

Šolski Center Celje

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

# **UPORABA FPV TEHNOLOGIJE PRI VODENJU REŠEVALNEGA ROBOTA**

Področje: Mehatronika

Avtorji

Luka Kališnik M-4.C

Jure Balon M-4.C

Mentor

dr. Matej Veber

Srečanje mladih raziskovalcev Murska Sobota

Celje, marec 2025

## IZJAVA

Mentor dr. Matej VEBER, univ. dipl. inž. v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom *Uporaba FPV tehnologije pri vodenju reševalnega robota*, katere avtorja sta Luka Kališnik in Jure Balon:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 2.4. 2025

žig šole

Podpis mentorja

Podpis odgovorne osebe

\*

### POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.

## **POVZETEK**

**Ključne besede:** FPV, virtualna resničnost, vodenje robota

FPV vodenje dronov in daljinsko vodenih avtomobilov je tehnologija, ki je že nekaj časa prisotna na trgu. V tej nalogi bo predstavljeno, kako lahko s FPV vodimo reševalnega robota, ki je bil izdelan za svetovno prvenstvo v robotiki Robocup. Naš cilj je doseči vodenje robota v prostoru s pomočjo First Person View sistema (FPV) oz. prvoosebnega pogleda. Na ta način lahko zanesljivo vodimo robota mimo ovir s pomočjo njegovega pogleda v virtualnih očalih. Na začetku je predstavljena VR tehnologija, ki obsega večji del naloge. V nalogi se ukvarjamo z dvema različnima metodama, s katerima smo prenesli sliko s kamere v virtualna očala. Prva metoda vsebuje kamero Insta360 One X2, ki je bila uspešna, vendar nas ni povsem zadovoljila. Druga metoda vključuje kamero Eachine in drugačen način povezave z virtualnimi očali. Obe metodi smo med seboj primerjali in podali zaključke.

## SUMMARY

**Key words:** FPV, virtual reality, controlling the robot

FPV control of drones and remote controlled cars is a technology that has been on the market for some time. This research paper will show how FPV can be used to control a rescue robot that has been built for the Robocup World Robotics Championship. Our goal is to achieve the control of the robot in space using the First Person View (FPV) system. In this way, we can reliably guide the robot past obstacles using its view in virtual goggles. The VR technology is introduced at the beginning, which covers most of the research. In the research we present two different methods of transferring the image from the camera to the virtual goggles. The first method involves the Insta360 One X2 camera, which was successful, but did not completely satisfy us. The second method involves the Eachine camera and a different way of connecting to the virtual goggles. We have compared the two methods and drawn conclusions.

## KAZALO VSEBINE

1	UVOD .....	1
1.1	HIPOTEZE.....	1
2	VIRTUALNA RESNIČNOST .....	2
3	OČALA ZA VIRTUALNO RESNIČNOST.....	3
3.1	Meta Quest 2 .....	3
4	INSTA360.....	4
4.1	INSTA360 X SERIJA .....	4
4.1.1	Insta360 ONE X2 .....	4
4.1.2	Insta360 mobilna aplikacija.....	5
4.2	POVEZAVA INSTA360 ONE X2 Z META QUEST 2 .....	5
4.2.1	Vysor .....	6
4.2.2	Meta Quest Remote Desktop.....	9
4.3	POVEZAVA S KAMERO INSTA360 ONE X2 – UGOTOVITVE.....	11
5	EACHINE KAMERA IN SPREJEMNIK.....	12
5.1	PRIPRAVA KAMERE IN SPREJEMNIKA .....	13
5.2	PRIPRAVA FPVIEWER APLIKACIJE .....	14
5.2.1	SideQuest.....	14
5.2.2	Developer mode .....	14
5.2.3	Prenos SideQuesta in aplikacije FPViewer .....	20
5.3	POVEZAVA S KAMERO EACHINE – UGOTOVITVE.....	22
5.4	PRIMERJAVA METOD .....	23
6	UPRAVLJANJE REŠEVALNEGA ROBOTA.....	26
6.1	REŠEVALNI ROBOT.....	26
6.2	PROGRAM .....	27
6.2.1	Motorji.....	27
6.2.2	Vezava motorjev .....	27

6.2.3	Dynamixel Wizard 2.0.....	27
6.2.4	Python in PyCharm .....	28
7	ANALIZA HIPOTEZ.....	32
8	MOŽNOST NADALJNJIH RAZISKAV .....	33
9	ZAKLJUČEK.....	34
10	VIRI IN LITERATURA.....	35

## KAZALO SLIK

Slika 1: Meta Quest 2 .....	3
Slika 2: Insta360 One X2 .....	6
Slika 3: Insta360 mobilna aplikacija .....	6
Slika 4: Razdelek »O telefonu« .....	7
Slika 5: Razdelek »Številka gradnje« .....	7
Slika 6: Odpravljanje napak prek USB-ja .....	8
Slika 7: Razdelek »Možnosti za razvijalce« .....	8
Slika 8: Prepoznavna telefona v aplikaciji Vysor .....	8
Slika 9: Zrcaljen zaslon telefona na računalniku .....	9
Slika 10: Remote Desktop v knjižnici aplikacij .....	10
Slika 11: Potrditev povezave v Meta Quest Remote Desktop .....	10
Slika 12: Eachine kamera .....	12
Slika 13: Vezava Eachine kamere .....	13
Slika 14: Nastavitev frekvence .....	13
Slika 15: Meta Horizon profil .....	14
Slika 16: Potrditev identitete .....	15
Slika 17: Dvojno preverjanje pristnosti .....	16
Slika 18: Besedilno sporočilo za pridobitev kode .....	16
Slika 19: Potrditvena koda .....	16
Slika 20: Ustvarjanje organizacije .....	17
Slika 21: Meta Horizon mobilna aplikacija .....	17
Slika 22: Povezovanje z Quest 2 v Meta Horizon .....	18
Slika 23: Razdelek Headset settings .....	18
Slika 24: Razdelek Developer mode .....	19
Slika 25: Omogočanje opcije Developer mode .....	19
Slika 26: Opcija »Enable custom settings« .....	20
Slika 27: Ikona za nalaganje APK datotek v SideQuestu .....	20
Slika 28: Nalaganje aplikacije FPViewer .....	21
Slika 29: Razdelek Unknown Sources .....	21
Slika 30: FPViewer .....	22
Slika 31: Dimenzije kamere Eachine .....	23

Slika 32: Insta360 v FPV očalih.....	24
Slika 33: Eachine kamera v FPV očalih .....	25
Slika 34: Reševalni robot.....	26
Slika 35: Dynamixel AX-18A .....	27
Slika 36: Vzpostavljanje povezave z motorji .....	28
Slika 37: Program za vožnjo robota z uporabo tipkovnice.....	29
Slika 38: Zaustavitev motorjev ob neaktivnosti .....	29
Slika 39: Zapis hitrosti v motorje .....	29
Slika 40: Končni pogled upravljanja robota .....	30
Slika 41: Robot z nameščeno kamero.....	30
Slika 42: Upravljanje robota.....	31

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Primerjava metod.....	24
---------------------------------	----

# 1 UVOD

Namen raziskovalne naloge je vodenje reševalnega robota s pomočjo virtualnih očal in FPV pogleda. Zajeti želimo prvoosebni pogled robota in to predvajati v očalih. Cilj naloge je, da slednje uporabimo na tekmovanju Robo Cup RMRC 2025 v Braziliji, ki se ga nameravamo udeležiti. To bi nam pomagalo pri vožnji skozi ovire, kjer pozicija robota zaradi sten labirinta ni vidna.

## 1.1 HIPOTEZE

Hipoteze, ki smo si jih zastavili, so:

1. Zamik med pogledom robota v virtualnih očalih in dejanskim stanjem robota ne bo večji od 0,5 s.
2. Pogled kamere bo dovolj širok in jasen, da se lahko orientiramo v prostoru.
3. Kamera na robotu ne bo zahtevala povezave z očali preko kabla.
4. Slika v očalih bo zajemala 360° pogled.
5. Robota bomo upravljali s kontrolerjem VR očal.

## 2 VIRTUALNA RESNIČNOST

Virtualna resničnost ali VR je digitalno ustvarjeno okolje, ki omogoča uporabniku, da je vizualna izkušnja intenzivnejša. Posameznik je postavljen v umetni prostor, skozi katerega se lahko giblje in z njim upravlja. Izdelan je lahko s pomočjo računalniških naprav in programov, igralnih pogonov, s 3D modeliranjem, z VR platformami, s programiranjem ali z uporabo 360° videoposnetkov. Slednji pa nam ne omogočajo enako raven interaktivnosti z okoljem. Bolj kot se lahko uporabnik vživi, bolj verjame v resničnost tega okolja. VR očala so uporabna na različnih področjih. Največ se uporabljajo za krajšanje časa, in sicer igranje videoiger, gledanje filmov, izvajanje fitness programov, za socialne VR platforme, kjer se posamezniki družijo in komunicirajo z ostalimi uporabniki, in za virtualno nakupovanje. Virtualna resničnost se uporablja tudi za usposabljanje in izobraževanje raznih strok, kot so pilotska, astronavska in zdravniška. V virtualni resničnosti lahko lažje sodelujemo s sodelavci na daljavo. Pri tem nam pomagajo pripomočki, kot so kontrolerji ali posebne rokavice, ki nam omogočajo interakcijo z virtualnimi predmeti. Obstajajo tudi haptične obleke, s katerimi občutimo razna zaznavanja, ki se zgodijo v virtualni resničnosti, ali naprave, ki sledijo našemu gibanju in ga prenesejo v okolje virtualne resničnosti [16].

### 3 OČALA ZA VIRTUALNO RESNIČNOST

Glavni del virtualnih očal sta visoko ločljiva zaslona – vsak za posamezno oko. Vsak izmed dveh zaslonov prikazuje rahlo drugačno sliko. S tem posnema delovanje naših oči in ustvari globino, zaradi katere predmeti izgledajo tridimenzionalni. Velik del virtualnih očal so senzorji gibanja, ki sledijo gibanju naše glave, kar nam omogoča naravno gledanje okoli virtualnega okolja. Naprednejša VR očala omogočajo sledenje celemu telesu, kar omogoča premikanje in interakcijo z virtualnimi predmeti. Večina očal ima na sebi tudi baterijo, da se lahko prosto premikamo po prostoru. Cenejša VR očala se morajo povezati z računalnikom ali igralno konzolo, saj zagotavljata procesorsko moč za ustvarjanje virtualnega sveta. Dražja očala imajo vgrajene procesorje, kar pomeni, da lahko delujejo brez dodatnih naprav. Mnogi VR sistemi vsebujejo tudi krmilnike, ki omogočajo interakcijo s predmeti ali simuliranje gibanja rok. Najboljši komercialni proizvajalci VR očal so Meta, Sony, Apple, Valve in HTC. Vsa izmed teh očal imajo svoje prednosti in slabosti, kar omogoča uporabnikom, da izberejo tista, ki ustrezajo njihovim potrebam [6].

#### 3.1 Meta Quest 2

VR očala Meta Quest 2 ali Oculus Quest 2, na sliki 1, so najprepoznavnejša VR očala. Razvilo jih je podjetje Meta Platforms oz. Facebook leta 2020. Gre za samostojno napravo, kar pomeni, da ne potrebuje računalnika ali igralne konzole. Zaradi ugodne cene, in sicer 200 €, skoraj vsakemu omogočajo virtualno resničnost [11].



*Slika 1: Meta Quest 2  
(Vir: How to Geek [14])*

## **4 INSTA360**

Insta360 je podjetje, ki je znano predvsem po prodaji svojih Insta360 kamer, ki so zmožne snemanja 360° videoposnetkov. Poleg teh pa prodajajo tudi akcijske kamere in nam ponujajo programsko opremo za urejanje fotografij in videoposnetkov [9].

### **4.1 INSTA360 X SERIJA**

Insta360 X serija vključuje štiri generacije kamer. Te so ONE X1, ONE X2, X3 in X4. Slednja je najnovejša in je izšla leta 2024, prva v seriji pa leta 2018. Te kamere omogočajo posebne funkcije, kot so:

- način Steady Cam,
- stabilizacija FlowState,
- urejanje s pomočjo umetne inteligence,
- vodoodpornost do 10 m,
- TimeShift funkcija,
- glasovno upravljanje.

Namenjene so snemanju 360° in širokokotnih posnetkov. Uporabljajo jih za snemanje adrenalinskih in športnih dogodkov, saj FlowState prepreči tresenje. Z njimi se snema VR vsebine. Snemamo lahko prvoosebno ali tretjeosebno s pomočjo teleskopske palice, ki jo umetna inteligenca izbriše s slik in posnetkov. Imajo tudi opcijo predvajanja posnetkov v živo na socialna omrežja [9] [10].

#### **4.1.1 Insta360 ONE X2**

Insta360 ONE X2 je kamera, ki jo bomo uporabljali v naši raziskovalni nalogi, saj nam je na razpolago s strani naše šole. Je druga v generaciji kamer serije X in je izšla oktobra 2020. Kamera je vidna na sliki 2.



*Slika 2: Insta360 One X2  
(Osebni vir)*

#### **4.1.2 Insta360 mobilna aplikacija**

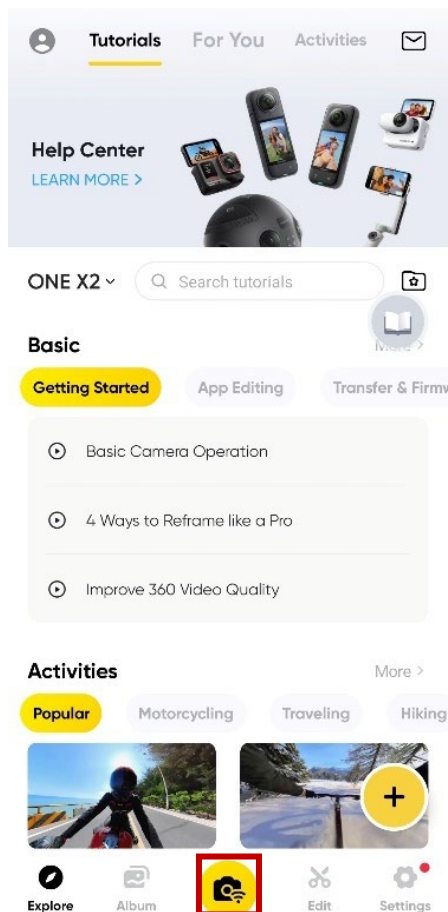
Insta360 mobilna aplikacija je narejena za povezavo z istoimenskimi kamerami. S telefonom se brezžično povežemo s kamero. Nato lahko gledamo in urejamo posnetke, ki so shranjeni na kameri, vidimo predogled kamere in začnemo snemati. V aplikaciji lahko tudi hitro spreminjamo načine snemanja.

#### **4.2 POVEZAVA INSTA360 ONE X2 Z META QUEST 2**

Povezavo naše kamere z Meta Quest 2 lahko izvedemo na več načinov. Pri tem pa moramo upoštevati naše cilje. Želimo imeti zanesljivo in hitro povezavo, kar pomeni, da je najboljši način povezave direktno iz mobilne aplikacije Insta360 na očala, brez vmesnih faktorjev. To pomeni, da v živo prenašamo sliko telefona v Quest 2, kar imenujemo "screen mirroring". Rešitve za ta način nismo našli, zato smo morali v povezovanje vključiti računalnik, ker je

očala možno povezati z njim in videti njegov zaslon. Obstajajo pa aplikacije, preko katerih lahko zaslon telefona zrcalimo na računalnik.

Vklopimo kamero in se povežemo z mobilno aplikacijo. To storimo s pritiskom na ikono na dnu, kar je vidno na sliki 3, potem se nam prikaže predogled kamere.



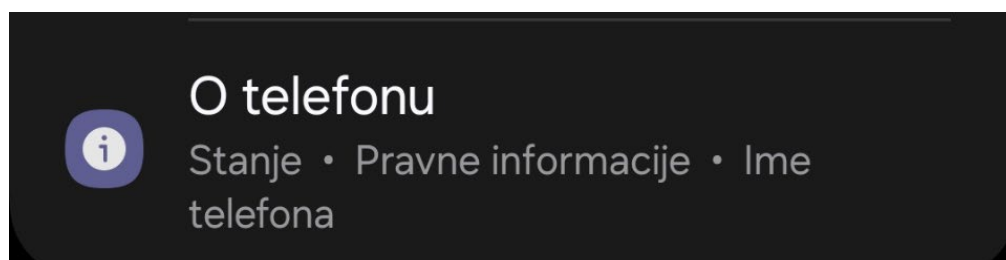
*Slika 3: Insta360 mobilna aplikacija  
(Osebni vir)*

#### 4.2.1 Vysor

Sledi zrcaljenje zaslona telefona na računalnik. To smo storili s pomočjo aplikacij tretjih oseb ali »third-party apps«. Teh je veliko, mi pa smo izbrali aplikacijo Vysor. Dovoljuje nam, da se povežemo na računalnik tako z Androidom kot z iOS-om. Prav tako ima opcijo povezave preko USB kabla, kar mnogo drugih aplikacij nima ali pa je ta opcija plačljiva. To nam je zelo pomagalo, saj nam brezžična povezava ne bi vrnila želenih rezultatov. Kamera Insta360 One X2 se povezuje preko signala Wi-Fi, v primeru, da se povežemo še z drugo

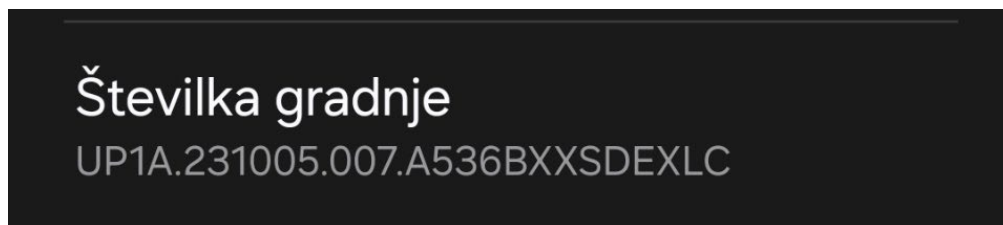
aplikacijo pa kamera prekine povezavo. Poleg tega nam USB kabel nudi zanesljivo in konstantno hitrost, brez zamikov, prav tako pa ne pričakujemo motenj.

Na računalnik naložimo aplikacijo Vysor. Vključimo USB kabel v telefon in računalnik. Ker uporabljamo Android, moramo na telefonu omogočiti način za odpravljanje napak preko USB-ja. To dovoljuje aplikacijam in programom dostop do kontrolnega kanala, preko katerega lahko nadzirajo napake. Najprej v nastavitvah telefona kliknemo na razdelek »O telefonu«, ki je čisto na dnu (slika 4).



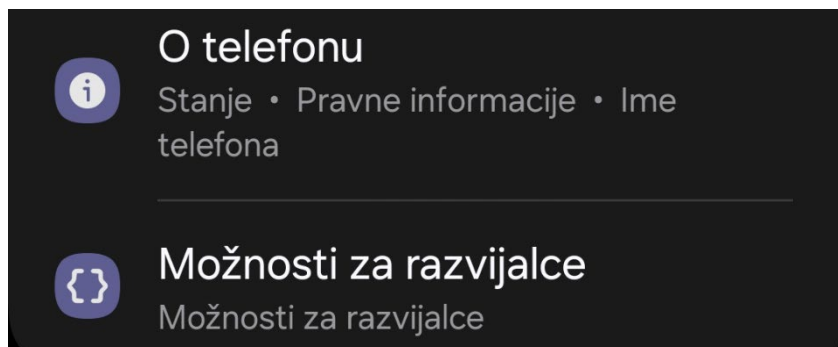
*Slika 4: Razdelek »O telefonu«  
(Osebni vir)*

Zatem izberemo razdelek »Informacije o programski opremi« in 7-krat pritisnemo na »Številka gradnje« (slika 5).



*Slika 5: Razdelek »Številka gradnje«  
(Osebni vir)*

Ko ponovno odpremo nastavitve, se nam čisto na dnu pojavi nova opcija »Možnosti za razvijalce«, ki jo sedaj odpremo (slika 6).



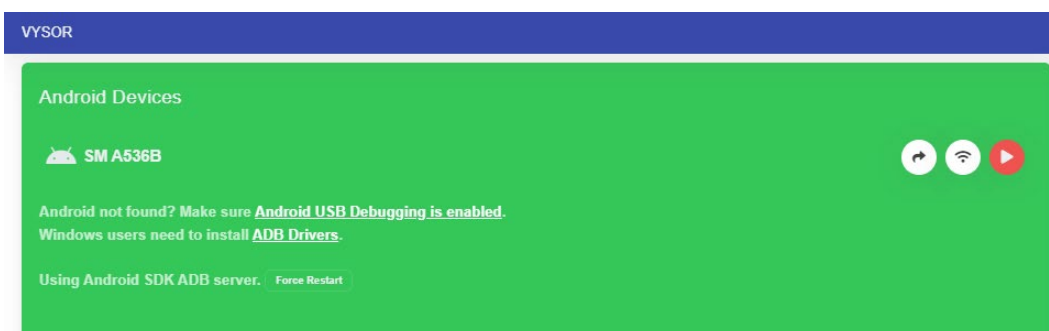
Slika 6: Razdelek »Možnosti za razvijalce«  
(Osebni vir)

Najdemo »Odpravljanje napak prek USB-ja« in to omogočimo (slika 7).



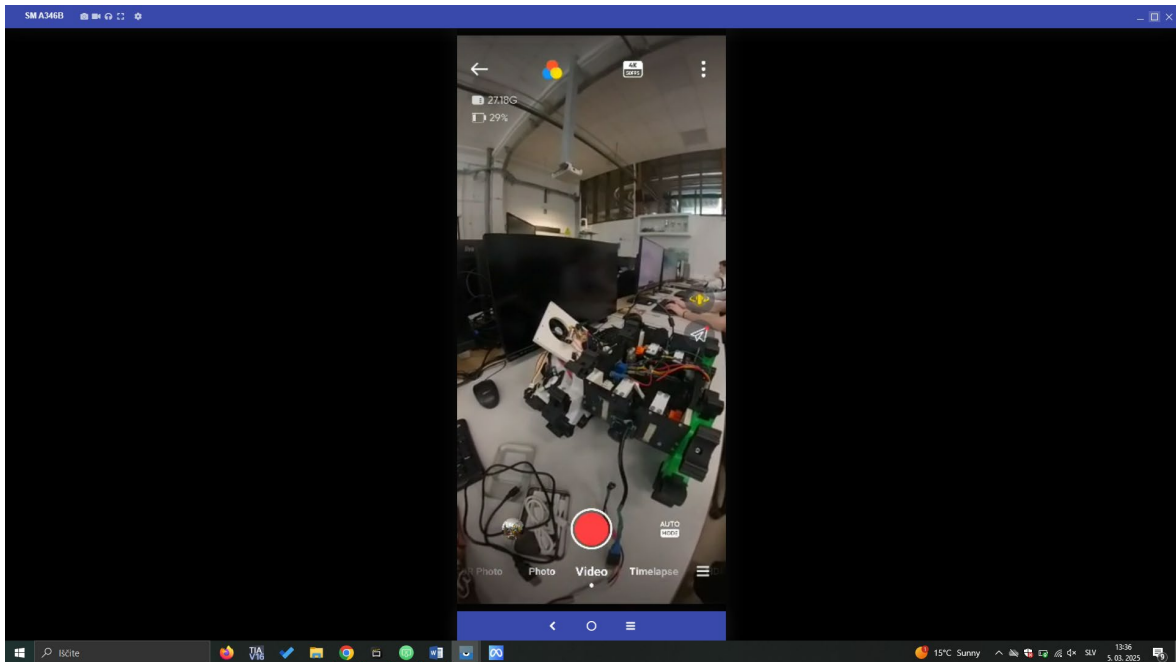
Slika 7: Odpravljanje napak prek USB-ja  
(Osebni vir)

Vysor zdaj prepozna telefon, kar vidimo na sliki 8.



Slika 8: Prepoznavna telefona v aplikaciji Vysor  
(Osebni vir)

Pritisnemo na oznako telefona, zatem pa se vklopi novo pojavno okno, kjer vidimo zrcaljen zaslon. To je prikazano na sliki 9.



*Slika 6: Zrcaljen zaslon telefona na računalniku  
(Osebni vir)*

V naslednjem koraku povežemo računalnik z Meta Quest 2 in tam prikažemo zaslon računalnika [12].

#### **4.2.2 Meta Quest Remote Desktop**

Meta Quest Remote Desktop je aplikacija razvijalca Meta. Omogoči nam dostop in upravljanje računalnika znotraj Meta Quest očal.

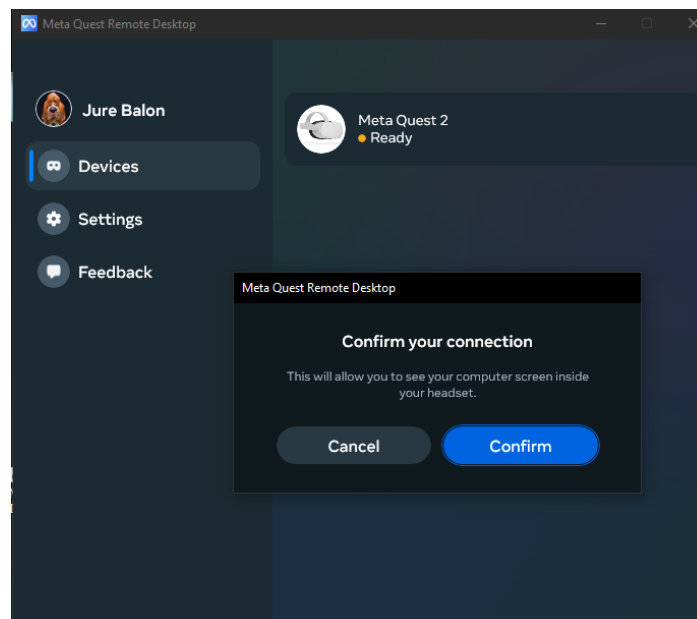
To aplikacijo naložimo na računalnik in se vanjo prijavimo z istim računom kot v očala. Nato vklopimo očala in odpremo knjižnico aplikacij. Tam najdemo aplikacijo Remote Desktop, ki je prikazana na sliki 10 in jo odpremo.



Slika 7: Remote Desktop v knjižnici aplikacij  
(Osebni vir)

V aplikaciji se nam pojavijo naprave, s katerimi se lahko povežemo. Te morajo biti prijavljene v isti račun, biti morajo vklopljene in imeti spletno povezavo.

Pritisnemo na našo napravo, zato nam na računalnik pošlje vprašanje za potrditev povezave. Sledi pritisk na »Confirm« (slika 11).



Slika 11: Potrditev povezave v Meta Quest Remote Desktop  
(Osebni vir)

V očalih sedaj vidimo zaslon računalnika, posledično tudi zaslon telefona in pogled kamere Insta360 One X2 [6].

### **4.3 POVEZAVA S KAMERO INSTA360 ONE X2 – UGOTOVITVE**

Po uspešni povezavi smo se lotili testiranja. Zamik slike v primerjavi z realnim dogajanjem je bil konstantno okoli 0,3 s. To je povprečje več ročnih meritev. Opazno je bilo tudi malenkostno zatikanje videa. Kakovost slike je bila zelo dobra in več kot zadošča našim potrebam. Torej, potrdimo lahko hipotezo o zamiku slike, ki je manjši od 0,5 s, kar nam dovoljuje vožnjo robota.

Obstajajo pa tudi razlogi proti uporabi tega načina. Z aplikacijo Vysor smo imeli občasno težave pri prepoznavi telefona, kar je zamudno in nezanesljivo. Na tekmovanju Robo Cup z omejenim časom nam bi to predstavljalo veliko oviro. Druga težava je uporaba Wi-Fi omrežja za povezavo računalnika z očali, saj je za hitro sliko brez zamikov potrebno dobro omrežje, kar pa je težko zagotoviti. Naslednji problem se pojavi v velikosti in teži kamere. Velikost robota je omejena, s tem pa tudi prostor, namenjen kameri. Zato bi ta morala biti nameščena zunaj ohišja robota, kar pa bi nas lahko oviralo pri premikanju.

Poleg tega nam tudi ni uspelo doseči 360° pogleda v očalih. Slika, ki jo vidimo, je ravna, saj se takšna predvaja na telefonu in na računalniku. Sliko v aplikaciji na telefonu lahko obračamo, vendar ni tako praktično, kot če bi to lahko počeli v očalih.

## 5 EACHINE KAMERA IN SPREJEMNIK

Prva metoda, ki je bila predstavljena, ni povsem zadovoljila naših potreb. Odločili smo se za zamenjavo kamere in načina povezovanja. Ker smo prej potrebovali 4 naprave, to so kamera, telefon, računalnik in virtualna očala, je bilo več možnosti za napake in zamike v sliki, zato smo začeli iskati kamere, ki bi oddajale sliko preko analognega signala. S tem bi odpravili potrebo po telefonu in računalniku, ta način pa je tudi manj občutljiv na motnje kot Wi-Fi povezava.

Odločili smo se za kamero Eachine TX06 700 TVL 120° 5,8 GHz, prikazana na sliki 12, ki ima vgrajen tudi VTX, videooddajnik in sprejemnik Eachine ROTG01 Pro UVC OTG 5.8G 150CH. Ti opciji sta bili cenovno ugodni, ustrežata našim potrebam in sta bili uporabljeni v podobnih primerih, kot je vožnja drona in RC avtomobila z virtualnimi očali.

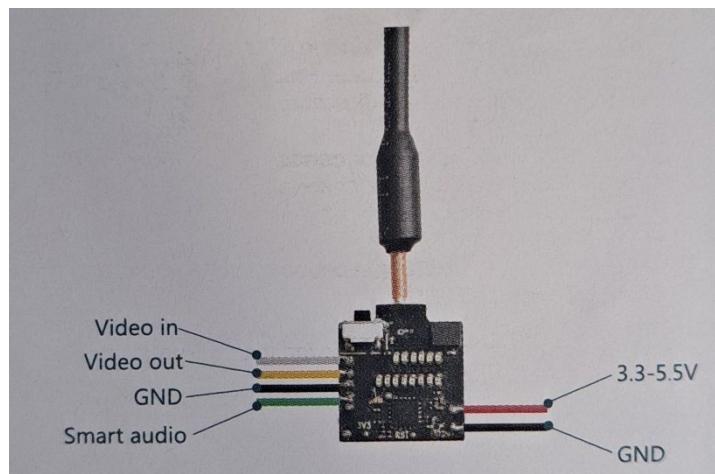


*Slika 12: Eachine kamera  
(Vir: Bangood [3])*

Torej, kamera zajame video in ga preko vgrajenega videooddajnika pošlje z analognim signalom naprej. Signal ojača vgrajena antena, ki ima doseg do 150 m. Meta Quest 2 nima vgrajenega 5,8 GHz sprejemnika in je namenjen digitalnim, ne pa analognim signalom, zato uporabljamo videosprejemnik, ki sprejme signal in ga pošlje v očala. Za prikaz videa v očalih pa potrebujemo aplikacijo, ki nam omogoča prikaz analognih videov [8].

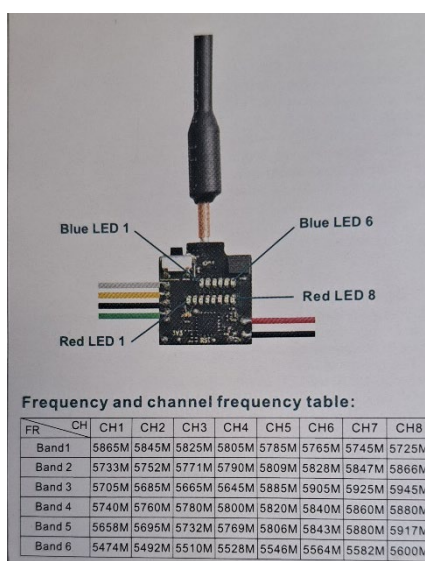
## 5.1 PRIPRAVA KAMERE IN SPREJEMNIKA

Na sliki 13 je viden priklop kamere. Njeno napetostno območje je zabeleženo od 3,3 V do 5,5 V. Po testiranju smo ugotovili, da deluje tudi pod napetostjo 3V. Uporabili bomo najnižjo možno napetost, saj se kamera začne hitro segrevati.



Slika 13: Vezava Eachine kamere  
(Osebni vir)

Ko se kamera vklopi, nastavimo njeno frekvenco s pritiski na stranski gumb. Kratak pritisk spremeni njen kanal (od 1 do 8), kar predstavlja rdeča lučka, pritisk nad 2 s pa njen pas (od 1 do 6), kar predstavlja modra lučka. Vrednosti frekvenc posameznih kombinacij so razvidne s slike 14. Sprejemnik podpira frekvence od 5645 Hz do 5945 Hz.



Slika 14: Nastavitev frekvence  
(Osebni vir)

Sprejemnik povežemo direktno v očala z micro-USB v USB-C kablom.

## 5.2 PRIPRAVA FPVIEWER APLIKACIJE

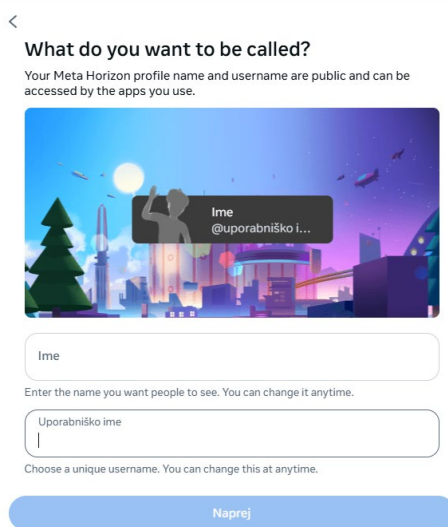
Aplikacija, ki nam bo prikazala video v virtualnih očalih, je FPViewer. Te aplikacije pa ne moremo naložiti iz trgovine, saj ni podprta s strani Mete. Izbrali smo jo, saj je bila uporabljena v podobnih projektih na spletu.

### 5.2.1 SideQuest

SideQuest je platforma, namenjena prenosu iger in aplikacij na VR očala. Ustanovljena je bila leta 2019, sedaj pa je največja platforma za VR vsebine in ponuja več tisoč različnih aplikacij ter iger. Služi kot katalog iger iz uradne Meta trgovine, predvsem pa iger in aplikacij neodvisnih razvijalcev. SideQuest nudi tudi prenos APK datotek, ki prvotno niso namenjene uporabi v VR očalih. APK pomeni namestitveni paket za Android. To je format aplikacij, ki se uporablja za namestitve na Android naprave in ki jih SideQuest lahko prenese na VR očala [15].

### 5.2.2 Developer mode

Preden lahko uporabljamo SideQuest, moramo omogočiti »Developer mode«, način za razvijalce, saj Quest 2 v nasprotnem primeru ne dovoljuje prenosa aplikacij tretjih oseb. Da lahko to storimo, obiščemo spletno stran [dashboard.oculus.com](https://dashboard.oculus.com), kjer se prijavimo v naš račun. Ustvariti bomo morali tudi Meta Horizon profil (slika 15).



<

**What do you want to be called?**

Your Meta Horizon profile name and username are public and can be accessed by the apps you use.

Ime  
@uporabniško i...

Ime

Enter the name you want people to see. You can change it anytime.

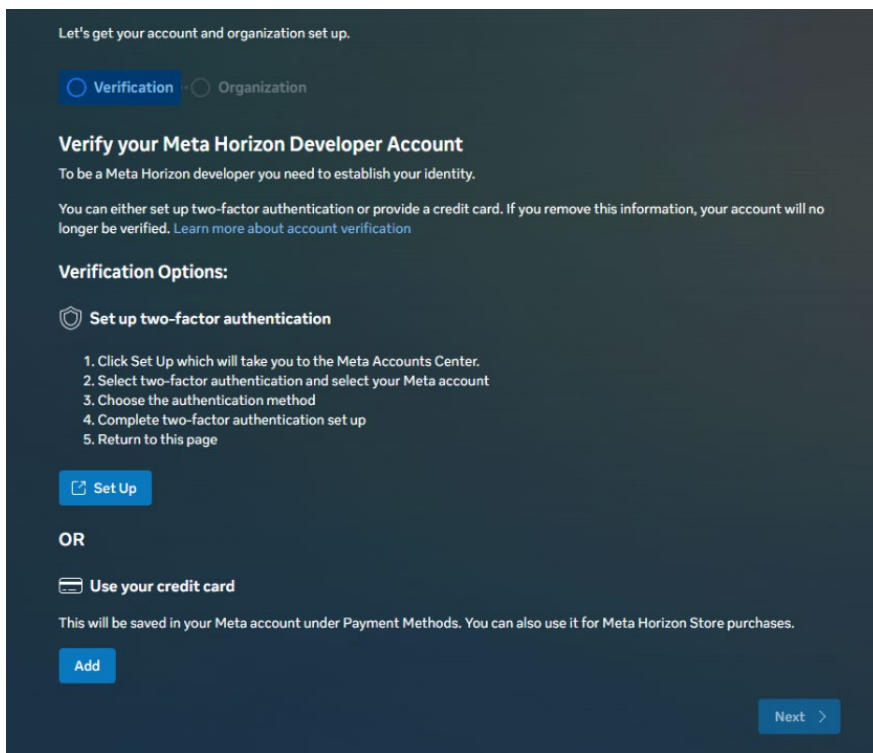
Uporabniško ime

Choose a unique username. You can change this at anytime.

Naprej

*Slika 15: Meta Horizon profil  
(Osebni vir)*

Potrditi moramo identiteto ali z dvojnim preverjanjem pristnosti ali s kreditno kartico. V našem primeru smo uporabili prvi način. Pritisnemo »Set up«, kar nas preusmeri na nastavitve računa (slika 16).



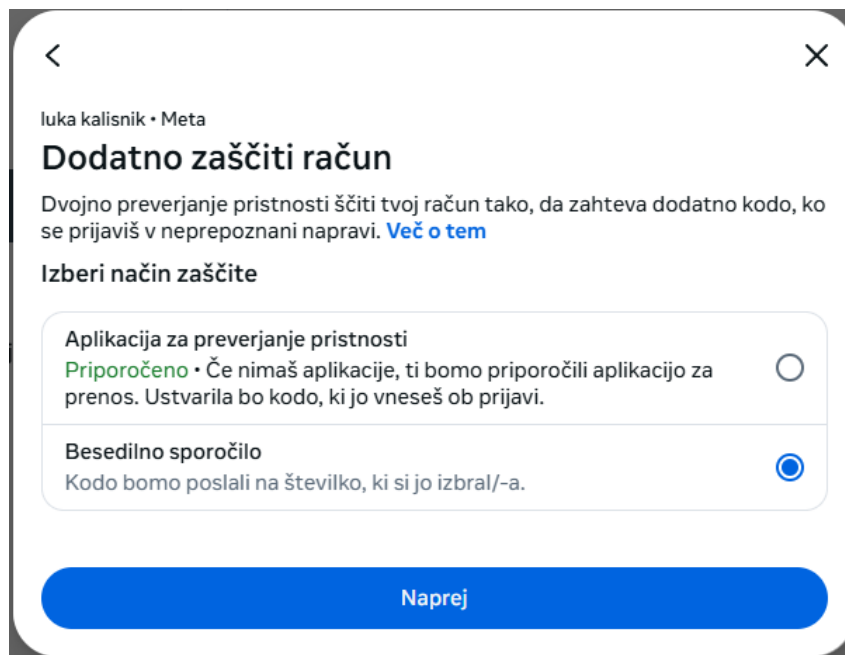
*Slika 16: Potrditev identitete  
(Osebni vir)*

Izberemo naš račun (slika 17).



*Slika 17: Dvojno preverjanje pristnosti  
(Osebni vir)*

Izberemo opcijo besedilnega sporočila in vnesemo telefonsko številko (slika 18).



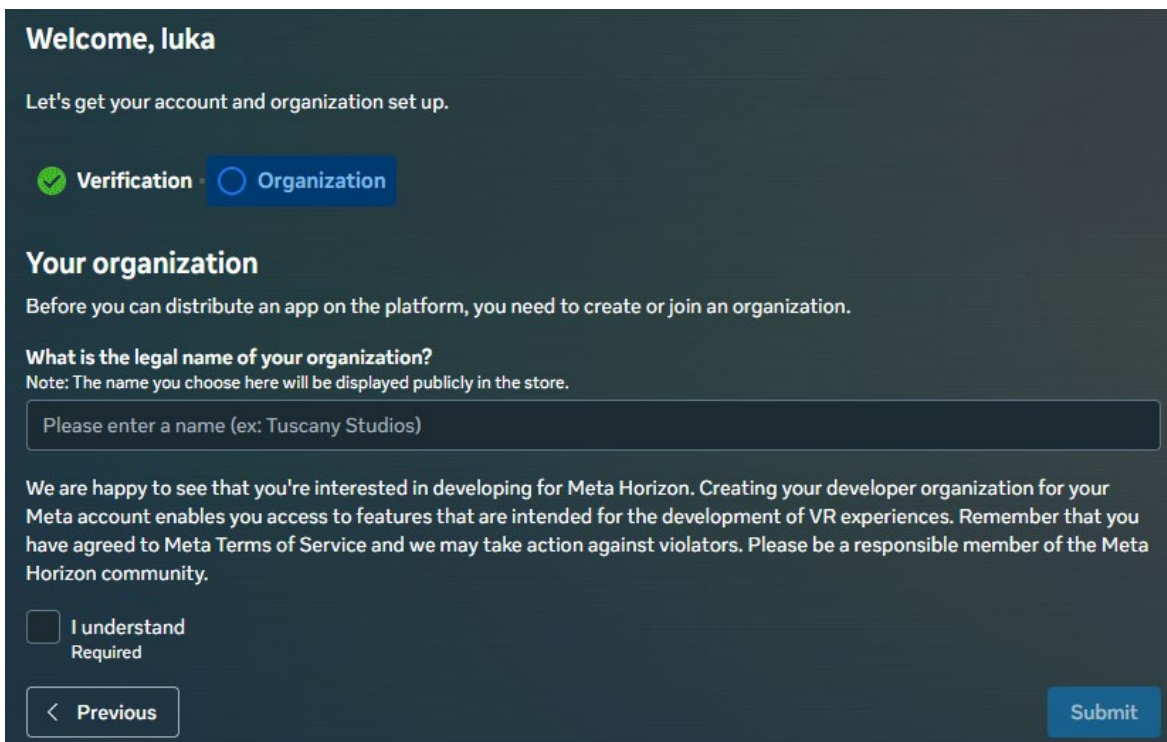
Slika 18: Besedilno sporočilo za pridobitev kode  
(Osebni vir)

Dobimo sporočilo na telefon in vnesemo kodo (slika 19).



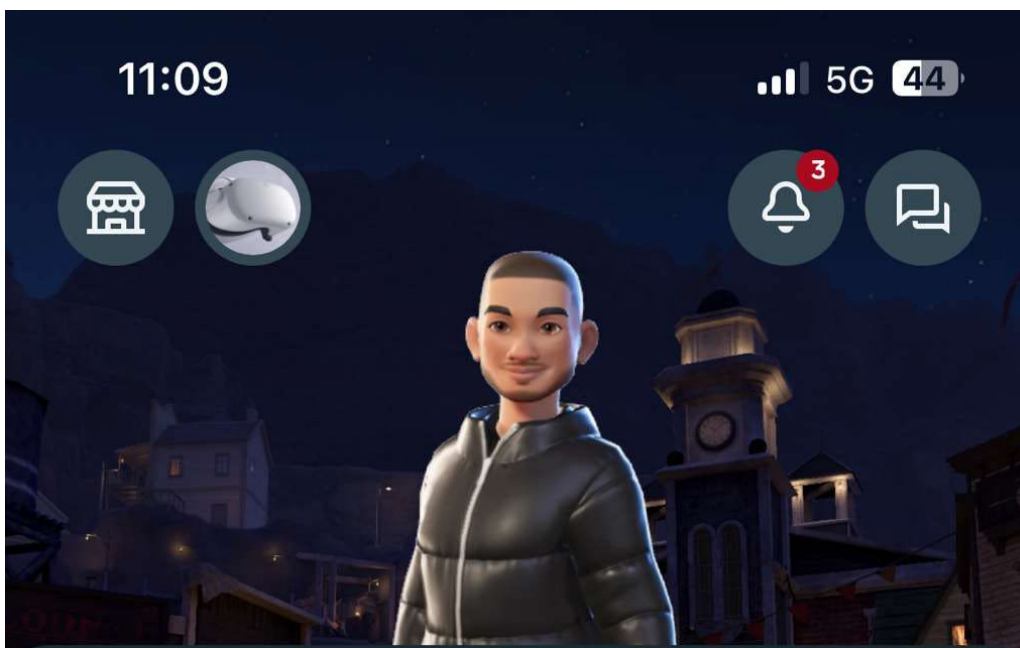
Slika 19: Potrditvena koda  
(Osebni vir)

S tem smo potrdili identiteto, zato se vrnemo na prejšnji zavihek in pritisnemo »Next«. Zatem moramo ustvariti organizacijo, kar pomeni, da določimo ime. Strinjamo se s pogoji uporabe in pritisnemo »Submit« (slika 20).



*Slika 20: Ustvarjanje organizacije  
(Osebni vir)*

Na telefon naložimo Meta Horizon aplikacijo. Vanjo se prijavimo in po želji uredimo profil. Pritisnemo ikono VR očal zgoraj levo in »Pair headset« (slika 21).



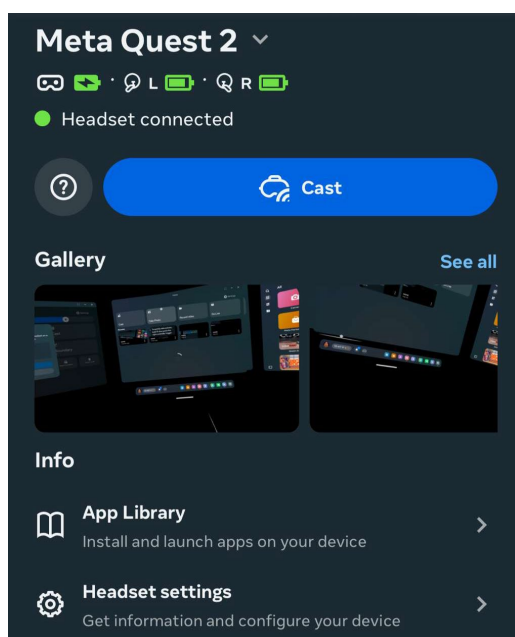
*Slika 21: Meta Horizon mobilna aplikacija  
(Osebni vir)*

Izberemo očala Meta Quest 2. Ta morajo biti vklopljena (slika 22).



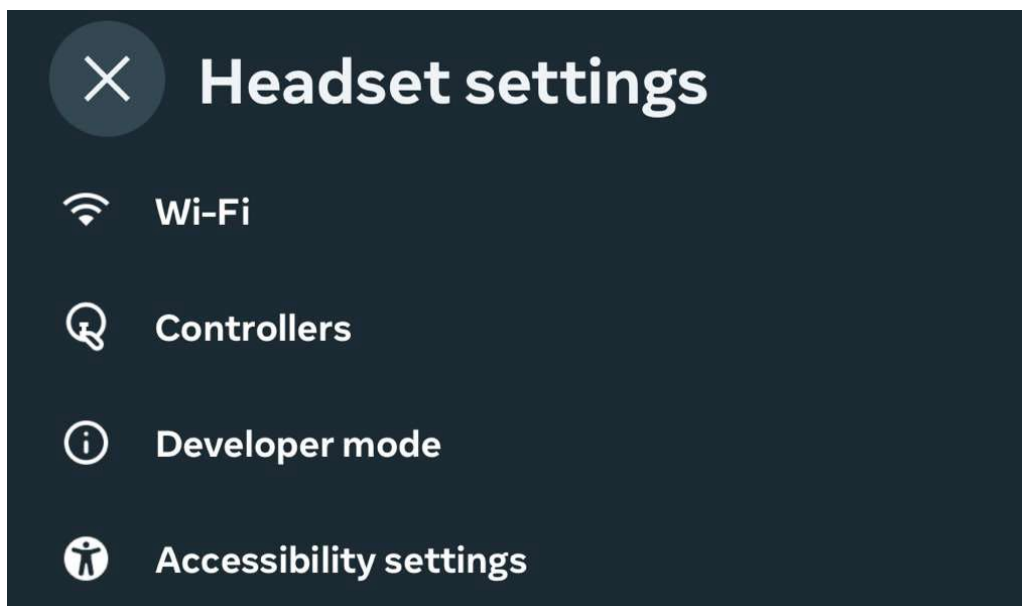
*Slika 22: Povezovanje z Quest 2 v Meta Horizon  
(Osebni vir)*

Ko so očala zaznana, se v njih pojavi koda, ki jo vpišemo v telefon. Pojavi se nam sporočilo, da so očala povezana. To najdemo pod informacijami »Headset settings« (slika 23).



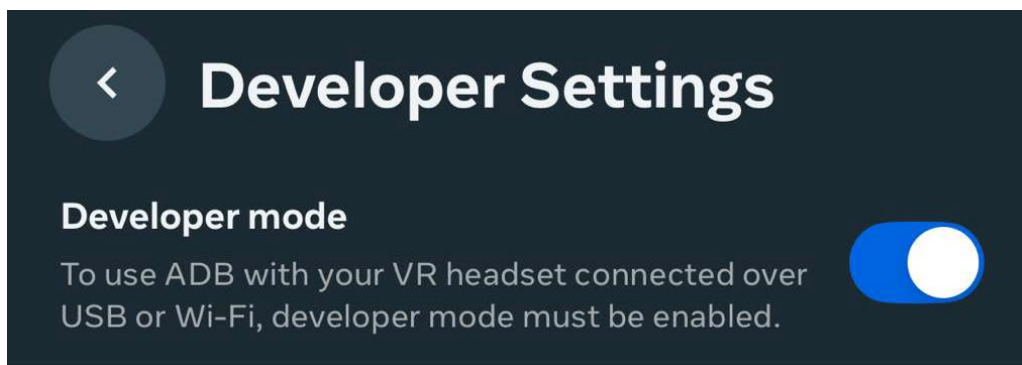
*Slika 23: Razdelek Headset settings  
(Osebni vir)*

Ko to pritisnemo, vidimo opcijo »Developer mode« (slika 24).



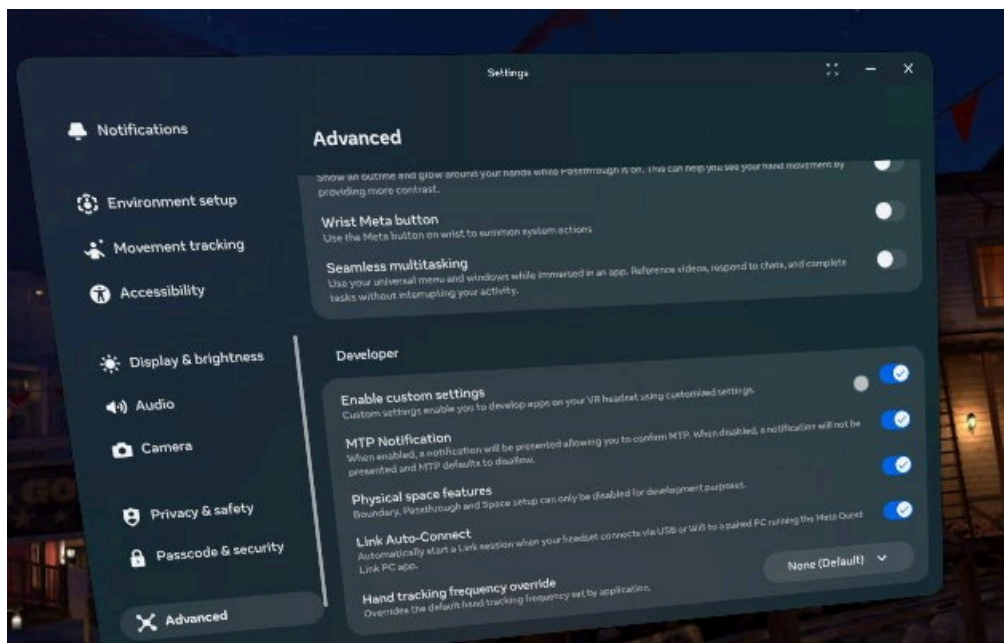
*Slika 24: Razdelek Developer mode  
(Osebni vir)*

To opcijo omogočimo, kot je prikazano na sliki 25, zatem pa očala potrebujejo samo še vnovični zagon.



*Slika 25: Omogočanje opcije Developer mode  
(Osebni vir)*

Po vnovičnem zagonu odpremo nastavitve znotraj Quest 2 očal. Pod Advanced razdelkom vidimo funkcijo »Enable custom settings« in jo omogočimo (slika 26).

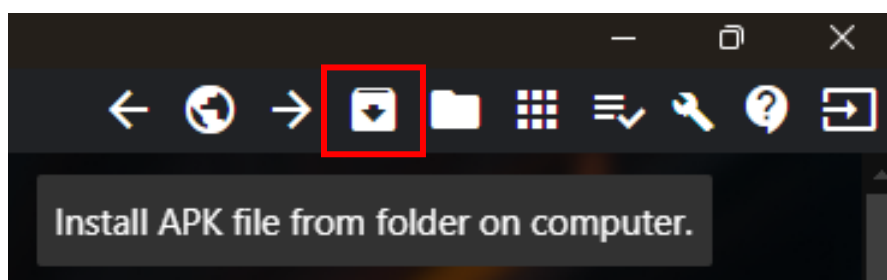


Slika 26: Opcija »Enable custom settings« (Osebni vir)

### 5.2.3 Prenos SideQuesta in aplikacije FPViewer

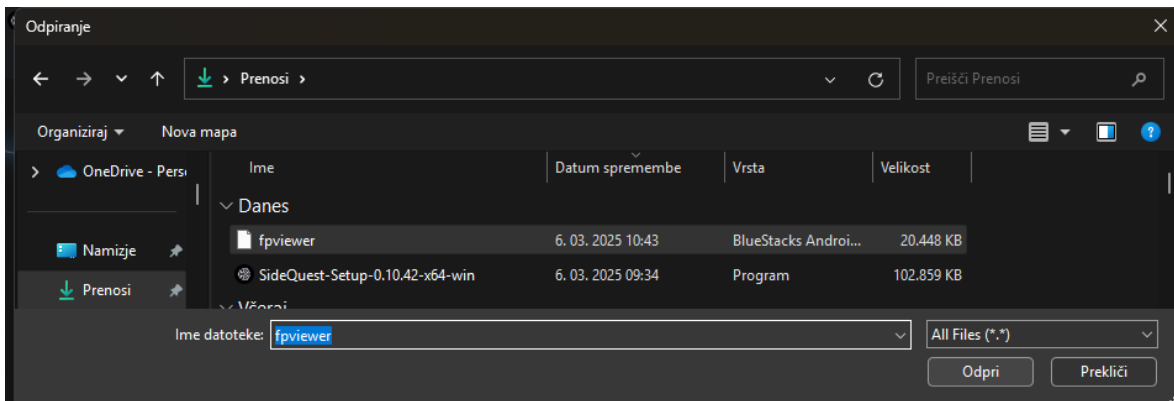
S SideQuestove spletne strani naložimo njihovo namizno aplikacijo. To verzijo izberemo, ker nudi prenos APK datotek na očala. Ko je naložena, povežemo očala z računalnikom preko USB kablo. V očalih nato dovolimo način za odpravljanje napak preko USB-ja, kar se nam pojavi kot sporočilo.

Sedaj s spletne strani <https://fpviewer.en.aptoide.com/app> naložimo FPViewer. Odpremo SideQuest in pritisnemo ikono za nalaganje APK datotek iz računalnika, vidno na sliki 27.



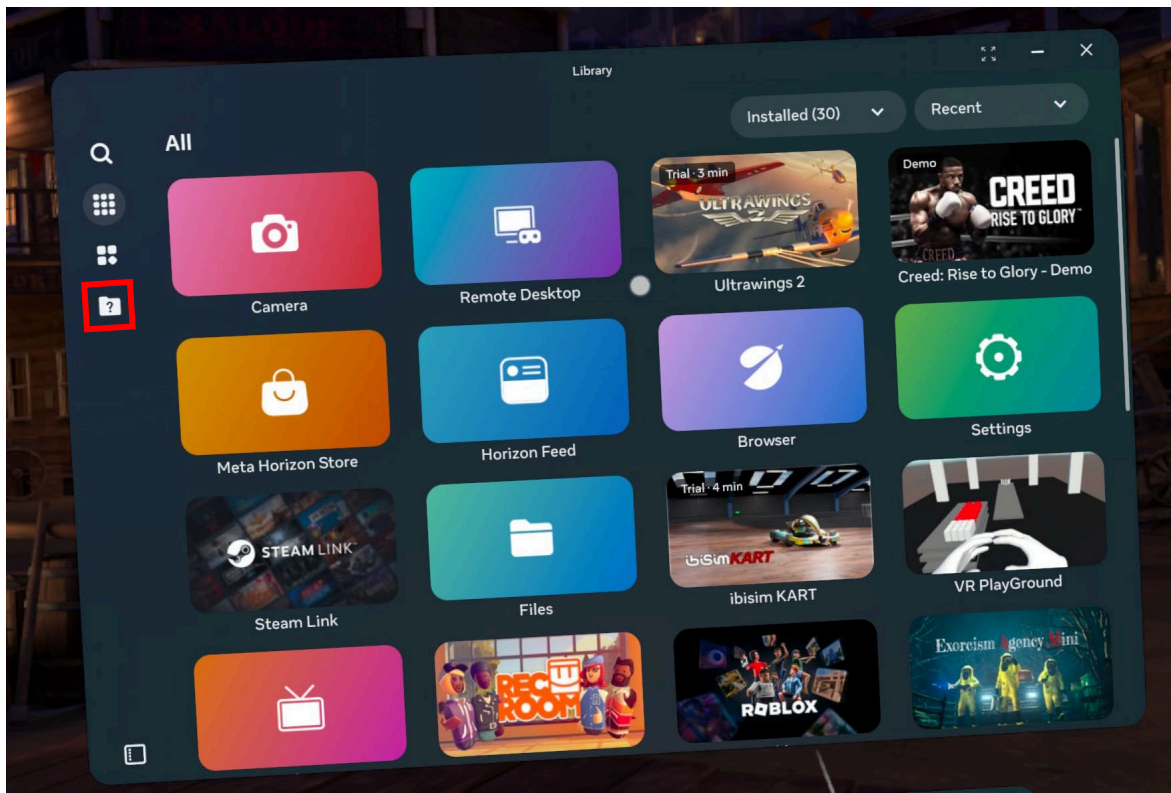
Slika 27: Ikona za nalaganje APK datotek v SideQuestu (Osebni vir)

Izberemo našo aplikacijo (slika 28). Ta se prenese v očala.



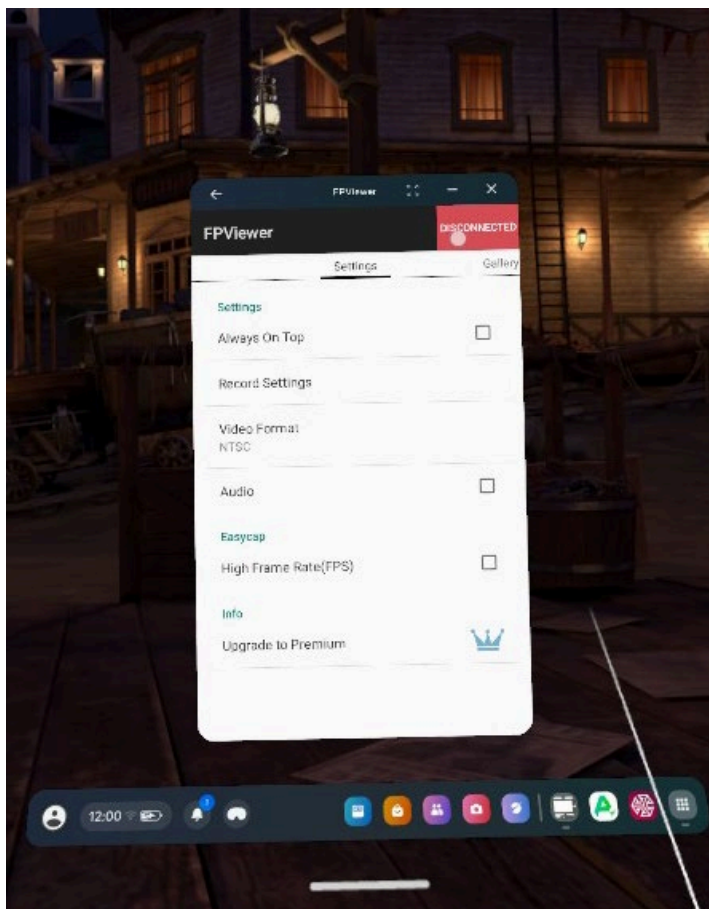
Slika 28: Nalaganje aplikacije FPViewer  
(Osebni vir)

V očalih poiščemo knjižnico aplikacij. Na levi strani izberemo razdelek »Unknown Sources« (slika 29). Tja se nalagajo aplikacije, ki niso podprte s strani Mete.



Slika 29 Razdelek Unknown Sources  
(Osebni vir)

Tam najdemo FPViewer in ga odpremo. Odprta aplikacija je vidna na sliki 30.

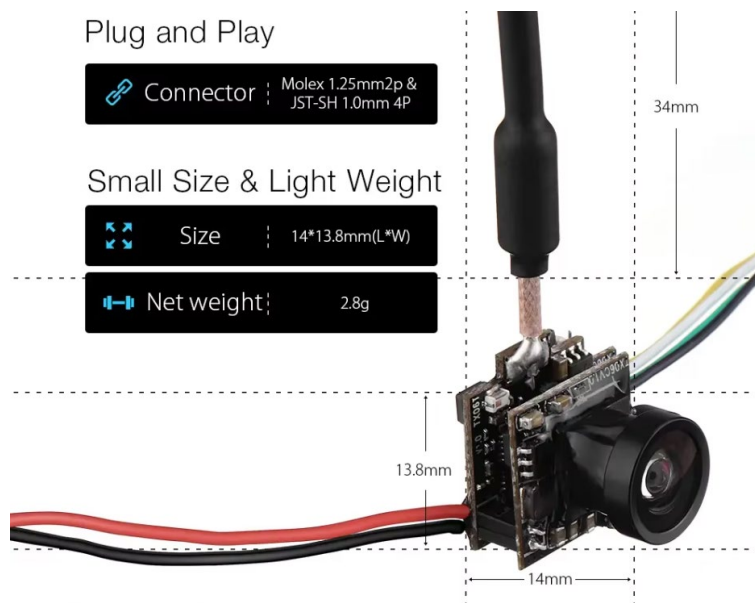


*Slika 30: FPViewer  
(Osebni vir)*

Vklopimo kamero in sprejemnik v očala. Slika se sedaj prenaša v naših Quest 2 očalih [4] [7].

### **5.3 POVEZAVA S KAMERO EACHINE – UGOTOVITVE**

Zamik slike v primerjavi z realnim dogajanjem je minimalen, ročno nam ga ni uspelo izmeriti. Povezovanje z očali je enostavno, ne potrebujemo ostalih naprav. Kakovost slike je TVL 700, kar je dovolj, da se znajdemo v prostoru. Slika v aplikaciji FPViewer je majhna, če pa odpremo celozaslonski način ali poskusimo povečati okno, se slika prekine. Kamera je zelo lahka in ne zasede veliko prostora. Njene dimenzije so razvidne na sliki 31. Z drugimi komponentami v robotu se ji ni treba povezovati, saj je samostojna, potrebuje samo napajanje. Ker uporablja analogni frekvenčni signal, je odpornejša proti motnjam in nam nudi zanesljivo povezavo.



Slika 31: Dimenzije kamere Eachine  
(Vir: AliExpress [1])

#### 5.4 PRIMERJAVA METOD

Slika Insta360 kamere je kakovostnejša. Za 360° pogled lahko izbiramo med resolucijami od 3 K do 5,7 K in resolucijo do 1440 p pri širokokotnem pogledu, ki je 150°. Eachine kamera ima resolucijo 700 TVL, kar je približno enako kot 480 p pri digitalnem videu in slabše kot pri Insta360. Oba pogleda sta v očalih predstavljena ravno in ne ukrivljeno, zato nam 360° ne ponuja toliko prednosti, kot bi hoteli. Da lahko gledamo po prostoru, moramo sliko obračati na telefonu. V realnosti je pogled, ki ga vidimo, dosti manjši, s kamero Eachine pa je 120° .

Za nas je najpomembnejši čim manjši zamik; pri tem je v očitni prednosti kamera Eachine. Njen zamik je zanemarljiv in ni odvisen od kakovosti Wi-Fi omrežja ali zmogljivosti telefona ter računalnika. Poleg tega je bilo pri Insta360 opazno zatikanje videa.

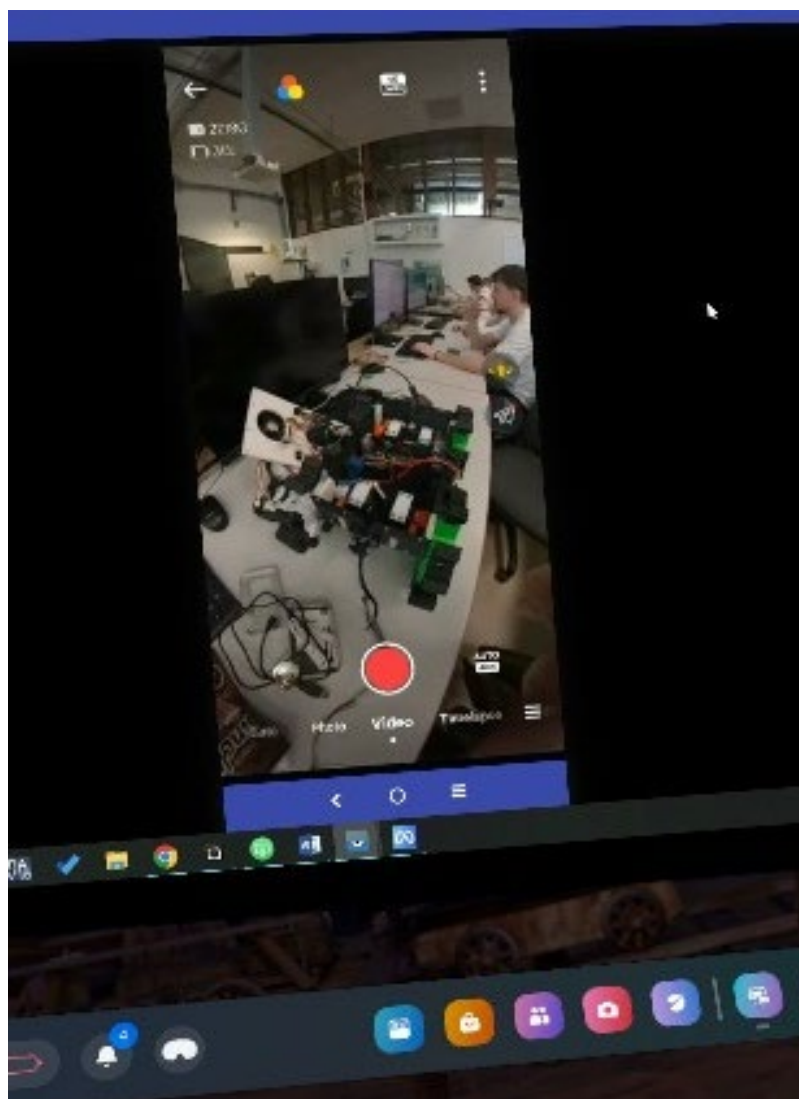
Eachine ima prednost tudi glede povezovanja, saj nima vmesnih faktorjev. Do sedaj pa tudi nismo izkusili problemov z aplikacijo, kar se je dogajalo pri Insta360 kameri in aplikaciji Vysor.

Insta360 kamera je tudi veliko težja in večja, zato bi jo bilo težje vključiti v našega robota.

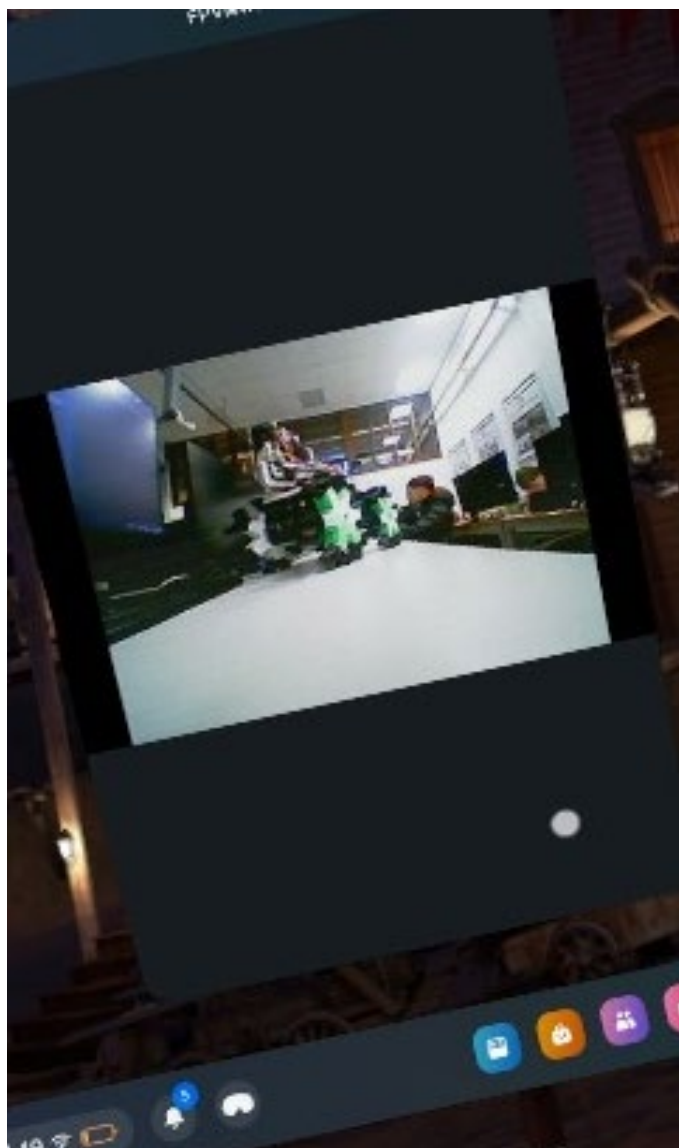
Glavne točke primerjav so prikazane v tabeli 1. Na sliki 32 vidimo prikaz slike iz kamere Insta 360 One X2, na sliki 33 pa prikaz slike kamere Eachine.

Tabela 1: Primerjava metod

PRIMERJAVA	INSTA360 ONE X2	EACHINE
Zakasnitev	0,3 s	<0,1 s
Resolucija	od 3 K do 5,7 K	700 TVL
Kot pogleda	od 100° do 170°, odvisno od izbranega načina	120°



Slika 32: Insta360 v FPV očalih  
(Osebni vir)



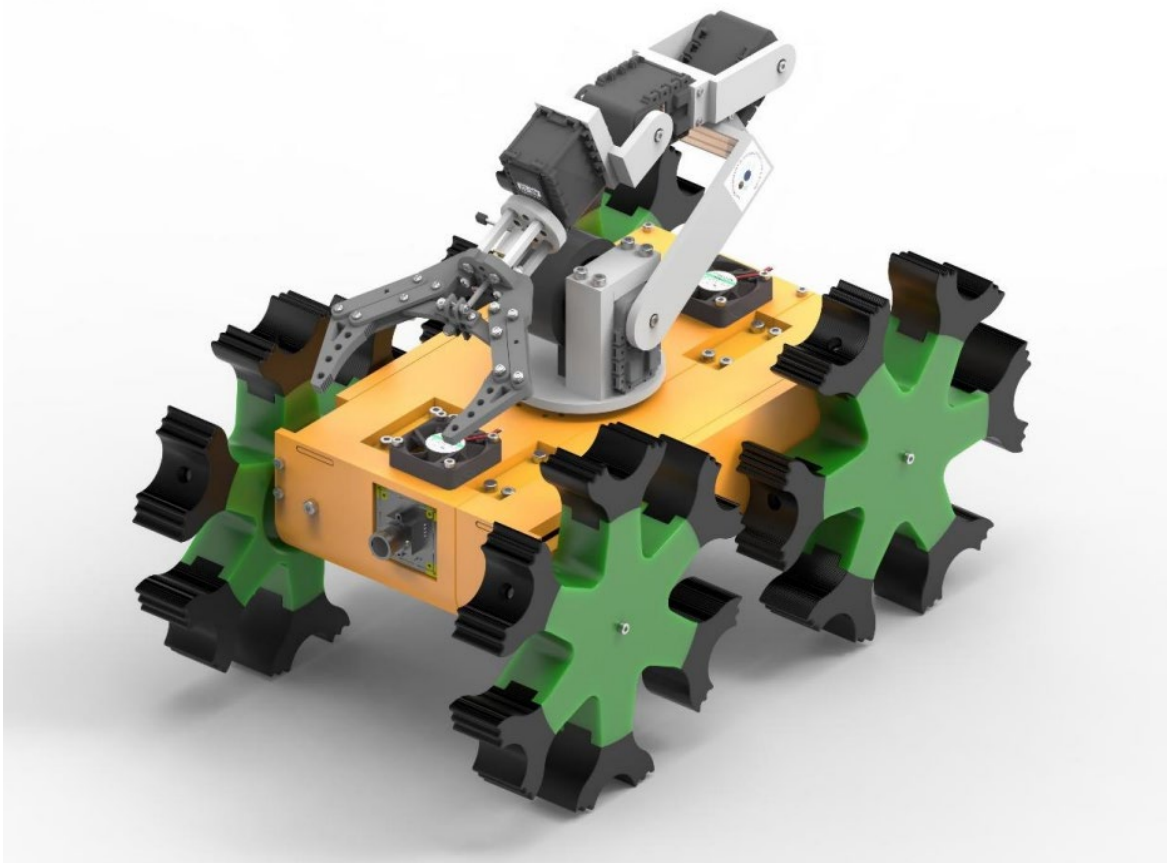
*Slika 33: Eachine kamera v FPV očalih  
(Osebni vir)*

## 6 UPRAVLJANJE REŠEVALNEGA ROBOTA

### 6.1 REŠEVALNI ROBOT

"Reševalni robot je vrsta robota, ki je namenjen iskanju preživelih, navigaciji v težko dostopnih okoljih in izvajanju reševalnih operacij s ciljem hitrega odziva." (Gril, Romih, Strajnič, 2024: 1) [13].

Reševalnega robota bomo uporabljali na tekmovanju Robo Cup. Kot del raziskovalne naloge pa je naša naloga zaenkrat samo vožnja robota, čigar pogled lahko vidimo v VR očalih. Robot, ki ga uporabljamo, je bil izdelan v okviru raziskovalne naloge Strojno učenje reševalnega robota v šolskem letu 2023/2024 in je viden na sliki 34..



*Slika 34: Reševalni robot*

*(Vir: Strojno učenje reševalnega robota [13])*

## 6.2 PROGRAM

### 6.2.1 Motorji

Motorji, ki jih uporabljamo za pogon, so Dynamixel AX-18A (slika 35). To so servomotorji, katerih pozicijo in hitrost lahko spreminjamo ter kontroliramo.



*Slika 35: Dynamixel AX-18A  
(Vir: Robotis [5])*

### 6.2.2 Vezava motorjev

Motorji imajo dva priključka. V vezavi z več motorji, v našem primeru so to 4, na prvega priključimo napajanje; ostale povežemo med seboj in zadnjega priključimo na USB komunikacijski pretvornik. Ta omogoča prenos podatkov med računalnikom in motorji. Uporabljamo U2D2 komunikacijski pretvornik. Za napajanje potrebujemo od 9 V do 12 V. Za to uporabljamo baterijo Gens ace 3S Lipo Battery, z napetostjo 11,1 V.

### 6.2.3 Dynamixel Wizard 2.0

Dynamixel Wizard 2.0 je program, uporabljen za komuniciranje z motorji Dynamixel. Uporabljamo ga, ker nam dovoli preprosto povezavo z motorji. Z njim smo nastavili identifikacijske številke, ID-je motorjev in testirali njihovo delovanje. Tu lahko preverimo in spremenimo tudi nastavitve motorjev. V primeru napak pa nam le-te tudi sporoči.

## 6.2.4 Python in PyCharm

Za programski jezik uporabljamo Python, ki je značilen za izdelovanje spletnih strani in programov, avtomatizacijo nalog in izvajanje analiz podatkov. Njegova uporaba pa ni omejena samo na to. Izbrali smo ga, ker je lažji za začetnike in ima širok spekter uporabe. Integrirano razvojno okolje, v katerem se naš program izvaja, se imenuje PyCharm.

V program naložimo knjižnico dynamixel\_sdk, ki skrbi za povezavo z motorji, in knjižnico keyboard, ki zazna pritiske tipk na tipkovnici. Zatem vzpostavimo komunikacijo z motorji. Motorje postavimo v »wheel mode«, zato da jim lahko kontroliramo hitrost, to pa nam tudi omogoči neomejene obrate. Ta del programa je viden na sliki 36.

```
5 # določimo naslove iz DYNAMIXEL AX-18A control table
6 ADDR_AX_TORQUE_ENABLE = 24
7 ADDR_AX_GOAL_VELOCITY = 32
8 ADDR_AX_MODE = 6
9
10 # Verzija protokola
11 PROTOCOL_VERSION = 1.0
12
13 # ID motorjev in nastavitve U2D2
14 DXL_ID1 = 1 # SPREDNJI DESNI
15 DXL_ID2 = 2 # SPREDNJI LEVI
16 DXL_ID3 = 3 # SPREDNJI DESNI
17 DXL_ID4 = 4 # ZADNJI LEVI
18 BAUDRATE = 1000000
19 DEVICENAME = 'COM7'
20
21 # Vzpostavimo komunikacijo
22 portHandler = PortHandler(DEVICENAME)
23 packetHandler = PacketHandler(PROTOCOL_VERSION)
24 portHandler.openPort()
25 portHandler.setBaudRate(BAUDRATE)
26
27 # Omogočimo navor in nastavimo način za vsak motor
28 dxl_comm_result, dxl_error = packetHandler.write1ByteTxRx(portHandler, DXL_ID1, ADDR_AX_MODE, 1)
29 dxl_comm_result, dxl_error = packetHandler.write1ByteTxRx(portHandler, DXL_ID1, ADDR_AX_TORQUE_ENABLE, 1)
30 dxl_comm_result, dxl_error = packetHandler.write1ByteTxRx(portHandler, DXL_ID2, ADDR_AX_MODE, 2)
31 dxl_comm_result, dxl_error = packetHandler.write1ByteTxRx(portHandler, DXL_ID2, ADDR_AX_TORQUE_ENABLE, 2)
32 dxl_comm_result, dxl_error = packetHandler.write1ByteTxRx(portHandler, DXL_ID3, ADDR_AX_MODE, 3)
33 dxl_comm_result, dxl_error = packetHandler.write1ByteTxRx(portHandler, DXL_ID3, ADDR_AX_TORQUE_ENABLE, 3)
34 dxl_comm_result, dxl_error = packetHandler.write1ByteTxRx(portHandler, DXL_ID4, ADDR_AX_MODE, 4)
35 dxl_comm_result, dxl_error = packetHandler.write1ByteTxRx(portHandler, DXL_ID4, ADDR_AX_TORQUE_ENABLE, 4)
```

Slika 36: Vzpostavljanje povezave z motorji  
(Osební vir)

Hitrost se razdeli na 1024 delov, od 0 do 1023 in od 1023 do 2047, ko se vrtijo v drugo smer. Njihovo smer vrtenja krmilimo z uporabo tipk na tipkovnici. Različne vrednosti hitrosti pa bomo lahko izbirali na številčnici, in sicer od 0 do 5. Ta del programa je viden na sliki 37.

```

38     hitrost_motorja1 = 0
39     hitrost_motorja2 = 0
40     hitrost_motorja3 = 0
41     hitrost_motorja4 = 0
42
43     x = 0 # Spremenljivka za hitrost
44
45     # zanka za izvajanje programa
46     done = True
47     while done:
48         # Spreminjamo vrednost x z uporabo številke na številčnici
49         for i in range(0, 6):
50             if keyboard.is_pressed(f'numpad{i}'):
51                 x = i * 200
52
53         # ob pritisku določene črke, se motorji začnejo vrteti z določeno hitrostjo
54         if keyboard.is_pressed('s'):
55             print("s")
56             hitrost_motorja1 = 1023 + x
57             hitrost_motorja2 = x
58             hitrost_motorja3 = 1023 + x
59             hitrost_motorja4 = x

```

*Slika 37: Program za vožnjo robota z uporabo tipkovnice  
(Osebni vir)*

Če ni pritisnjena nobena tipka, se motorji zaustavijo, kar je prikazano na sliki 38.

```

110     # če ni pritisnjena nobena tipka se motorji ustavijo
111     elif not any(keyboard.is_pressed(k) for k in ['w', 's', 'a', 'd', 'q', 'e', 'y', 'c']):
112         hitrost_motorja1 = 0
113         hitrost_motorja2 = 0
114         hitrost_motorja3 = 0
115         hitrost_motorja4 = 0

```

*Slika 38: Zaustavitev motorjev ob neaktivnosti  
(Osebni vir)*

Hitrost nato zapišemo v motorje (slika 39) [13] [4] [5].

```

121     dxl_comm_result, dxl_error = packetHandler.write2ByteTxRx(portHandler, DXL_ID1, ADDR_AX_GOAL_VELOCITY, hitrost_motorja1)

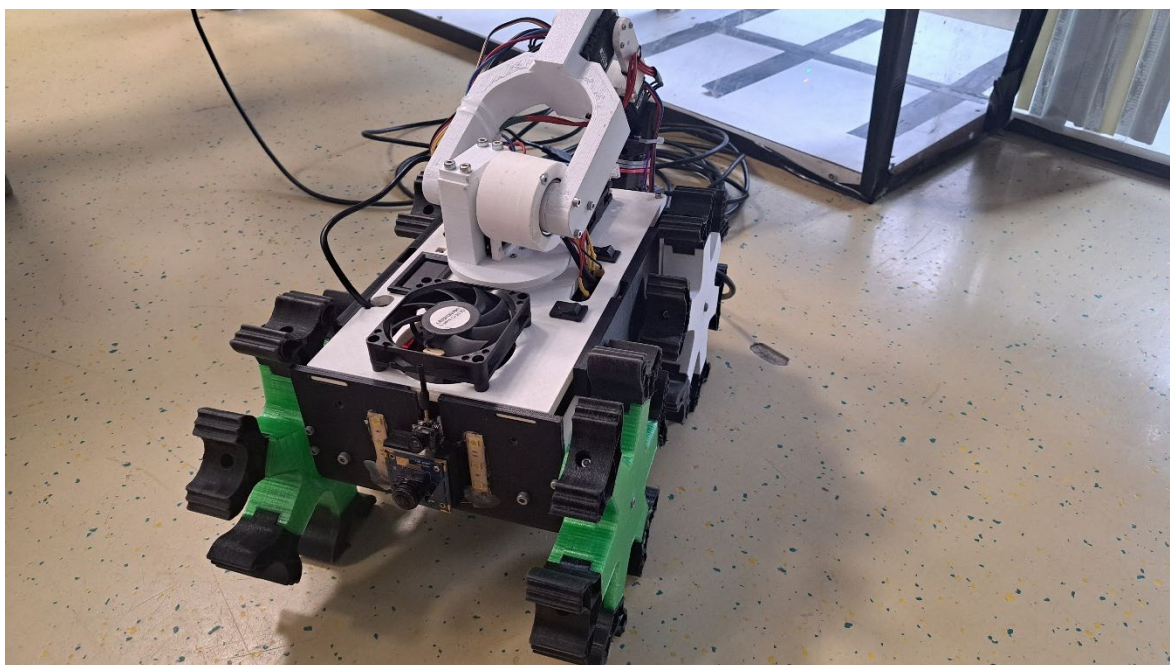
```

*Slika 39: Zapis hitrosti v motorje  
(Osebni vir)*

Na slikah 40, 41 in 42 je prikazan končni pogled upravljanja robota, ter robot z nameščeno kamero.



*Slika 40: Končni pogled upravljanja robota  
(Osebni vir)*



*Slika 41: Robot z nameščeno kamero  
(Osebni vir)*



*Slika 42: Upravljanje robota  
(Osebni vir)*

## 7 ANALIZA HIPOTEZ

1. Zamik med pogledom robota v virtualnih očalih in dejanskim stanjem robota ne bo večji od 0,5 s. Po testiranju smo ugotovili, da je zamik manjši od 0,5 s, torej je zanemarljiv. ✓
2. Pogled kamere bo dovolj širok in jasen, da se znajdemo v prostoru. Hipoteza drži, kljub temu pa so možne izboljšave tako pri kakovosti slike kot pri kotu pogleda. ✓
3. Kamera na robotu ne bo zahtevala povezave z očali s kablom. To drži. Kamera je povezana na baterijo, z očali pa preko analognega frekvenčnega signala. ✓
4. Slika v očalih bo prostorsko ukrivljena. Ta hipoteza je zavrnjena. Slika v očalih bo prostorsko ukrivljena. Ta hipoteza je zavrnjena. Ni nam uspelo najti načina, kako zagotoviti 360° pogled. Slika je prikazana na ravninskem prikazu. To bi lahko rešili z uporabo 360° kamere. ✗
5. Robota bomo vozili s kontrolerjem. Tudi ta hipoteza še ni udejanjena. Program za vožnjo robota je narejen za uporabo tipkovnice. Uporabo kontrolerja nameravamo narediti kasneje, do tekmovanja Robo Cup. ✗

## 8 MOŽNOST NADALJNJIH RAZISKAV

Možnosti za nadaljnje raziskave, ki jih lahko izvedemo, so:

- možnost upravljanja robota z Meta Quest 2 kontrolerji;
- uporaba umetne inteligence na robotu;
- namestitev kakovostnejše kamere, ki se ne segreje tako hitro in ima boljšo ločljivostjo;
- uporaba 360° kamere, ki bi omogočila pogled okoli robota in s tem zmanjšala možnost, da spregledamo kakšno oviro. Z uporabo 360° kamere bi tudi zmanjšali število potrebnih kamer, saj jih ne bi potrebovali na vsaki strani robota.

## 9 ZAKLJUČEK

Raziskovalna naloga je bila kljub mnogim problemov uspešna. Področje, ki smo ga raziskovali, nudi nešteto možnosti, s katerimi bi lahko prišli do zelenih ciljev. Veliko metod, ki smo jih preizkusili, smo morali ovreči. V nalogi smo predstavili dve izmed metod, ki so delovale najboljše in ne potrebujejo dodatnih plačljivih aplikacij. Obe metodi imata svoje slabosti in prednosti, kar pomeni, da so v prihodnosti možne izboljšave. Robota je možno voziti s tipkovnico, izdelali pa bomo tudi program za kontroler.

Celoten potek dela bi lahko opravili dosti hitreje s fokusom na eno samo metodo. To pa je bilo težko udejaniti, saj se uporabljajo aplikacije tretjih oseb, zaradi česar pride do težav s kompatibilnostjo. Enostavnejši način bi bil, če bi uporabljali komponente, ki so namenjene skupnemu delovanju, vendar bi to pomenilo znatno večje stroške.

S končnimi rezultati smo zadovoljni, saj imamo delujoč sistem, ki ga bomo lahko uporabili tudi v praksi, in sicer na tekmovanju Robo Cup.

## 10 VIRI IN LITERATURA

- [1] *AliExpress* (online). 2025. (citirano 6. 3. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.aliexpress.com/item/1005007187471802.html>
- [2] *AX-18A* (online). 2025. (citirano 11. 2. 2025). Dostopno na naslovu: <https://emanual.robotis.com/docs/en/dxl/ax/ax-18a/>
- [3] *Banggood* (online). 2025. (citirano 6. 3. 2025). Dostopno na naslovu: [https://usa.banggood.com/Eachine-TX06-700TVL-FOV-120-Degree-5\\_8Ghz-48CH-25mW-Smart-Audio-Mini-FPV-Camera-Support-Pitmode-AIO-Transmitter-For-RC-Drone-Tiny-Whoop-p-1413572.html?cur\\_warehouse=USA&ID=440696323412](https://usa.banggood.com/Eachine-TX06-700TVL-FOV-120-Degree-5_8Ghz-48CH-25mW-Smart-Audio-Mini-FPV-Camera-Support-Pitmode-AIO-Transmitter-For-RC-Drone-Tiny-Whoop-p-1413572.html?cur_warehouse=USA&ID=440696323412)
- [4] *ChatGPT* (online). 2025. (citirano 4. 1. 2025). Dostopno na naslovu: <https://chatgpt.com/>
- [5] *Dynamixel Tutorial | How to control the Dynamixel Ax12 Motor using Python* (online). 2020. (citirano 13. 2. 2025). Dostopno na naslovu: [https://www.youtube.com/watch?v=SqKS\\_cFuPh0](https://www.youtube.com/watch?v=SqKS_cFuPh0)
- [6] *Head-mounted display* (online). 2024. (citirano 4. 3. 2025). Dostopno na naslovu: [https://en.wikipedia.org/wiki/Head-mounted\\_display](https://en.wikipedia.org/wiki/Head-mounted_display)
- [7] *How to Get SideQuest on Meta Quest 3, 3S and more | New SideQuest Tutorial 2025* (online). 2025. (citirano 6. 3. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.youtube.com/watch?v=lmPTbcpIAT4>
- [8] *How to transmit analog video wirelessly Using Radio Frequency (RF) Transmitters* (online). 2024. (citirano 6. 3. 2025). Dostopno na naslovu: <https://robotlk.com/how-to-transmit-analog-video-wirelessly/>
- [9] *Insta360* (online). 2025. (citirano 5. 3. 2025). Dostopno na naslovu: [https://en.wikipedia.org/wiki/Insta360#360\\_Cameras](https://en.wikipedia.org/wiki/Insta360#360_Cameras)
- [10] *Insta360 One X2* (online). 2025. (citirano 5. 3. 2025). Dostopno na naslovu: [https://www.insta360.com/product/insta360-onex2#onex2\\_specs](https://www.insta360.com/product/insta360-onex2#onex2_specs)
- [11] *Quest 2* (online). 2025. (citirano 4. 3. 2025). Dostopno na naslovu: [https://en.wikipedia.org/wiki/Quest\\_2](https://en.wikipedia.org/wiki/Quest_2)

[12] *Stepwise Tutorial: Vysor Android Control on PC* (online). 2024. (citirano 6. 1. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.anyviewer.com/how-to/vysor-android-control-on-pc-2578.html>

[13] *Strojno učenje reševalnega robota* (online). 2025. (citirano 6. 3. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4202405111.pdf>

[14] *The Meta Quest 2 and Quest Pro Are Now Retired* (online). 2024. (citirano 4. 3. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.howtogeek.com/meta-discontinues-quest-2-and-quest-pro/>

[15] *What Is SideQuest?* (online). 2024. (citirano 6. 3. 2025). Dostopno na naslovu: <https://medium.com/sidequestvr/what-is-sidequest-and-why-should-you-get-it-on-your-quest-3-1212ac142cfa>

[16] *What is virtual reality?* (online). 2024. (citirano 4. 3. 2025). Dostopno na naslovu: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/virtual-reality>