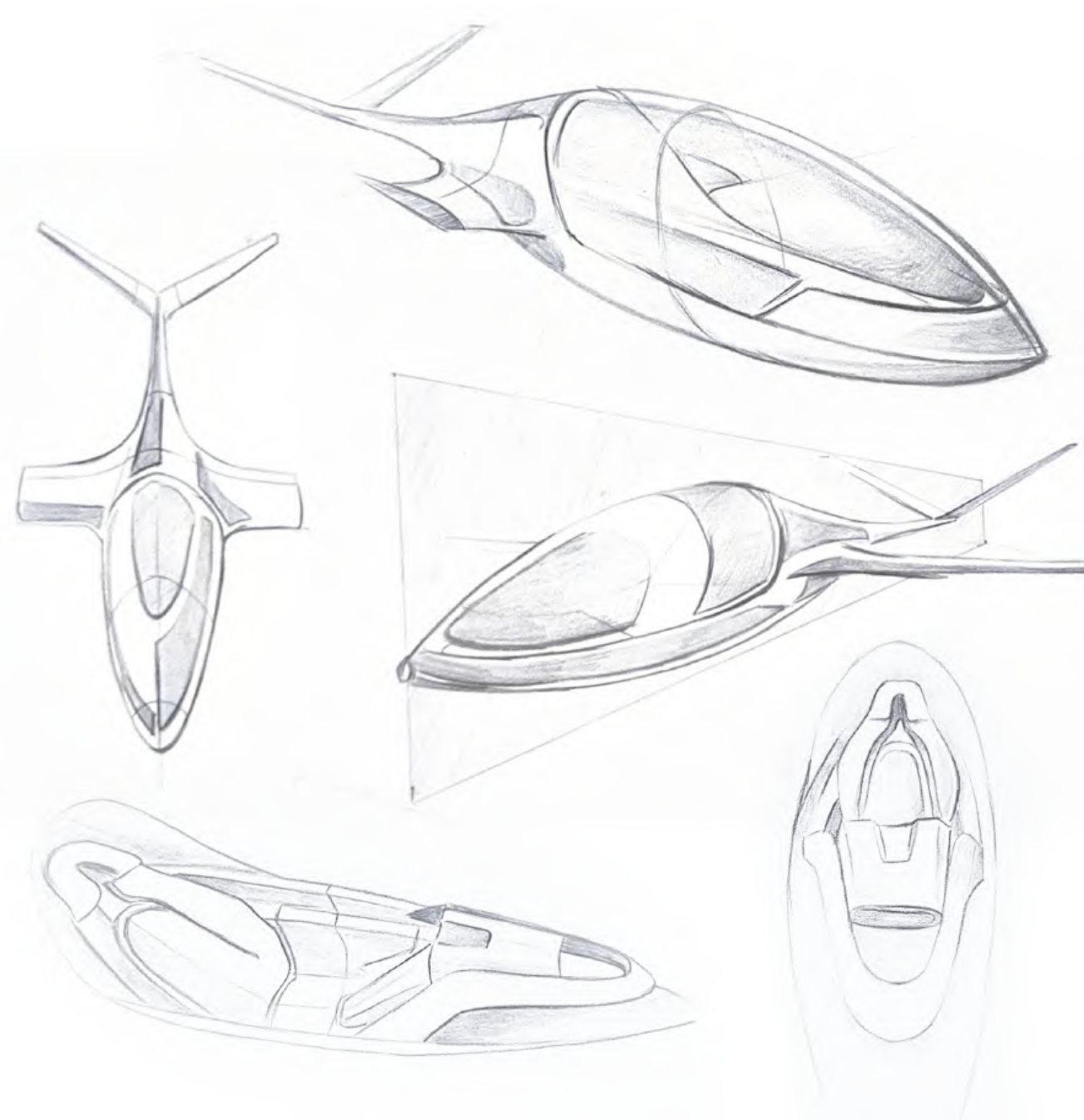
W celu zweryfikowania wcześniejszych założeń stworzyłem makietę ergonomiczną. Makieta ta pozwoliła mi sprawdzić założenia projektowe, ocenić miejsca wymagające dodatkowego podparcia, a także doświadczyć odczuć wynikających z dłuższego przebywania w kabinie.

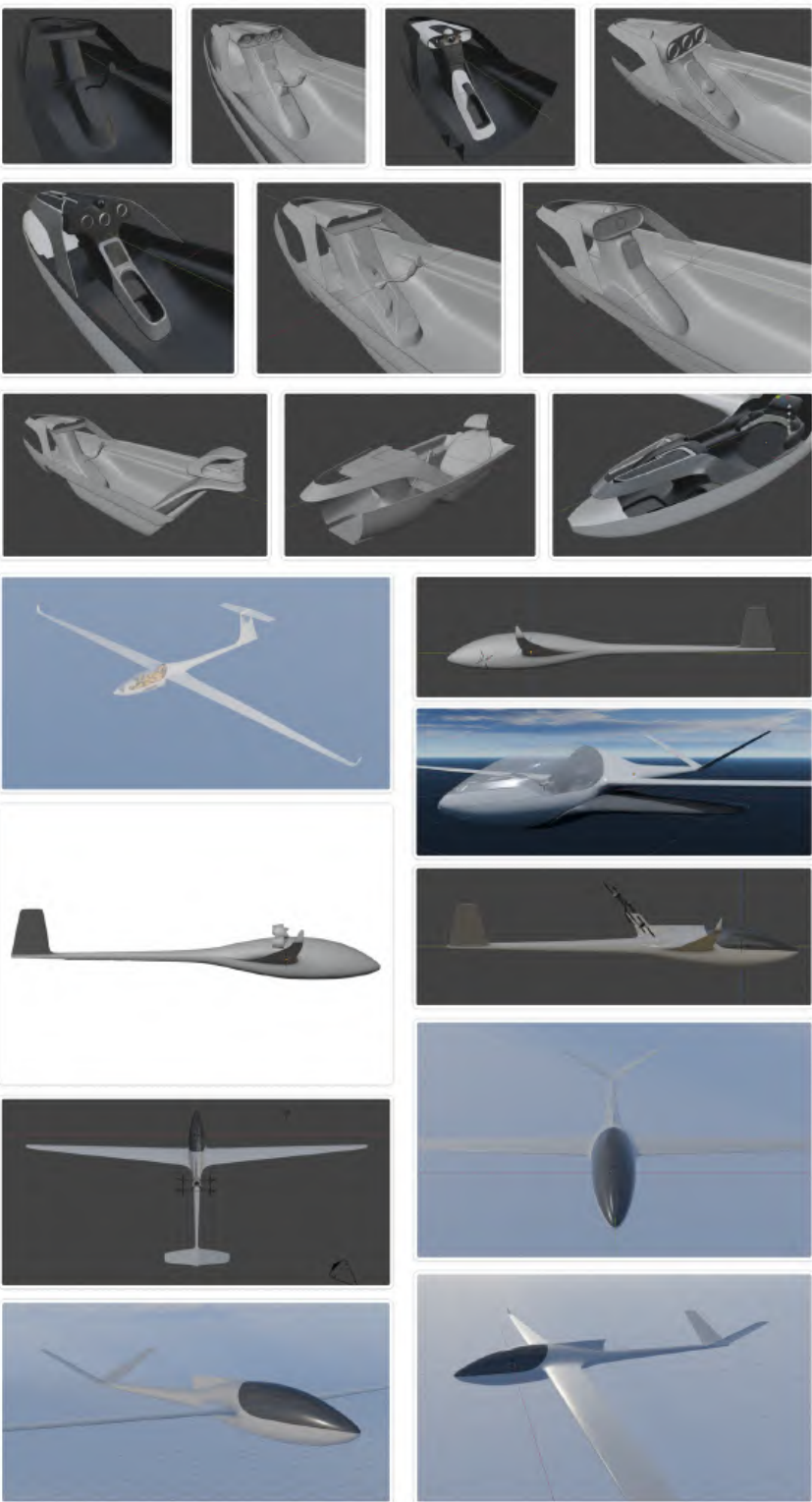




Szkice

Prace nad bryłą szybowca oraz wnętrzem jego kabiny rozpocząłem od odręcznych szkiców, którym następnie nadawałem trójwymiarową formę w programie poligonomowym Blender. Taka forma pracy pozwoliła mi na szybkie weryfikowanie koncepcji, których w poszukiwaniu finalnej formy stworzyłem łącznie kilkadziesiąt. Dawało mi to również możliwość druku 3D poszczególnych wersji i ocenianie ich w wymiarze fizycznym. Prace w środowisku trójwymiarowym opierałem na stworzonych wcześniej fantomach. Założyłem również, że ogólny zarys bryły kabiny i mocowania konstrukcyjne będą w tych samych miejscach co elementy na zeskanowanym szybowcu. Założenie takie pozwoliło na stworzenie zupełnie nowej formy, która jeśli spełniałaby oczekiwania firmy współpracującej, mogłaby zostać choć częściowo wdrożona do istniejących modeli, w elemencie takim jak np. fotel.

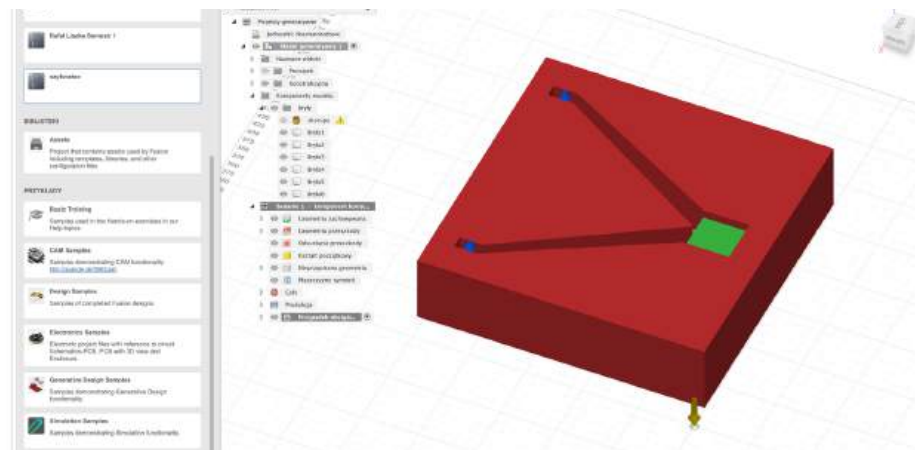




Dron wynoszący

Dotychczas wyniesienie szybowca w przestrzeń powietrzną wymagało użycia zewnętrznej siły, najczęściej w postaci wyciągarki lub samolotu holowniczego. Potencjalnym rozwiązaniem tego problemu może być dynamicznie rozwijająca się branża dronów. Bezzałogowe statki powietrzne mogłyby przejąć zadanie holowania szybowców, czyniąc ten proces bardziej zoptymalizowanym i efektywnym. W konsultacji z inżynierem **Piotrem Stefaniukiem** opracowaliśmy kluczowe założenia, na których oparłem dalszy rozwój koncepcji. Dla lekkich szybowców o masie około 500 kg (łącznie z pilotem) konieczny ciąg do wyniesienia wynosi około 400 N, a standardowy hol trwa zazwyczaj około 7 minut. Aby zapewnić odpowiednią moc oraz bezpieczny zapas siły nośnej, dron musiałby być wyposażony w osiem trójlopatowych śmigieł o wysokim skoku, napędzanych trójfazowymi silnikami bezszczotkowymi o mocy około 200 KV każdy. Zasilanie tego układu mogłoby opierać się na trzech połączonych szeregowo akumulatorach (6S LiPo 22,2V, 20 000 mAh.)

Na podstawie tych założeń oszacowałem wymagane gabaryty drona, które pozwoliłyby mu pełnić rolę holownika w praktycznych warunkach. Następnie przeszedłem do etapu szkiców i tworzenia próbných modeli 3D, aby nadać dronowi optymalną formę oraz precyzyjnie określić punkty kontaktu z szybowcem. Proces projektowania drona był ściśle powiązany z projektowaniem szybowca, ponieważ wymusił zastosowanie usterzenia w układzie V. Takie rozwiązanie zapewnia dronowi łatwiejszy dostęp do węzła konstrukcyjnego szybowca, minimalizując ryzyko jego uszkodzenia podczas holowania. Aby konstrukcja drona była jednocześnie wytrzymała i lekka, skorzystałem z techniki generatywnego projektowania w programie Fusion 360. Metoda ta pozwala na tworzenie optymalnych połączeń między elementami, uwzględniając przestrzeń ograniczającą oraz siły działające na konstrukcję.



↑
Programowanie mocowań
silników, z uwzględnieniem
działających na nie sił fusion
360

Zasada działania

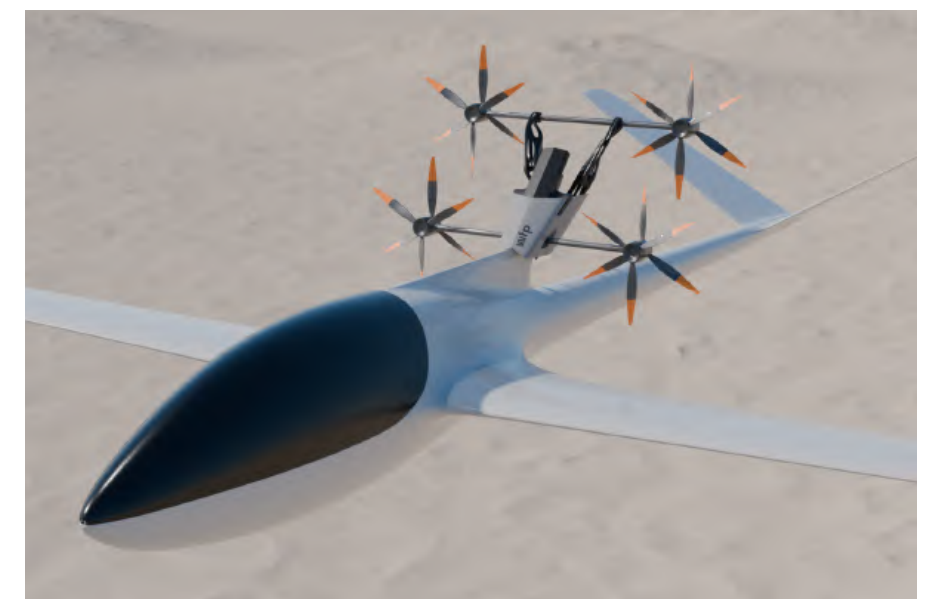
Dron, umieszczony na specjalnie zaprojektowanej stacji dokującej, pozostaje w stanie gotowości do startu. Po otrzymaniu sygnału od pilota za pośrednictwem dedykowanej aplikacji mobilnej, automatycznie uruchamia swoje systemy, a następnie wznosi się w powietrze. Dzięki precyzyjnemu systemowi nawigacyjnemu i algorytmom pozycjonowania, dron ustawia się dokładnie za szybowcem, a następnie bezpiecznie zakleszcza się na jego płetwie. Mechanizm blokujący został zaprojektowany w taki sposób, aby zapewnić stabilne i bezpieczne połączenie podczas holowania, jednocześnie umożliwiając szybkie rozłączenie w razie potrzeby.

Gdy dron i szybowiec są połączone, rozpoczyna się proces wznoszenia. Cała operacja jest nadzorowana przez pilota szybowca, który ma pełną kontrolę nad jej przebiegiem dzięki intuicyjnej aplikacji mobilnej. System umożliwia monitorowanie wysokości, prędkości wznoszenia oraz parametrów lotu w czasie rzeczywistym, co pozwala na precyzyjne dostosowanie trajektorii do warunków atmosferycznych.

Po osiągnięciu odpowiedniego pułapu i ustawieniu szybowca na optymalnej trajektorii lotu, dron automatycznie odczepia się od jego płetwy. Dzięki zaawansowanym algorytmom nawigacyjnym, bezpiecznie oddala się od szybowca, unikając turbulencji i kolizji, a następnie samodzielnie wraca do stacji dokującej, gdzie ląduje w trybie autonomicznym i przygotowuje się do kolejnej misji.



↑
Możliwa forma drona
z zachowaniem
podstawowych założeń
technicznych





Rozwój koncepcji

Moja kabina łączy minimalizm z funkcjonalnością. Konsola centralna została uproszczona i podzielona na intuicyjne strefy obsługi, co ułatwia sterowanie szybowcem. Ergonomiczne oparcie dopasowuje się do sylwetki pilota, równomiernie rozkładając nacisk i zwiększając komfort podczas lotu. Kolorystyka wnętrza została ożywiona, podkreślając sportowy charakter szybowania i poprawiając czytelność elementów sterowania. Dzięki tym zmianom kabina zapewnia wygodę, estetykę i pełną kontrolę nad maszyną.



Druga koncepcja

Pierwszy etap prac pozwolił na stworzenie przestrzeni do rozmów i dyskusji z wieloma autorytetami w dziedzinie szybownictwa, a także z projektantami i szybownikami. Nasze rozmowy często schodziły na inne możliwości rozwoju szybownictwa niż te opisane w pierwszej części pracy.

Porównując szybownictwo do żeglarstwa, warto zadać sobie pytanie: jaki odsetek żaglówek na jeziorze to jednostki wyczynowe, stworzone z myślą o biciu rekordów? Podobnie, gdy czarterujemy żaglówkę, jak często zwracamy uwagę na jej osiągi, a jak często na ilość miejsca w kajucie, możliwość wpłynięcia do zatoczki i złożenia żagla? Te dygresje rzuciły nowe światło na możliwości realizacji mojego licencjatu, dlatego postanowiłem stworzyć kolejną koncepcję. Jej celem było dostosowanie szybowca do potrzeb użytkownika poprzez zwiększenie jego funkcjonalności rozwiązaniami takimi jak:

1. Możliwość obsługi szybowca przez jedną osobę,
2. Możliwość składania skrzydeł i transportu samochodem bez konieczności posiadania specjalnych uprawnień,
3. Zdolność do samostartu bez użycia zewnętrznej siły,
4. Zmianę pozycji pilota z leżącej na bardziej przypominającą pozycję kierowcy samochodu. Obecna pozycja leżąca jest zoptymalizowana pod kątem osiągnięć szybowca, zmniejsza do minimum przekrój poprzeczny kadłuba, co pozwala na redukcję oporu aerodynamicznego. Jednak ma ona również wady. Pilot trzyma ręce na drążku nad poziomem komory serca, co po dłuższym czasie może powodować dyskomfort i zmęczenie.

Drugim istotnym aspektem jest chęć obniżenia bariery wejścia do szybownictwa dla osób, które nie miały wcześniej styczności z tym sportem. Jeśli kokpit bardziej przypominałby wnętrze samochodu, stałby się bardziej przystępny dla nowych użytkowników, a próg wejścia byłby niższy.

Podsumowując, celem tej koncepcji jest maksymalne dostosowanie szybowca do potrzeb odbiorcy oraz znalezienie kompromisu pomiędzy osiągnięciami a komfortem lotu dla osób latających rekreacyjnie

Założenia projektowe

- 1. Samodzielna obsługa**
Konstrukcja umożliwiająca obsługę szybowca przez jedną osobę bez konieczności pomocy zewnętrznej.
- 2. Łatwy transport i przechowywanie**
Możliwość składania skrzydeł.
Transport samochodem osobowym bez potrzeby posiadania specjalnych uprawnień.
- 3. Samodzielny start**
Szybowiec powinien być zdolny do samostartu bez użycia zewnętrznych urządzeń (np. wyciągarki, holowania przez samolot).
- 4. Ergonomia i komfort pilota**
Zmiana pozycji pilota z leżącej na bardziej przypominającą pozycję kierowcy samochodu.
Zmniejszenie zmęczenia pilota poprzez poprawę ergonomii układu sterowania i ułożenia rąk.
- 5. Dostosowanie do użytkowników rekreacyjnych**
Zaprojektowanie kabiny w sposób intuicyjny i przyjazny dla osób niezwiązanych wcześniej z szybownictwem.
Zmniejszenie bariery wejścia dla nowych użytkowników poprzez ergonomiczne i znajome rozwiązania inspirowane motoryzacją.
- 6. Optymalizacja osiągnięć i wygody**
Znalezienie kompromisu między wysokimi osiągnięciami aerodynamicznymi a komfortem użytkowania.
Redukcja oporu aerodynamicznego przy zachowaniu jak najlepszych właściwości lotnych.
- 7. Łatwa eksploatacja**
Konstrukcja ułatwiająca hangarowanie i codzienne użytkowanie.
Możliwość szybkiego przygotowania szybowca do lotu.
- 8. Uniwersalność zastosowania**
Szybowiec powinien nadawać się zarówno dla doświadczonych pilotów, jak i osób latających rekreacyjnie.
Możliwość użytkowania w różnych warunkach atmosferycznych i terenowych.



Foto: ze zbiorów Wojciecha Gorgolewskiego (GORPOL)

Inspiracja

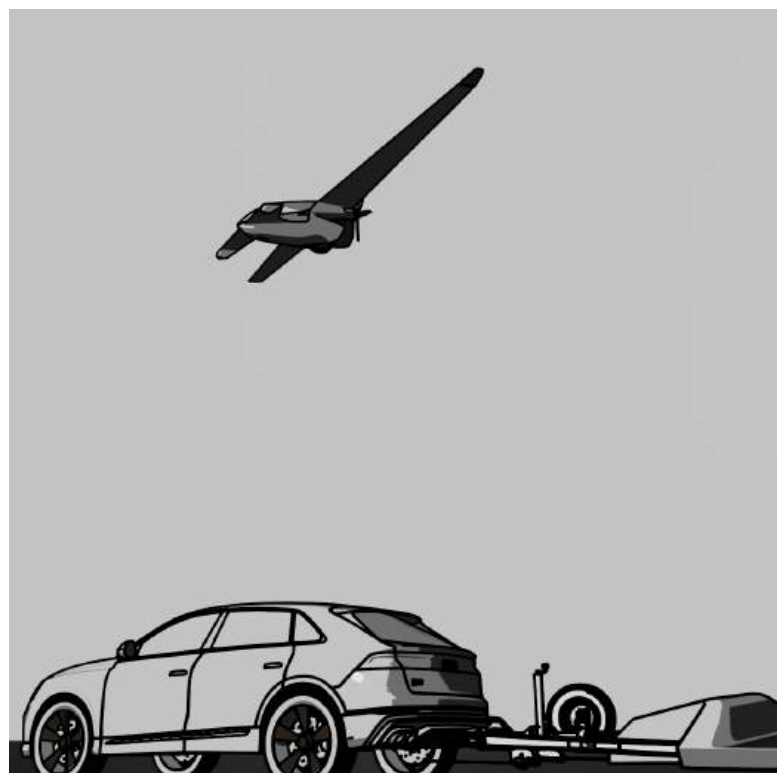
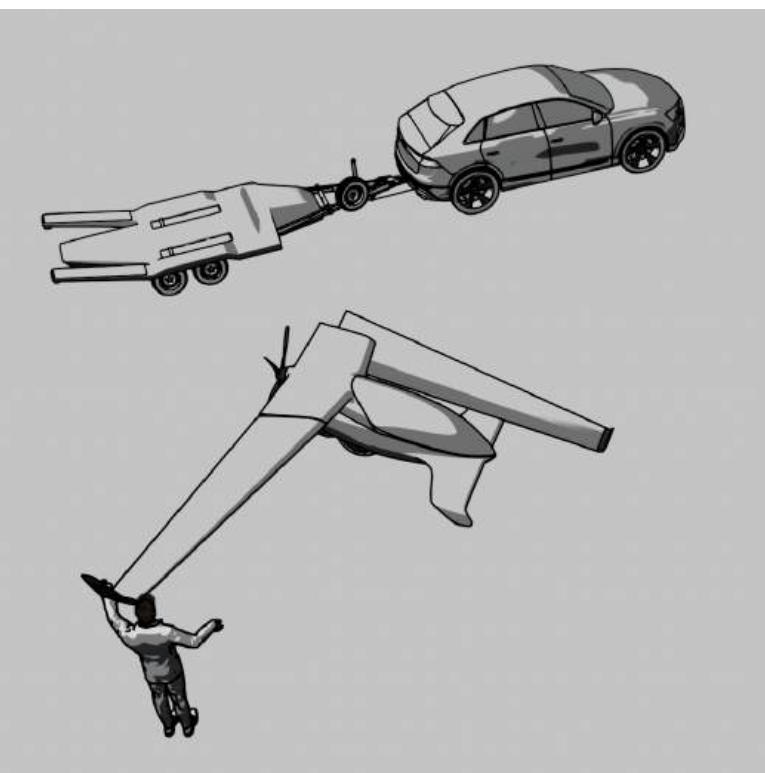
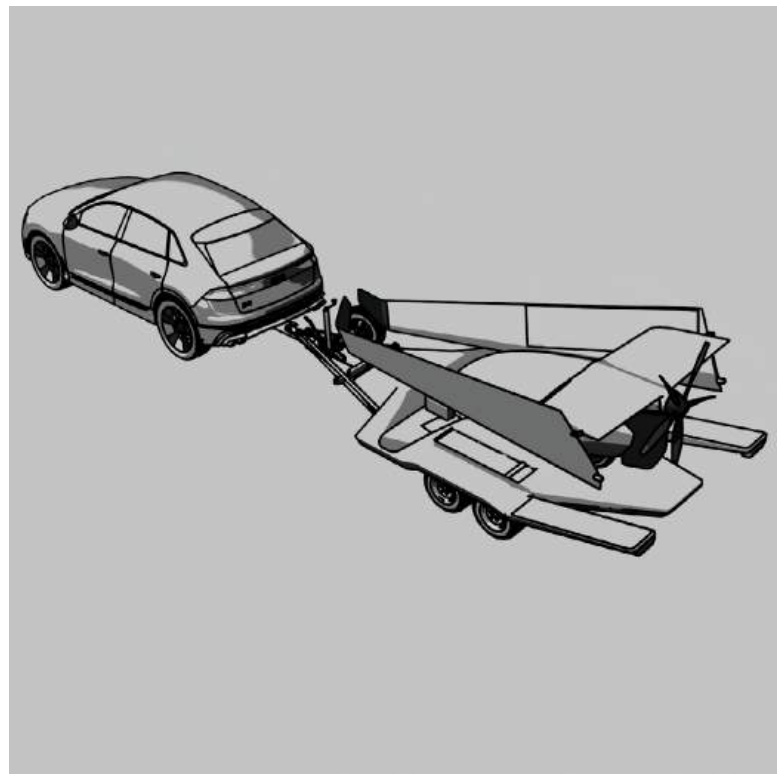
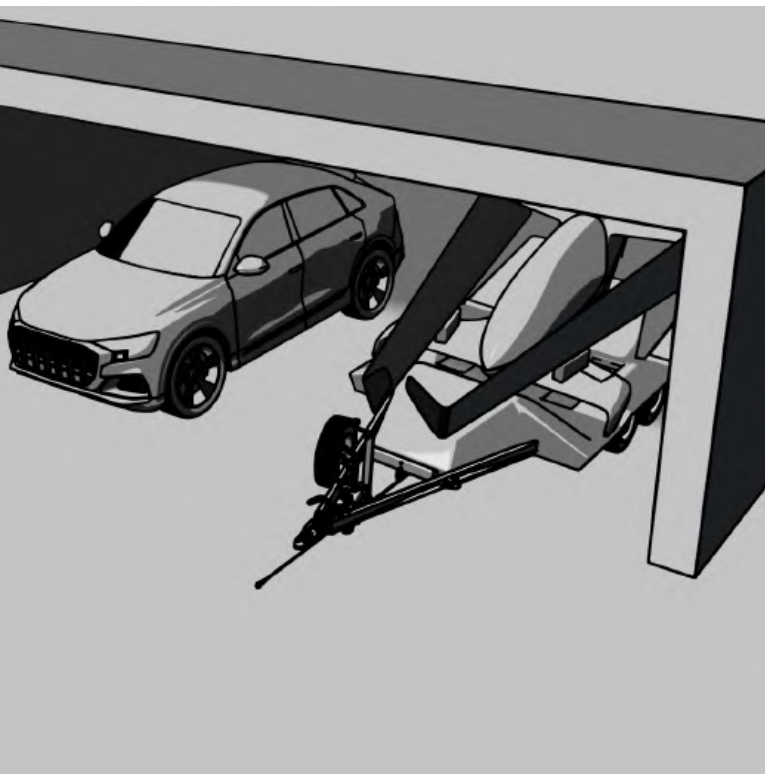
Inspiracją do rozwoju tej koncepcji stał się szybowiec IS-5 Kaczka. Od momentu, gdy po raz pierwszy zobaczyłem tę konstrukcję, zafascynowały mnie jej rozwiązania techniczne i stały się one bodźcem do opracowania własnej koncepcji. Charakterystyczna bryła szybowca, oparta na układzie tzw. „kaczki”, umożliwia zmniejszenie jego gabarytów, co znacznie ułatwia transport i przechowywanie.

Zastosowanie układu górnopłatowego poprawia ergonomię, pozwalając na wygodniejszą pozycję pilota, co zwiększa komfort lotu. Dodatkowo, brak klasycznej tylnej części kadłuba daje możliwość montażu napędu śmigłowego bez ingerencji w pole widzenia pilota i jego wrażenia z lotu. Takie rozwiązanie może znacząco poprawić efektywność całej konstrukcji.

Projekt ten stał się inspiracją do dalszego rozwoju moich koncepcji, ponieważ jego wartość leży nie tylko w nowoczesnym designie, ale przede wszystkim w innowacyjnych rozwiązaniach technologicznych. Jak można dowiedzieć się z informacji zamieszczonych na stronie „Polskie szybowce i konstrukcje amatorskie”, cytując:

„Szybowiec doświadczalny IS-5 „Kaczka” został skonstruowany przez inż. T. Kostię i inż. I. Kaniewską. Była to konstrukcja eksperymentalna, która przyniosła wiele doświadczeń dotyczących aerodynamiki i zachowania się w locie. Kadłub drewniany, skorupowy. Tył kadłuba był rozchylany - jako hamulec aerodynamiczny. Płyty brzegowe na końcach płatów, służyły jako ster kierunku, wychylając się tylko na zewnątrz i działały jako hamulec aerodynamiczny wychylając się jednocześnie na zewnątrz. Badań dokonywano testując szybowiec w kilku konfiguracjach. W jednym z wariantów zwiększono powierzchnie sterów kierunku poprzez donitowanie odpowiednich blach, w innym powiększano w podobny sposób ster wysokości a na koniec po stwierdzeniu małej skuteczności hamulca aerodynamicznego w postaci rozchylanych klap tyłu kadłuba. Na gwintowanym pręcie poruszającym korbką i służącym w pierw do obsługi tegoż hamulca, umieszczono 15 kilogramowy ciężarek do zmiany środka ciężkości w locie! Szybowiec z numerem SP-821 oblatał inż. P. Mynarski, startując w pierw na małą wysokość za windą a dopiero po koniecznym dopasowaniu środka ciężkości na holu za samolotem. W 1951 r. zaprzestano eksperymentów, do których wrócono dopiero w 1957 r. Ogólnie przelatano na „Kaczce” w różnych warunkach atmosferycznych ponad 35 godzin w 117 lotach. Według latających na niej pilotów, był to dobry szybowiec niosący duże nadzieje na sukces testowanego systemu. Jedyny egzemplarz tego ciekawego szybowca uległ całkowitemu zniszczeniu w 1961 r. w pożarze hangaru Aeroklubu Łódzkiego.”

IS-5 Kaczka, [online]: <https://www.piotrp.de/is-5-kaczka.html>, dostęp: 25 lutego 2024



Scenariusz użytkowy

Rozwiązania zaimplementowane w projekcie mają na celu przybliżenie szybownictwa do szerszego grona odbiorców. Poza naturalną grupą docelową, jaką są aerokluby, chciałbym, aby szybowiec stał się także atrakcyjny dla użytkowników indywidualnych. Dzięki zastosowanym rozwiązaniom szybowiec może startować nie tylko z lotnisk, ale również z lądowisk przeznaczonych dla samolotów ultralekkich, których liczba w Polsce dynamicznie rośnie. Tak szeroka dostępność miejsc startowych sprawia, że możliwe jest wykreowanie trendu posiadania własnego szybowca do rekreacyjnych lotów. Przy założeniu, że koszt konstrukcji byłby porównywalny z autem wyższej klasy, mogłoby to zachęcić do inwestycji w tego typu środek transportu i rozrywki.

Poniżej przedstawiam scenariusz użytkowy, obrazujący, jak mogłoby wyglądać posiadanie i użytkowanie takiego szybowca:

1. Przygotowanie do lotu

W garażu, obok samochodu, stoi szybowiec na dedykowanej przyczepie, umożliwiającej jego transport do miejsca startu. W dni, gdy pogoda sprzyja lotom, właściciel może spontanicznie zdecydować się na lot, korzystając ze śmigła wspomagającego, które pozwala na latanie nawet w gorszych warunkach.

2. Transport na miejsce startu

Szybowiec, zamocowany na przyczepie, może być przewieziony do wybranego lądowiska bez konieczności angażowania osób trzecich. Nie wymaga specjalistycznej logistyki, a jego mobilność sprawia, że właściciel może korzystać z wielu dostępnych miejsc startowych bez ograniczeń.

3. Przygotowanie do startu

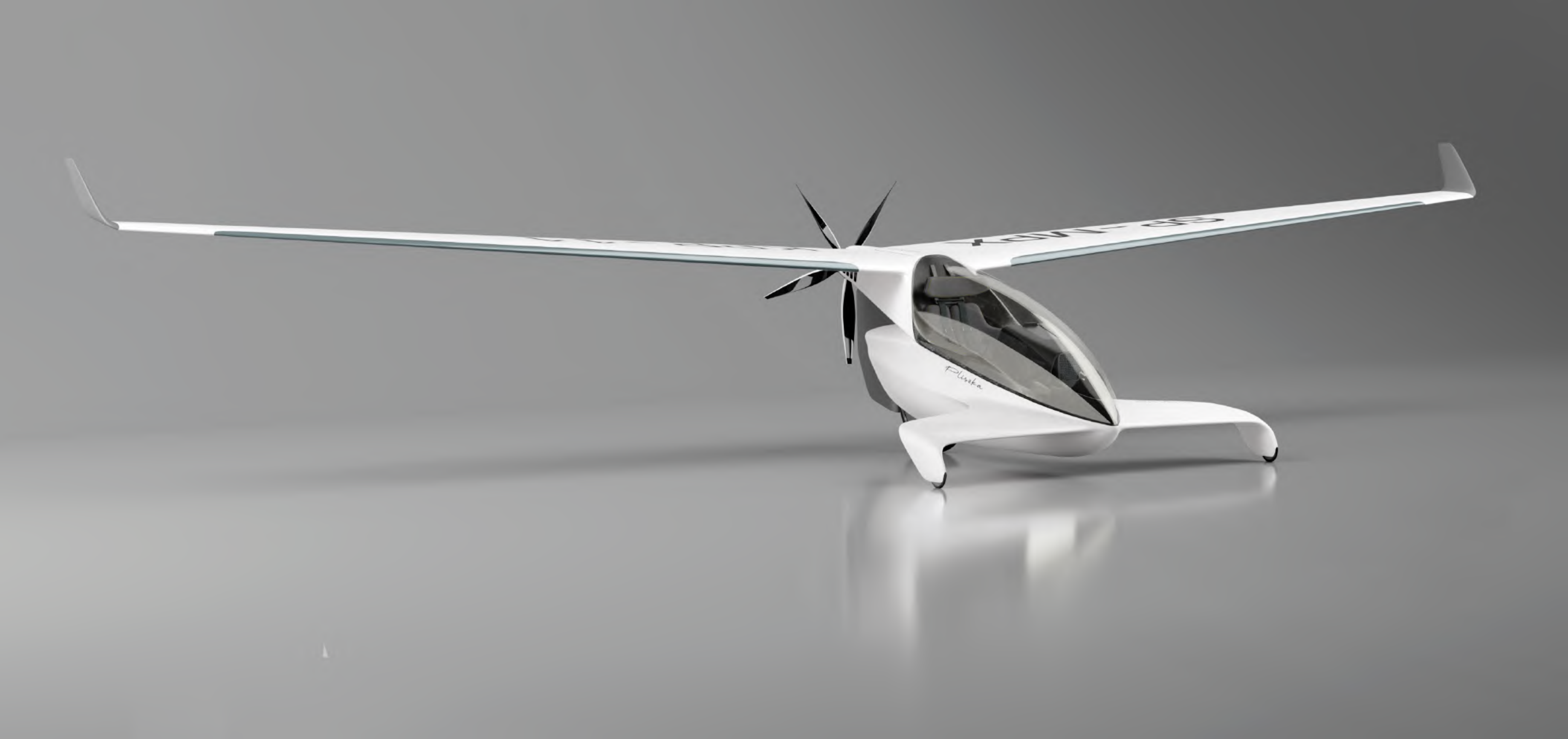
Po dotarciu na miejsce można rozpocząć przygotowania do lotu. Procedura obejmuje rozłożenie skrzydeł oraz standardową kontrolę maszyny przed lotem, zgodną z zasadami bezpieczeństwa w lotnictwie. Wszystkie te czynności mogą być wykonane samodzielnie, bez potrzeby wsparcia dodatkowej obsługi technicznej.

4. Start i lot

Po zakończeniu przygotowań można wystartować. Proces ten jest prosty i nie wymaga wsparcia obsługi technicznej. W razie potrzeby pilot może uruchomić śmigło, co zwiększa bezpieczeństwo i eliminuje obawy związane z koniecznością poszukiwania noszeń termicznych.

5. Podsumowanie

Zastosowane rozwiązania mogą uczynić szybownictwo bardziej dostępnym. Obniżona bariera wejścia oraz komfort psychiczny wynikający z posiadania wspomagania napędem i zaawansowanych systemów bezpieczeństwa mogą pozytywnie wpłynąć na rozwój branży. Możliwość przechowywania szybowca w garażu i używania go w dowolnym momencie sprawia, że ma on duży potencjał rynkowy.



Sylwetka

Wizualizacja przedstawia sylwetkę zaproponowanego przeze mnie rozwiązania. Całość opiera się na wcześniej opisanej konstrukcji „kaczka”, w której eliminujemy tylną część szybowca, charakterystyczną dla klasycznych rozwiązań. Takie podejście niesie ze sobą wiele zalet, ale również pewne wyzwania.

Jednakże projekt ten powstawał we współpracy z wieloma specjalistami z dziedziny lotnictwa, co pozwoliło znaleźć skuteczne rozwiązania dla potencjalnych wad. Sama bryła szybowca jest ściśle powiązana z jego funkcjonalnością oraz zastosowanymi innowacjami, które nadają projektowi realną wartość. Szczegóły tych rozwiązań zostaną omówione w kolejnych etapach pracy.



→
Szybowiec fox

→
Typografia szybowca
„Halny”

→
Typografia zainspirowana
dziedziectwem szybownictwa,
krój pisma (Mayonice)

→
Pliszka siwa (Motacilla alba)

Nazwa

Chciałem, aby projekt nawiązywał do tradycji i korzeni szybownictwa, nie był jedynie futurystyczną wizją, ale także hołdem dla jego historii. Jednym z charakterystycznych elementów tej dyscypliny są nazwy szybowców, są one bardzo charakterystyczne i nawiązujące do natury np: „Żuraw”, „Sęp” czy „Jastrząb”. Ta piękna tradycja, połączona z odważną typografią, stanowi część dziedzictwa, które chciałem uwzględnić w moim projekcie.



Nazewnictwo szybowców jest dla mnie szczególnie interesujące, ponieważ wynika nie tylko z pomysłu autora, ale także wpływa na kształt linii samej konstrukcji. W szybowcu „Fox” bez trudu dostrzegam sylwetkę lisa, a w szybowcu „Kaczka” charakterystyczne kształty tego ptaka.

Inspiracją do mojego projektu stała się Pliszka. Zafascynowała mnie nie tylko jej kolorystyka, ale także temperament. Pliszki to odważne, ciekawskie ptaki, które nie boją się kontaktu z człowiekiem. Sporą część życia spędzają na ziemi w poszukiwaniu pożywienia, zadowolając się nawet niewielkim skrawkiem odkrytej przestrzeni. Podobnie jak one, mój szybowiec potrzebuje jedynie niewielkiego fragmentu pola, by wznieść się w powietrze.

Pliszka





Trend posiadania

Jednym z kluczowych czynników, który może wpłynąć na popularyzację i rozwój szybownictwa, jest wzrost prywatnej sprzedaży szybowców. Obecnie większość maszyn znajduje się w posiadaniu aeroklubów, a indywidualni właściciele stanowią niewielką część rynku. Ta sytuacja wynika z ograniczeń logistycznych, wysokich kosztów użytkowania oraz przekonania, że szybownictwo jest sportem wymagającym zaawansowanego zaplecza technicznego i organizacyjnego.

Zmiana tego postrzegania poprzez stworzenie szybowca dostosowanego do obsługi przez jedną osobę może znacząco wpłynąć na rozwój tej branży. Przekształcenie wizerunku szybownictwa z elitarnej pasji dostępnej tylko dla wąskiej grupy specjalistów w atrakcyjną formę rekreacji dla szerszego grona entuzjastów może nie tylko zwiększyć zainteresowanie tą dziedziną, ale również wpłynąć na ekonomię całego sektora.

Wprowadzenie lekkiego, mobilnego szybowca, który można przechowywać w przydomowym garażu i przewozić zwykłym samochodem, może zrewolucjonizować sposób, w jaki ludzie myślą o lataniu. Dzięki kompaktowej konstrukcji i składanym skrzydłom stanie się on łatwy w transporcie i użytkowaniu, eliminując konieczność stałego dostępu do hangaru czy lotniska. Taki model użytkowania sprawi, że szybownictwo może stać się równie przystępne jak żeglarsstwo czy motoryzacja, gdzie posiadanie własnej łodzi lub samochodu nie jest już domeną wyłącznie zawodowców.

Co więcej, szybownictwo może stać się nie tylko formą aktywnego wypoczynku, ale także symbolem nowoczesnego stylu życia. Możliwość posiadania eleganckiego, funkcjonalnego i innowacyjnego statku powietrznego wpisuje się w trend posiadania dóbr luksusowych, które nie tylko dostarczają emocji, ale również podkreślają indywidualizm właściciela. Taki szybowiec może stać się prestiżowym dodatkiem, łączącym nowoczesną technologię, ekologię i swobodę podróżowania.

Podsumowując, popularyzacja prywatnego posiadania szybowców mogłaby znacząco przyczynić się do rozwoju tej dziedziny lotnictwa. Oferując użytkownikom mobilność, łatwość obsługi i niezależność, szybownictwo ma szansę stać się bardziej dostępne i powszechne, zmieniając sposób, w jaki myślimy o lataniu rekreacyjnym.



Transport

Już wielokrotnie wspominałem o możliwości transportu szybowca, ponieważ uważam, że jest to kluczowy aspekt, który może przesądzić o sukcesie rynkowym. Możliwość przewożenia szybowca za pomocą przyczepki, bez konieczności jego demontażu na poszczególne elementy, a jedynie poprzez złożenie go w bardziej kompaktową formę, stanowi ogromną zaletę. Szczególnie istotne jest to, aby cały proces mógł być przeprowadzony przez jedną osobę, co zwiększa wygodę i dostępność sprzętu dla użytkowników.

Taki system transportu niesie ze sobą wiele korzyści. Przede wszystkim eliminuje potrzebę specjalistycznych pojazdów transportowych, umożliwiając przewożenie szybowca zwykłym samochodem osobowym. Dzięki temu piloci mogą swobodnie podróżować pomiędzy lotniskami i miejscami startu, bez konieczności angażowania dodatkowego personelu czy drogich usług transportowych.

Dodatkową zaletą jest oszczędność czasu i uproszczenie logistyki. W tradycyjnych systemach transportu konieczność rozkładania i ponownego składania szybowca przed i po locie bywa czasochłonna i wymaga specjalistycznej wiedzy. Szybowiec ze składanymi skrzydłami pozwala na znacznie szybsze przygotowanie do lotu, co czyni go bardziej praktycznym narzędziem dla pilotów rekreacyjnych oraz sportowych.

Dzięki kompaktowej formie po złożeniu łatwiej jest przechowywać szybowiec, zarówno w hangarze, jak i w domowych warunkach. Możliwość przechowywania go na stosunkowo niewielkiej przyczepie zmniejsza koszty wynajmu przestrzeni na lotniskach, co stanowi istotny czynnik ekonomiczny dla wielu użytkowników.

Warto również podkreślić korzyści związane z bezpieczeństwem. Transport w jednej, stabilnej formie zmniejsza ryzyko uszkodzeń wynikających z demontażu i montażu poszczególnych elementów. Dodatkowo, mniejsza liczba połączeń strukturalnych może wpłynąć pozytywnie na wytrzymałość i długowieczność konstrukcji szybowca.

Podsumowując, szybowiec ze składanymi skrzydłami, który można transportować na przyczepie za pomocą standardowego samochodu, to innowacyjne rozwiązanie, które zwiększa mobilność pilotów, obniża koszty eksploatacji i podnosi wygodę użytkowania. Dzięki temu sprzęt staje się dostępny dla szerszego grona odbiorców, co może znacząco wpłynąć na jego popularność na rynku lotniczym.



Hangarowanie

Kompaktowość to nie tylko zaleta, z której mogą korzystać odbiorcy indywidualni, ale także rozwiązanie korzystne dla aeroklubów. Tradycyjne szybowce zajmują dużo miejsca w hangarze, co znacząco utrudnia ich organizację i dostępność. Poruszanie się wokół nich bywa kłopotliwe, aby dostać się do ogona klasycznego szybowca, często trzeba obejść go dookoła. Dodatkowo, przesuwanie szybowca z jednego miejsca na drugie wymaga sporej przestrzeni, aby uniknąć ryzyka uszkodzenia jego konstrukcji przez przypadkowe uderzenie w inny obiekt.

W przypadku klasycznych modeli przesunięcie szybowca w pojedynkę jest niemal niemożliwe, co dodatkowo komplikuje proces hangarowania i organizacji przestrzeni. Dlatego rozwiązanie składanej, mobilnej konstrukcji szybowca, opartej na trzech punktach podparcia, to innowacyjna i obiecująca koncepcja, która może znacząco poprawić funkcjonalność i użytkowanie tego typu statków powietrznych.

Zalet takiego rozwiązania jest wiele. Po pierwsze, zmniejszone gabaryty szybowca po złożeniu pozwalają na lepsze wykorzystanie dostępnej przestrzeni w hangarze, umożliwiając przechowywanie większej liczby jednostek. Po drugie, mobilność i możliwość łatwego przesuwania szybowca pozwalają na efektywniejszą logistykę, zmniejszając potrzebę angażowania wielu osób przy manewrowaniu. Dzięki trzem punktom podparcia szybowiec może być stabilniejszy podczas przechowywania i przemieszczania, co zmniejsza ryzyko przypadkowych uszkodzeń.

Dodatkowo, mobilny szybowiec ułatwia operacje na mniejszych lotniskach i w miejscach o ograniczonej infrastrukturze, gdzie przestrzeń do przechowywania jest na wagę złota. Takie rozwiązanie sprzyja również aeroklubom, które mogą optymalizować swoje zasoby, redukując koszty związane z koniecznością budowy dużych hangarów.



Bezpieczeństwo

Bezpieczeństwo powinno być synonimem lotnictwa. Niestety, w szybownictwie nie jest ono na takim poziomie jak w lotnictwie komercyjnym. Większość szybowców nie posiada zaawansowanych systemów bezpieczeństwa, które mogłyby zapobiec wypadkom lub zminimalizować ich skutki. Jednak rozwój technologii umożliwia wdrażanie nowoczesnych rozwiązań nawet w tak lekkich jednostkach jak szybowce i motoszybowce.

W mojej koncepcji kluczowym elementem zapewniającym bezpieczeństwo jest silnik. W sytuacji kryzysowej pozwala on na powrót na lotnisko, eliminując konieczność awaryjnego lądowania w nieznanym terenie. To rozwiązanie znacząco zwiększa szanse pilota na bezpieczny powrót i zmniejsza ryzyko uszkodzeń sprzętu.

Jednak w powietrzu mogą wystąpić sytuacje, na które pilot nie ma wpływu, takie jak awaria mechaniczna. W takich przypadkach proponuję zastosowanie systemu spadochronowego, znanego z jednostek ultralekkich. Dzięki niskiej wadze mojego szybowca możliwe jest użycie kompaktowego spadochronu, który w sytuacji awaryjnej skutecznie wyhamuje prędkość i umożliwi bezpieczne lądowanie.

Przykładową sytuacją w której może zostać użyty to poważna awaria mechaniczna w locie, spowodowana np. kolizją z innym obiektem lub nadmiernym przeciążeniem konstrukcji. W takich okolicznościach pilot może stracić kontrolę nad szybowcem, a spadochron pozwoli na stabilizację lotu i sprowadzenie maszyny na ziemię w sposób bezpieczny dla pilota.

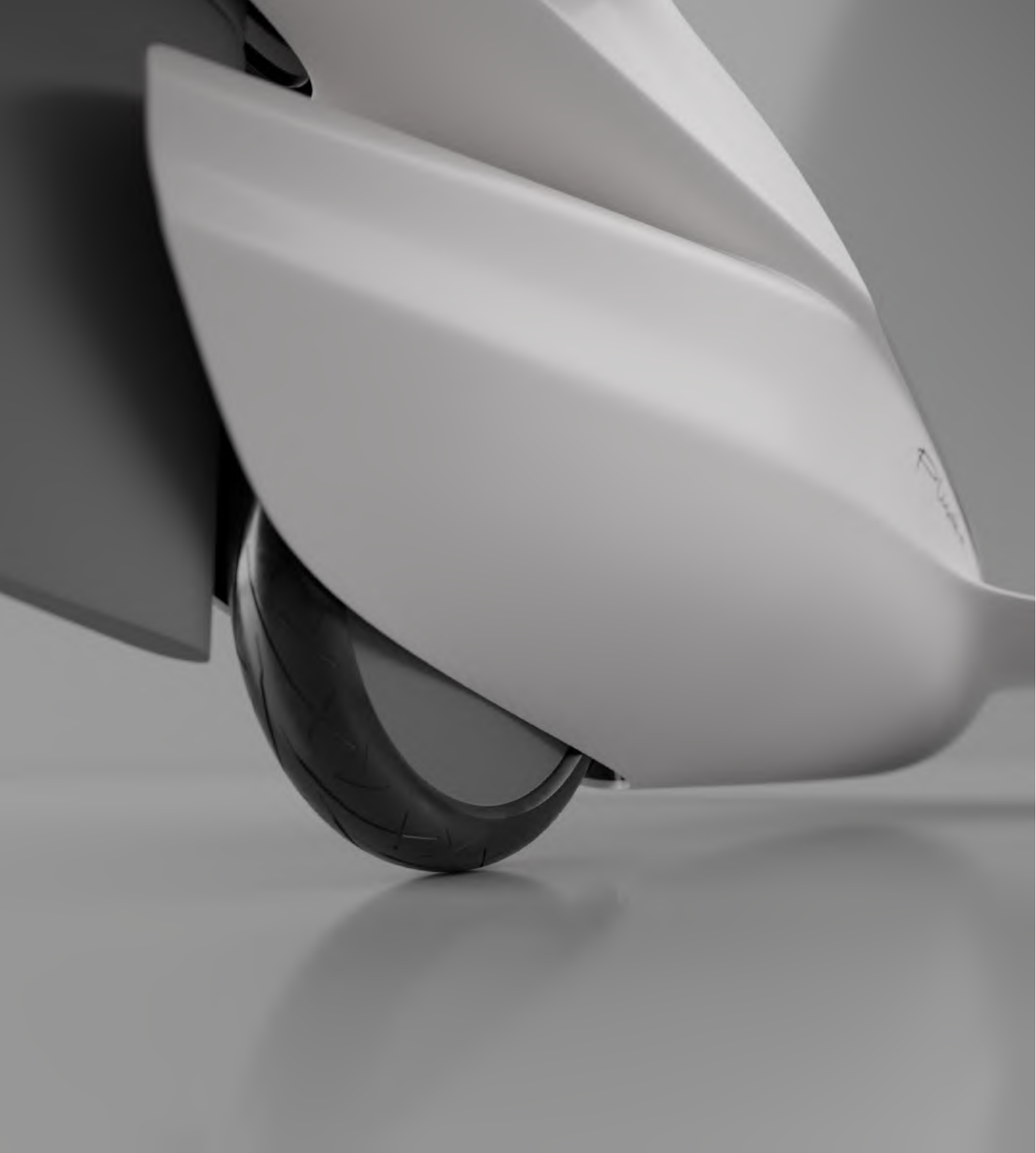
Dzięki tym rozwiązaniom bezpieczeństwo w szybownictwie może osiągnąć nowy poziom, dając pilotom większą pewność siebie oraz minimalizując ryzyko wypadków. Integracja silnika wspomagającego oraz systemu spadochronowego to krok w stronę przyszłościowego podejścia do konstrukcji nowoczesnych szybowców, które łączą innowacyjność z maksymalnym bezpieczeństwem.



Przykładowe wykorzystanie spadochronu w samolocie ultralekkim



18



Przykład koła z wbudowanym silnikiem elektrycznym

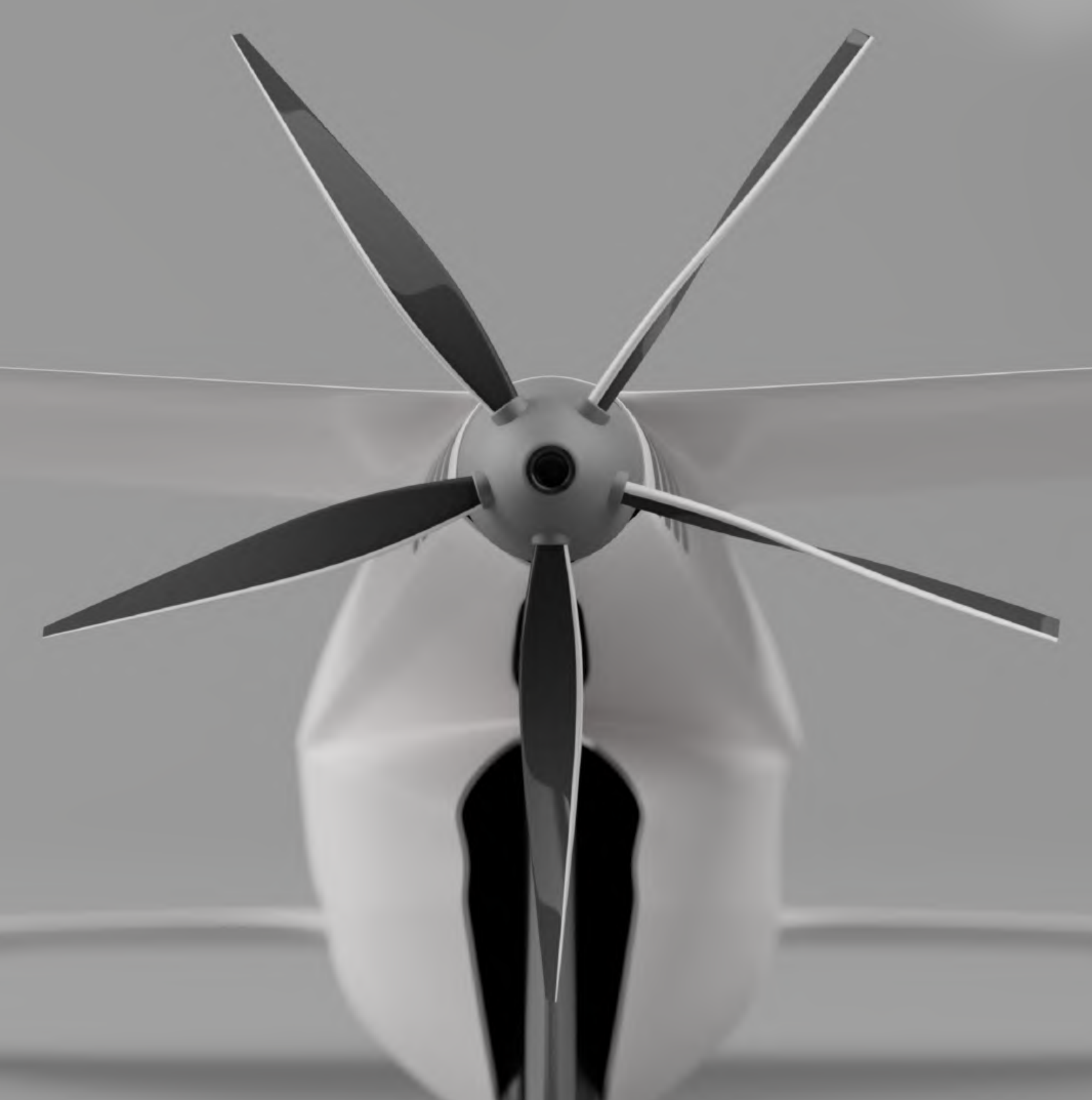
Napęd podczas startu

Szybowiec podczas lotu nie wymaga dużych sił napędowych, aby kontynuować lot, ponieważ generuje stosunkowo niewielki opór aerodynamiczny. Współczynnik oporu aerodynamicznego (C_d) dla szybowców wynosi zwykle od 0.02 do 0.05, co oznacza, że do utrzymania lotu wystarczy stosunkowo niewielka siła oporu powietrza. Obliczenia wskazują, że aby skutecznie holować szybowiec w powietrzu, wystarczy siła ciągu rzędu około 20N. Jednak start wymaga znacznie większej mocy, ponieważ szybowiec musi osiągnąć prędkość około 80 km/h, aby oderwać się od ziemi i rozpocząć lot.

To kluczowe założenie skłoniło mnie do poszukiwań alternatywnych metod napędzania szybowca, które mogłyby wspomóc go w fazie startu. Skoro moc potrzebna do kontynuowania lotu jest znacznie mniejsza niż moc potrzebna do oderwania się od ziemi, warto rozważyć dodatkowy system wspomagania startu, który nie będzie obciążał konstrukcji podczas samego lotu.

Jednym z najbardziej obiecujących rozwiązań okazało się zastosowanie kół z wbudowanymi silnikami elektrycznymi, znanych m.in. z rowerów i motocykli elektrycznych. Koła takie, wyposażone w silniki o mocy około 24 kW, mogą zapewnić duże przyspieszenie dzięki wysokiemu momentowi obrotowemu. Przy wsparciu dodatkowego śmigła taki system mógłby rozpędzić szybowiec do wymaganej prędkości startowej (80 km/h) na dystansie niecałych 70 metrów, co jest znakomitym wynikiem w porównaniu do innych metod



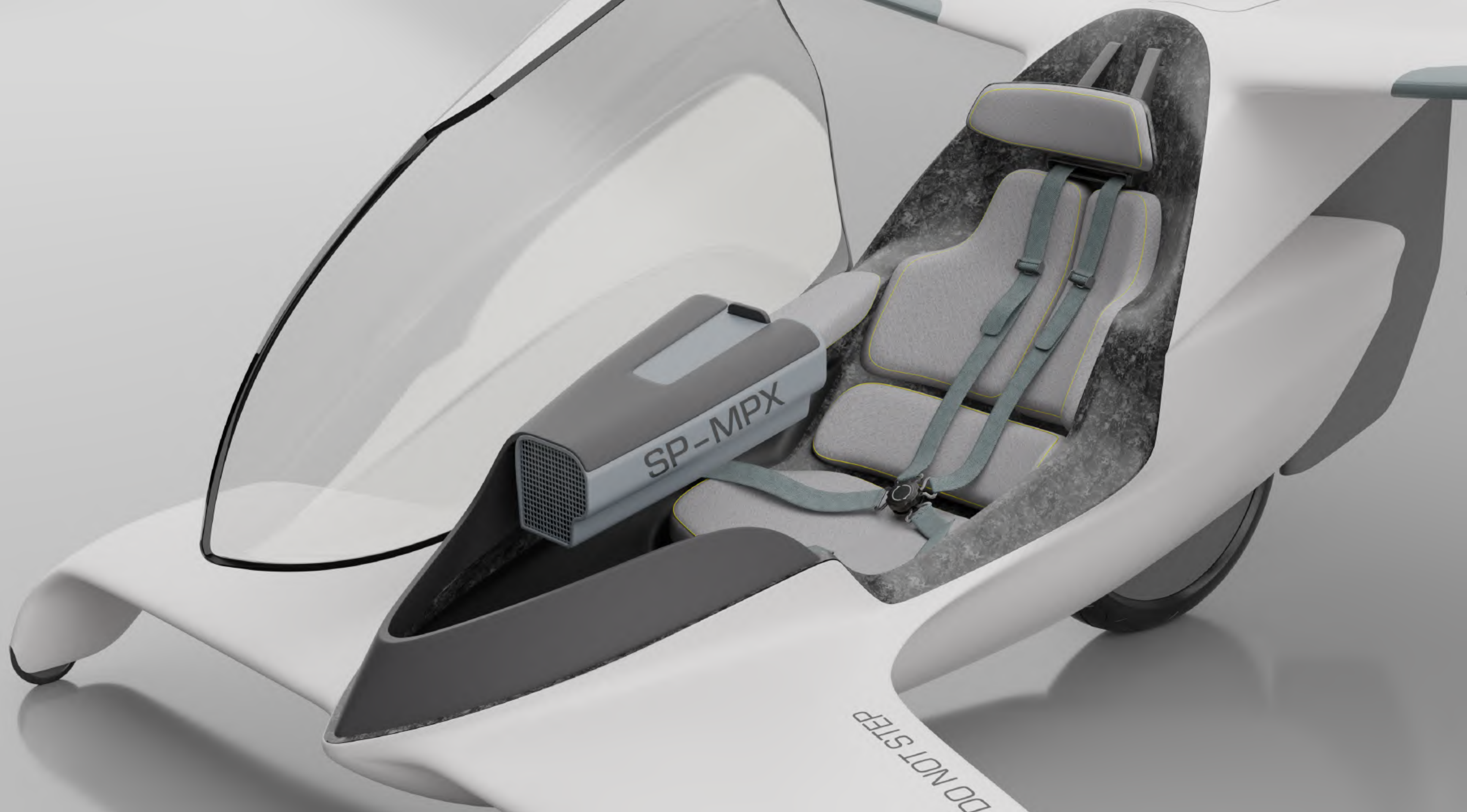


Śmigło i silnik elektryczny

W mojej koncepcji szybowca zaproponowałem zastosowanie dodatkowego napędu śmigłowego opartego na silniku elektrycznym. Jego głównym celem jest umożliwienie utrzymania się w locie jak najdłużej, nie tylko dla bardzo doświadczonych szybowników, ale także dla tych, którzy dopiero doskonalą swoje umiejętności. Taki system pozwala na chwilowe uruchomienie śmigła, aby wznosić się mimo nieoptymalnych warunków pogodowych, przyspieszyć powrót na lotnisko lub zapewnić bezpieczeństwo w przypadku braku znalezienia odpowiednich prądów wznoszących. Dzięki temu rozwiązaniu pilot ma większą kontrolę nad lotem i nie jest całkowicie zależny od warunków atmosferycznych.

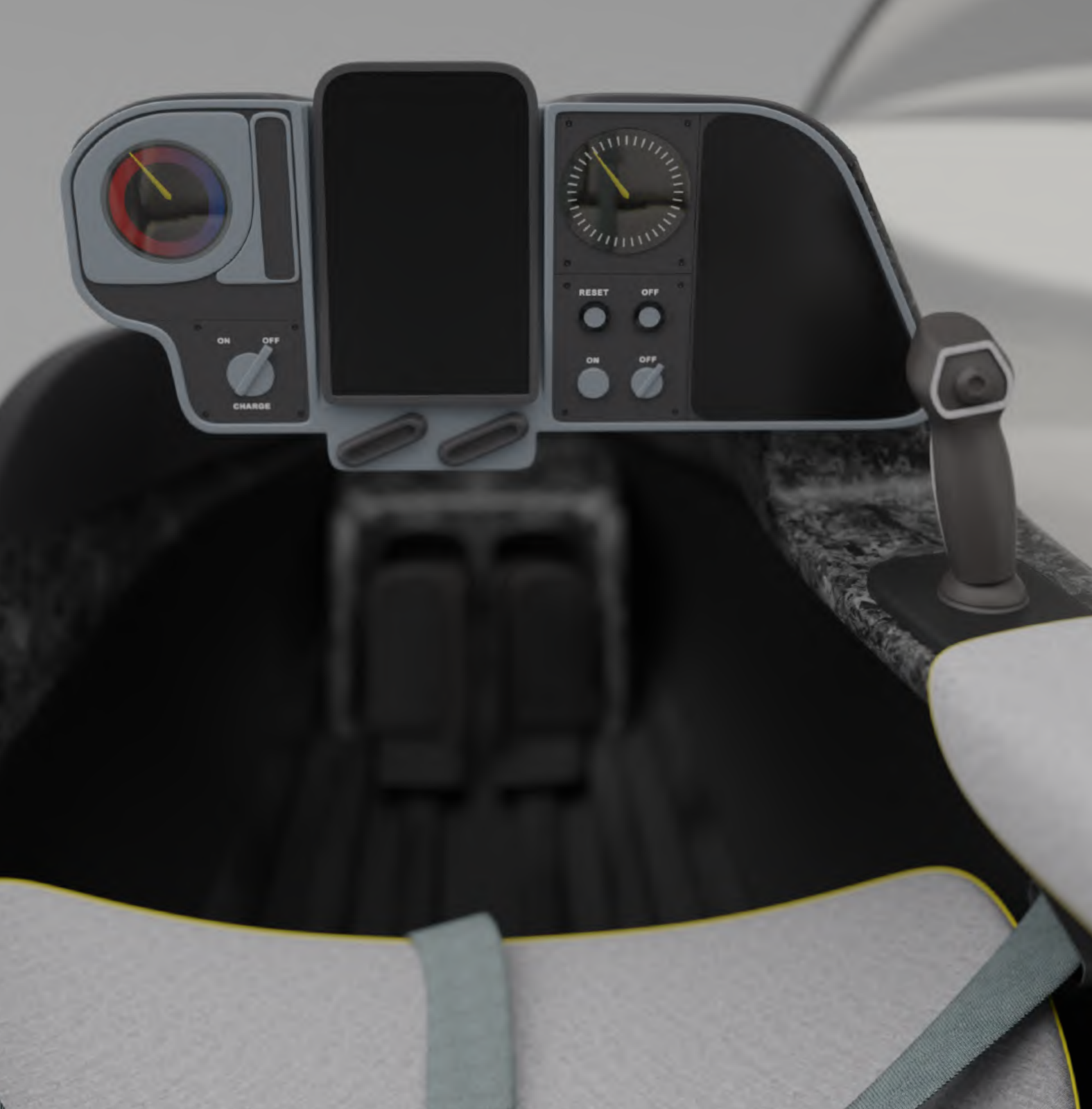
Po konsultacjach z **Piotrem Stefaniukiem** dobraliśmy do mojego szybowca 50-calowe, pięciolopatowe śmigło o zmiennej geometrii. Możliwość regulacji kąta natarcia łopatek pozwala na efektywne wykorzystanie śmigła nie tylko do wznoszenia i nabierania prędkości, ale także do minimalizacji oporu, gdy nie jest ono używane. W tym celu śmigło można ustawić w pozycji „chorągiewkowej”, co redukuje jego wpływ na aerodynamikę i pozwala na bardziej efektywne szybowanie

Dodatkowym atutem takiego rozwiązania jest możliwość przekształcenia śmigła w generator energii. Przy odpowiednim ustawieniu gdy znajdziemy mocne prądy wznoszące, może ono generować dodatkową energię elektryczną, która mogłaby zostać wykorzystana do zasilania pokładowych systemów elektronicznych lub ponownego użycia napędu w razie potrzeby. To nie tylko zwiększa efektywność lotu, ale także przedłuża jego czas, co jest szczególnie istotne w sytuacjach, gdy warunki atmosferyczne nie sprzyjają tradycyjnemu szybownictwu.



Wnętrze kabiny

Poza pracami nad zewnętrzną bryłą szybowca i jej rozwiązaniami aerodynamicznymi, równolegle zajmowałem się również wnętrzem kabiny. Moim celem było zaprojektowanie jej w sposób odpowiedzialny, z uwzględnieniem ergonomii oraz realnych potrzeb pilota. Wnętrze miało zapewniać maksymalny komfort, intuicyjność obsługi oraz optymalne rozmieszczenie przyrządów, co jest kluczowe podczas długich lotów.



Sterowanie

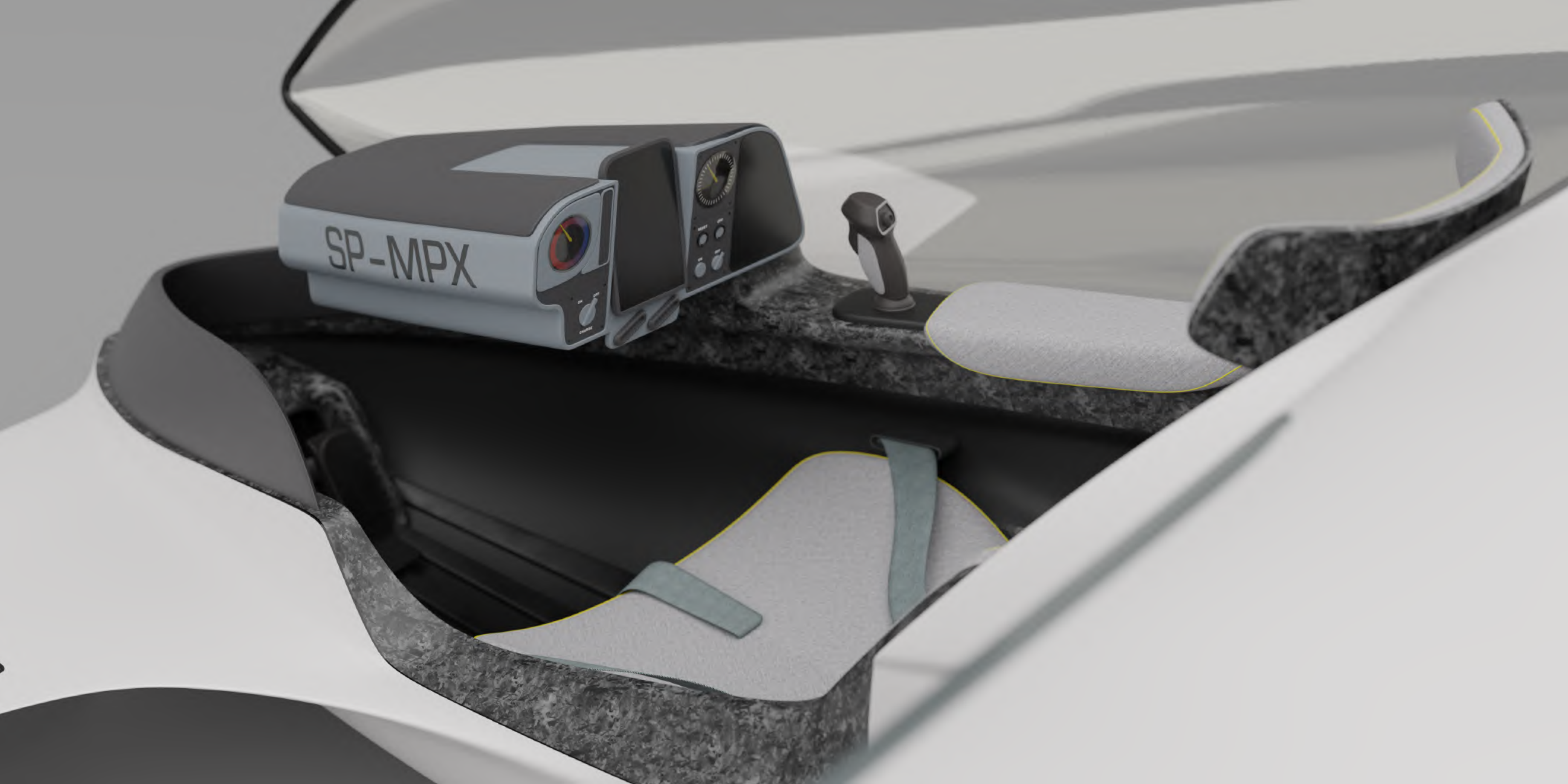
W klasycznej konstrukcji szybowca sterowanie głównymi powierzchniami sterowymi, sterem kierunku, sterem wysokości i lotkami, odbywa się za pomocą centralnie umieszczonego drążka oraz dwóch pedałów obsługiwanych stopami. To sprawdzony układ, ale moim zdaniem nie jest on ani najbardziej ergonomiczny, ani najwygodniejszy dla pilota.

Dlatego w moim projekcie postawiłem na asymetryczną kabinę, co uważam za bardziej komfortowe i funkcjonalne rozwiązanie. Konstrukcja jest otwarta z lewej strony, co znacznie ułatwia wejście i wyjście z kokpitu. W tradycyjnych szybowcach pilot często musi ostrożnie manewrować ciałem, żeby nie zahaczyć o oprzyrządowanie, ja chciałem tego uniknąć. Dzięki mojemu projektowi pilot wsiada swobodnie, bez konieczności omijania wskaźników i paneli sterujących.

Drążek sterowy umieściłem po prawej stronie, co pozwala na wygodne oparcie ręki na podłokietniku. Dzięki temu pilot może sterować szybowcem przy minimalnym ruchu nadgarstka, co nie tylko poprawia precyzję, ale również zmniejsza zmęczenie podczas długich lotów. Oczywiście sterowanie kierunkiem pozostawiłem w nogach, co sprawia, że układ jest intuicyjny dla każdego, kto miał styczność z klasycznym szybownictwem.

Dodatkowo, dodałem przycisk sterowania mocą silnika na drążku, co jest rozwiązaniem inspirowanym lotnictwem pasażerskim i wojskowym. W motoszybowcach często brakuje ergonomicznego sterowania napędem, więc moim celem było ułatwienie tego procesu. Oprócz tego umieściłem wielofunkcyjny przycisk do sterowania multimediami, co pozwala na szybkie zarządzanie funkcjami pokładowymi bez konieczności odrywania rąk od sterów.

Na desce rozdzielczej poza klasycznymi wskaźnikami umieściłem dwa duże ekrany, które zastępują większość tradycyjnego oprzyrządowania i umożliwiają dostosowanie interfejsu do potrzeb pilota. Dodatkowo pokryłem je matową folią antyrefleksyjną, żeby zminimalizować odbicia światła i poprawić czytelność w każdych warunkach. Poza tym zastosowałem duże, dobrze oznaczone przyciski, które ułatwiają szybki dostęp do kluczowych funkcji szybowca, to szczególnie ważne w sytuacjach wymagających błyskawicznej reakcji.



Ergonomia

Pomiary ergonomiczne w dalszym ciągu opierałem na wcześniej opisanych manekinach. Tym razem jednak punktem odniesienia nie był już szybowiec, lecz pozycja charakterystyczna dla samochodów. Wykorzystując dostępne źródła oraz doświadczenie zdobyte podczas pracy nad innymi projektami, odpowiednio ułożyłem manekiny w zoptymalizowanej pozycji samochodowej, a następnie rozpocząłem dalsze analizy.

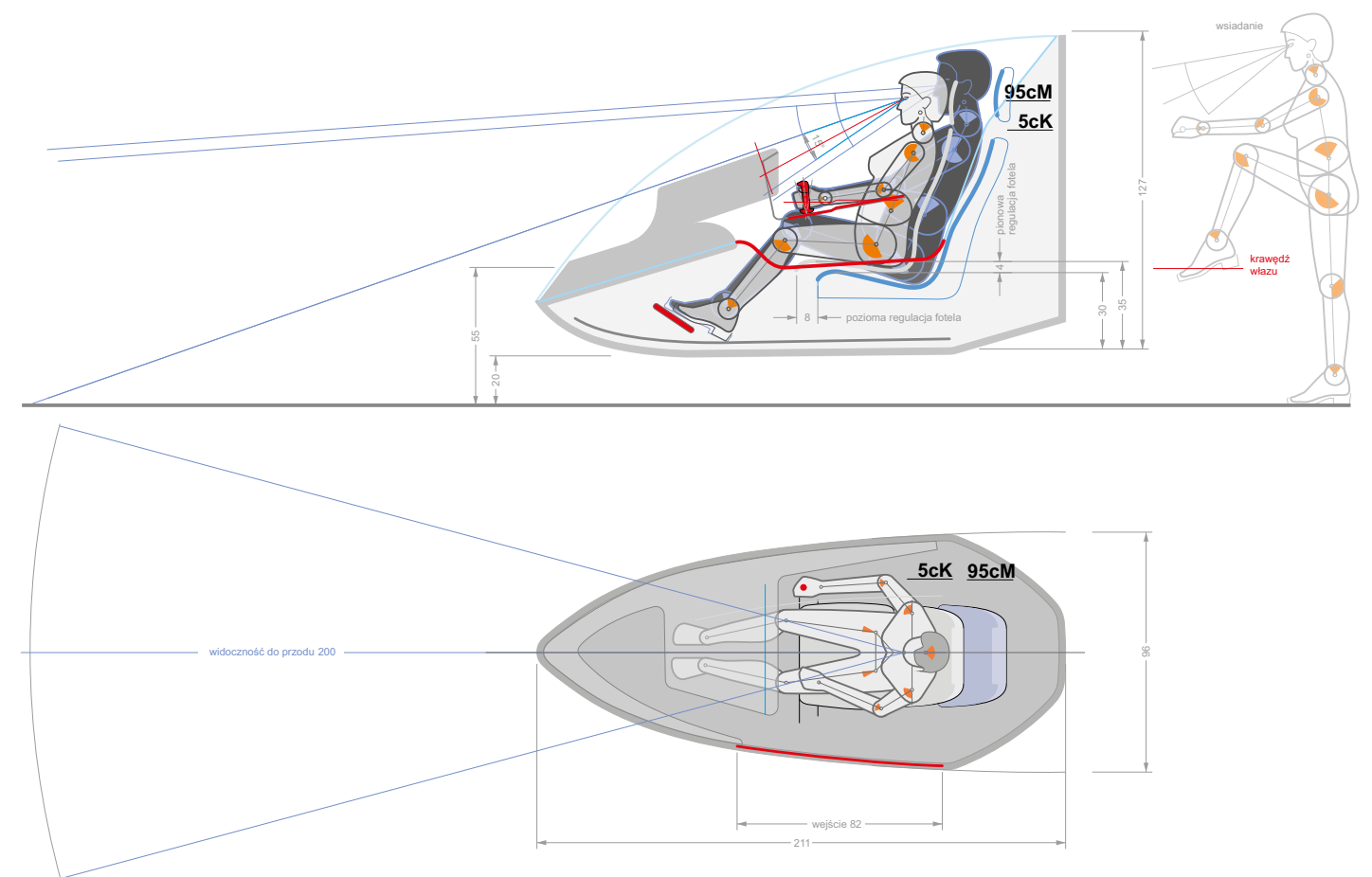
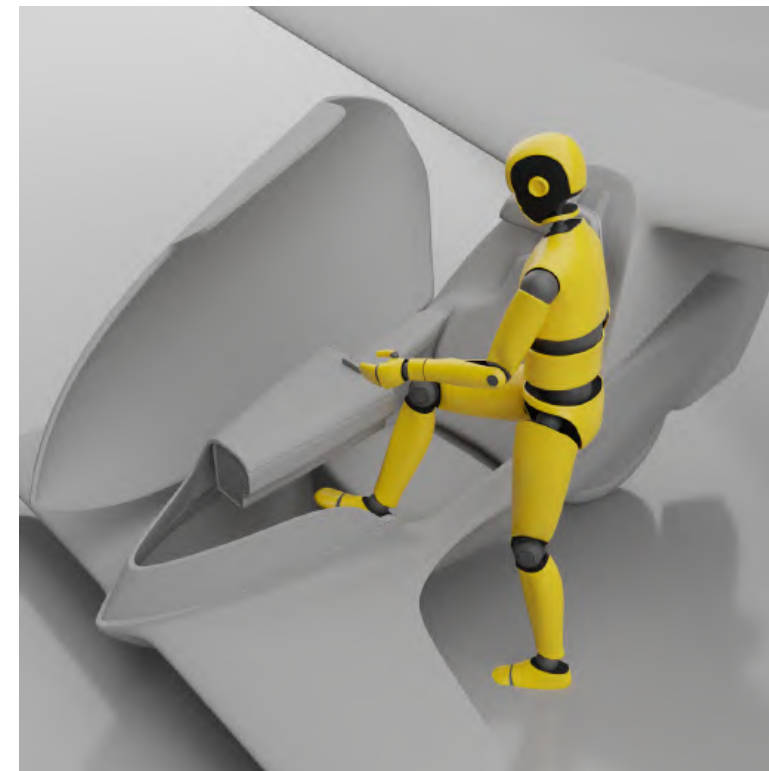
Tak jak wspominałem wcześniej, kabina mojego projektu ma asymetryczną konstrukcję. Decyzja ta wynikała nie tylko z założeń projektowych, ale również z obserwacji istniejących konstrukcji szybowców. Tradycyjne owiewki w tego typu maszynach unoszą się do góry, z punktem podparcia w okolicy dziobu, lub otwierają się na bokco jest rozwiązaniem zastosowanym w mojej koncepcji. Taki sposób otwierania pozwala na wchodzenie do kabiny jedynie z jednej strony, co skłoniło mnie do pogłębienia asymetrii w celu poprawy ergonomii i funkcjonalności wnętrza.

W moim projekcie owiewka została poszerzona o fragment kadłuba, dzięki czemu, po uniesieniu, tworzy większy otwór wejściowy, przypominający drzwi. Takie rozwiązanie znacząco ułatwia dostęp do kabiny, eliminując konieczność przeskakiwania przez wysoki rant, co jest częstym problemem w tradycyjnych szybowcach.

Rysunki antropometryczne powstały dzięki współpracy z **mgr Krzysztofem Hamigą**, którego wiedza i zaangażowanie miały kluczowe znaczenie dla ich opracowania. Regulacja pozycji pilota, umożliwiająca dostosowanie kabiny do potrzeb osób o różnym wzroście, opiera się na możliwości regulacji odległości zagłówka, pedałów oraz oparcia. Takie rozwiązanie jest możliwe dzięki zastosowaniu technologii przewodowej, która zastępuje tradycyjne mechaniczne połączenia sterowe, eliminując ograniczenia wynikające z klasycznego przeniesienia ruchu na powierzchnie sterowe.

Jednym z innowacyjnych rozwiązań, które chciałbym szczególnie podkreślić, jest możliwość dostosowania pozycji fotela także podczas samego lotu. Po przeprowadzonej rozmowie z pilotem zwróciłem uwagę na problem niezmienności pozycji ciała podczas długich lotów, co może prowadzić do dyskomfortu i zmęczenia. W odpowiedzi na tę kwestię opracowałem koncepcję dynamicznej regulacji oparcia za pomocą systemu poduszek powietrznych umieszczonych wewnątrz fotela.

Dzięki temu rozwiązaniu pilot ma możliwość manualnego pompowania wybranej poduszki, zwiększając nacisk na określoną partię ciała, a następnie jej opróżnienia i napompowania innej, co pozwala na rozłożenie obciążenia mięśniowego w trakcie lotu. Takie podejście, inspirowane rozwiązaniami stosowanymi w motoryzacji, może znacząco poprawić komfort podczas długotrwałej pracy za sterami. Koncepcję tę przetestowałem na ergonomicznym modelu, co pozwoliło mi zweryfikować jej skuteczność i potencjalne korzyści.

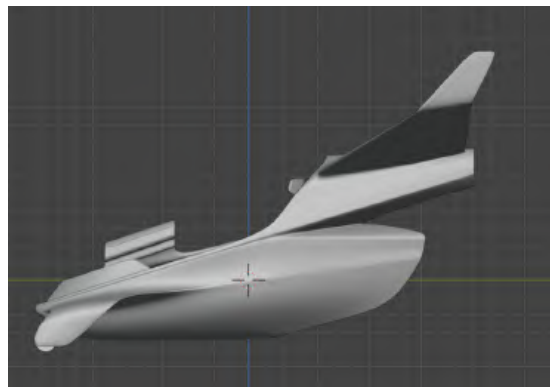






Budowa modelu w skali

Aby nadać mojej wizji realny wymiar i umożliwić obejrzenie bryły w rzeczywistości, postanowiłem zbudować makietę modelu w skali 1:10



←

Pracę rozpocząłem od przygotowania modelu do druku 3D. W tym celu zamknąłem siatki modelu, przekształcając powierzchnie w bryły, a następnie dokładnie przeanalizowałem konstrukcję, aby zoptymalizować jej ustawienia pod kątem druku 3D i uzyskać jak najlepszy efekt końcowy.

←

Model, podzielony na poszczególne elementy, drukowałem w technologii SLA, co umożliwiło precyzyjne odwzorowanie detali i uzyskanie wysokiej jakości w modelu skalowym.

←

Poszczególne elementy modelu połączyłem w jedną bryłę poprzez klejenie, a następnie dokładnie szpachlowałem i uzupełniałem wszelkie niedokładności przy użyciu różnych akcesoriów lakierniczych, aby uzyskać model wydający się jedną bryłą, bez widocznych połączeń

←

Następnym krokiem było pokrycie modelu podkładem wypełniającym, co miało na celu przygotowanie go do finalnego lakierowania. Po aplikacji podkładu wyszlifowałem model na mokro, aby uzyskać idealnie gładką powierzchnię, dzięki czemu mimo niewielkiej skali zachował wysoką jakość wykończenia.

→

Ponieważ kolorystyka, którą wybrałem dla mojego modelu, to odcień bieli, zastosowałem biały podkład. Miało to na celu uniknięcie ewentualnych przebarwień, które mogłyby pojawić się na powierzchni. Dzięki temu finalna warstwa lakieru zachowała jednolity i czysty odcień.

→

Wszystkie te przygotowania doprowadziły mnie do finalnego etapu, malowania modelu. Do tego celu wybrałem perłowy lakier samochodowy, który wymagał wieloetapowego procesu aplikacji. Rozpocząłem od nałożenia bazy, następnie warstwy perłowej, a całość wykończyłem lakierem bezbarwnym. Każdy z tych etapów musiał zostać wykonany w ściśle określonych ramach czasowych, aby zapewnić odpowiednią przyczepność kolejnych warstw.

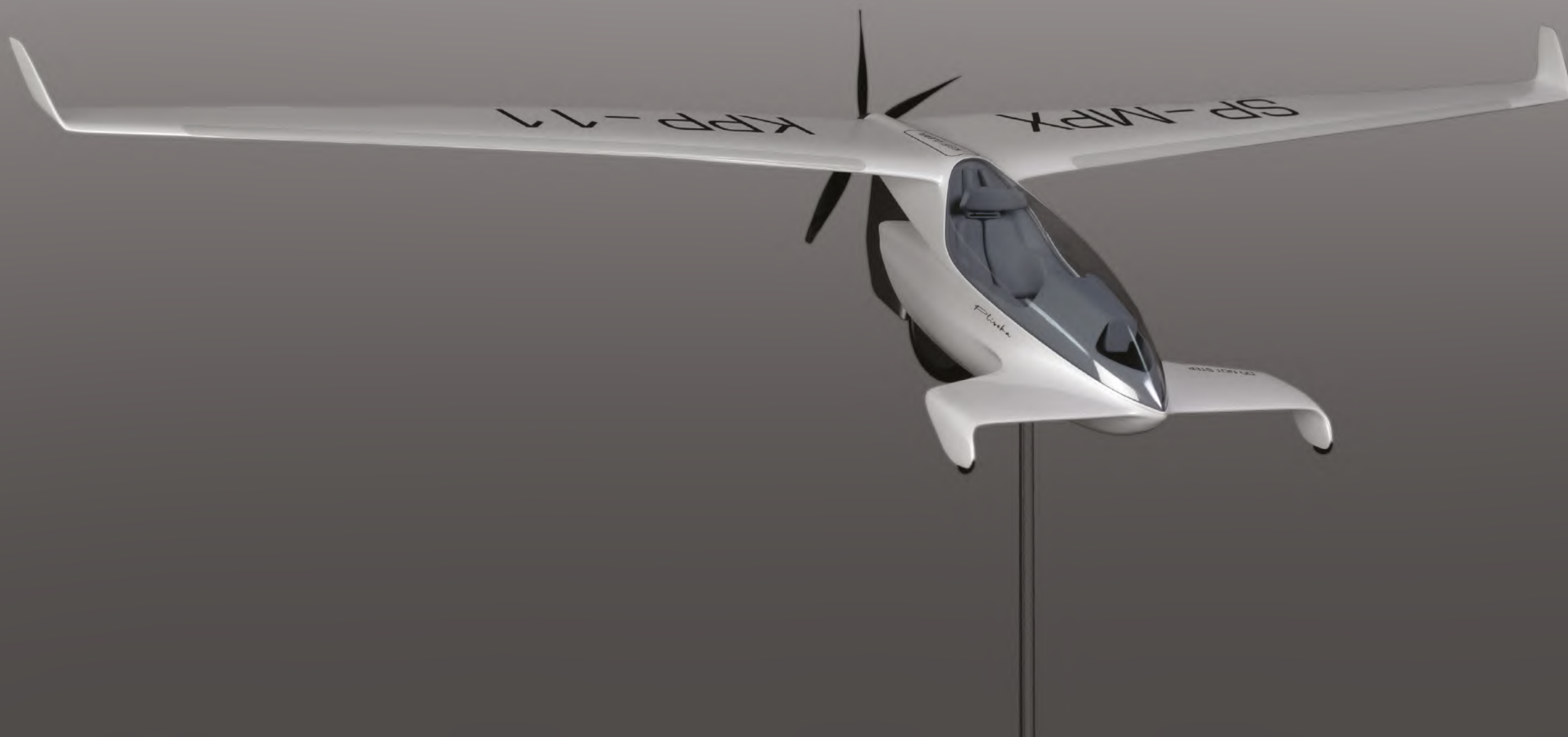
→

Prace nad główną bryłą modelu łączyłem z wytwarzaniem detali, takich jak owiewka kabiny. Do jej wykonania stworzyłem kopyto z żywicy, na którym metodą termoformingu kształtowałem bezbarwne tworzywo.

→

Ostatnim etapem budowy modelu było naniesienie grafik, które zostały wycięte z folii przy użyciu plotera. Precyzyjne aplikowanie oznaczeń i detali pozwoliło na nadanie modelowi ostatecznego charakteru, podkreślając jego estetykę oraz zgodność ze stylistyką rzeczywistych szybów.





Abstrakt

Celem niniejszej pracy dyplomowej jest zaprojektowanie innowacyjnego szybowca, który może przyczynić się do zmiany postrzegania szybownictwa jako dziedziny lotnictwa. Projekt ten stanowi odpowiedź na rosnące wyzwania i malejącą popularność szybownictwa, dążąc do znalezienia nowoczesnych rozwiązań, które mogłyby ponownie wzbudzić zainteresowanie tą formą latania.

Pierwsza część pracy obejmuje badania historyczne nad polskim szybownictwem, realizowane we współpracy z firmą SZD Allstar, co pozwala na lepsze zrozumienie jego ewolucji i wyzwań. W dalszej części autor rozwija swoje umiejętności i wiedzę w zakresie szybownictwa poprzez spotkania z doświadczonymi szybownikami oraz praktyczne doświadczenia związane z lotami szybowcowymi. Analizowane są także przyczyny spadku popularności szybownictwa, co prowadzi do sformułowania problemu projektowego i określenia kluczowych założeń projektowych.

W oparciu o te założenia powstaje koncepcja nowoczesnego szybowca o układzie aerodynamicznym typu „kaczka”, który wyróżnia się alternatywnymi metodami startu. Finalnym etapem projektu jest budowa modelu szybowca w skali 1:10, co pozwala na zweryfikowanie przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych i ocenę potencjalnych korzyści wynikających z zaproponowanej koncepcji.

Praca ta ma na celu nie tylko stworzenie innowacyjnej konstrukcji, ale również pobudzenie dyskusji na temat przyszłości szybownictwa oraz możliwości jego dalszego rozwoju.

The aim of this thesis is to design an innovative glider that could change the perception of gliding as a branch of aviation. This project responds to the growing challenges and declining popularity of gliding by seeking modern solutions that could reignite interest in this form of flying.

The first part of the thesis involves historical research on Polish gliding, conducted in cooperation with the company SZD Allstar, which provides a better understanding of its evolution and challenges. In the following section, the author enhances their knowledge and skills in gliding through meetings with experienced glider pilots and hands-on flying experiences. The reasons behind the decreasing popularity of gliding are also analyzed, leading to the formulation of a design problem and the identification of key project assumptions.

Based on these assumptions, the concept of a modern glider with a canard aerodynamic configuration is developed, distinguished by alternative launch methods. The final stage of the project involves constructing a glider model at a 1:10 scale, allowing for the verification of the adopted structural solutions and the assessment of potential benefits resulting from the proposed concept.

This work aims not only to create an innovative design but also to stimulate discussion about the future of gliding and the possibilities for its further development.

Podziękowania

Ten projekt nie powstałby bez wsparcia, które otrzymałem na każdym etapie jego rozwoju. Rozpoczynając pracę, nie zdawałem sobie sprawy, jak ogromne znaczenie będzie miał fakt współpracy z ludźmi, dla których szybownictwo to pasja. Spotkałem wielu niesamowitych specjalistów i entuzjastów, którzy nie tylko dzielili się swoją wiedzą, ale też swoją energią i zaangażowaniem. Szybownicy to wyjątkowa społeczność – rozmowy z nimi to czysta przyjemność, bo zawsze są otwarci, pomocni i pełni inspirujących historii.

Szczególne podziękowania kieruję do Marcina Bernaszuka, którego wiedza i doświadczenie otworzyły mi oczy na wiele aspektów tego świata, oraz Piotra Stefanika, który cierpliwie tłumaczył mi, dlaczego mój szybowiec nie może latać – i jak możemy to zmienić. Dzięki pracownikom SZD Allstar miałem też niepowtarzalną możliwość bezpośredniego kontaktu z szybowcami w miejscu, gdzie powstają – to było niesamowite doświadczenie, które pozwoliło mi jeszcze lepiej zrozumieć proces ich projektowania.

Jdank największe znaczenie dla rozwoju mojego i projektu miał mój promotor, dr hab. Marek Liskiewicz, prof. ASP. Praca z nim była wyzwaniem – wymagająca, intensywna, ale zawsze prowadząca do czegoś wartościowego. Każda konsultacja kończyła się nowymi pomysłami, nowymi pytaniami, a czasem kompletnym przewartościowaniem moich założeń. Były chwile, gdy czułem się przytłoczony, gdy miałem wrażenie, że nie dam rady, ale wiedziałem, że te wymagania wynikały z troski. Nigdy nie chodziło o surową krytykę – chodziło o to, żebym się rozwijał, żebym nauczył się myśleć jak projektant, żebym nie zadowalał się półśrodkami. Ogromnie doceniam to, ile czasu i uwagi mi poświęcił – nie tylko podczas zajęć, ale też w czasie prywatnym, na wyjazdach, w niezliczonych rozmowach. To jest jedna z tych relacji, które kształtują człowieka na lata, i za to zawsze będę wdzięczny.

Podziękowania należą się także mojemu recenzentowi, mgr Krzysztofowi Hamidze, który nie tylko ocenił moją pracę, ale też aktywnie uczestniczył w jej rozwoju, dzieląc się cennymi wskazówkami. Nie mogę pominąć także mgr Michała Maciukiewicza – jego wsparcie i dostępność w trakcie pracy nad projektem były nieocenione, bo bez niego „Pliszka” po prostu by nie powstała. Dr Grzegorz Matusik pomógł mi rozwinąć techniczne aspekty projektu, a mgr Mikołaj Truś wsparł mnie w tworzeniu wizualizacji oraz trójwymiarowymi manekinami, które sprawiły, że projekt nabrał jeszcze bardziej realnego kształtu. Dziękuję również Pani dr Natalii Pietruszewskiej-Golbie, za to że praca jest możliwa do przeczytania.

Ogromnie doceniam również wsparcie moich kolegów i koleżanek ze studiów – za rozmowy, za konstruktywne uwagi oraz motywację. .

Na koniec dziękuję mojej rodzinie i bliskim. Madzi za wyrozumiałość – wiem, że przez ostatnie miesiące mówiłem tylko o szybowcach i o tym, że im więcej zrobiłem, tym bardziej bałem się, że nie zdążę. Rodzicom, bo niewiele osób wie, że „Pliszka” dostała swoje pierwsze dofinansowanie.....właśnie od nich.

Dziękuję, bo na początku myślałem, że licencjat powstaje tylko po to, by ukończyć studia. Okazało się jednak, że był czymś więcej – szansą na lepsze poznanie siebie, swoich możliwości i tego, dokąd chcę zmierzać.

Źródła fotografii:

- 1. https://www.piotrp.de/lotnia_1_i_2.html
- 2. <https://www.piotrp.de/pws-101.html>
- 3. <https://www.ndr.de/geschichte/koepfe/Otto-Lilienthal-Der-Wegbereiter-fuer-den-modernen-Luftverkehr,lilienthal382.html>
- 4. <https://www.surfs-sup.co.uk/watersports-blogs-uk/how-do-hydrofoils-or-wing-foils-work/>
- 5. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=742958547530985&set=a.236959661464212>
- 6. <https://beskidinfo.pl/foto-wideo-gora-zar-szybowce-lataja-tu-od-90-lat/>
- 7. <https://dlapilota.pl/wiadomosci/dlapilota/szd-54-2-perkoz-z-certyfikatem-typu-e-asa>
- 8. <http://www.samolotypolskie.pl/samoloty/2895/86/SZD-55>
- 9. <http://www.samolotypolskie.pl/samoloty/2841/27/Szybowcowy-Zaklad-Doswiadczalny-SZD2>
- 10. <https://www.piotrp.de/szd-6-nietoperz.html>
- 11. https://pl.wikipedia.org/wiki/Adam_Zientek#/media/Plik:Adam_Zientek.png
- 12. <https://www.piotrp.de/szd-20-wampir-2.html>
- 13. <https://picryl.commdia/3-1-0-14-3047-154588-die-segelflugschule-in-bez-miechowa-1932-4233de?zoom=true>
- 14. <https://www.piotrp.de/is-5-kaczka.html>
- 15. <http://www.mmaviation.pl/wsparcie/szybowiec-mdm-1-fox>
- 16. <https://aeroklub.gliwice.pl/szd-40x-halny/>
- 17. <https://michal-palacz.flog.pl/wpis/12682391/mloda-pliszka-siwa>
- 18. <https://www.smithsonianmag.com/air-space-magazine/those-parachutes-small-air-planes-really-do-work-180969057>
- 19. <https://www.alibaba.com/product-detail/YMMOTOR-17inch-15000w-150kmh-brushless-dc-1600247232344.html>

Bibliografia

- s. 12 Mechanika lotu szybowca, [online]:
<https://www.sebastiankawa.pl/szybownictwo/dlaczego-szybowiec-lata/>,
dostęp: 25 lutego 2024.
- s. 15 Historia SZD, [online]:
https://pl.wikipedia.org/wiki/Szybowcowy_Zakład_Doświadczalny,
<https://szdallstar.com/pl/>,
dostęp: 25 lutego 2024.
- s. 16 Perkoz, [online]:
https://pl.wikipedia.org/wiki/SZD-54_Perkoz,
<https://www.piotrp.de/szd-54-2-perkoz.html>,
dostęp: 25 lutego 2024.
- s. 17 SZD-55-1 Nexus, [online]:
<https://szdallstar.com/pl/produkty/szd-55-1-nexus/>,
<https://www.piotrp.de/szd-55-1-nexus.html>,
dostęp: 25 lutego 2024.
- s. 19 Szybownictwo lat 50., [online]:
<https://prezentmarzen.com/blog/szybownictwo-w-polsce-historia-polskiego-szybownictwa/>,
<https://www.szybowce.com/o-szybownictwie/historia/>,
dostęp: 25 lutego 2024.
- s. 20 Nietoperz (SZD-6), [online]:
<https://www.piotrp.de/szd-6-nietoperz.html>,
https://pl.wikipedia.org/wiki/SZD-6_Nietoperz,
dostęp: 25 lutego 2024.
- s. 22 Wampir (SZD-20 Wampir 2), [online]:
https://pl.wikipedia.org/wiki/SZD-20_Wampir_2,
<https://www.piotrp.de/szd-20-wampir-2.html>,
dostęp: 25 lutego 2024.

