

POGLAVJE 3B – Daljinski monitoring (remote sensing)



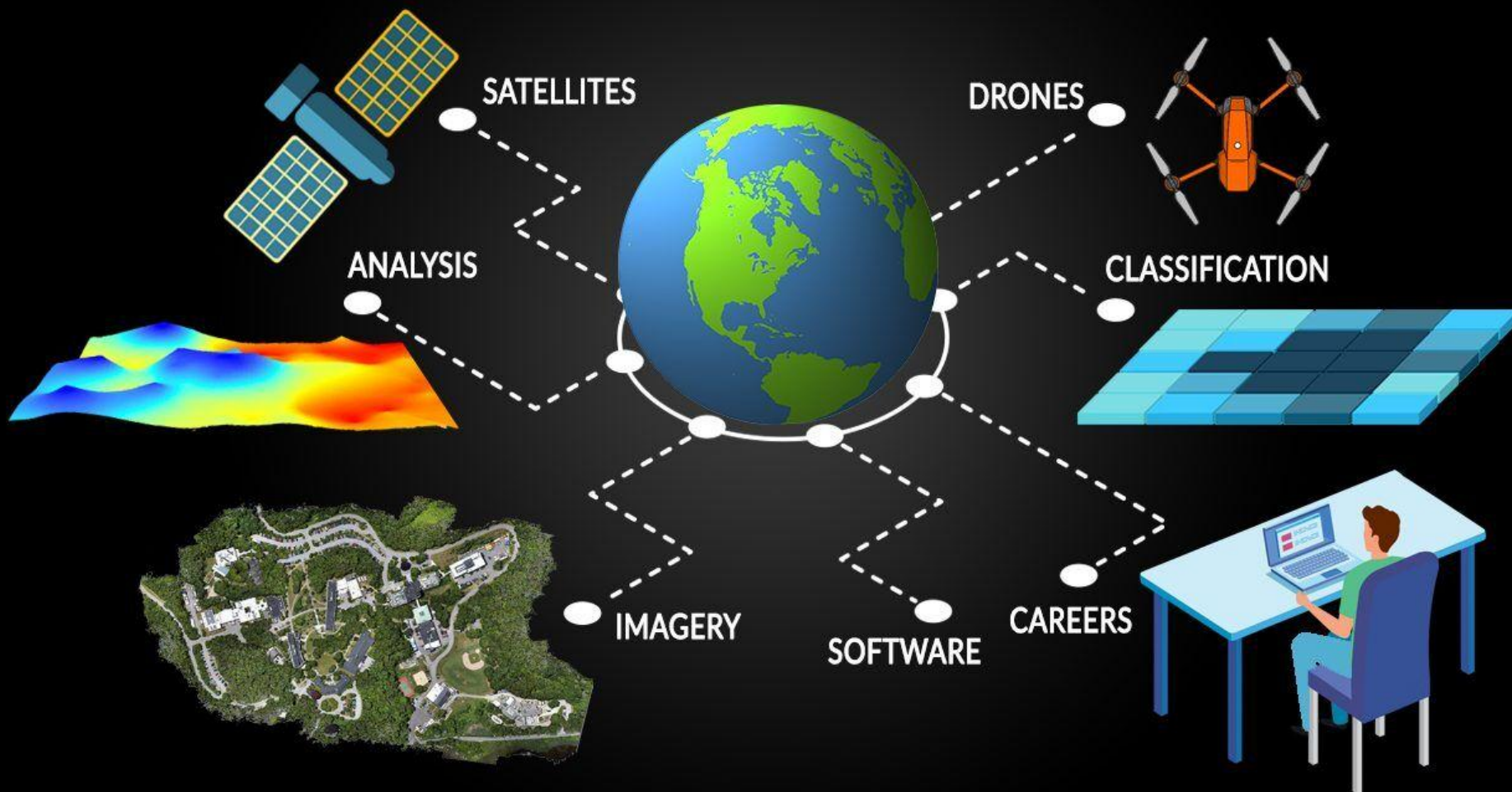
Kaj je daljinsko zaznavanje?

Definicija: Daljinsko zaznavanje je znanstvena metoda zbiranja informacij o površju Zemlje brez neposrednega stika – s pomočjo senzorjev, ki zaznavajo odbito ali oddano elektromagnetno sevanje (npr. svetlobo, toploto, radarske valove).

Uporablja se iz zraka ali vesolja: s sateliti, letali, droni in talnimi senzorji.

Uporaba: Kmetijstvo, gozdarstvo, varstvo narave, urbanizem, civilna zaščita, vremensko napovedovanje ...

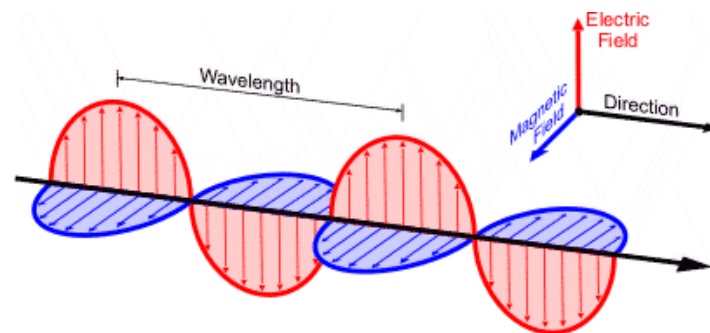
WHAT IS REMOTE SENSING?



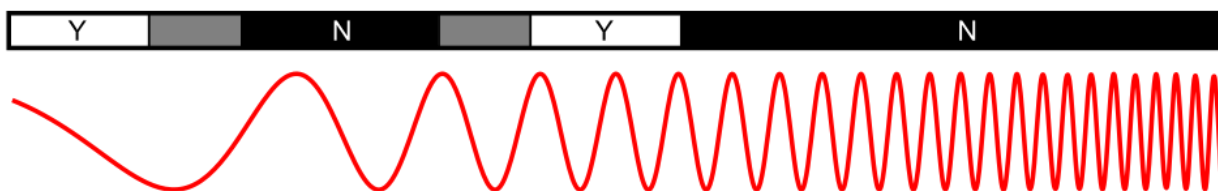
Kako deluje daljinsko zaznavanje?

Osnovno načelo:

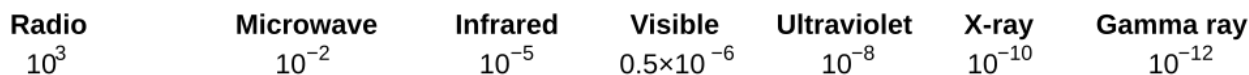
Daljinsko zaznavanje temelji na **merjenju elektromagnetnega sevanja**, ki se odbija ali seva s površja Zemlje. Senzorji zaznavajo to sevanje in ga pretvorijo v podatke, ki jih nato analiziramo.



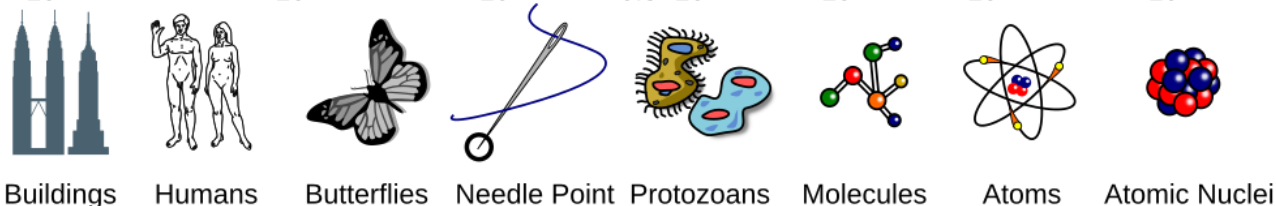
Penetrates Earth's
Atmosphere?



Radiation Type
Wavelength (m)



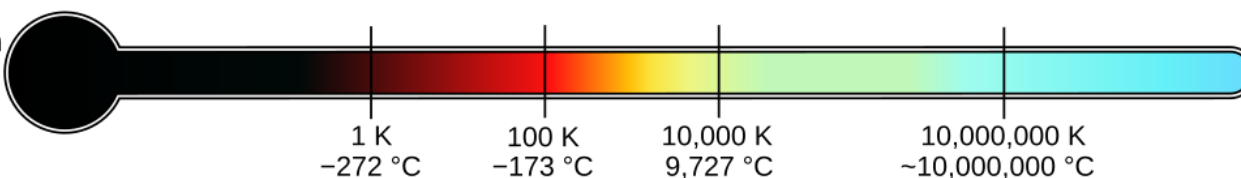
Approximate Scale
of Wavelength



Frequency (Hz)



Temperature of
objects at which
this radiation is the
most intense
wavelength emitted



Koraki zaznavanja:

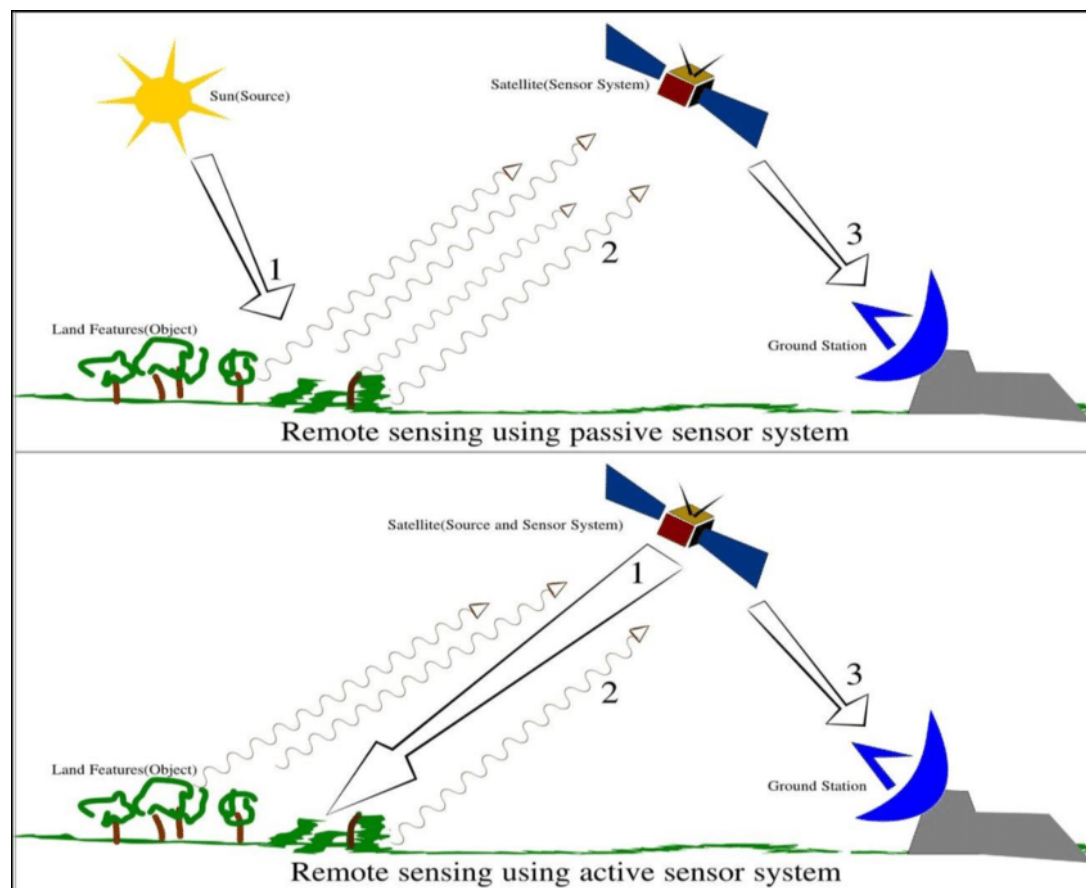
1. **Vir energije** – največkrat Sonce (v pasivnih sistemih) ali oddajnik (v aktivnih sistemih, npr. radar).
2. **Interakcija s površjem** – del sevanja se odbije, absorbira ali razprši.
3. **Zaznava senzorja** – senzor (npr. na dronu, satelitu) zazna odbite valove.
4. **Obdelava podatkov** – pretvorba v slike, indekse, 3D-modele ipd.

Spektri sevanja:

- Vidna svetloba (RGB)
- Infrardeči spekter (zdravje vegetacije)
- Termalno sevanje (temperatura)
- Mikrovalovi (radar, skozi oblake)

Pasivno vs. aktivno:

- **Pasivno:** uporablja naravne vire svetlobe (npr. Sentinel-2, Landsat).
- **Aktivno:** sam oddaja valove (npr. LIDAR, radar – Sentinel-1).



Platforme za daljinsko zaznavanje

Daljinsko zaznavanje izvajamo z različnih višin – s pomočjo nosilcev, imenovanih **platforme**.

Sateliti

- Zajemajo slike celotnega planeta.
- Primer: *Sentinel-2* (vidni + IR spekter), *Sentinel-1* (radar).
- Pokrivajo velike površine, snemanje vsakih nekaj dni.

Droni (brezpilotni letalniki)

- Fleksibilni, nizkocenovni, zelo visoka ločljivost.
- Idealni za lokalno spremljanje stanja pridelkov, habitatov, posekov.

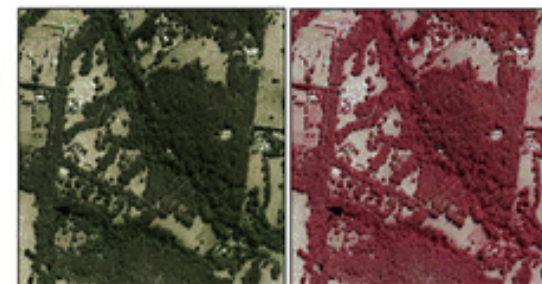
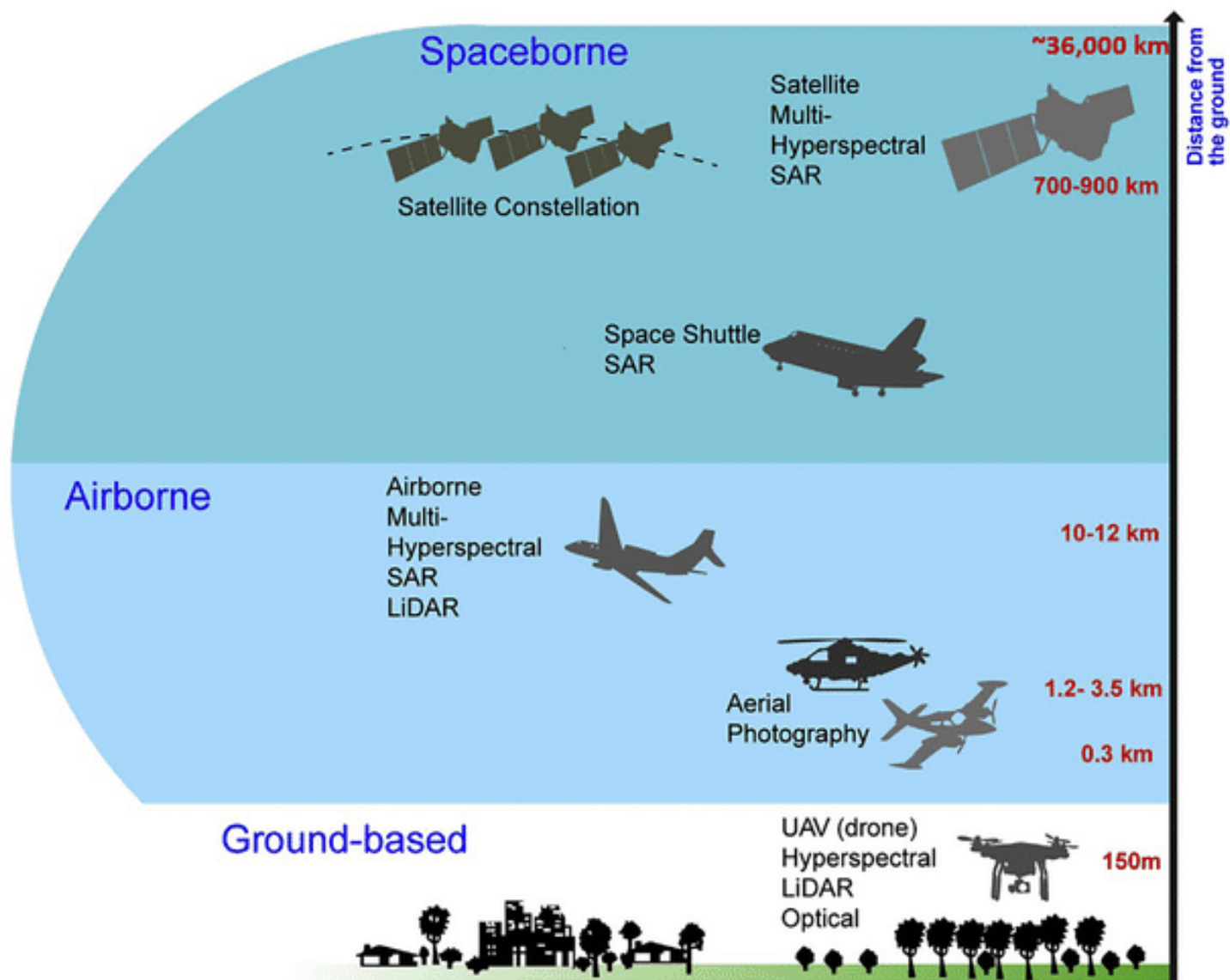
Letala in helikopterji

- Uporabljajo se za **aerofotografiranje** in **lidar skeniranje**.
- Visoka ločljivost, uporabno za kartiranje manjših območij.

Talne platforme

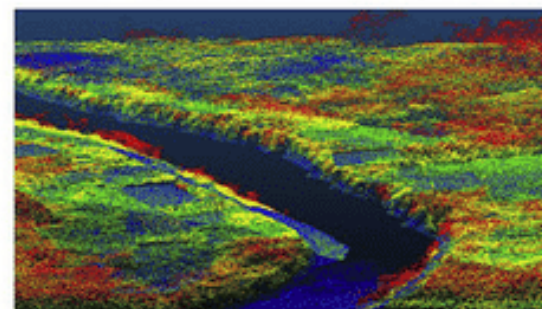
- Senzorji na stolpih, vremenskih postajah, traktorjih.
- Merijo svetlobne in vremenske pogoje neposredno nad površjem (proximalno zaznavanje).

Izbira platforme je odvisna od obsega območja, želene ločljivosti, pogojev (oblačnost, čas snemanja), stroškov in dostopnosti.

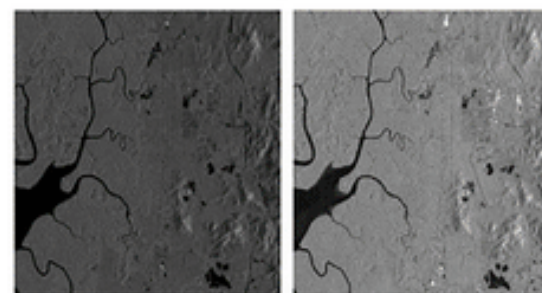


True-colour
Multi-spectral

False-colour
Multi-spectral



LiDAR 3D point cloud



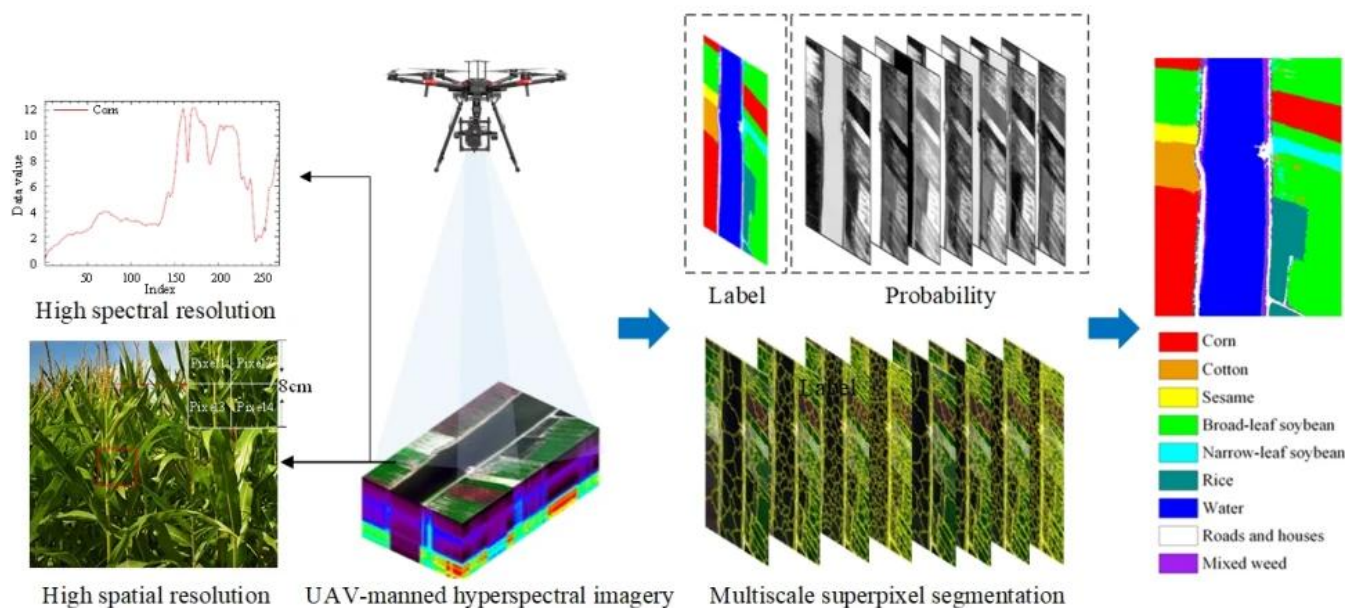
Synthetic Aperture Radar

Vrste senzorjev in njihove funkcije

Različni senzorji zaznavajo različne dele spektra in fizikalne lastnosti površja. Izbira senzorja je ključna za vrsto informacij, ki jih pridobimo.

Multispektralni senzorji

- Zajemajo svetlobo v nekaj izbranih pasovih (npr. rdeča, zelena, modra, bližnja IR).
- Uporabno za oceno **zdravja vegetacije** (npr. NDVI indeks).
- Primer: *Sentinel-2 MSI*, *MicaSense RedEdge* (na dronih).





DJI Mavic 3 Multispectral: <https://www.youtube.com/watch?v=4f8NiLApHLk>

Hiperspektralni senzorji

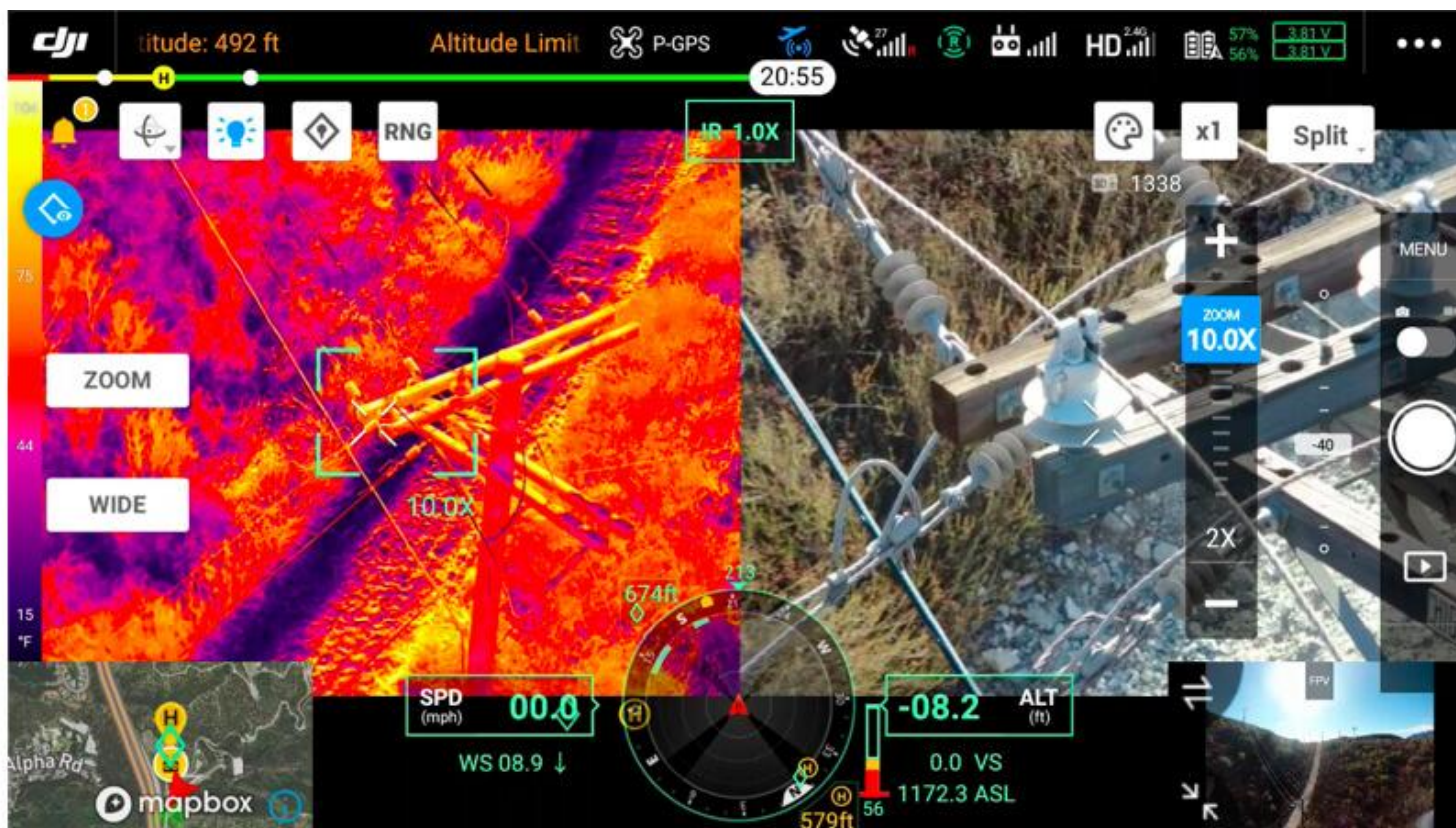
- Beležijo **več deset ali sto spektralnih pasov** – zelo podrobno.
- Omogočajo natančno prepoznavanje materialov (npr. bolezni rastlin, vsebnost tal).
- Uporabno v raziskavah, gozdarstvu, rudarskem kartiranju.



DJI M300 (matrice): https://www.youtube.com/watch?v=V-4Om_4n998

Termalni (infrardeči) senzorji

- Merijo **toplotno sevanje** (temperaturo površja).
- Uporabno za: odkrivanje **vodnega stresa**, **vročinskih otokov**, **žarišč požarov**.
- Primer: *FLIR* kamere na dronih.



DJI thermal drones: <https://www.youtube.com/watch?v=lxq5sZTYYLc>

RADAR (mikrovalovni senzorji)

- Aktivni senzorji – delujejo **podnevi in ponoči, tudi skozi oblake**.
- Uporabno za: **vlago v tleh**, strukturo površja, premike tal.
- Primer: *Sentinel-1* (SAR radar).



DJI matrice RADAR: <https://www.youtube.com/watch?v=TPISm8X-sYc>

LIDAR (Light Detection and Ranging)

- Laser izmeri **razdaljo do površja** → natančni 3D-modeli (oblaki točk).
- Ključen za kartiranje terena pod gozdno streho, prostornino krošenj.
- Uporaba: gozdarstvo, kartiranje vodotokov, arheologija.



DJI Zenmuse: <https://www.youtube.com/watch?v=mvKmmXewNlo>

Uporaba v kmetijstvu

Daljinsko zaznavanje omogoča **precizno kmetijstvo** – spremljanje rastlin in tal za boljše odločitve.

Spremljanje stanja posevkov

- Ocena **zdravja rastlin** (barva, fotosinteza, vlaga).
- Zaznavanje **bolezni, škodljivcev, plevela**.

Gnojenje in hranila

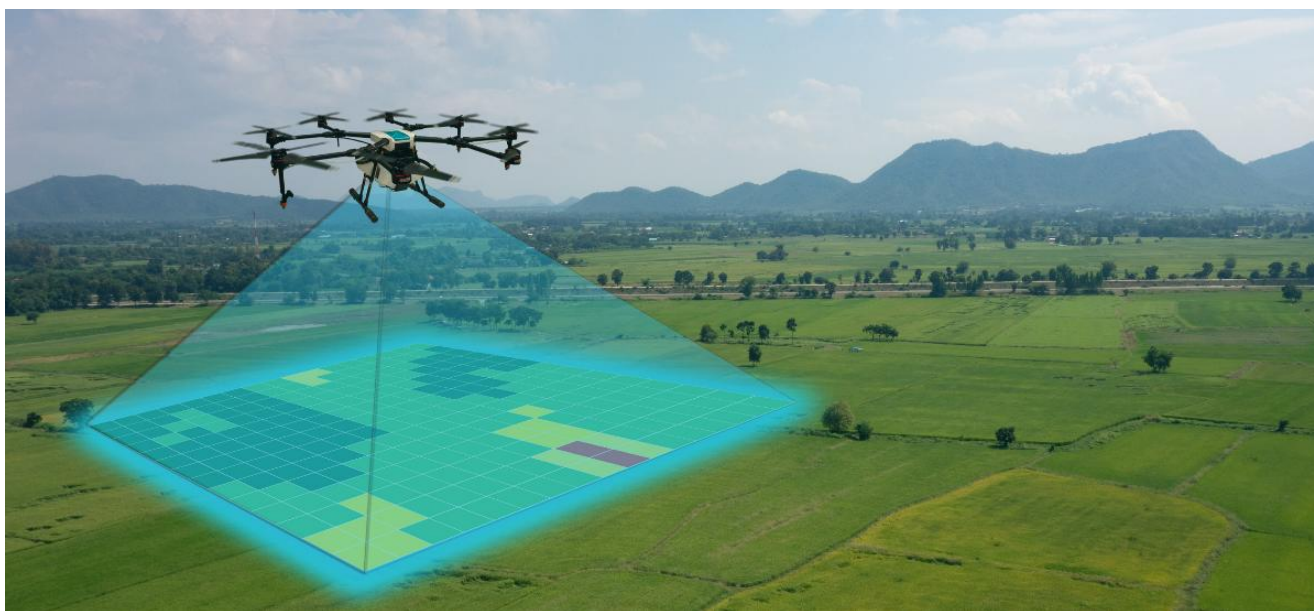
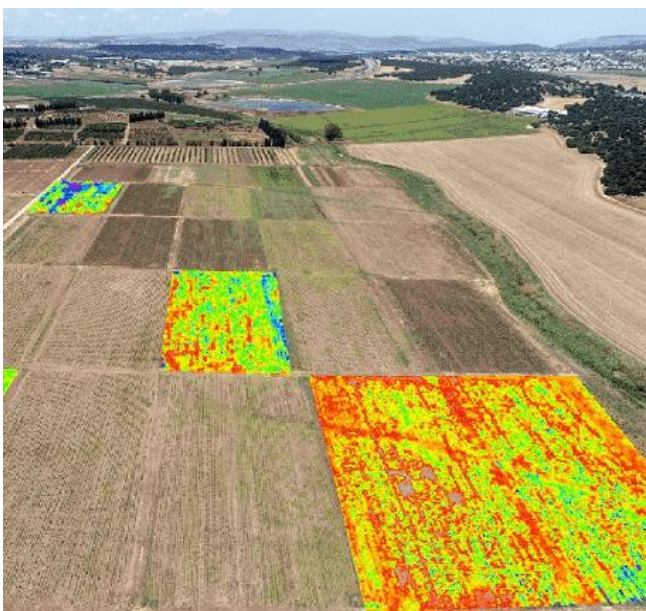
- Vegetacijski indeksi (NDVI, VARI) pokažejo, kje rastline potrebujejo več hranil.
- Ciljno gnojenje → manj stroškov, manj onesnaževanja.

Namakanje in vlaga

- Prepoznavanje območij s **pomanjkanjem vode**.
- Natančno usmerjeno **namakanje** → prihranek vode.

Napoved pridelka

- Ocena pridelka na osnovi multispektralnih posnetkov.
- Spremljanje **rastnih faz** skozi sezono.



Uporaba v naravovarstvu

Daljinsko zaznavanje je ključno orodje za spremljanje in varovanje naravnega okolja.

Spremljanje gozdov

- Zaznavanje **posekov, požarov, bolezni**.

Ocenjevanje **zdravja dreves** (npr. suša, podlubniki).

Varstvo voda in tal

- Zaznavanje onesnaženosti rek in jezer.
- Spremljanje erozije in plazov.

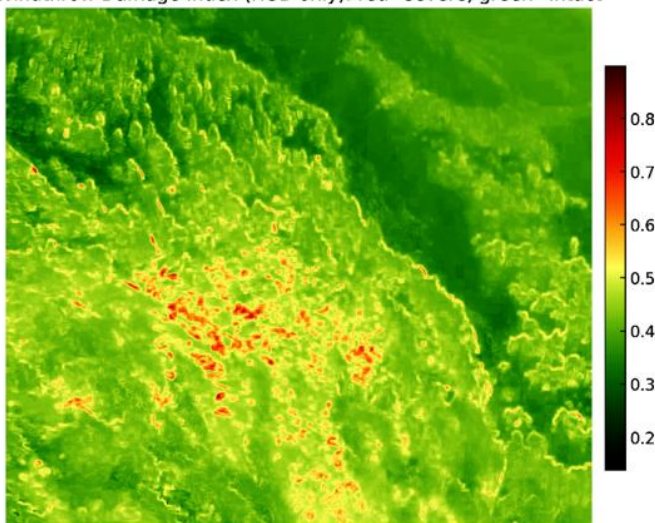
Monitoring habitatov in vrst

- Kartiranje mokrišč, travišč, gorskih habitatov.
- Štetje divjadi s termalnimi kamerami na dronih.

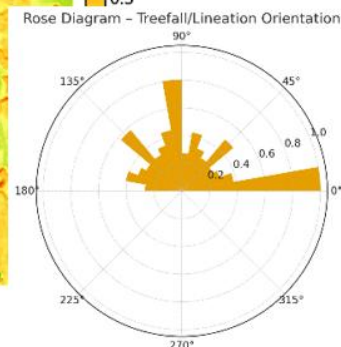
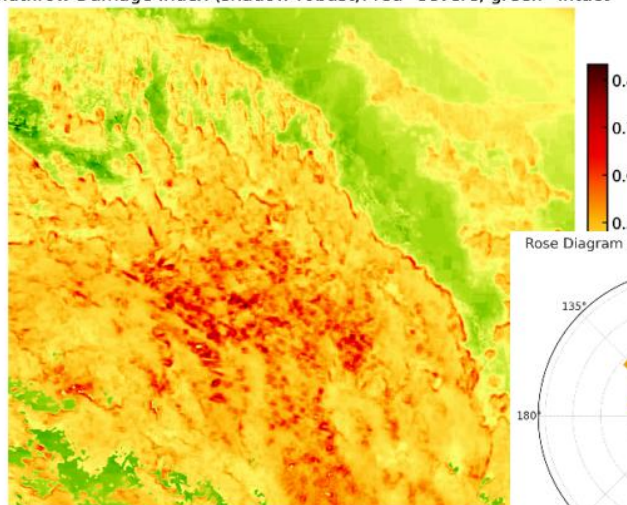
Naravne nesreče

- Hitro odkrivanje in spremljanje **požarov, poplav, plazov**.
- Ocena škode po ujmah.

Windthrow Damage Index (RGB-only): red=severe, green=intact



Windthrow Damage Index (shadow-robust): red=severe, green=intact



Računalniška orodja in programska oprema

Daljinsko zaznavanje → ogromne količine podatkov (satelitske slike, dronske fotografije, lidar točke).

Za analizo uporabljamo **GIS in specializirano programska opremo**.

GIS sistemi

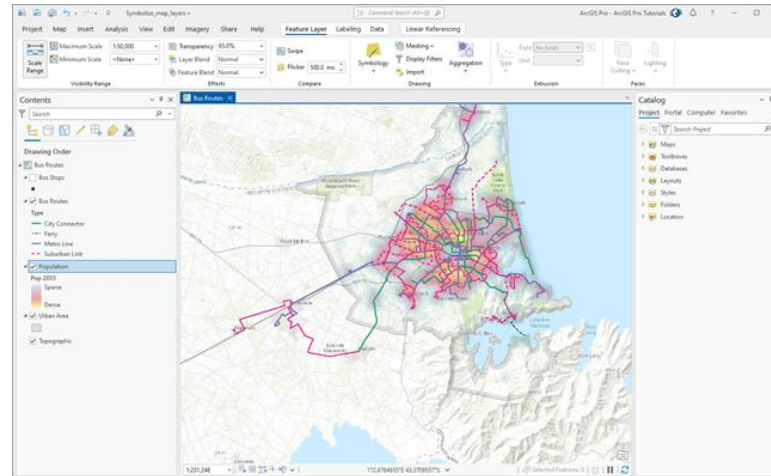
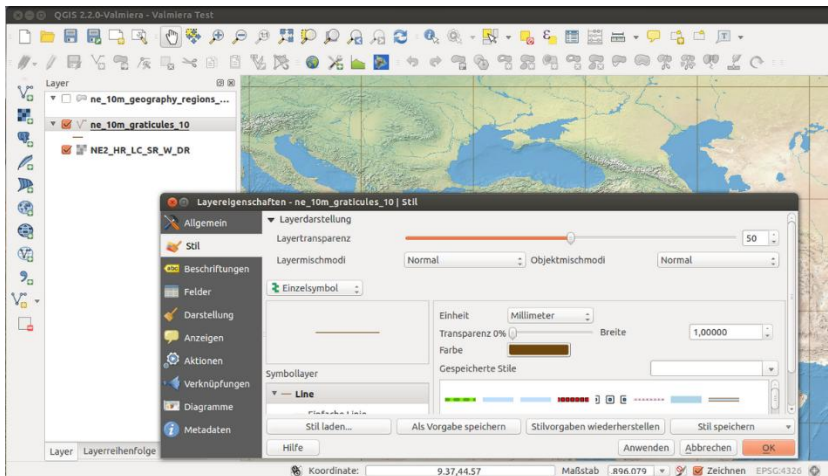
- **QGIS** – odprtokodni, brezplačen, široka uporaba.
- **ArcGIS** – komercialni, zmogljiv za prostorske analize.

Spletne platforme

- **Google Earth Engine** – analiza velikih satelitskih arhivov v oblaku.
- **Sentinel Hub** – slovenska rešitev (Sinergise), enostaven dostop do podatkov Sentinel.

Fotogrametrija (droni)

- **Pix4D, Agisoft Metashape** – obdelava dronskih posnetkov v 2D/3D modele, ortofoto karte, vegetacijski indeksi.



Tehnološke rešitve na BC Naklo

Na BC Naklo razvijamo **lastne rešitve za daljinsko zaznavanje z droni**, da zmanjšamo odvisnost od dragih komercialnih sistemov.

Naš pristop: “**Remote Sensing with Drones**”

Prednosti našega pristopa: nizki stroški, prilagodljivost in neodvisnost, razvoj lastnega znanja in metodologij

(A) FPV long-range freestyle droni (RGB kamere)

- Namenjeni za **monitoring težko dostopnih območij** (hribi, gore).
- Dolgi doleti, visoka mobilnost.
- Uporaba: spremljanje gozdnih in gorskih habitatov, erozije, plazov.



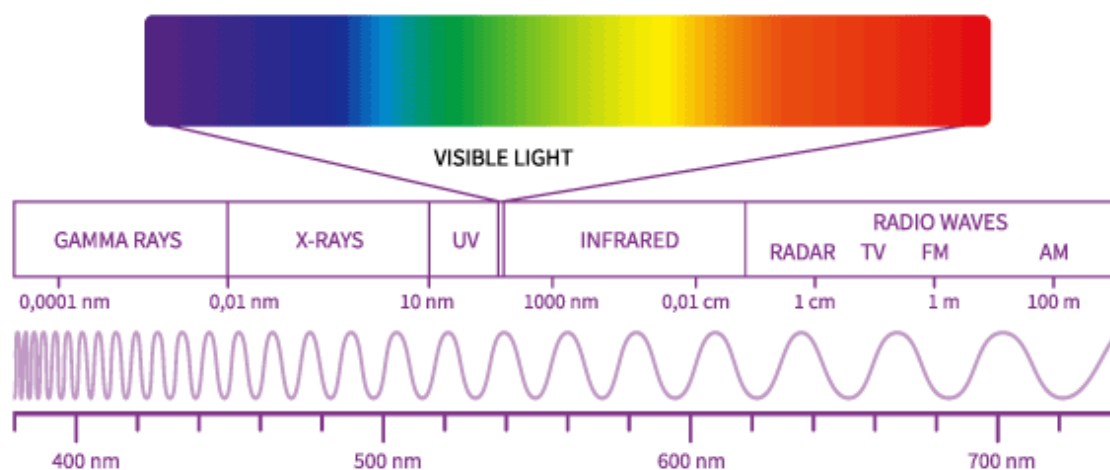
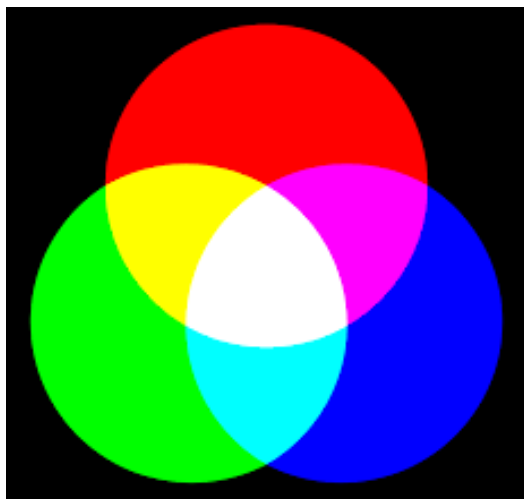
(B) RGB DJI droni

- Uporabljamo standardne **RGB kamere**.
- Izračun barvnih vegetacijskih indeksov (npr. NGRDI, VARI).
- Uporaba: spremljanje **polj, travnikov, mokrišč** v nižinskih območjih.



Kaj je RGB in povezava z elektromagnetnim spektrom

RGB = Red, Green, Blue: osnovni barvni kanali, ki jih zaznajo **senzorji v digitalnih kamerah**.



Senzorji v kamerah

- Kamere imajo **fotovoltaične senzorje** (npr. CMOS, CCD).
- Ti senzorji merijo količino svetlobe, ki pade nanje.
- Barvni filtri ločijo svetlobo v **rdeči (R)**, **zeleni (G)** in **modri (B)** kanal.

Povezava z elektromagnetnim spektrom

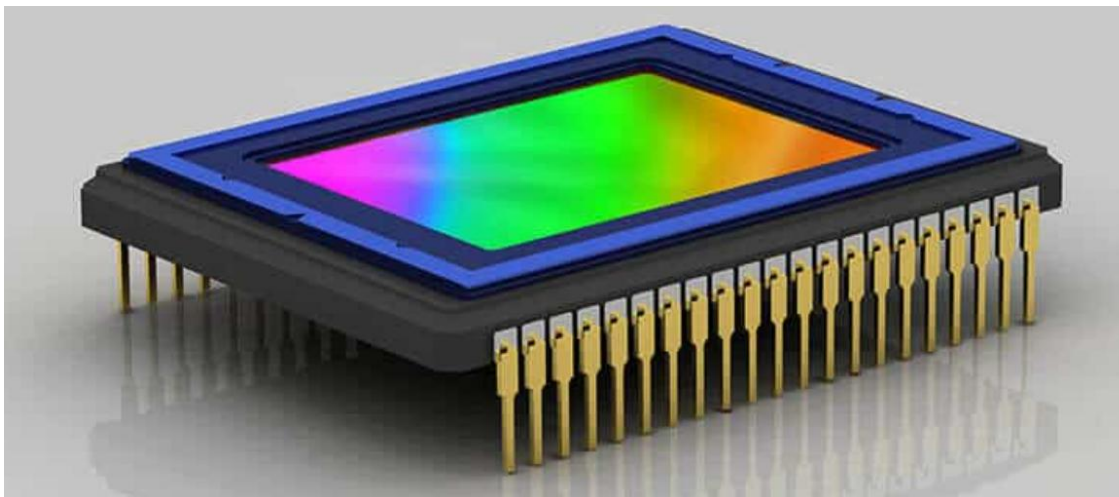
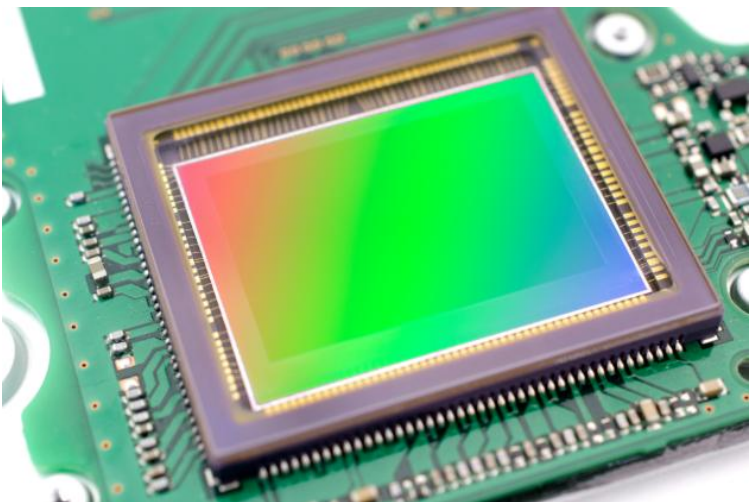
- RGB zajema **vidni del spektra** (približno 400–700 nm).
- **R (rdeča)**: ~600–700 nm
- **G (zelena)**: ~500–600 nm
- **B (modra)**: ~400–500 nm

To pomeni, da RGB kamere vidijo samo tisto, kar vidi tudi človeško oko.

Multispektralni in hiperspektralni senzorji pa zajemajo **tudi nevidne dele spektra** (npr. bližnji infrardeči – NIR).

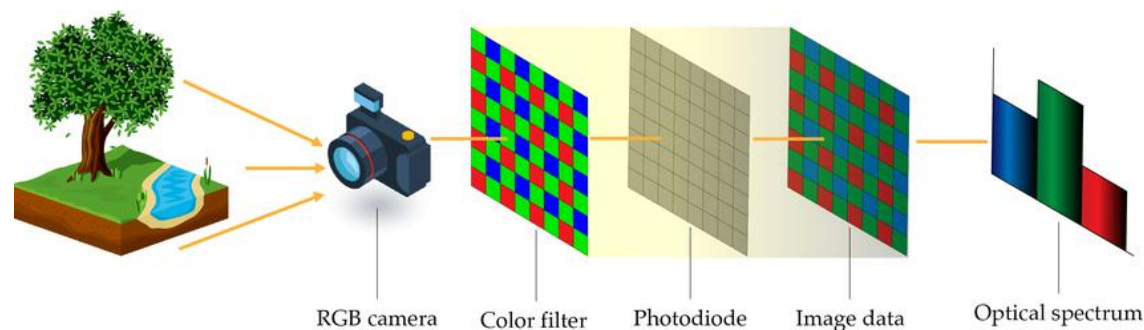
Zakaj je to pomembno?

- RGB podatki so **najbolj dostopni in poceni**.
- Iz njih lahko že izračunamo osnovne **vegetacijske indekse** (NGRDI, VARI ...).
- Za podrobnejše raziskave (vlaga, kemijska sestava) pa potrebujemo **multispektralne ali hiperspektralne senzorje**.



Vegetacijski indeksi iz RGB kamer

RGB kamere (rdeča, zelena, modra) omogočajo izračun več indeksov, ki opisujejo stanje rastlin in tal.



Najpogostejše uporabljeni RGB indeksi:

VDVI – Visible-band Difference Vegetation Index

$$(2 \cdot G - R - B) / (2 \cdot G + R + B)$$

→ Izboljšan kontrast med vegetacijo in tlemi.

VARI – Visible Atmospherically Resistant Index

$$(G - R) / (G + R - B)$$

→ Manj občutljiv na atmosferske razmere, dober za polja in travnike.

VEG – Vegetativen indeks

$$G / (R^a \cdot B^{(1-a)}), a = 0.667$$

→ Omogoča bolj kompleksno oceno fotosinteze.

NGRDI – Normalized Green-Red Difference Index

$$(G - R) / (G + R)$$

→ Pogosto uporabljen za oceno zelenosti in gostote vegetacije.

GRRI – Green-Red Ratio Index

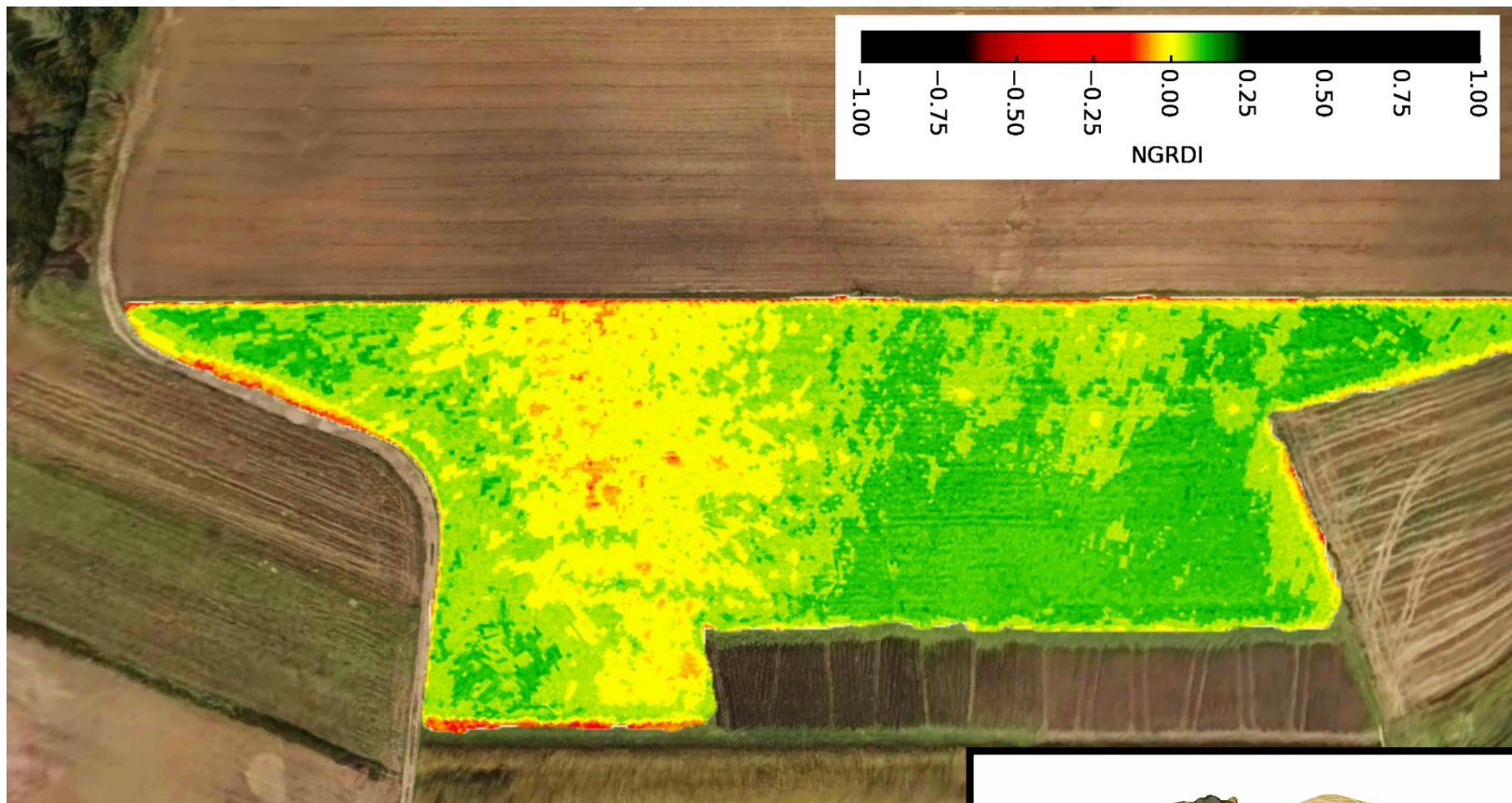
$$G / R$$

→ Enostaven kazalec vitalnosti rastlin.

MGRVI – Modified Green-Red Vegetation Index

$$(G^2 - R^2) / (G^2 + R^2)$$

→ Bolj robusten za vegetacijo z različnimi osvetlitvami.



NGRDI index na posestvu BC Naklo (zgoraj)
3D model posestva (desno)



Kaj izvemo iz RGB vegetacijskih indeksov?

RGB indeksi nam omogočajo, da iz preprostih fotografij izluščimo pomembne informacije o rastlinah in tleh.

Zdravje vegetacije

- Vitalnost in gostota rastlin.
- Fotosintetska aktivnost (več zelenega → bolj zdrave rastline).
- Zaznavanje **bolezni ali škodljivcev**.

Vodni stres

- Indeksi pokažejo območja, kjer rastline izgubljajo zeleno barvo.
- Možnost zgodnjega odkrivanja **suše ali premajhnega namakanja**.

Hranila in rast

- Prepoznavanje delov polja s **pomanjkanjem dušika** ali drugih hranil.
- Usmerjeno gnojenje → manj stroškov in manj vpliva na okolje.

Struktura posevkov

- Razlikovanje med različnimi kulturami.
- Ocena enakomernosti rasti po polju.

Zdravje gozdov

- Zaznavanje **posušenih ali bolnih dreves**.
- Spremljanje vplivov **podlubnikov, bolezni, suše**.

Habitatni monitoring

- Razlikovanje med tipi habitatov (travniki, mokrišča, grmišča).
- Ocena **gostote vegetacije** kot kazalnika habitata za ptice, žuželke, dvoživke.

Naravne nesreče

- Spremljanje **požarišč** in regeneracije po požarih.
- Ocena posledic **plazov, poplav, erozije**.

Mokrišča in vodni ekosistemi

- Zaznavanje sprememb v barvi vegetacije ob vodnih telesih.
- Spremljanje **zaraščanja mokrišč** in eutrofikacije.

Biodiverziteta in krajina

- Kartiranje **travniških površin** in drugih življenjskih prostorov.
- Povezava indeksov s prisotnostjo **opraševalcev** in drugih živali.

KAKO LETETI V GORE?



FPV droni za monitoring gorskih območij



Izziv:

- Navigacija v **gorah in skalnatih stenah** je zahtevna.
- Komercialni droni (npr. DJI) niso zmožni **avtonomnega letenja** v ozkih dolinah in med strmimi stenami.
- Potrebna je **ročna kontrola** z izkušenim pilotom.



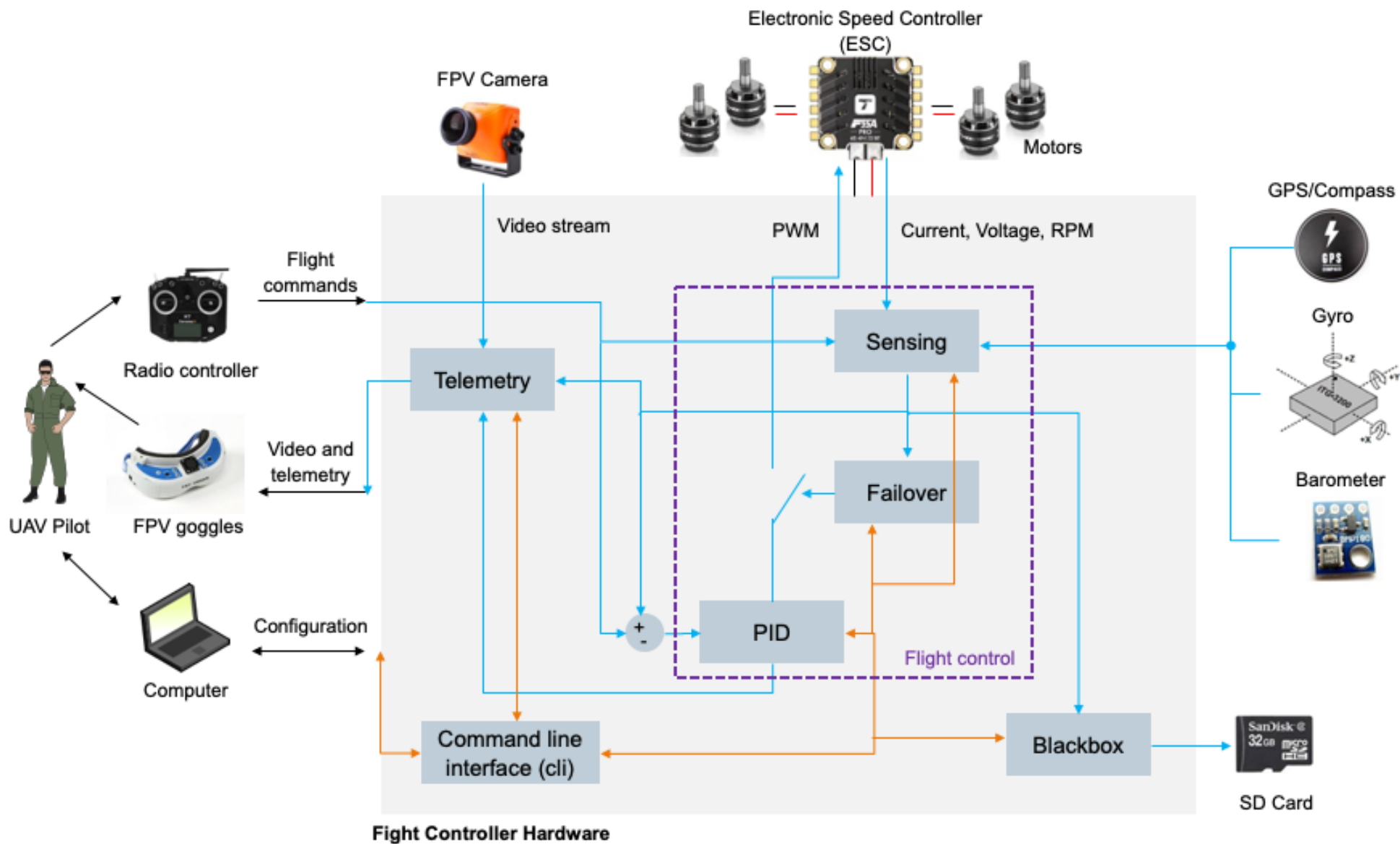
Naša rešitev – FPV Freestyle droni

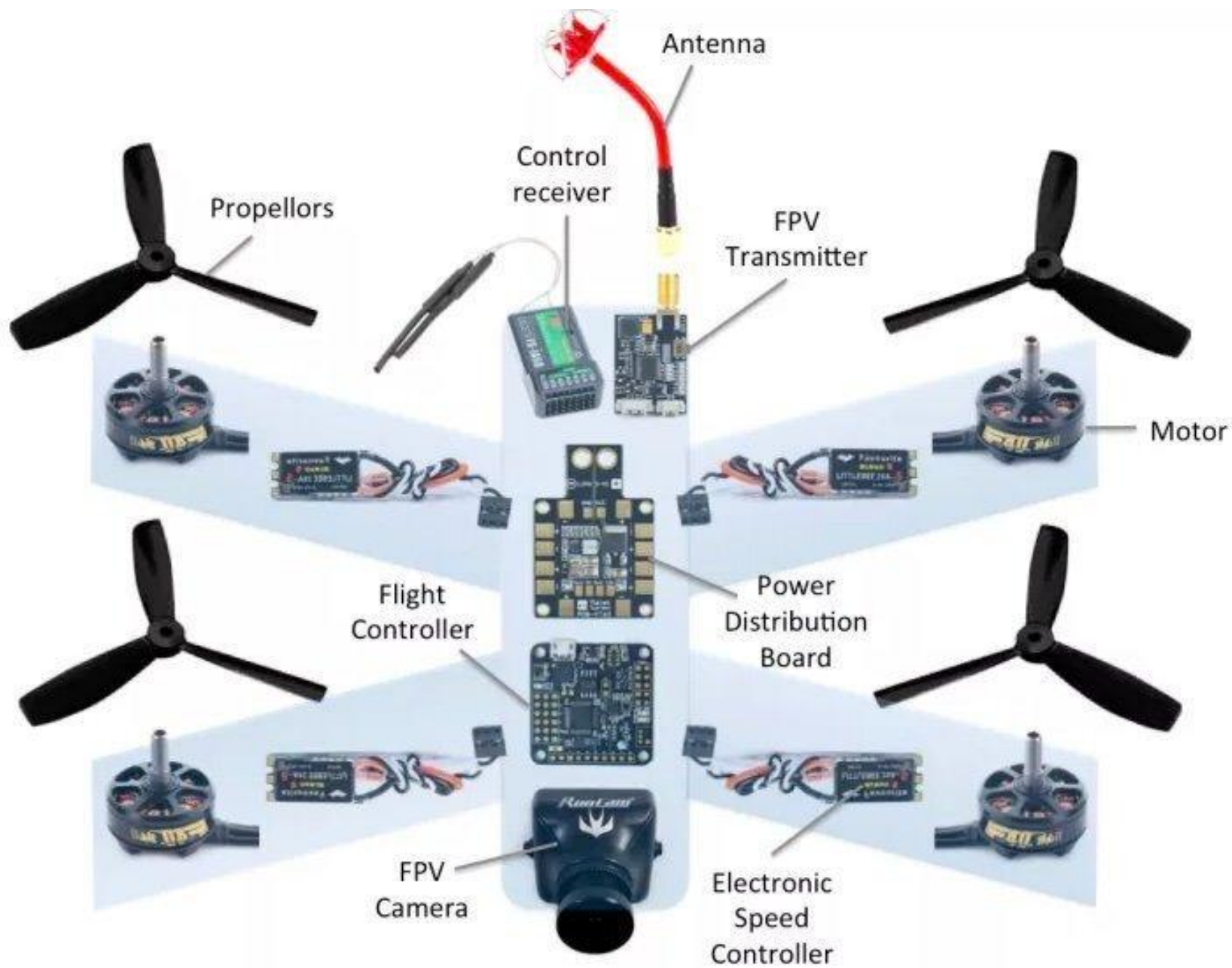
- **Platforma:** FPV dron na sistemu **Betaflight flight-controllerjev**.
- **Prednosti:** Izjemno **manevriranje** v ozkih in nevarnih terenih. Odpornost na **močne vetrove** v visokogorju. **Dolgi doleti** (long-range konfiguracije).
- **Uporaba:** Monitoring težko dostopnih območij (plazovi, erozija, stanje gozda). Snemanje **visoko ločljivih videoposnetkov in fotografij**. Zbiranje podatkov tam, kjer drugi sistemi odpovedo.



Zakaj FPV?

- Hitrost in natančnost.
- Zmožnost letenja med **strmimi stenami**.
- Nepogrešljivo orodje za raziskave in naravovarstvo v gorah.





Zgodovina FPV in DTF Georesearch

Zgodovinski pregled FPV sistemov

Začetki (2000–2010):

- FPV = nišni modelarski hobi z **analognim videoprenosom** in improvizirano opremo.
- Preboj: **deljenje FPV posnetkov na spletu** + prvi kompleti (Parrot AR.Drone, 2010).

Prva popularizacija (2010–2015):

- DJI Phantom (2013) → “ready-to-fly” kamera-dron, znižal vstopni prag.
- Team BlackSheep (TBS) – spektakularni dolgosežni preleti, popularizacija FPV.
- Ikonična platforma: **TBS Discovery (2012)** – robustna, modularna, “plug-and-play”.



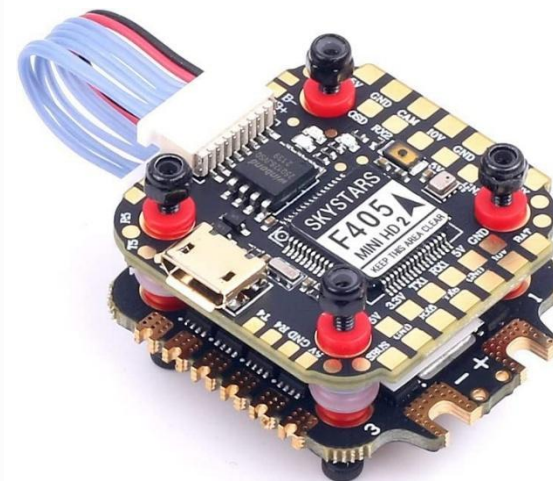
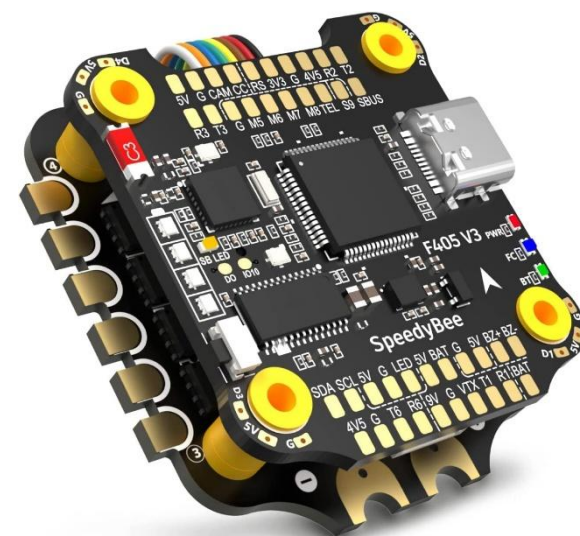
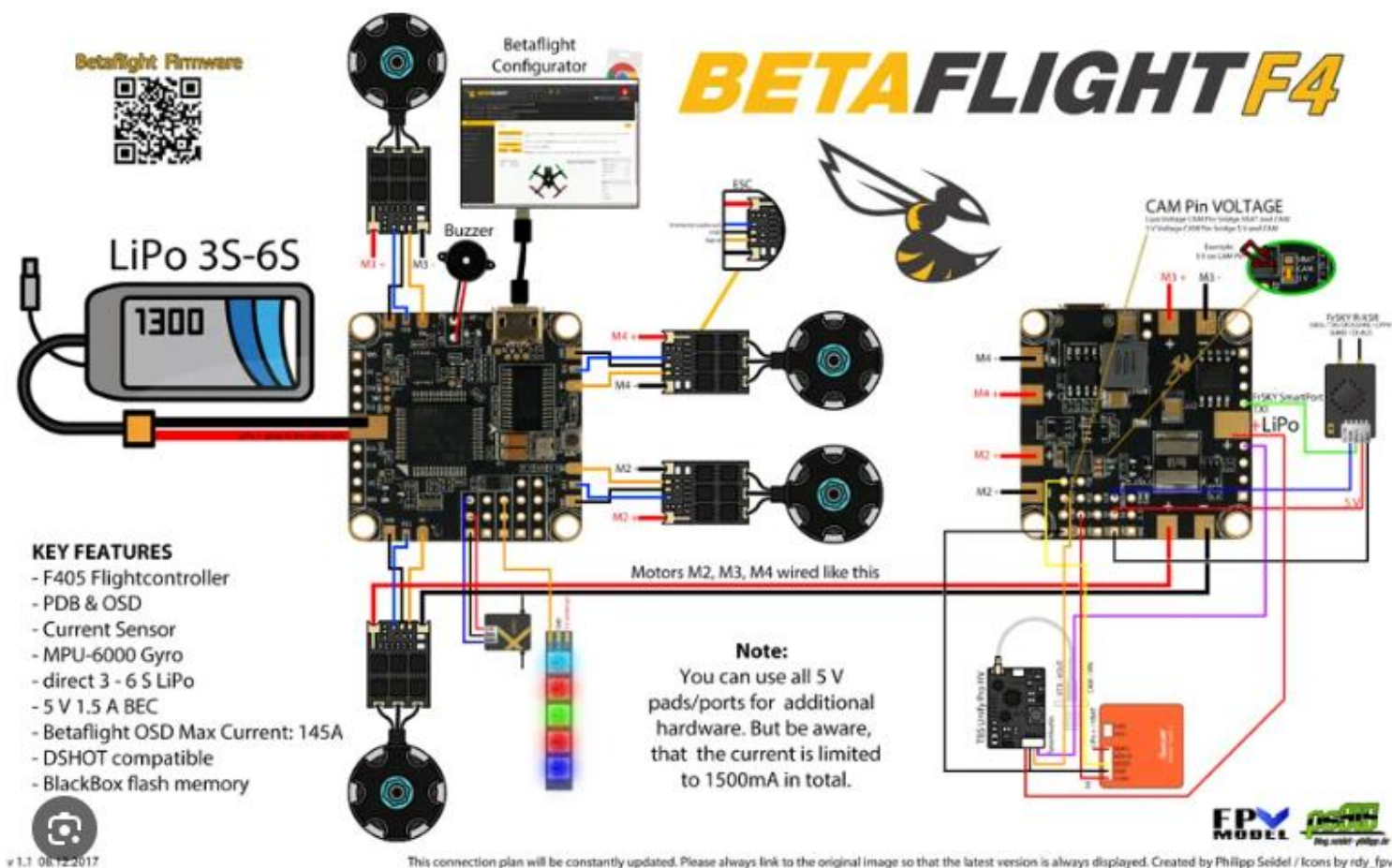
TBS Discovery Endurance

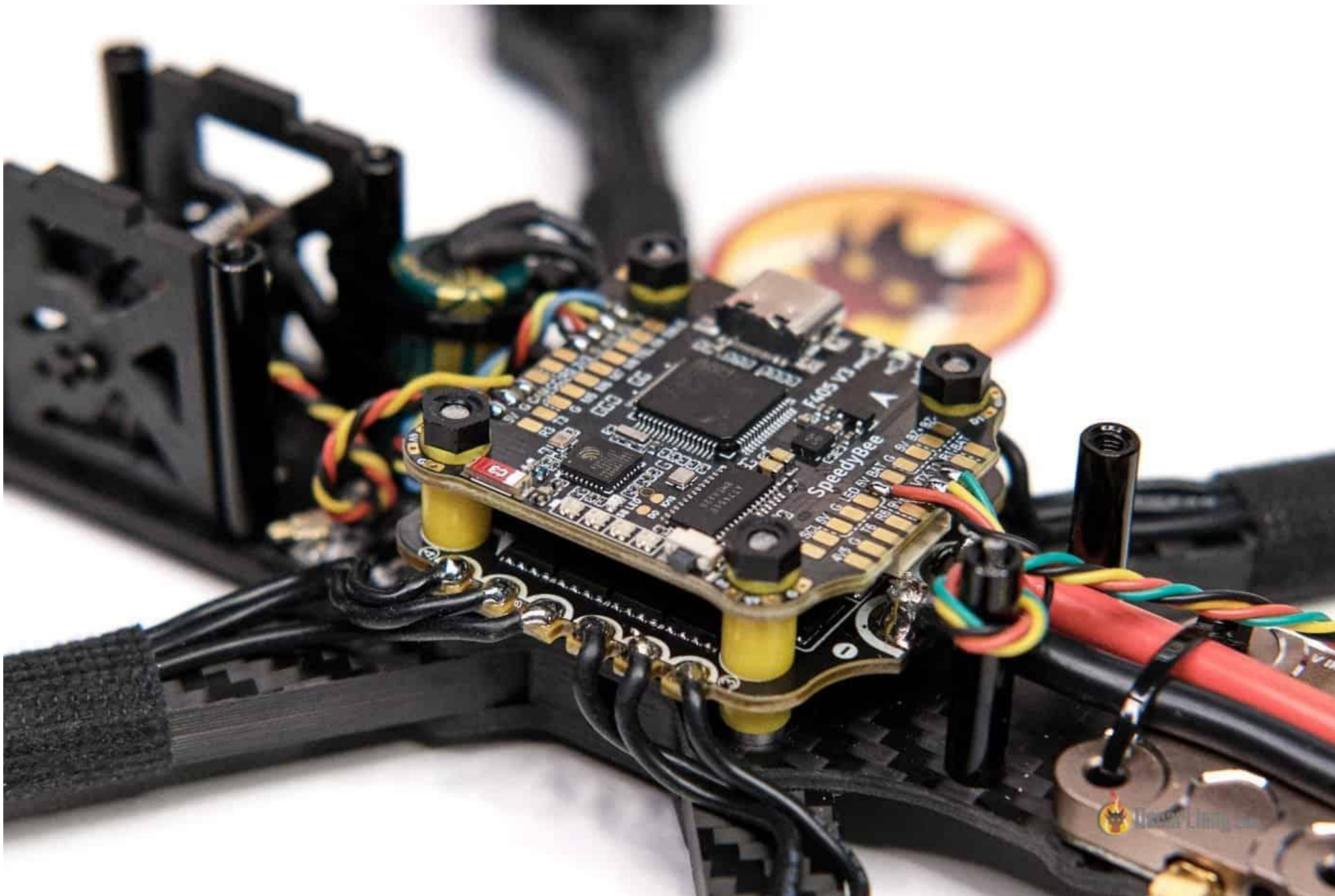


TBS Discovery Endurance: <https://www.youtube.com/watch?v=CjKXLzyE6tQ>

Tehnološki razvoj kontrolnikov:

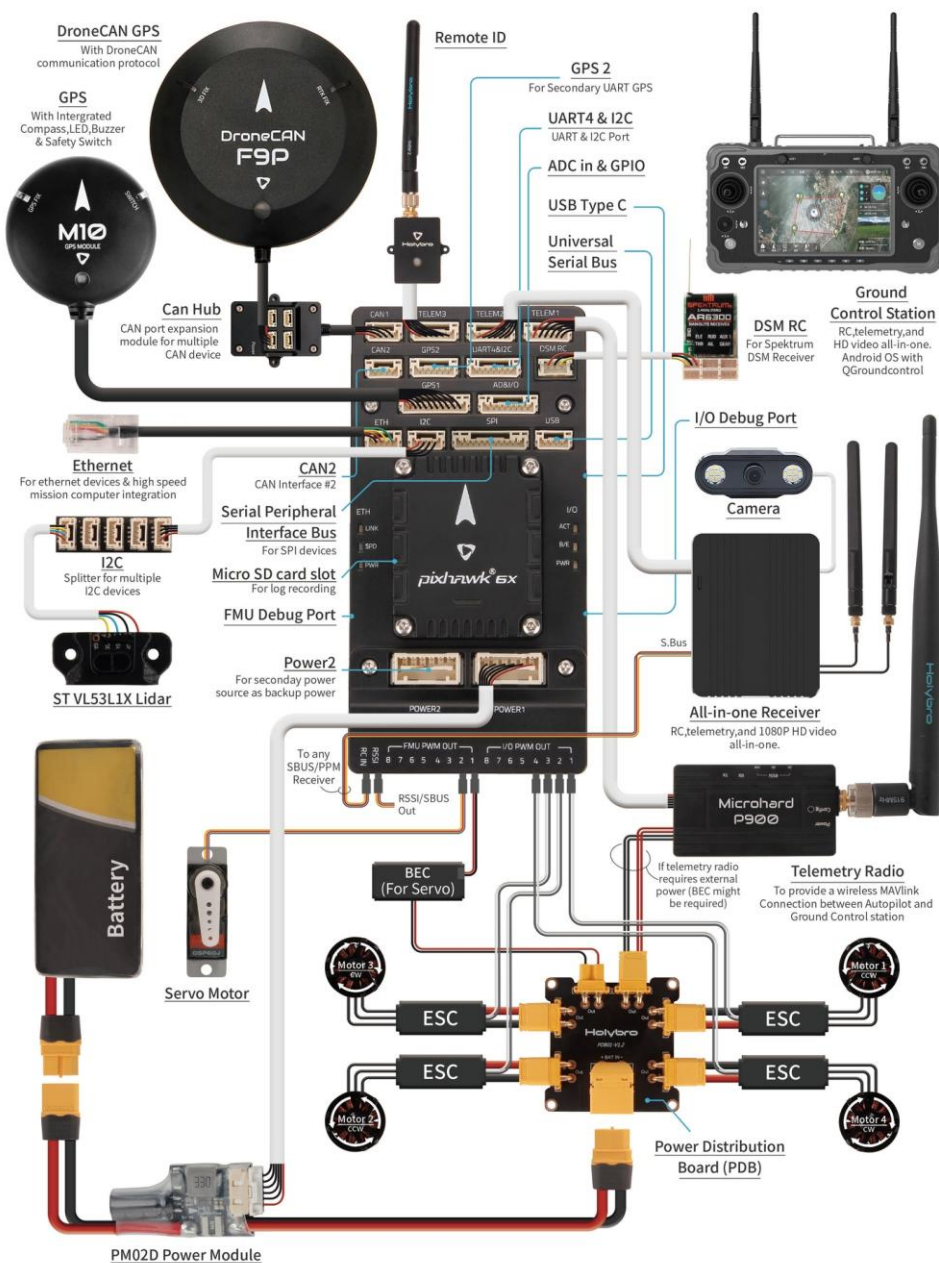
- **Betaflight** – odprtokodni firmware, freestyle & dirke (manual/acro).
- **Pixhawk/ArduPilot** – avtopilot, waypointi, telemetrija, long-range.
- **iNav** – GPS funkcije na FPV strojni opremi (7-palčni long-range).







pixhawk[®] 6x



Segmentacija FPV platform:

- **Cinewhoop** – 2–3" z zaščito propelerjev, varni za snemanje v notranjosti.
- **Long range** – 4" učinkoviti kvadi, GPS, telemetrija, lahke kamere.
- **Freestyle** – 5" agilni kvadi, akrobatika, dinamični posnetki.
- **Long-range** – 7" kvadi ali krila, učinkoviti pogoni, GPS, telemetrija, boljše kamere.





10 inch Hellion: <https://www.youtube.com/watch?v=08m9CpBmE9c>

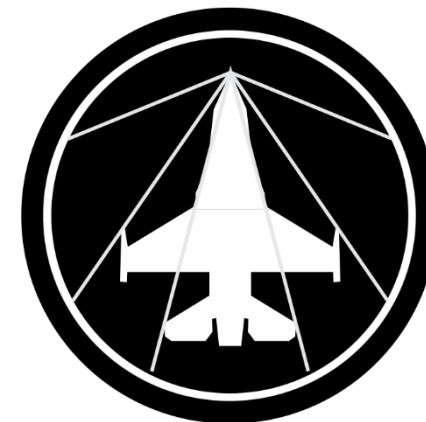
<https://www.youtube.com/watch?v=5BTc19RaCKI>

Zgodovina raziskav v DTF GeoResearch

DTF je bil ustanovljen leta 2016.
(GimKr, OneDrone, IRBS, Lipo.si)

OneDrone demo team (2012): <https://www.youtube.com/watch?v=fykfBws7w50>
TBS Slovenia Experience (2012): <https://www.youtube.com/watch?v=gStOz4iVgWA>

Prvi DTF experimenti: <https://www.youtube.com/watch?v=16vlcFZDWLE&list=PLqAGDa-b53GucSnSX2NaqNMOMLVSYvmEy&index=36>
Prvi uspešen polet nad Storžič: <https://www.youtube.com/watch?v=g9IFRm2hcO0&list=PLqAGDa-b53GucSnSX2NaqNMOMLVSYvmEy&index=29&t=170s>





TBS Discovery Endurance: https://www.youtube.com/watch?v=zlkG8Pr_m_Q&list=PLqaGDa-b53GucSnSX2NaqNMOMLVSYvmEy&index=30&t=96s



Danes DTF GeoResearch deluje pod okriljem BC Naklo.

YRE video 1 (2024): <https://www.youtube.com/watch?v=y4Oxon3xIO8>

YRE video 2 (2025): <https://www.youtube.com/watch?v=1HFmIG4LqbE>



Rekon 7 inch DTF GeoResearch drone offers the Flowstate experience:

<https://www.youtube.com/watch?v=8TMUfvTD2qs&t=213s>

<https://www.youtube.com/watch?v=0-dftDaqCcM>

Search



+ Create



DTF Films (BC Naklo)

@dtf-films · 72 subscribers · 173 videos

YouTube portal "DTF Films" je uradni kanal multimedijske sekcije Biotehniškega Centra N...more

Customize channel

Manage videos

Home

Videos

Playlists

Posts

Latest

Popular

Oldest



2:45

Dan poklicev v BC Naklo (2025): nagovor
ravnateljice

14 views · 1 day ago



6:27

BC NAKLO - Predstavitev triletnih poklicnih
programov (2025/2026)

11 views · 1 day ago



3:05

Raziskovalni droni v BC Naklo - Mladi
poročevalci za okolje (s slovenskimi...

23 views · 2 weeks ago



3:05

Research drones in BC Naklo: project for
Young Researchers for the Environment

28 views · 2 weeks ago



3:35

Nad gozdovi med Okroglim in Jamnikom

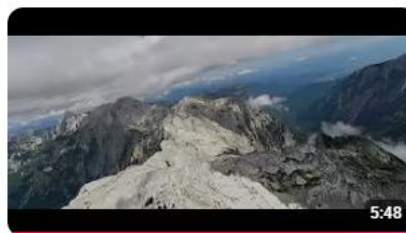
10 views · 2 weeks ago



7:35

Strelovške plasti nad Suhadolnikom
(September 2025)

12 views · 1 month ago



5:48

Polet iz Kamniške Bistrice na Skuto - Kakšne
gore!

21 views · 2 months ago



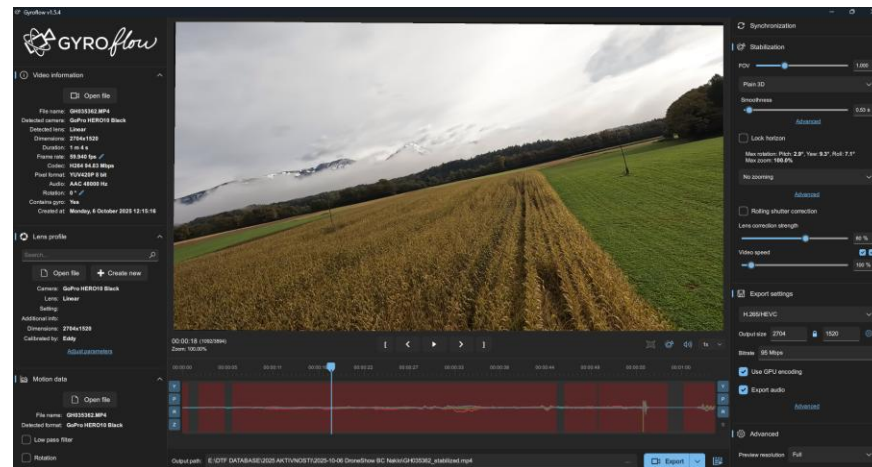
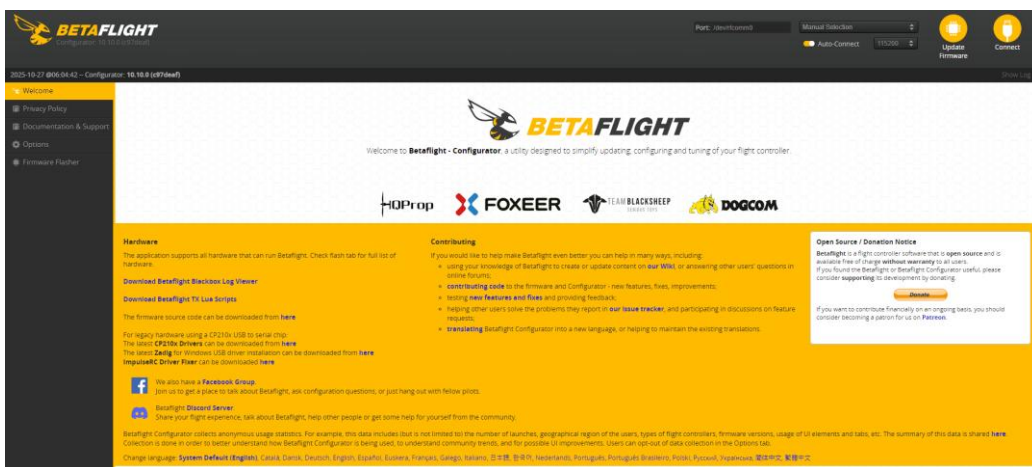
3:33

Long range: Sveti Andrej (Dražgoše) -
Ratitovec (Julij 2025)

35 views · 3 months ago

Dostopen software

1. **Betaflight configurator:** programiranje flight-controllerjev
2. **Dronelink, Litchi:** načrtovanje kartiranje z droni
3. **GyroFlow:** za stabilizacijo videov
4. **VLC video player:** za pretvorbo videov v fotografije
5. **PhotoShop:** za obdelavo fotografij
6. **CorelDraw:** grafični urejevalnik za vektorsko grafiko
7. **CupCat:** video editor
8. **VoxDo:** AI text-to speech solutions
9. **PolyCam, WebODM, AerialModel:** 3D modeli reliefa
10. **Pix4Dmappeer, WebODM:** analiza vegetacijskih indeksov



Faze raziskav

1. Letenje z dronom in snemanje
2. Obdelava videov in fotografij
3. Izdelava 3D modela reliefa
4. Analiza 3D modela reliefa v programih Pix4D ali Blender
5. Ekstrahiranje podatkov v PhotoShop in CorelDraw
6. Izdelava poročil s pomočjo OpenAI ChatGPT



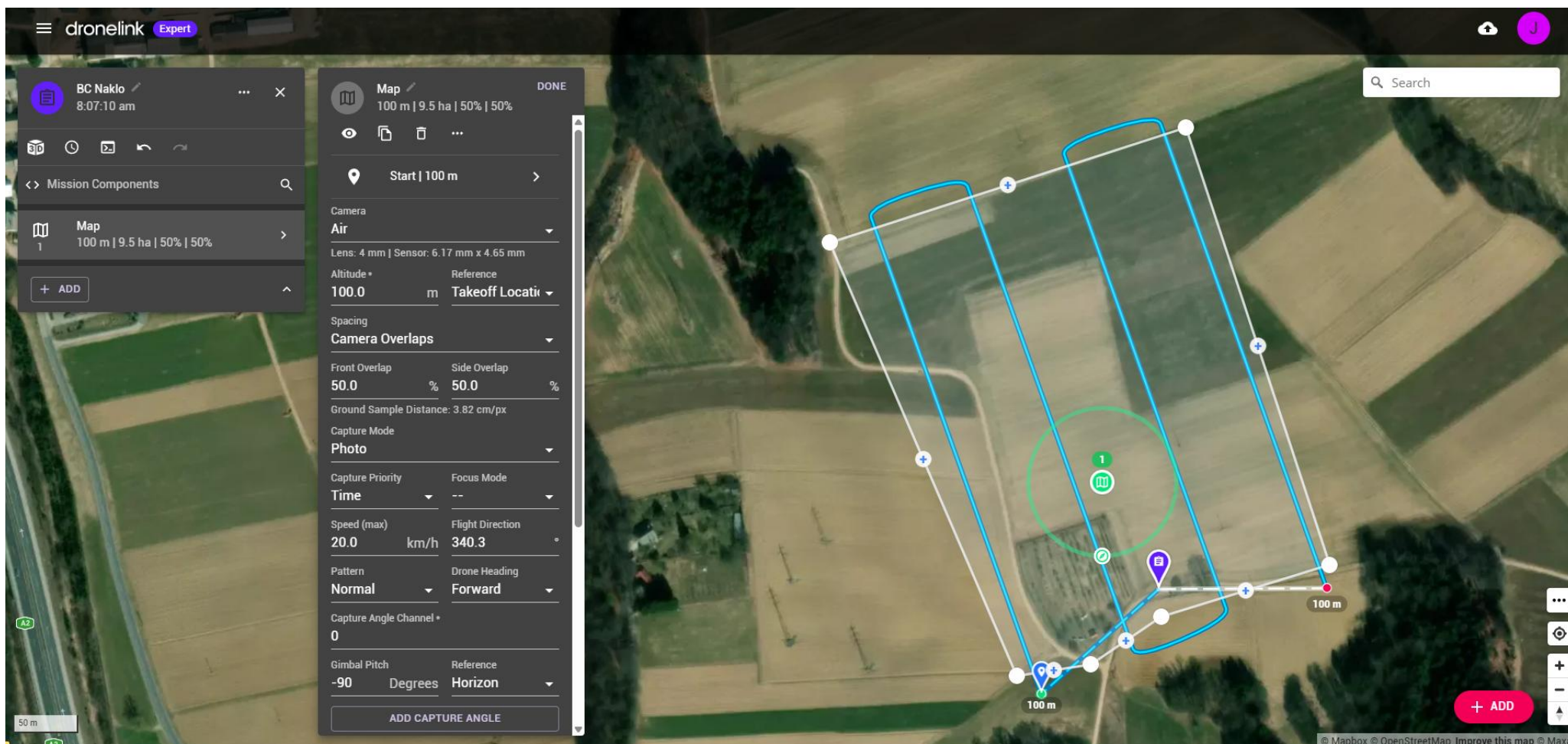
Glavni aktualni problemi (za dijake in študente)

1. Analiza conacije vegetacije v gorah (primer Kočne in Grintavca)
2. Analiza procentualne sestave gozda (primer območja pod Kalškim grebenom)
3. Geomorfološke spremembe zaradi klimatskih sprememb
4. Fenomenološka analiza habitatov (gozdovi, ruševje, travniki, sklani samotarji itd...)
5. Opazovanje živali v gorah (gnezdenje ptic pod Grintavcem, Gamsi pod Kočno itd...)
6. Opazovanje golosekov v gorah (primer nad Kokro)
7. Opazovanje tektonskih prelomov v gorah
8. NGRDI vegetacijski indeks kmetijskih površin na osnovi dronskih posnetkov
9. Analiza vetrolomov (primer Kukove špice in območja Martuljka)
10. Monitoring izgradnje gorskih cest in posledične erozije tal (primer nad Kokro ali pod Storžičem)
11. Monitoring železovih orudenj na Kočni



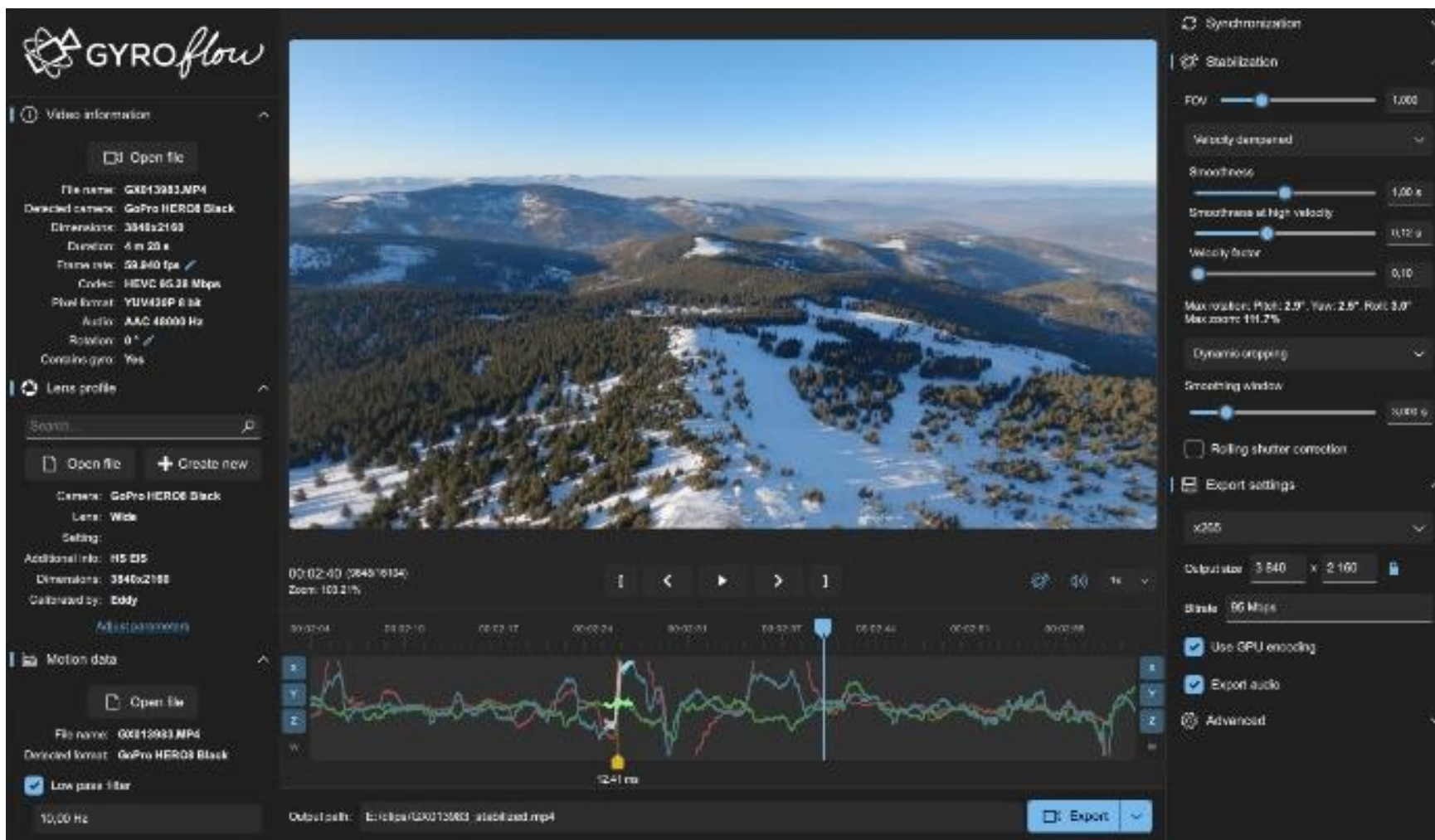
Letenje z dronom

Načrtovanje misij v Dronelink: <https://www.dronelink.com/>



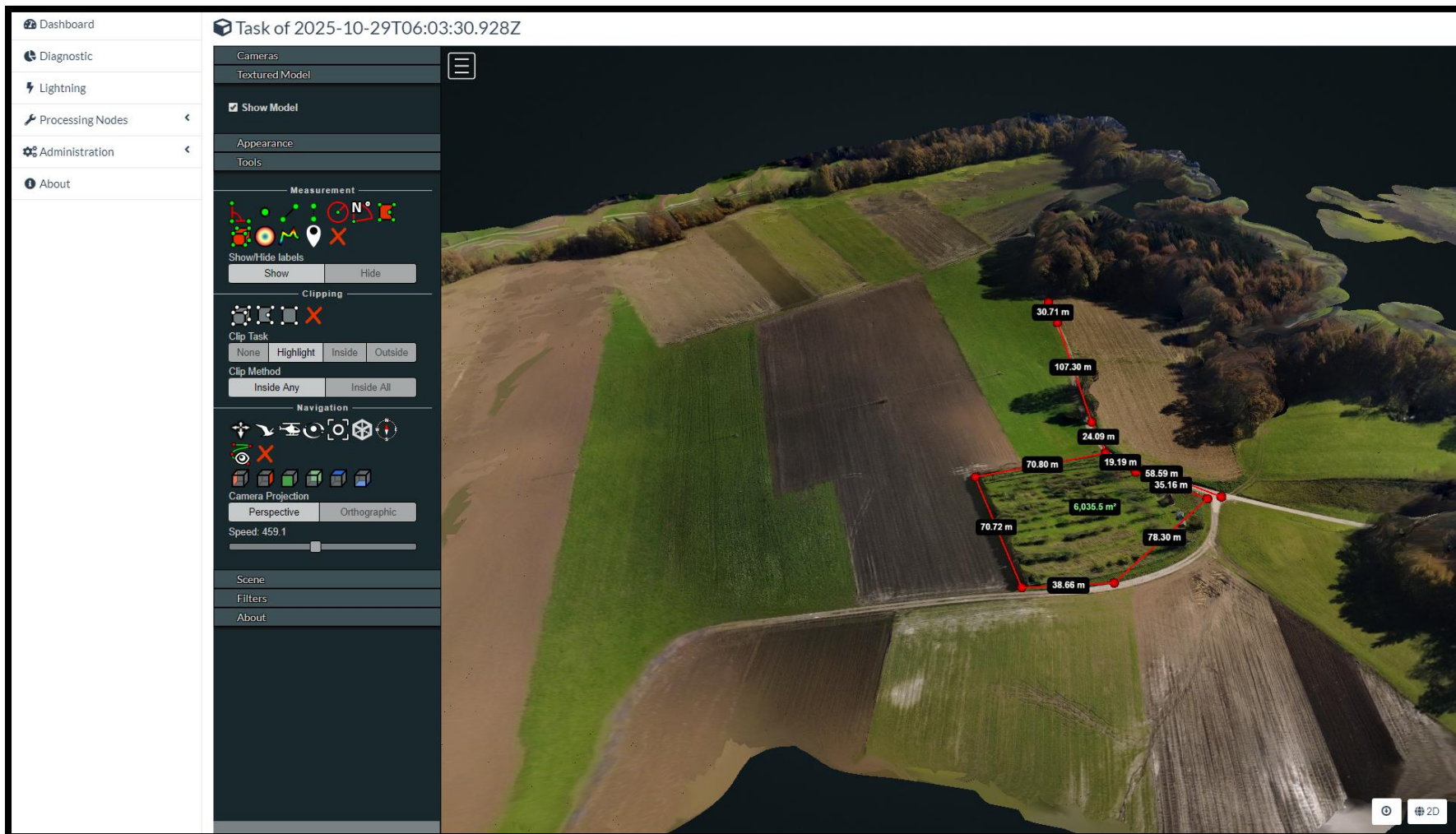
Obdelava videov in fotografij

Stabilizacija FPV videov v GyroFlow



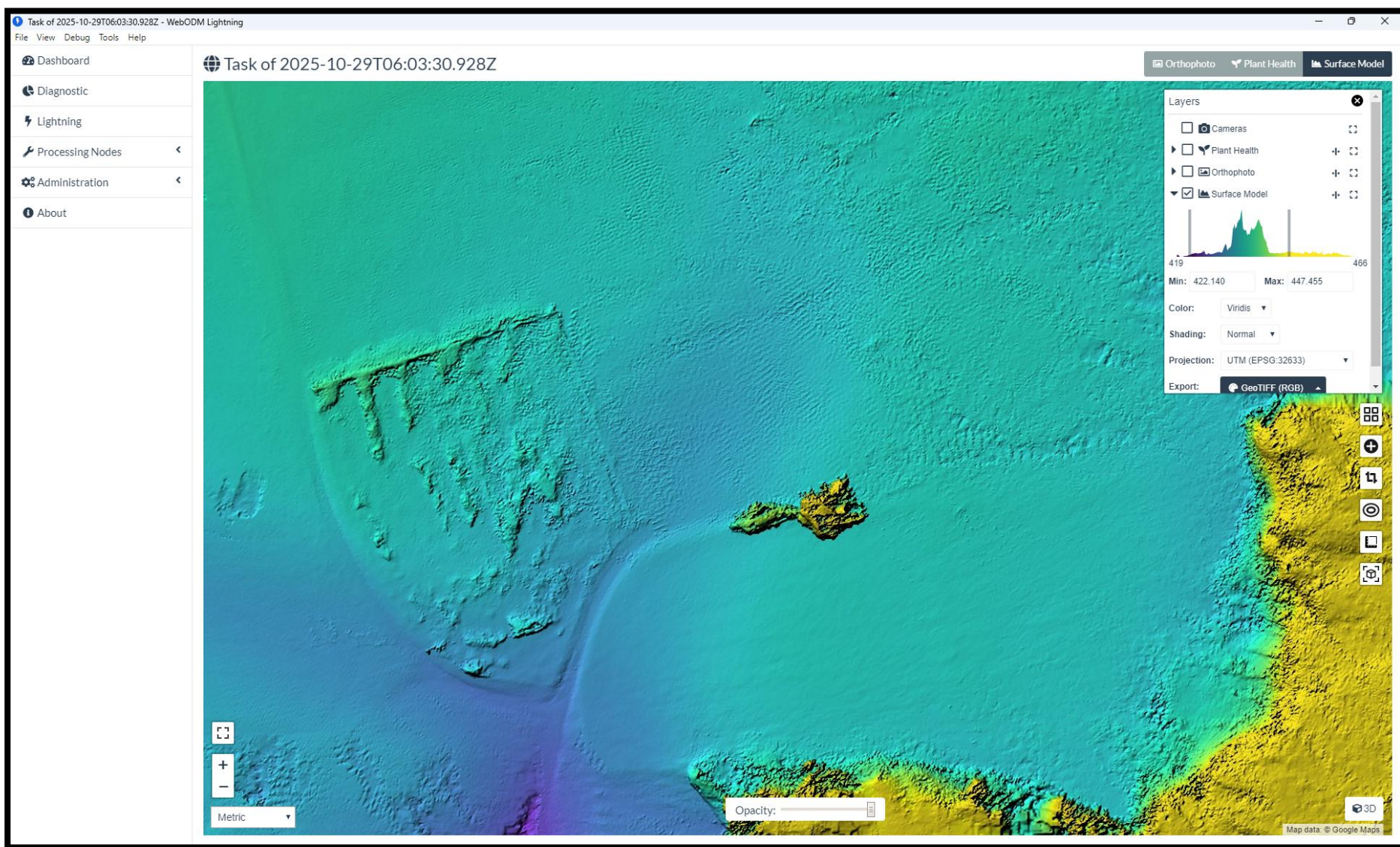
Izdelava 3D modela reliefa

Izdelava 3D modela in merjenje posestva BC Naklo v WebODM

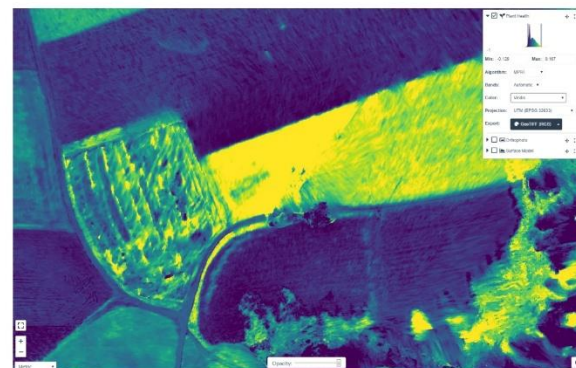
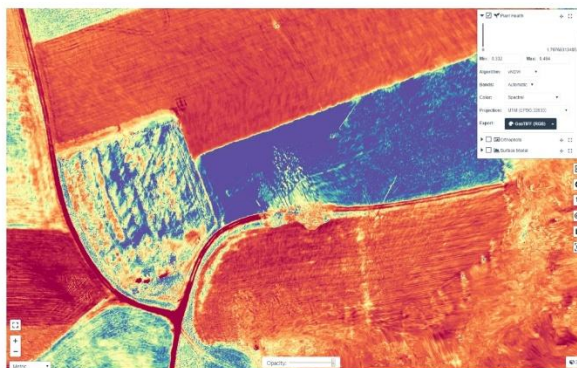
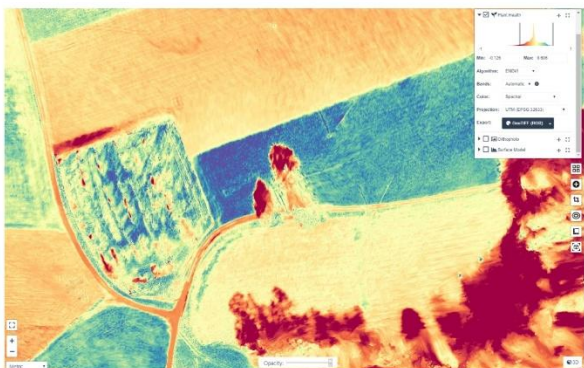
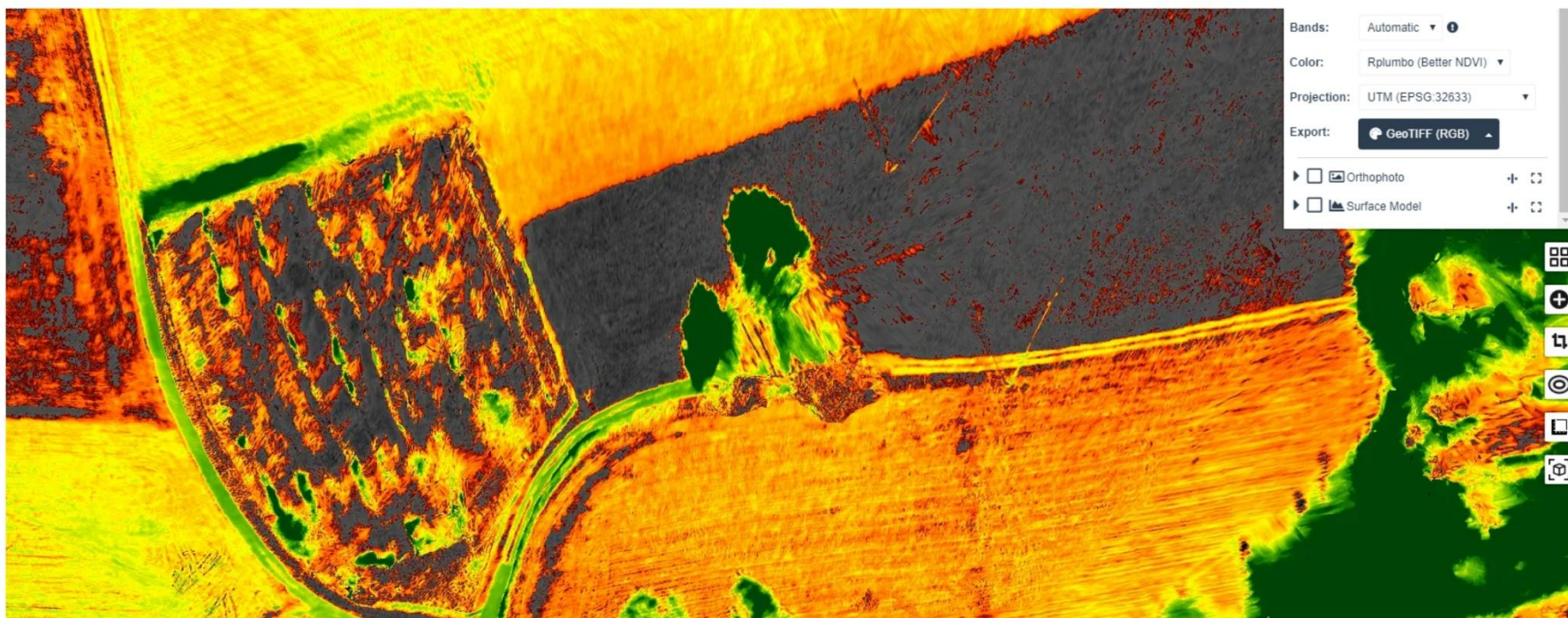




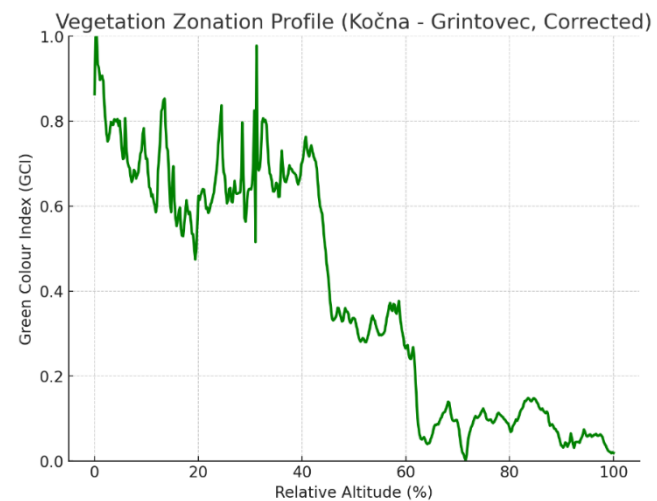
Model posestva BC Naklo kot »layer« na GoogleEarth



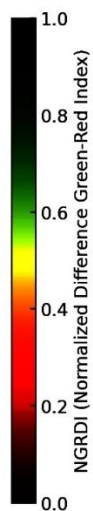
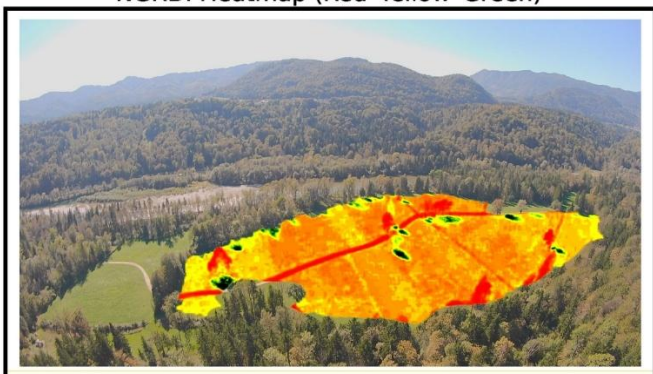
Površinski model posestva BC Naklo v WebODM



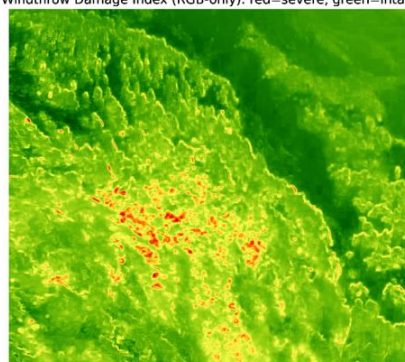
Primeri različnih barvnih indeksov jeseni 2025 na posestvu BC Naklo (WebODM)



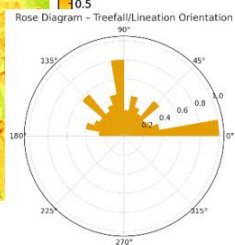
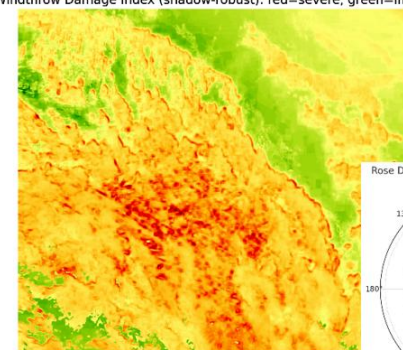
NGRDI Heatmap (Red-Yellow-Green)



Windthrow Damage Index (RGB-only): red=severe, green=intact



Windthrow Damage Index (shadow-robust): red=severe, green=intact



Vabljeni k sodelovanju...

