



# VESOLJE, ZNANOST IN TEHNOLOGIJE



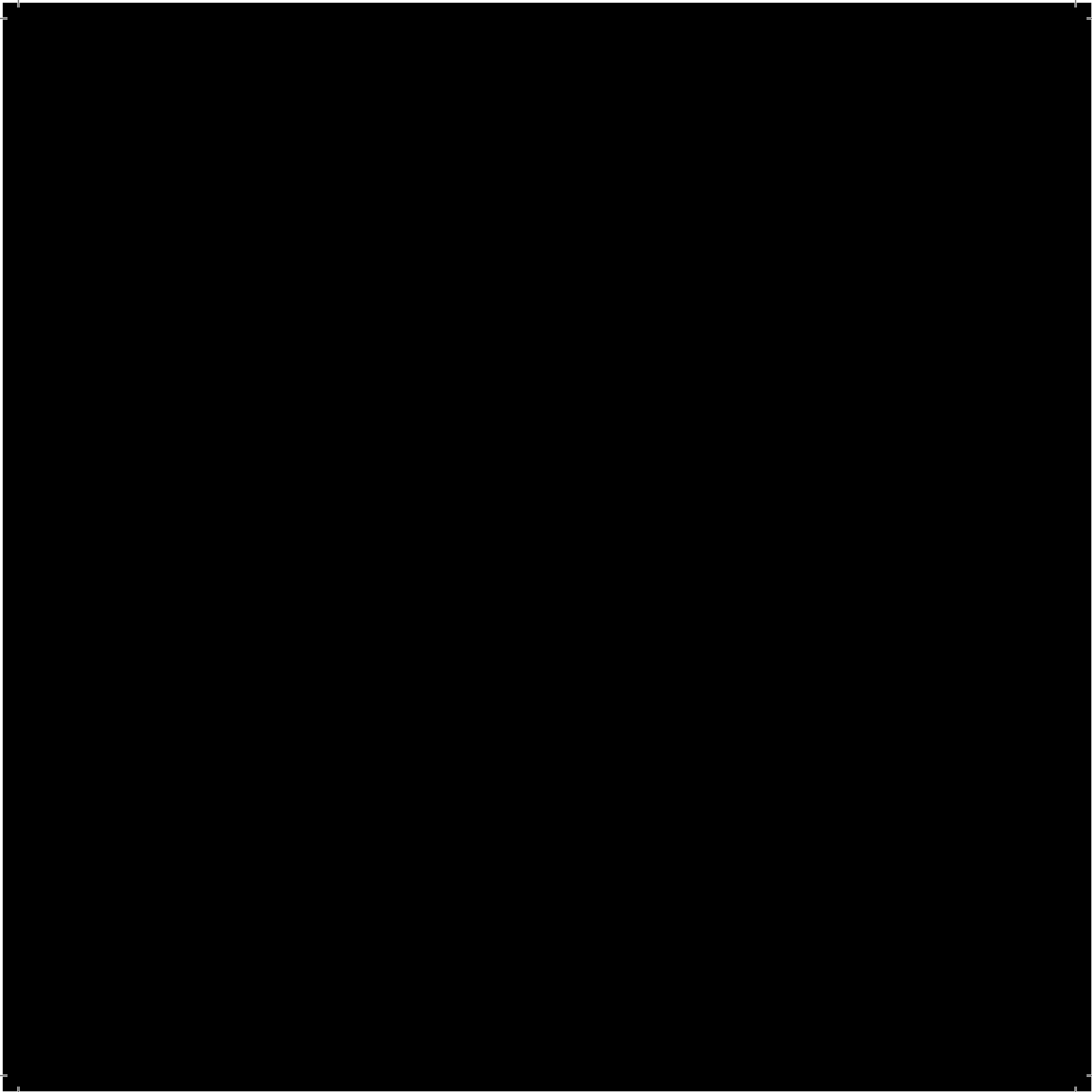
## VESOLJE-SI

Aškerčeva 12  
SI-1000 Ljubljana

w: [www.space.si](http://www.space.si)  
e: [office@space.si](mailto:office@space.si)



*Naložba v vašo prihodnost*  
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA  
Evropski sklad za regionalni razvoj



# Uvod

Center odličnosti VESOLJE-SI je v obdobju 2010-2014 razvil znanje in infrastrukturo za ekonomsko učinkovit razvoj in uporabo vesoljskih tehnologij, ki povezujejo mikro satelit za interaktivno daljinsko opazovanje Zemlje, zemeljsko postajo za satelitske komunikacije ter laboratorij za preizkušanje in integracijo satelitskih komponent. Dokazali smo, da imajo te tehnologije velik potencial za doseganje družbeno-ekonomskih in okoljskih koristi na širokem spektru aplikacij od kmetijstva, gozdarstva, urbanizma, pomorstva, varnosti in ekologije do integralnega upravljanja z naravnimi viri energije ter opazovanja naravnih nesreč.

Slovensko gospodarstvo je z razvojem infrastrukture v Centru odličnosti VESOLJE-SI pridobilo priložnosti za učinkovito vključitev na trge visokih tehnologij in pridobitev referenc na področjih materialov in strukturnih komponent, telekomunikacij, telemetrije in vodenja satelitov ter avtomatskega procesiranja podatkov za spletne in mobilne GIS aplikacije. Z integracijo znanj in tehnologij iz več kot 20 slovenskih podjetij smo razvili cel spekter tehnoloških rešitev od specializiranih komponent do celostnih rešitev, od zajema satelitskih podatkov do spletnih in mobilnih GIS aplikacij.

Center odličnosti VESOLJE-SI se je s partnerji učinkovito vključil v programe Evropske vesoljske agencije ESA, kjer v programu PECS izvaja projekte na področjih naprednih materialov, satelitskih tehnologij, meteorologije, astrofizike in daljinskega opazovanja Zemlje ter GIS aplikacij.

Poleg raziskovalno-razvojnih rezultatov je CO VESOLJE-SI razvil potenciale za izvajanje mednarodnih strategij na različnih področjih gospodarstva in varovanja okolja v JV Evropi. CO VESOLJE-SI se aktivno pripravlja na sodelovanje pri izvajanju Jadransko-Jonske strategije 2015-2020 ter se povezuje z akterji Barcelonske konvencije, katere podpisnica je tudi Slovenija, za integralno upravljanje z obalo na območju Sredozemlja. S tehnološkim znanjem in infrastrukturo, ki smo jo razvili v CO VESOLJE-SI, smo postali pomemben akter na področju JV Evrope, z našimi prizadevanji po povezovanju v regiji pa naše delo pridobiva tudi pomemben meddržaven, medregionalen, povezovalen značaj, ki nam bo omogočal učinkovitejše soočanje z vse pomembnejšimi družbenimi izzivi, kot so prilagajanje podnebnim spremembam, upravljanje z obnovljivimi viri energije, izboljšanje samooskrbe s hrano, varovanje pred naravnimi nesrečami ter analize dvo- in večsmernih vplivov (npr. kmetijstvo-vodni viri-podnebni vplivi).

# NEMO-HD - mikro satelit visoke ločljivosti



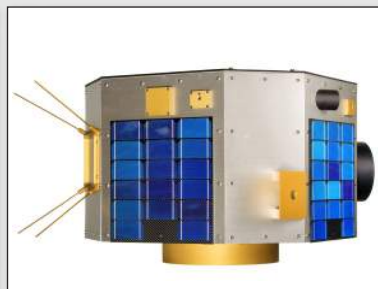
## Lastnosti

- interaktivno daljinsko zaznavanje
- multispektralni posnetki
- HD video v realnem času (2,8m/5km in 40m/75km)
- X-band prenos podatkov

## Aplikacije

- opazovanje naravnih nesreč in klimatskih sprememb
- gozdarstvo
- kmetijstvo
- zavarovalništvo
- zaznavanje sprememb
- monitoring obale in morja
- biotska raznovrstnost (ekosistemi, invazivne rastline...)

CO VESOLJE-SI razvija interaktivno satelitsko misijo za daljinsko zaznavanje z visoko natančnostjo, ki bo omogočala zajem multispektralnih podob zemeljske površine ter snemanje HD videa. Misija temelji na mikro satelitu za opazovanje Zemlje, ki ga VESOLJE-SI razvija v sodelovanju s kanadskim SFL. Satelit bo z višine 600 km dosegel prostorsko ločljivost posnetkov 2,8/5,6 m (PAN/MS), video pa bo dosegel ločljivost 2,8 m pri opazovanem pasu širine 5 km oz 40 m pri 75 km. Znotraj vidnega polja zemeljske postaje, bo satelit sposoben prenosa posnetkov in videa v realnem času, ko pa ne bo nad nobeno zemeljsko postajo, se bodo podatki shranjevali v notranjem pomnilniku ter se bodo prenesli, ko bo naslednjič preletel postajo.



**NEMO-HD snemalni kanali**

Kanal	Spektralni razpon	GSD	Širina pasu
HRS-PAN	400 - 900 nm	2.8 m	10 km
HRS-MS1	420 - 520 nm	5.6 m	10 km
HRS-MS2	535 - 607 nm	5.6 m	10 km
HRS-MS3	634 - 686 nm	5.6 m	10 km
HRS-MS4	750 - 960 nm	5.6 m	10 km



# Zemeljska postaja



## Lastnosti

- avtomatsko sledenje satelitom
- dve med parabolni anteni (5,2 m in 1,8 m) in antenska skupina za UHF področje
- sprejem frekvenčnih pasov S in X
- oddajanje na UHF področju
- pokriva območje Alp, Panonske nižine in Sredozemlja

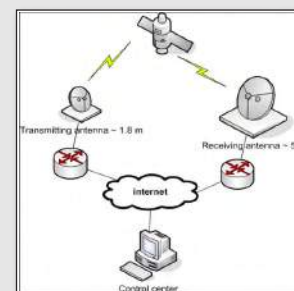
## Aplikacije

- komunikacija s sateliti v LEO od višine 400 km
- podpora akademskim, raziskovalnim in komercialnim misijam

## Podjetja

- Seaspace Corporation, California, ZDA (velika antena)
- Aerium d.o.o., Slovenj Gradec (mala antena)

Zemeljska postaja za komunikacijo s širokim naborom akademskih in komercialnih satelitov, ki jo je postavil CO VESOLJE-SI, omogoča prenos podatkov tako znanstvenikom s področij daljinskega zaznavanja, meteorologije in astrofizike kakor tudi razvijalcem novih tehnologij. Manjša antena, nameščena v Ljubljani, je dolgoročno namenjena predvsem oddajanju na frekvenčnem področju S, večja, nameščena v Pomjanu nad Kopro, pa je namenjena sprejemanju satelitskih signalov v območju frekvenčnih pasov S in X. Zemeljska postaja uporablja troosni rotacijski sistem, ki ji omogoča pokrivanje celotne poloble. Omogoča popolnoma avtonomno delovanje.



# Spletne in mobilne aplikacije



## Lastnosti

- preko 1000 slojev prostorskih podatkov
- rastrski in vektorski sloji
- možnost nadaljnjega urejanja podatkov
- skupinsko zbiranje podatkov

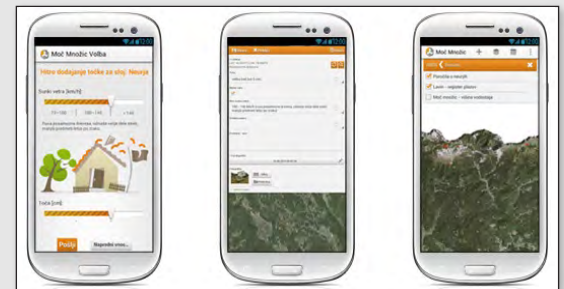
## Aplikacije

- prostorske analize
- obveščanje in informiranje
- posredovanje podatkov
- spremljanje vremenskih ujm

## Podjetja

- Sinergise d.o.o., Ljubljana

Prostorski podatki, uporabljeni v GIS (geografski informacijski sistemi) aplikacijah, postajajo vse pomembnejši del vsakdana. Če so se pred leti uporabljali zgolj v institucionalnih okvirih (kataster, kmetijske subvencije, infrastruktura), se dandanes nahajajo že v vsakem malo boljšem telefonu. Za kar najenostavnejši dostop do podatkov smo spletni GIS pregledovalnik osnovali na tehnologiji Geopedia.si, ki omogoča pregledovanje vektorskih in rastrskih podatkov, urejanje vektorskih podatkov ter različne prostorske analize. Poleg samega vpogleda lahko uporabniki hitro zgradijo svojo GIS aplikacijo, tako da iz zbirke preko 1000 slojev izberejo tiste, ki so za posamezno vsebino pomembni, ter po potrebi ustvarimo nove.





# Avtomatska procesna veriga



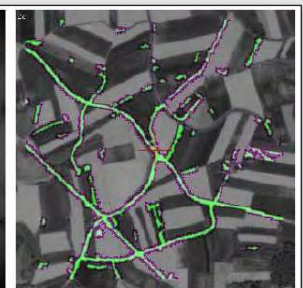
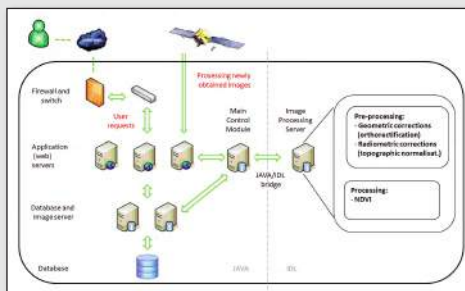
## Lastnosti

- samodejno določanje oslonilnih in kontrolnih točk
- samodejna ortorektifikacija
- samodejni atmosferski popravki
- samodejna topografska normalizacija
- samodejen izračun enostavnejših produktov

## Aplikacije

- spremljanje vegetacije
- integralno opazovanje porečij in obale
- upravljanje z vodnimi viri

Procesna veriga združuje posamezne module obdelave satelitskih posnetkov (geometrični in radiometrični popravki, izvedeni rezultati in dostava izdelkov preko spletnega portala). Vhodni podatek je surov satelitski posnetek, izhodni podatek pa je radiometrično in geometrično popravljen posnetek ter iz njega izvedeni rezultati, prikazani na spletnem portalu. Postopek je hiter in popolnoma samodejen. Tehnologija procesne verige je razdeljena na dva dela. Prvi del obsega zbiranje, urejanje in hranjenje podatkov, analizo uporabnikovih zahtev skupaj z varnostnimi nastavitvami. Drugi del tehnologije predstavlja predobdelavo posnetkov z geometričnimi in radiometričnimi popravki ter izdelavo rezultatov.





# Astrofizika razvoja in sestave Galaksije



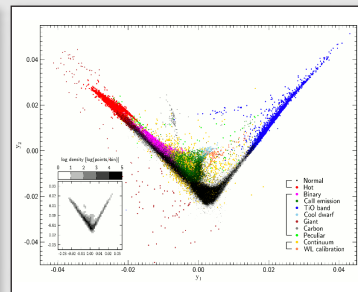
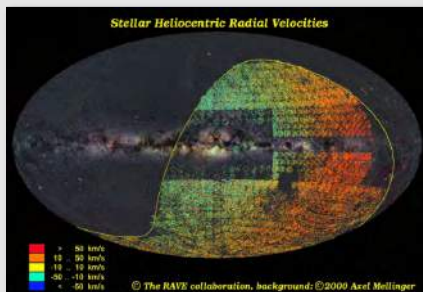
## Lastnosti

- vključitev slovenskih znanstvenikov v velike projekte ESA
- objava 31 znanstvenih člankov v najuglednejših svetovnih revijah
- opazovanje zvezd z Zemlje in s satelita

## Aplikacije

- nova dognanja o nastanku naše Galaksije
- določitev lastnosti zvezd
- določitev lastnosti snovi med zvezdami
- merjenja razdalj do zvezd

Gaia je ena največjih misij ESA. Raziskuje nastanek in razvoj naše Galaksije. Gaia opazuje iz vesolja, a ne more narediti vsega. S teleskopi na Zemlji lahko bolje določimo lastnosti dobrega milijona posebej zanimivih zvezd. FMF UL in CO VESOLJE-SI sta sodelovala pri opazovanjih projekta RAVE v Avstraliji, največjega spektroskopskega pregleda zvezd v preteklem desetletju. Posebej so nas zanimale aktivne in dvojne zvezde, največji odmev pa imajo naša dognanja o lastnostih izredno razredčene snovi med zvezdami in novi načini merjenja razdalj do zvezd. Slovenija k tem velikim projektom finančno ne more veliko prispevati, članstvo smo si zagotovili z znanjem in delom na obdelavi in kontroli kvalitete zajetih podatkov.





# Jate galaksij



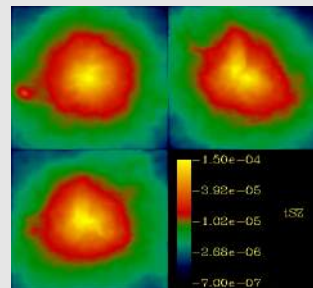
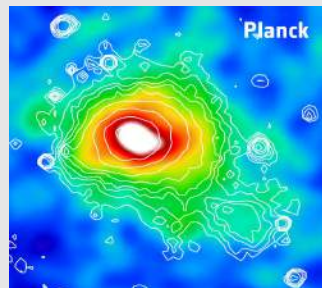
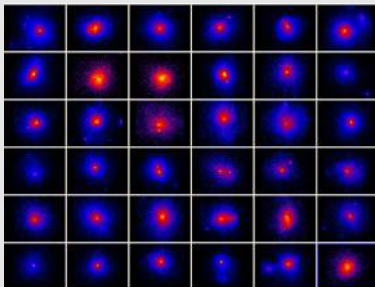
## Lastnosti

- kozmološke numerične simulacije
- uporaba računalniških gruč
- modeli fizikalnih procesov

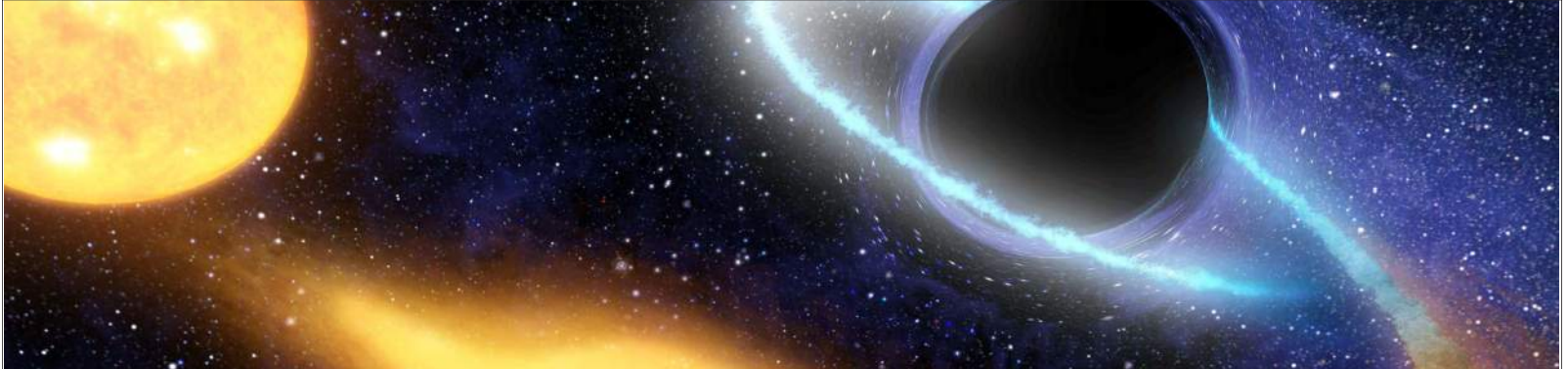
## Aplikacije

- kozmologija in razvoj vesolja
- nastanek in razvoj skupin in jat galaksij
- učinek aktivnih galaktičnih jeder in supernov na opazovane lastnosti jat
- uporaba rezultatov pri bodočih pregledih neba

V skupini za astrofiziko smo se ukvarjali z raziskovanjem vesolja na velikih skalah. Uporabili smo najmasivnejše objekte v vesolju, skupine in jate galaksij. Le-te sestavlja pretežno temna snov, navadna snov pa je prisotna v obliki ioniziranega jatnega plina, v katerega je lahko vpredenih do tisoče galaksij. Jate predstavljajo pomembno orodje za razumevanje razvoja vesolja in za kozmologijo. Istočasno so to največji laboratoriji, kjer lahko raziskujemo astrofizikalne procese in njihov učinek na opazovane lastnosti jat. Za spremljanje razvoja jat smo uporabili kozmološke numerične simulacije, rezultate pa primerjali z opazovanji vesoljskih teleskopov kot so Chandra, XMM-Newton in Planck.



# Kratkotrajni astrofizikalni izvori



## Lastnosti

- opazovanje vesolja s satelitom Gaia in teleskopi na Zemlji
- vključitev slovenskih znanstvenikov v velike misije ESA

## Aplikacije

- opazovanje kratkotrajnih dogodkov v vesolju
- študij razvoja in končnih stanj zvezd
- detekcija plimskih raztrganj zvezd v bližini črnih lukenj

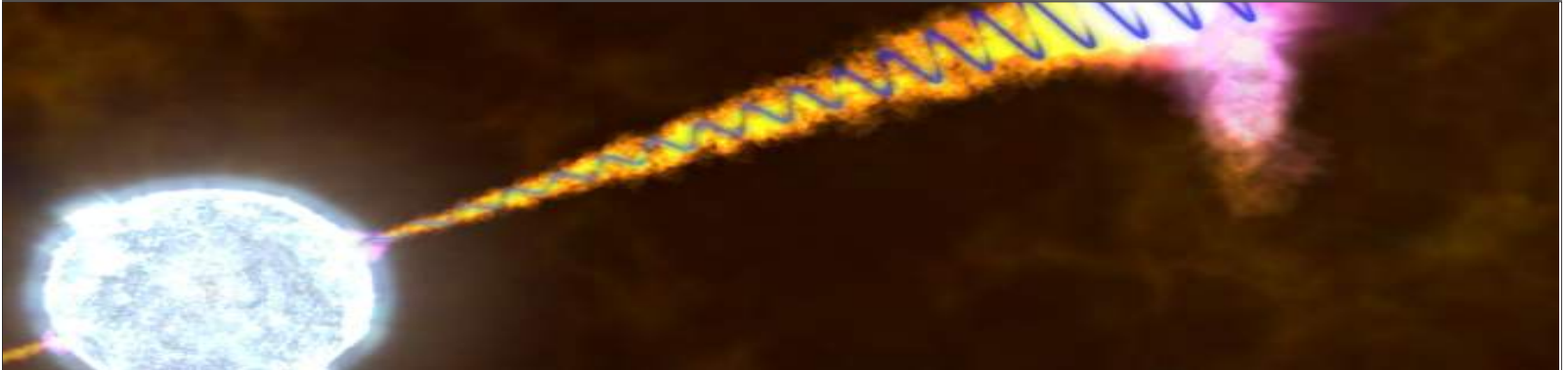
Vesolje se nenehno spreminja. V njem je veliko dogodkov, ki trajajo le kratek čas - od nekaj milisekund do nekaj mesecev ali let. Med njimi so izbruhi sevanja gama, supernove, plimska raztrganja zvezd v bližini črnih lukenj idr. Astronomi jih v večjem številu odkrivajo šele v zadnjih letih z avtomatskimi teleskopi in sateliti, ki pregledujejo velik del neba. Med temi je tudi satelit Gaia Evropske vesoljske agencije.

Andreja Gomboc, Jure Japelj in Drejc Kopač sodelujejo pri t.i. znanstvenih alarmih satelita Gaie - s teleskopi na Zemlji opazujejo zanimive kratkotrajne dogodke, ki jih detektira Gaia in nam razkrivajo podrobnosti o življenju in smrti zvezd.





# Izbruhi sevanja gama



## Misije

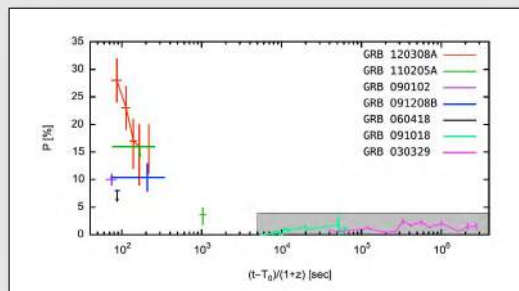
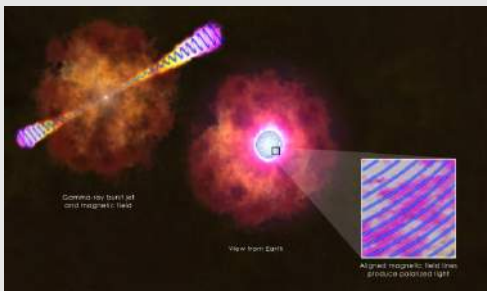
- Swift
- Fermi
- INTEGRAL

## Aplikacije

- proučevanje lastnosti zvezd in galaksij v različnih obdobjih skozi zgodovino vesolja
- študij fizikalnih zakonov v tako ekstremnih razmerah, kot jih na Zemlji ni mogoče ustvariti (izredno visoke energije, močno gravitacijsko in magnetno polje, hitrosti blizu svetlobni

Izbruhi sevanja gama nastanejo ob kolapsu sredice zelo masivne zvezde v črno luknjo ali ob zlitju dveh nevtronskih zvezd ali črnih lukenj. Dogajajo se v galaksijah, ki so več milijard svetlobnih let daleč od nas.

Andreja Gomboc, Drejc Kopač in Jure Japelj so v sodelovanju z astrofiziki iz Velike Britanije in Italije prvi doslej izmerili časovno spreminjanje in visoko stopnjo linearne polarizacije svetlobe optičnega zasija izbruha sevanja gama in pokazali, da je v najmočnejših eksplozijah v vesolju prisotno močno in urejeno magnetno polje (Mundell, Kopač et al., Nature 2013)





# Relativistični sistem pozicioniranja



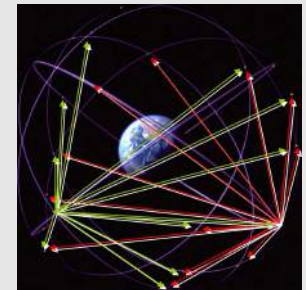
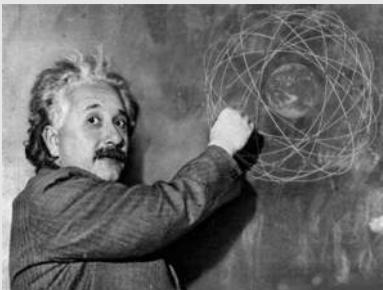
## Lastnosti

- izjemna natančnost
- robustnost
- stabilnost
- avtonomnost
- manjši stroški v primerjavi z obstoječimi GNSS

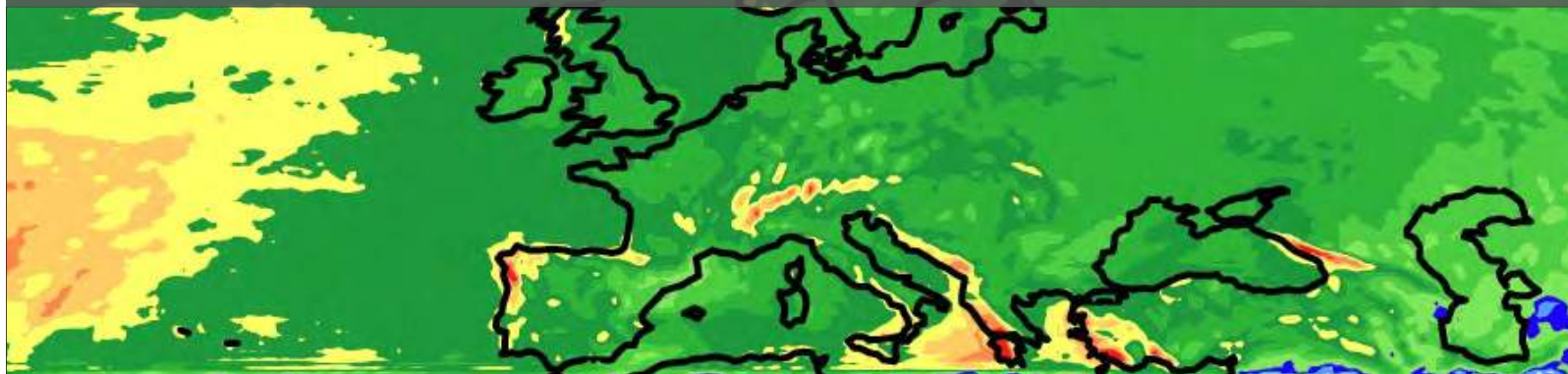
## Aplikacije

- navigacija
- možnost uporabe celotnega sistema kot ure z dolgoročno stabilnostjo
- rutinske meritve gibanja tektonskih plošč
- meritve ukrivljenosti prostor-časa okoli Zemlje
- meritve oblike Zemlje

Trenutni GNSS sistemi delujejo tako, da s sledilnimi postajami na Zemlji določimo položaje satelitov. Ko uporabnik navigacije sprejme signal s satelitov, lahko iz njihovih znanih položajev določi svoje koordinate na Zemlji. Ker so sledilne postaje pod vplivom tektonskih gibanj in plimovanja, lahko položaje določimo le z omejeno natančnostjo. Če bi sateliti komunicirali med sabo, sledilnih postaj ne bi več potrebovali, s čimer bi bistveno izboljšali natančnost pozicioniranja. V tem primeru bi s teorijo relativnosti določili položaje satelitov že na osnovi medsatelitske komunikacije. Na ta način bi vzpostavili avtonomno koordinatno bazo, ki je osnova za relativistični globalni navigacijski sistem.



# Napovedi vremena in onesnaženja zraka



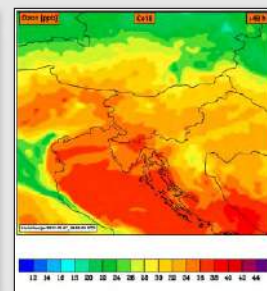
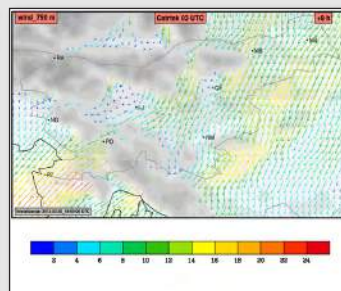
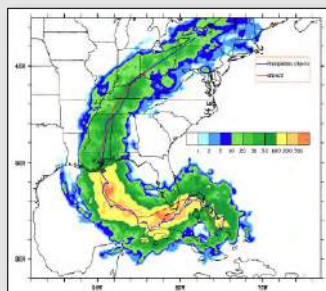
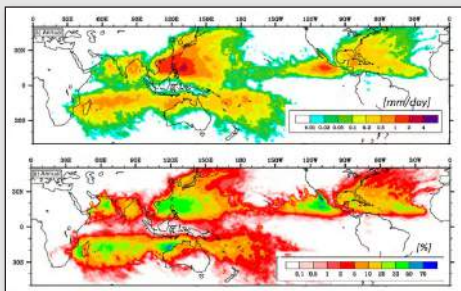
## Lastnosti

- uporaba satelitskih podatkov
- ažurno in globalno
- napoved v realnem času
- visoka prostorska ločljivost

## Aplikacije

- vremenska napoved v realnem času
- napoved onesnaženosti zraka
- priprava klimatskih scenarijev

V okviru meteorološkega delovnega sklopa v CO VESOLJE-SI se ukvarjamo z uporabo satelitskih meritev v meteorologiji in klimatologiji. Meteorološke in klimatološke aplikacije so med glavnimi uporabniki satelitskih informacij na splošno. Uporaba satelitskih meritev za izboljšanje modelov za napovedovanje vremena, opis klime in pripravo klimatskih scenarijev ter za opazovanje okolja v namen varnosti je danes pomemben kriterij pri izbiri novih satelitov. Pripravili smo vremensko napoved visoke ločljivosti v realnem času (<http://meteo.fmf.uni-lj.si/>). Poleg napovedi vremena razvijamo tudi napoved onesnaženosti zraka.





# Tehnologije



# Inovativna komunikacija s sateliti



## Lastnosti

- visoka zanesljivost
- izjemno natančno sledenje satelitom
- neobčutljivost na okoljske vplive
- nizki stroški vzdrževanja
- nizka poraba energije

## Aplikacije

- komunikacija z LEO sateliti

## Partnerji

- Dynamic Antenna Systems Corporation, California, ZDA
- Pro Tehno d.o.o., Bohinjska Bistrica
- Albatross Fly d.o.o., Radovljica
- Univerza v Ljubljani, Ljubljana

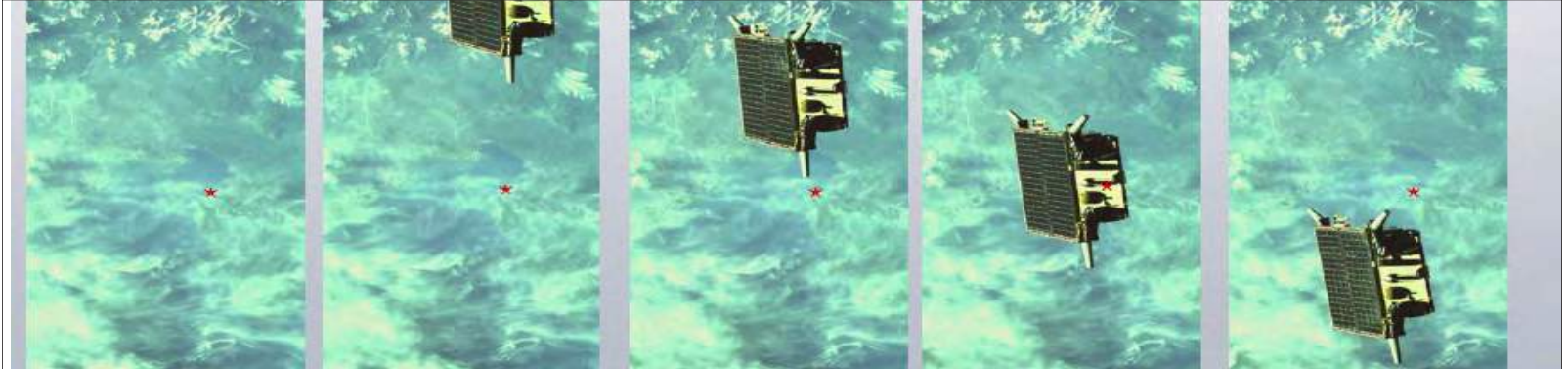
Center odličnosti VESOLJE-SI je skupaj s partnerji povsem posodobil koncept zemeljskih postaj za LEO satelite. Razvili smo inovativen antenski sistem za sledenje satelitom, ki je cenovno dostopen tudi za večino univerz in manjših agencij. Stroške izdelave in vzdrževanja antene smo znižali z uporabo COTS komponent ter inovativno izvedbo sistema za usmerjanje antene, ki ob nizkih stroških dosega izredno natančnost. Antena je opremljena z visokozmogljivo kontrolno enoto, najsodobnejšo programsko opremo ter zagotavlja pokritost celotne poloble. Reflektor je izdelan iz karbonskih vlaken, zaradi česar je sistem lahek in hkrati izjemno kompakten.



Satellite		Pass Times			
Name	Num...	Begin	End	Start	Stop
TERRA	25094	9/26 07:50:47	9/26 08:04:49	9/26 07:51:18	9/26 08:04:17
AQUA	27424	9/26 09:33:45	9/26 09:47:32	9/26 09:34:17	9/26 09:47:00
AQUA	27424	9/26 11:12:26	9/26 11:24:56	9/26 11:13:03	9/26 11:24:10
TERRA	25094	9/26 17:22:57	9/26 17:34:15	9/26 17:23:37	9/26 17:33:38
TERRA	25094	9/26 18:58:41	9/26 19:12:43	9/26 18:59:12	9/26 19:12:12
AQUA	27424	9/26 21:31:35	9/26 21:42:30	9/26 21:32:19	9/26 21:41:46
AQUA	27424	9/26 23:08:25	9/26 23:22:27	9/26 23:08:56	9/26 23:21:56
AQUA	27424	9/27 00:48:57	9/27 00:57:58	9/27 00:47:39	9/27 00:57:17



# Letenje v formacijah



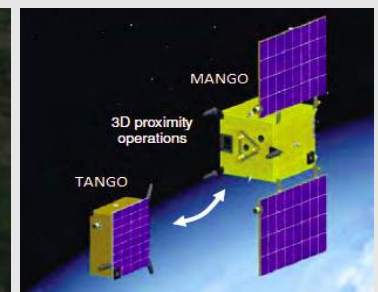
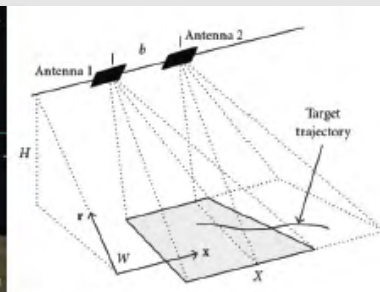
## Lastnosti

- natančna poravnava satelitov v orbiti s ciljem na Zemlji
- približanje nekooperativnemu objektu na manj kot 1m razdalje
- ohranjanje konstantne razdalje med satelitoma

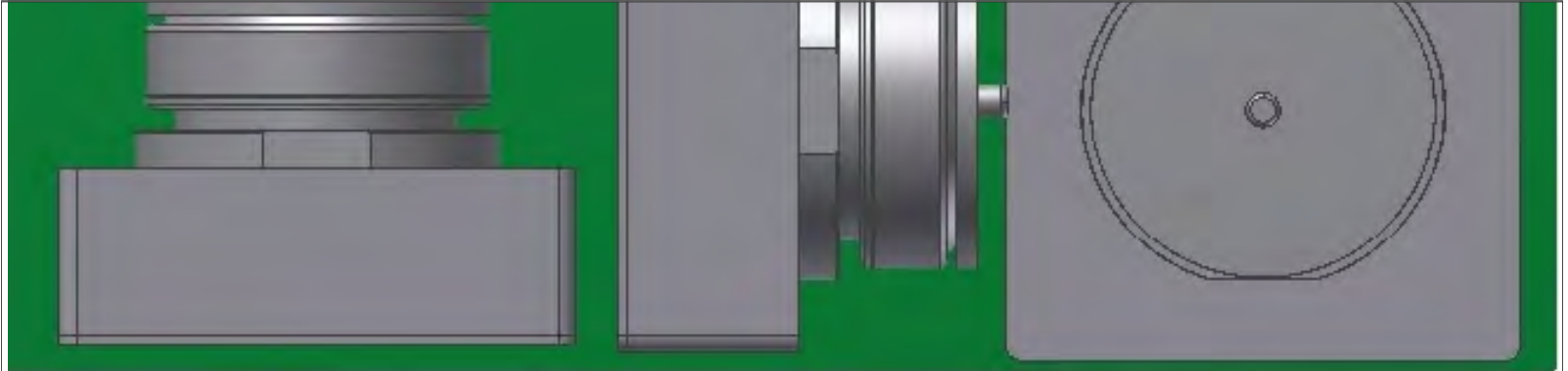
## Aplikacije

- opazovanje in izdelava 3D modela nekooperativnih objektov
- odstranjevanje vesoljskih smeti
- distribuiran optični instrument - doseganje boljše prostorske ločljivosti
- radarska interferometrija

Sateliti v formacijah imajo pri nekaterih primerih uporabe večje znanstvene in operativne zmožnosti kot enoviti sateliti. Leta 2011 je CO VESOLJE-SI uspešno izvedel več poskusov s formacijo Prisma (OHB Sweden). Simulirali smo radarsko interferometrijo, kjer je bil en satelit oddajnik in sprejemnik SAR, drugi pa le sprejemnik. Drugi poskus je bil opazovanje nekooperativnih objektov - vesoljskih smeti. Identificirali smo tirnico objekta ter izdelali njegov 3D model. Tretji poskus je bila simulacija distribuiranega instrumenta, pri katerem prvi satelit vsebuje optični sistem z lečami in/ali zrcalom, drugi pa senzorje. Ob natančni poravnavi obeh satelitov dobimo visokozmogljiv optični sistem za opazovanje Zemlje.



# Reakcijska kolesa za piko satelite



## Lastnosti

- vrtilna količina:  $0,43 \times 10^3$  Nms (RW1 in RW4)
- vztrajnostni moment: 0,785/0,816 kgmm<sup>2</sup> (RW1/RW4)
- navor: 1mNm
- hitro in natančno spreminjanje orientacije

## Aplikacije

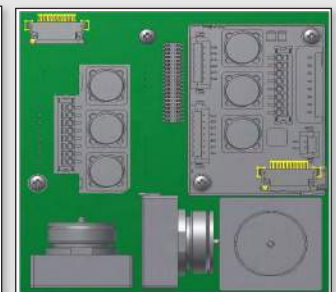
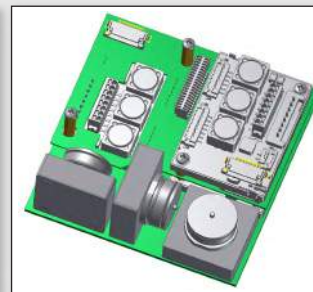
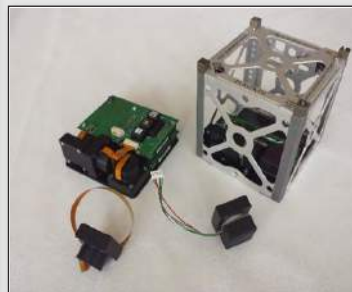
- spreminjanje orientacije satelita
- namenjena za CubeSat

## Podjetja

- Pipistrel, Ajdovščina

Za spreminjanje orientacije satelita smo razvili dva različna sistema 3-osnih reakcijskih koles, ki sta zaradi kompaktne velikosti namenjena uporabi na nano/piko satelitih. Sistema se ločita po zmožnosti pretvarjanja energije. Manjši modul (<1/6 1U CubeSat) je zmožen električno energijo porabljati za pospeševanje motorja v smeri trenutnega vrtenja motorja (motorni način), postopek zaviranja pa poteka manj kontrolirano ter se pri tem energija sprošča v obliki toplote. Večji modul (1/3 1U Cubesat) pa je nadgrajen s sposobnostjo pretvarjanja mehanske energije vztrajnika nazaj v električno energijo, s čimer zagotovimo manjšo porabo pri izvajanju manevrov ter boljši nadzor nad postopkom zaviranja vztrajnikov.

Nominal Angular Momentum RW1	0.41 mNms@5000RPM
Nominal Angular Momentum RW4	0.43 mNms@5000RPM
Moment of inertia RW1	0.785 kgmm <sup>2</sup>
Moment of inertia RW4	0.816 kgmm <sup>2</sup>
Nominal Torque	1 mNm
Max. speed	9000 RPM
Control Mode	Speed or Torque Control
Command / Telemetry	Via CAN bus
PPSRW-1 size	30x30x28.1 mm
PPSRW-4 size	30x30x22.7 mm
Free wheel size	∅26x7 mm
Mass PPSRW-1 with integrated control.	43 g
Mass PPSRW-4	29 g
Mass PPSRW-4 controller	36 g
Mass Master electronic (PPSRW-1 or PPSRW-2)	cca. 40 g
Supply Voltage	12 V
Supply Power at Nominal Torque	0.9 W max./RW
Supply Power at Residual Torque	0.30 W/RW
Environment	-30°...+70°C
Reliability	3000 h continuous operation





# Zračni ležaj ZLSI-2



## Lastnosti

- maks. naklon: +/- 55°
- masa: 3 kg
- nosilnost: 20 kg
- stalen zračni tok
- obračanje okrog treh osi brez trenja

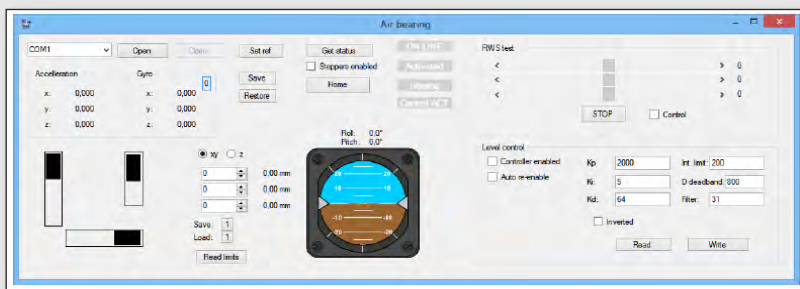
## Aplikacije

- razvoj in testiranje sistemov zaznavanja in vodenja orientacije satelitov ter sistemov aktuatorjev
- razvoj in testiranje sistemov aktuatorjev

## Podjetja

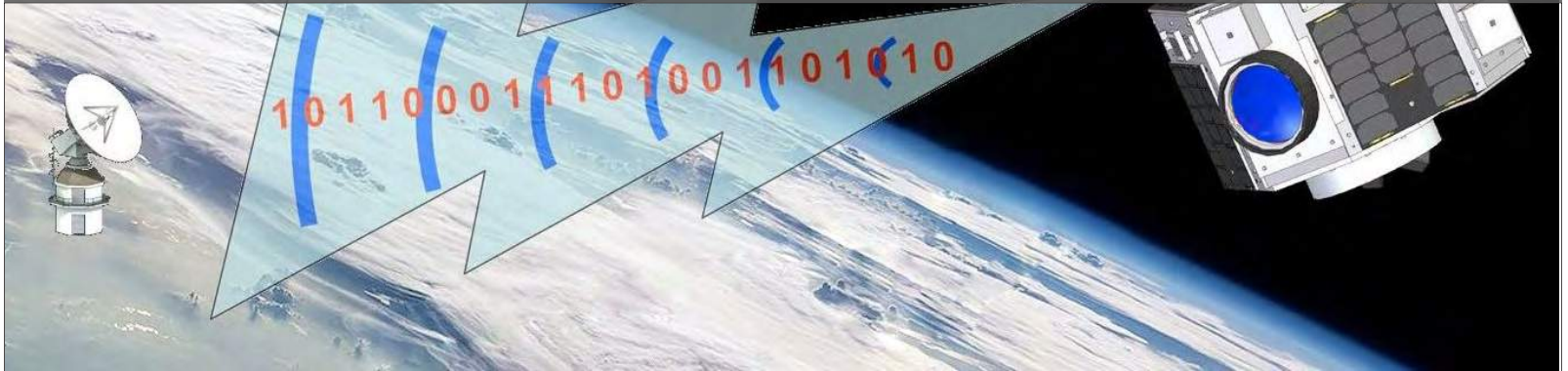
- Orodjarstvo Jež, Vodice

Zračni ležaj je laboratorijska naprava za testiranje sistemov zaznavanja in vodenja orientacije satelitov ADCS (angl. Attitude Determination and Control System) ter sistemov aktuatorjev (reakcijskih koles, potisnikov). Sestavljen je iz dveh sklopov, fiksnega podstavka, ki s konkavno površino in s stalnim dotokom stisnjenega zraka vzdržuje tanko plast zraka, na kateri lebdi drugi sklop, votla polkrogla s pokrovom, na katerega pritrdimo testirano opremo. Sistem za samodejno niveliranje sistema s pomočjo senzorjev pospeška in kotne hitrosti zaznava nagib polkrogle po dveh oseh ter kotne hitrosti po treh oseh ter izračuna potrebne premike linearnih koračnih motorjev.





# Oddajnik za male satelite v frekvenčnem pasu X



## Lastnosti

- RF izhodna moč: min 1 W (običajno 2 W)
- O-QPSK modulacija
- Frekvenčno območje X: 8.025 GHz - 8.400 GHz
- Hitrost prenosa podatkov: do 50 Mbit/s
- Dimenzije: 100 x 120 x 45 mm (v razvoju je tudi različica za CubeSat: 95 x 95 x 50 mm)
- Nizka poraba energije: do 15 W (za CubeSat do 10 W)
- Napajalna napetost: +18 V do +36 V

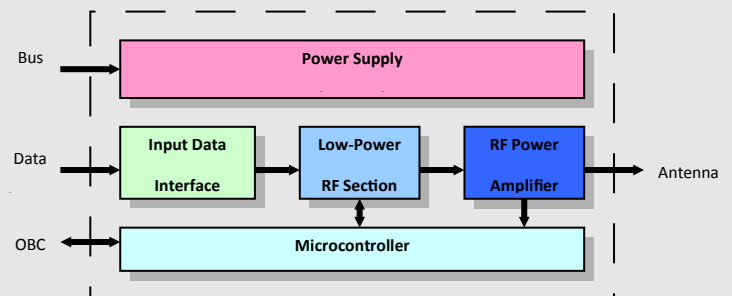
## Aplikacije

- prenos velikih količin podatkov
- mali/mikro/nano sateliti
- CubeSat



Ohišje (levo) in blok shema (desno) oddajnika za frekvenčno območje X.

Učinkovit oddajnik za velike prenosne hitrosti je ključnega pomena za sodobne majhne satelite. Z napredkom tehnologij daljinskega zaznavanja že zelo majhni sateliti zajemajo vedno večje količine podatkov. Problem prenosa podatkov z majhnih satelitov je zato čedalje bolj pereč, omejitve glede mase, porabe moči in prostornine pa ostajajo enake kot nekoč. V CO VESOLJE-SI smo zato razvili zmogljiv satelitski oddajnik, ki omogoča prenose velikih količin podatkov kljub majhni porabi moči ter majhni masi in prostornini. Oddajnik smo razvili v dveh velikostnih razredih, in sicer za male/mikro satelite ter za CubeSat.



# Frekvenčno in polarizacijsko nastavljiva antena

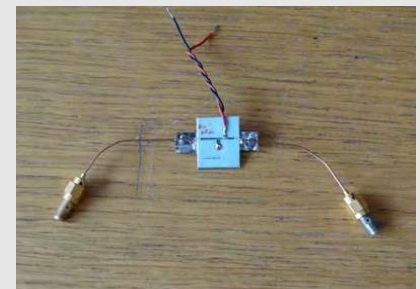
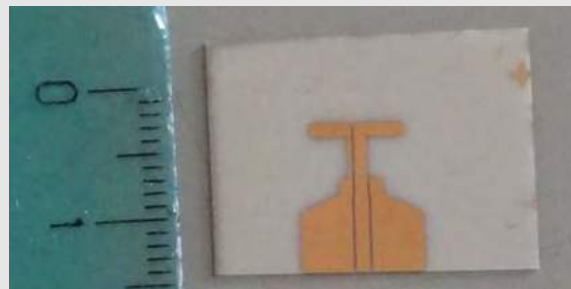
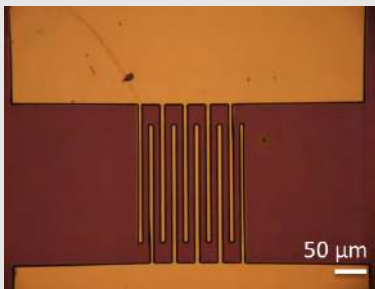
## Lastnosti

- frekvenčno območje delovanja: 7.8 GHz – 8.3 GHz,
- stabilno delovanje v močno radiacijskem okolju,
- majhne dimenzije (3 komponente velikosti 25 mm x 25 mm).

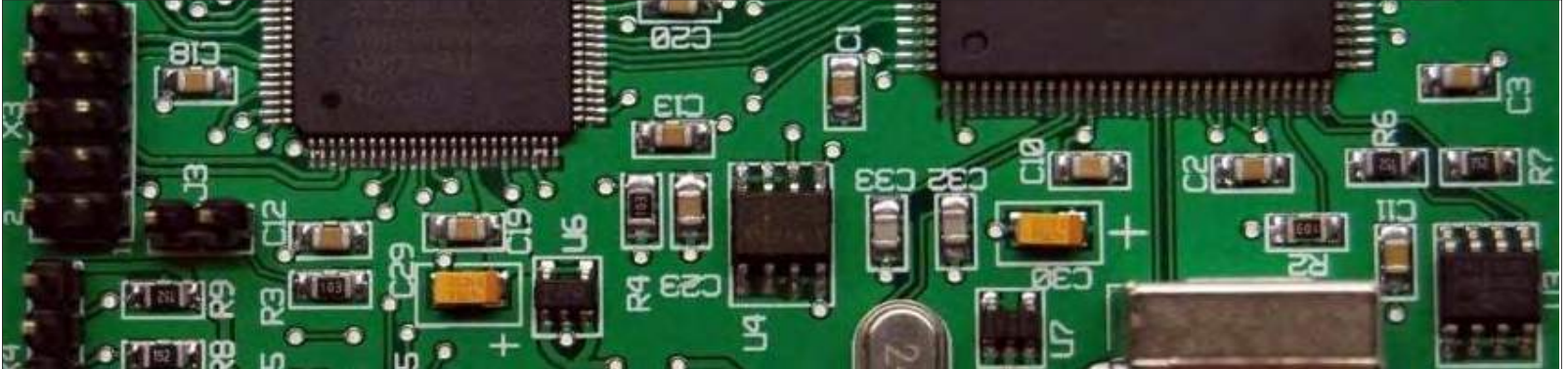
## Aplikacije

- satelitske komunikacije (satelit-satelit),
- brezžične zemeljske komunikacije v napravah, kjer so dimenzije omejene

Prenos podatkov med posameznimi sateliti ter baznimi postajami na Zemlji je ključnega pomena za uspešno izvedbo satelitske misije. Trenutne brezžične komunikacijske tehnologije temeljijo na polprevodniških materialih, katerih delovanje in življenjska doba sta omejena zaradi njihove občutljivosti na kozmično sevanje. V okviru projekta FERROPATCH, katerega je financirala ESA, smo v sodelovanju s Fakulteto za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in Institutom Jožef Stefan razvili frekvenčno in polarizacijsko nastavljivo anteno. Njeno delovanje temelji na tehnologiji tankoplastnih feroelektričnih materialov, katerih delovanje je stabilno tudi kadar so izpostavljeni močnemu sevanju.



# Mikropogonski modul



## Lastnosti

- pogon: štirje 1 mN pogoni z resolucijo 10  $\mu\text{N}$
- impulz: 40 Ns
- masa: 250 g
- kapaciteta: 50 g (butan)
- delovni tlak: 2 - 5 bar
- poraba energije: 2 W

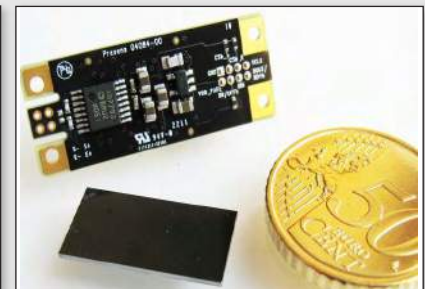
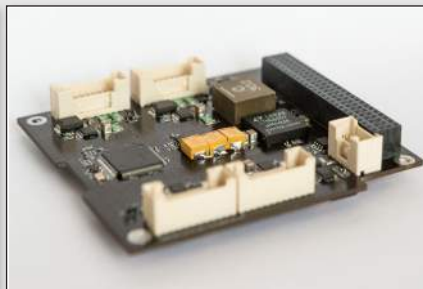
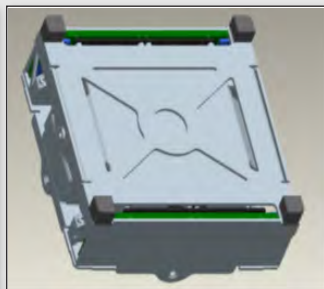
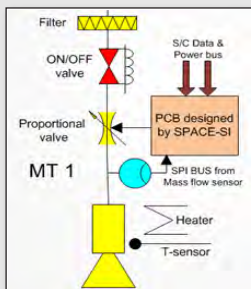
## Aplikacije

- uravnavanje orientacije satelita
- majhna sprememba orbite

## Podjetja

- Nanospace, Švedska

V CO VESOLJE-SI smo se posvetili razvoju sistema vodenja mikropogonskega modula za satelite razreda CubeSat. Mikropogonski modul razvija švedsko podjetje Nanospace, VESOLJE-SI pa potreben vmesnik in sistem vodenja. Namen sistema vodenja je natančno doziranje pretoka plina preko mikropotisnikov in s tem natančno doziranje potisne sile. Vmesnik je načrtan kot ločeno tiskano vezje. Mikropogonski modul vsebuje ON/OFF ventile ter proporcionalne mikroventile, ki se jih aktivira s pomočjo grelca in so osnovani na tehnologiji MEMS. Razvili smo tudi laboratorijski sistem za vodenje mikropogonskega modula.





# Multidisciplinarni laboratorij



## Lastnosti

- termalno-vakuumska komora
- čista soba ISO 8
- nanoindenter
- vibracijska miza
- zračni ležaj

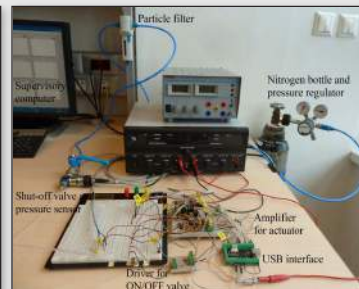
## Aplikacije

- testiranje malih satelitov
- testiranje satelitskih komponent
- testiranje podsistemov
- testiranje materialov

## Podjetja

- Domel d.o.o., Železniki

Zemeljski laboratorij za raziskave visoko natančnega vodenja satelitov v zaprti zanki je namenjen učinkovitejši karakterizaciji mikropotisnih aktuatorjev, testiranju mikro in nano satelitskih platform ter kontrolnih tehnik na osnovi vizualnih podatkov z združitvijo v skupno povezano rešitev, ki omogoča celostne raziskave vseh elementov za nadzor orbitalnih manevrov, od aktuatorjev preko odzivov platforme (modeliranje dinamike vesoljskega plovila in vesoljskega okolja) do senzorjev.



# Termalno-vakuumska komora



## Lastnosti

- vakuum do  $10^{-5}$  mbar
- temperaturni razpon od  $-70^{\circ}\text{C}$  do  $+140^{\circ}\text{C}$
- prevodnice prilagojene želenim aplikacijam

## Aplikacije

- testiranje malih satelitov
- testiranje satelitskih komponent in podsistemov

## Podjetja

- Vacutech d.o.o., Ljubljana
- Alchrom Thies d.o.o., Ruše
- Avtomatika Slavko Jeršič, Pišece
- MDM d.o.o., Ljubljana
- Sico d.o.o., Arja vas

Termalno-vakuumsko testiranje predstavlja enega glavnih korakov pri zagotavljanju zanesljivosti delovanja satelitov in satelitskih podsistemov v orbiti. Center odličnosti VESOLJE-SI je skupaj s slovenskimi industrijskimi partnerji razvil serijo termalno-vakuumskih komor za testiranje malih satelitov ter satelitskih komponent in podsistemov v simuliranem okolju, kakršnemu bodo izpostavljeni v vesolju. Komora omogoča združevanje različnih stopenj vakuuma s termalnimi cikli od zgornjih do spodnjih temperaturnih ekstremov. V spodnji preglednici sta predstavljena dva primera komore s svojimi lastnostmi.

Dimenzije	0,85m dia x 1m	0,35m dia x 0,35m
Vakuum	10-5 mbar	10-5 mbar
Termalni sistem	Enota za nadzor temp.	Peltierjev hladilnik
Temp. razpon	$-70$ do $+140^{\circ}\text{C}$	$-5$ do $+20^{\circ}\text{C}$
Kontrolni sistem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrolna in merilna plošča</li> <li>• Vakuumski senzori in instrumenti</li> <li>• Temperaturni senzori in instrumenti</li> </ul>	
Prevodnice	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SUB-D 25 pins</li> <li>• N-konektor</li> <li>• SMA konektor</li> <li>• RS-232</li> <li>• okno za vpogled v notranjost</li> </ul>	





# Helmholtzova kletka



## Lastnosti

- dimenzije kletke: 60 x 60 x 65,5 cm
- homogeno magnetno polje: 10 x 10 x 10 cm
- maks. gostota magnetnega pretoka: +/- 200  $\mu\text{T}$  (v vsaki osi)
- ločljivost zapisa magnetnega pretoka: 0,1  $\mu\text{T}$
- USB priklon
- zaščita pred pregretjem

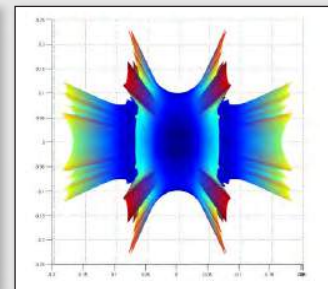
## Aplikacije

- testiranje sistema za vodenje in določanje položaja satelitov
- testiranje satelitskih komponent in podsistemov
- primerno za CubeSat

## Podjetja

- BDM-Tech d.o.o., Polzela

Sistem Helmholtz vsebuje krmilni del ter kletko z nameščenimi tremi pari tuljav, katerih osi so med seboj pravokotne. Sistem je namenjen ustvarjanju področja homogenega magnetnega polja z gostoto magnetnega pretoka do +/- 200  $\mu\text{T}$  v vseh smereh. Sistem lahko deluje v odprtozračnem režimu, kjer ima uporabnik možnost nastavljanje tokov po posameznih tuljavah, ali v zaprtozračnem režimu, kjer sistem zagotavlja nastavljen vektor magnetnega pretoka z uporabo referenčnih magnetometrov v kletki. Nadzor nad sistemom je možen preko enostavnega uporabniškega vmesnika na samem krmilniku ali preko USB povezave.



# Aluminijeve zlitine za vesoljsko industrijo



## Lastnosti

- manjša zrna v mikrostrukturi
- boljša homogenost praktično brez mikrosegregacije
- izboljšane mehanske lastnosti zlitine
- direktno ekstrudiranje brez toplotne obdelave
- 20% povečanje produktivnosti, do 15% prihranek energije

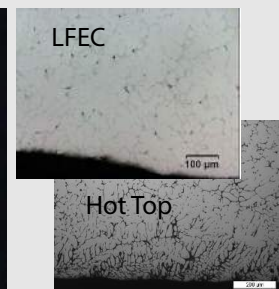
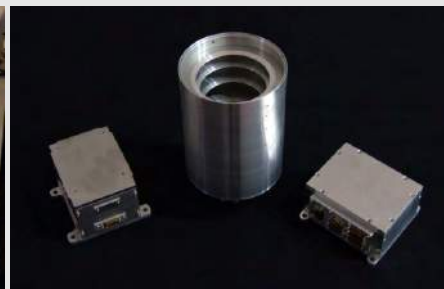
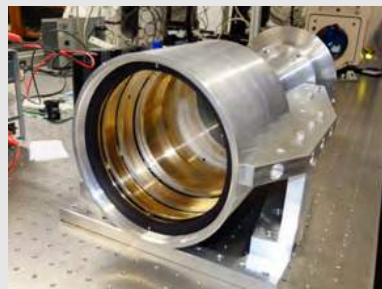
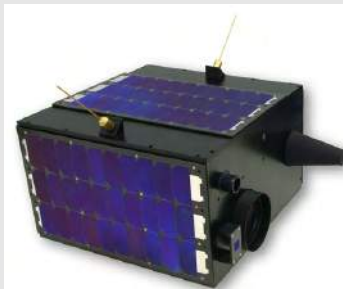
## Aplikacije

- satelitske komponente in podsistemi
- satelitske tehnologije
- avtomobilska, letalska in vesoljska industrija

## Podjetja

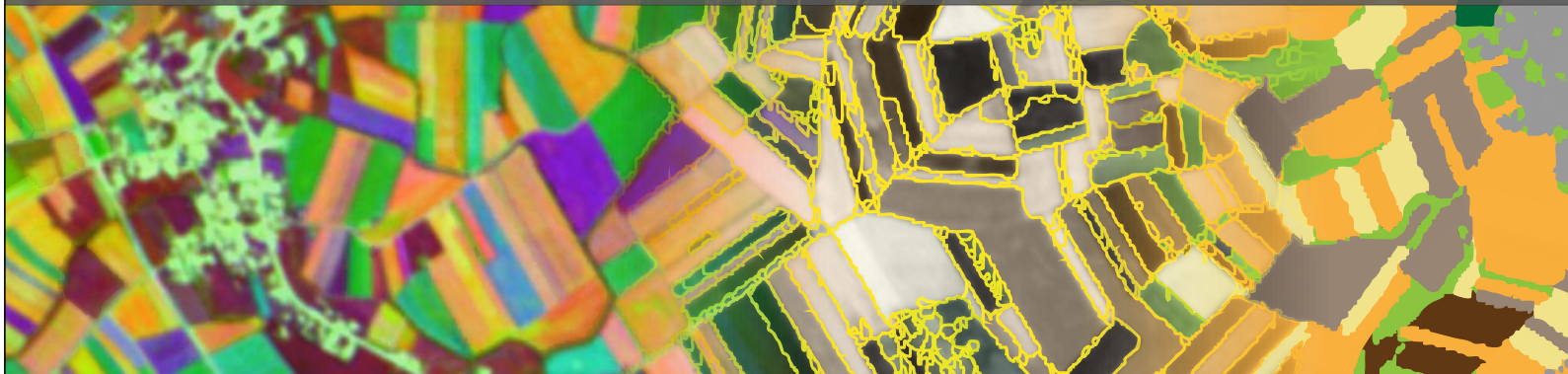
- Impol d.o.o., Slovenska Bistrica
- Rajh Plus d.o.o., Slovenska Bistrica

CO VESOLJE-SI v sodelovanju s konzorcijskim partnerjem Impol d.o.o. razvija napredne aluminijeve zlitine s ciljanimi termomehanskimi lastnostmi za uporabo v vesoljski industriji. Specializirani smo za oblikovanje in izdelavo strukturnih komponent in podsistemov mikro/nano satelitov. Pomemben rezultat sodelovanja v konzorciju je razvoj pilotne naprave za nizko frekvenčno elektromagneto litje (LFEC). Naprava omogoča litje specialnih zlitin, skrajša čas procesiranja in hkrati zagotavlja izboljšanje termomehanskih lastnosti zlitin. Impol proizvaja več kot 170 različnih aluminijevih zlitin, tudi zlitine iz serije 7000, ki se za vesoljske aplikacije najpogosteje uporabljajo.



# Aplikacije

# Klasifikacija kmetijskih zemljišč



## Uporabnost

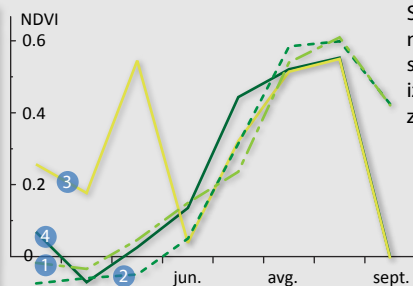
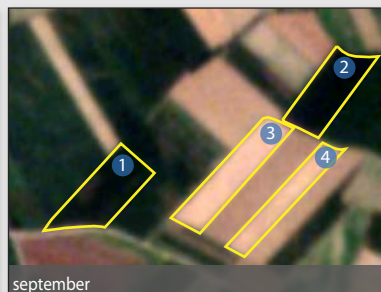
- spremljanje tipa, lokacije, površine in stresa pridelka
- pregledna, pravočasna in jasna informacija o stanju na kmetijskih zemljiščih
- usklajena in produktno usmerjena infrastruktura za opazovanje dinamike pridelkov

## Prednosti in koristi

- samodejni postopki zaznave kmetijskih zemljišč
- manj ročne vektorizacije in vizualne interpretacije
- hitra obdelava večjega območja (države)
- vse-sezonski prikaz podatkov
- dodatna, časovna dimenzija podatkov
- večnivojsko delovanje, sprotno učenje, iterativno preverjanje
- napreden in robusten postopek

Daljinsko zaznavanje je v svetu že uveljavljen vir za spremljanje stanja kmetijskih zemljišč, saj priskrbi pregledne, pravočasne in jasne informacije o nekaterih bistvenih kazalnikih.

V Sloveniji se lokacija in razred pokrovnosti kmetijskih zemljišč še vedno določata z vizualno interpretacijo letalskih posnetkov. Takšen postopek je zamuden in za določitev večine vrst poljščin negotov. Zato smo zasnovali metodo za izdelavo kakovostne karte pokrovnosti iz surovih posnetkov, brez posredovanja operaterja. Pri tem so pomembna dodatna informacija podatki o fenoloških fazah rastlinja, dobljeni z uporabo časovnega niza posnetkov.



Spreminjanje rastnih lastnosti na štirih izbranih njivah. Serije satelitskih posnetkov znatno izboljšajo kakovost določitve značilnk kmetijskih pridelkov.



# Določanje območij neupravičene rabe



Foto: Žiga Kokalj

## Uporabnost

- kontrola upravičenosti kmetijskih subvencij
- povečanje učinkovitosti analize tveganja
- usmeritev vizualne in terenske kontrole

## Prednosti in koristi

- hitra kontrola večjih površin
- manj terenskih ogledov in boljša usmerjenost terenskih ogledov
- kontrola celotne populacije, ne zgolj vzorca
- določanje neupravičenih kategorij rabe, ki jih z vizualnim pregledom ne moremo preveriti



V Sloveniji se kmetijske subvencije izplačuje za enoto površine zemljišča. Ta zemljišča zato ne smejo vsebovati kategorij rabe, ki niso upravičene do subvencij (npr. zaraščanje, pozidano, gozd).

Odgovorne službe kontrolo vizualne interpretacije posnetkov in terenske ogleda opravljajo na vzorcu, ki je določen naključno in z analizo tveganja za kršitev.

Tak način kontrole je zamuden in ne zajema vseh zemljišč. Zato izdelujemo postopek za samodejno identifikacijo nekaj vrst neupravičene rabe. Rezultat bo služil kot pomoč pri vizualni kontroli, v primeru zelo zanesljivih rezultatov pa tudi kot dodaten parameter pri analizi tveganja.



Območja neupravičene rabe moramo na satelitskih ali letalskih posnetkih pravilno identificirati in označiti, da so sredstva za kmetijske subvencije lahko pravilno razdeljena.

-  kmetijsko zemljišče, prijavljeno za subvencijo
-  neupravičeno prijavljeno za subvencijo

# Spremljanje invazivnih rastlinskih vrst



Foto: Nataša Duric

## Uporabnost

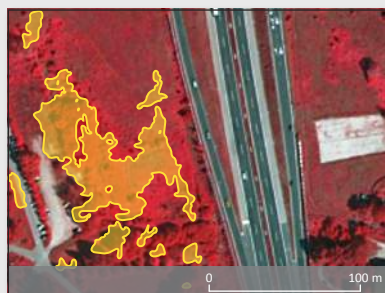
- odkrivanje rastišč tujerodnih invazivnih vrst (zlasti za odkrivanje rastišč japonskega dresnika)
- spremljanje stopnje razraščanja in prizadetosti okolja
- spremljanje učinkovitosti zatiranja

## Prednosti in koristi

- visoka natančnost odkrivanja rastišč
- pomoč pri načrtovanju zatiranja
- sočasen pregled celotnega območja občine ali regije

Večkrat slišimo, da je Slovenija evropsko križišče. To ima tudi slabosti, med katerimi je hitro širjenje tujerodnih invazivnih rastlinskih vrst. Ena najbolj invazivnih vrst je Japonski dresnik, ki ob naših vodotokih, prometnicah in gradbiščih odlično uspeva, vse bolj pa se širi tudi na travnike in njive.

Zasnovali smo inovativno metodo kartiranja njegovih rastišč v vseh fazah razvoja; spremljamo lahko tudi razraščanje in učinkovitost (največkrat neuspešnega) zatiranja. Natančnost odkrivanja rastišč je skorajda 90 %, kar je mnogo bolje od doslej poznanih metod. Večina neodkritih rastišč je bila bodisi premajhnih, da bi jih zaznali ali pa so pod drevesnimi krošnjami.



Najdišča japonskega dresnika ob vzhodni ljubljanski obvoznici in ob Ljubljani. Japonski dresnik se po Sloveniji hitro širi, ukrepov zatiranja in omejevanja je premalo. Enako velja tudi za druge tujerodne invazivne rastlinske vrste (kanadska zlata rozga, žlezava nedotika...).



# Samodejna obdelava satelitskih posnetkov



## Uporabnost

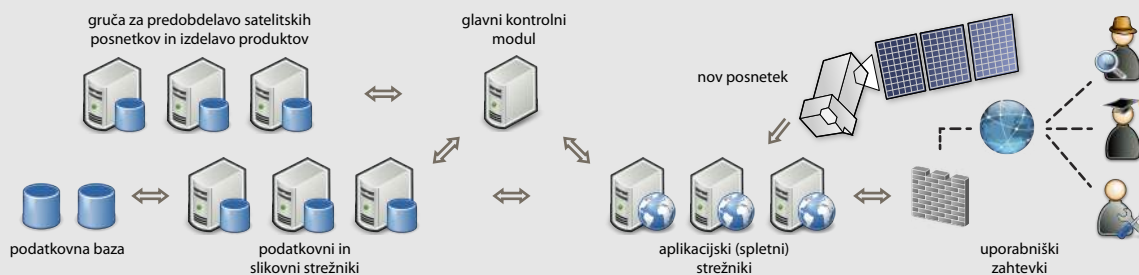
- samodejna izdelava ortoposnetkov, ki so alternativa letalskim posnetkom, iz satelitskih posnetkov zelo visoke, visoke in srednje ločljivosti
- samodejna priprava tematskih kart
- sledenje sezonskim pojavom in nenadnim spremembam

## Prednosti in koristi

- bistveno večja hitrost obdelave satelitskih posnetkov
- hitra samodejna interpretacija, s čimer posnetki postanejo zanimivi za gozdarstvo, kmetijstvo, varstvo pred naravnimi nesrečami, vodarstvo, biologijo, zavarovalništvo
- avtonomnost obdelave posnetkov ter njihova vedno večja količina omogočata sprotno spremljanje katerega koli pojava na zemeljskem površju

Želja vsakega strokovnjaka iz področja daljinskega zaznavanja je, da bi bilo možno satelitske podatke obdelati samodejno. Naša *procesna veriga STORM* je prvi korak k uresničitvi te želje. Veriga popolnoma samodejno izvede vse korake, ki pripeljejo od t.i. surovega optičnega satelitskega posnetka do tematskih kart, ki so prek spleta dostopne končnemu uporabniku.

Pri tem zagotavljamo pravi položaj satelitskega posnetka ter popravljamo atmosferske in topografske vplive, ki so posledica razlik v pogojih v času zajema. Posnetek nato interpretiramo, tako da postane preprosto berljiv za strokovnjake iz različnih področij.



Samodejna obdelava optičnih satelitskih posnetkov (procesna veriga STORM) znatno izboljša dostopnost hitrih in natančnih prostorskih informacij o okolju ter je eden izmed ključnih gradnikov ostalih sistemov, kot je na primer hitro kartiranje v primeru naravnih nesreč.



# Geometrični popravki



## Uporabnost

- samodejna izdelava ortoposnetkov (ki so lahko alternativa letalskim posnetkom) iz satelitskih posnetkov srednje, visoke in zelo visoke ločljivosti

## Prednosti in koristi

- šele po opravljenih geometričnih popravkih je možna umestitev satelitskega posnetka v izbran koordinatni sistem in prostorska primerljivost z ostalimi (prostorskimi) podatki
- samodejna obdelava (v okviru procesne verige STORM)

Surov satelitski posnetek je zaradi različnih vplivov popačen; na to vplivajo gibanje satelita, optika detektorja, višina, hitrost in usmerjenost platforme, vrtenje in ukrivljenost Zemlje ter izoblikovanost reliefa. Z geometričnimi popravki vse te vplive odpravljamo.

Če posnetek ni geometrično popravljen, je za kartiranje, interpretacijo ali analizo tako rekoč neuporaben. Nasprotno pa je vsaka celica popravljene podobe, t.i. ortorektificiranega posnetka, »geometrično zanesljiva«. To pomeni, da so meritve na takšnem posnetku praktično enake meritvam na zemeljski površini.



Pomemben del samodejnega postopka geometričnih popravkov je samodejno določanje oslonilnih točk. Poteka s slikovno primerjavo na referenčni sloj cest.

Na sliki na sredini je surov posnetek območja ob Dravi, na desni pa ortorektificiran posnetek. Vidna sta zasuk in premik reliefa.

# Atmosferski in topografski popravki



Foto: Žiga Kokalj

## Uporabnost

- priprava atmosfersko in/ali topografsko popravljenih satelitskih posnetkov srednje, visoke in zelo visoke ločljivosti
- neposredna primerjava posnetkov istega ali različnih detektorjev

## Prednosti in koristi

- mnogo boljša časovna in prostorska primerljivost posnetkov
- kakovostnejša interpretacija
- samodejna obdelava (v okviru procesne verige STORM)
- po opravljenih atmosferskih popravkih vrednosti satelitskega posnetka predstavljajo odbojnosti površja
- šele s tako popravljenimi posnetki je možno sledenje spremembam v okolju

Vrednosti, zabeležene v surovem satelitskem posnetku, niso povsem pravilne zaradi različnih vplivov, predvsem vplivov ozračja in reliefa. Vrednosti popravljamo z atmosferskimi in topografskimi popravki, ki so pomemben del t.i. predobdelave satelitskega posnetka.

Z atmosferskimi popravki skušamo odstraniti vplive ozračja. Z njimi odpravljamo meglice in sipanje svetlobe ter ugotavljamo obseg oblakov in lego njihovih senc.

S topografskimi popravki izboljšujemo razlike v osvetlitvi med osončenimi in senčnimi območji na posnetku, ki so posledica razmerja med vpadnim kotom sonca in reliefa.



S topografskimi popravki odstranimo vpliv reliefa na osvetlitev posnetka, zato je videti mnogo bolj homogen in dvorazsežen. Primer posnetka RapidEye s prostorsko ločljivostjo 6,5 m, ki prikazuje območje Drave med hidroelektrarnama Ožbalt in Fala.



# Kartiranje posledic naravnih nesreč



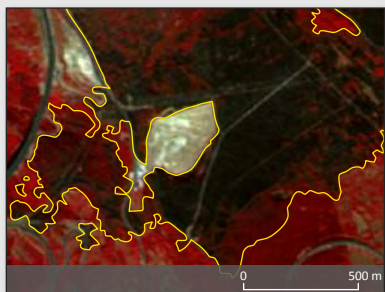
## Uporabnost

- situacijske karte večjih območij
- študija dinamike zadrževanja in odtekanja vode na večjem območju
- analiza škode
- priprava načrtov za blaženje, odpravljanje in preprečevanje vplivov ekstremnih naravnih procesov

## Prednosti in koristi

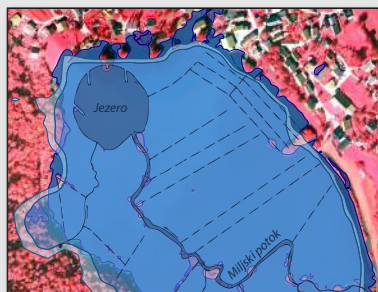
- hitra dostopnost zemljevidov
- časovne serije zemljevidov (spremljanje razvoja nesreče)
- radarski podatki so neodvisni od vremena
- z optičnimi podatki dobimo boljšo prostorsko razprostranjenost pojavov

Mednarodni program Vesolje in velike nesreče združuje največje vesoljske agencije in največje satelitske sisteme, ki v primeru velike naravne ali človeško-pogojene nesreče opazujejo (snemajo) prizadeto območje, na voljo pa dajo tudi arhivske posnetke tik pred nesrečo. Program aktivira lokalni partner – v Sloveniji je to Uprava RS za zaščito in reševanje. Pri vseh dosedanjih slovenskih aktivacijah Programa – Slovenija je sploh prva aktivirala Program takoj po njegovi vzpostavitvi jeseni 2000 – je kot lokalni partner sodeloval Center za daljinsko zaznavanje, ki je opravil kartiranje prizadetih območij in naknadne analize.



Ocena obsega požara pri Črnom Kalu na posnetku RapidEye z ločljivostjo 6,5 m (levo).

Običajni vodostaj Podpeškega jezera in stanj, kot so jih zaznali različni sistemi v večih dneh ob poplavih septembra leta 2010.

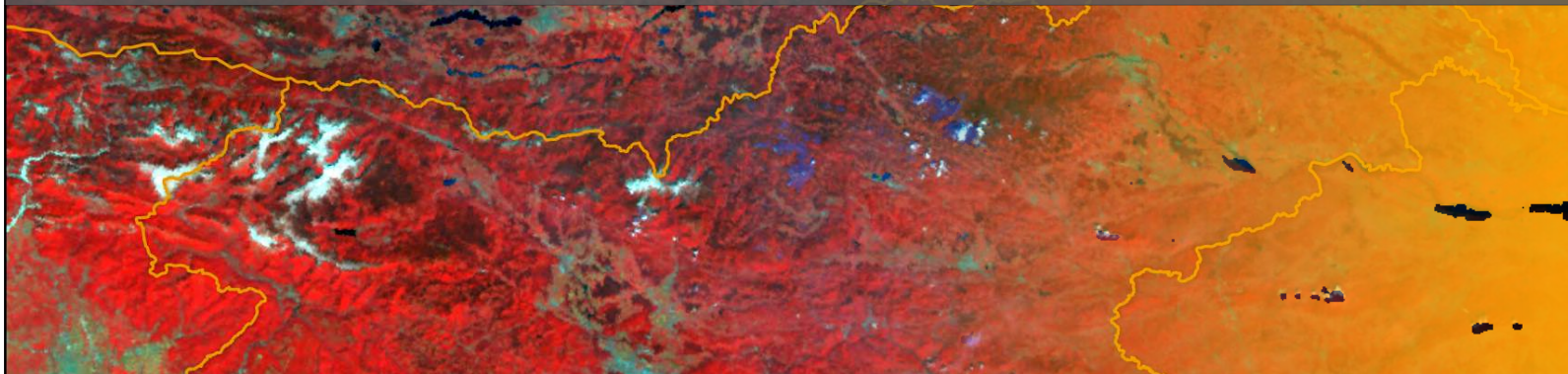


Časovna vrsta zajemov ob poplavih 2010.





# Sistem za spremljanje suše



## Uporabnost

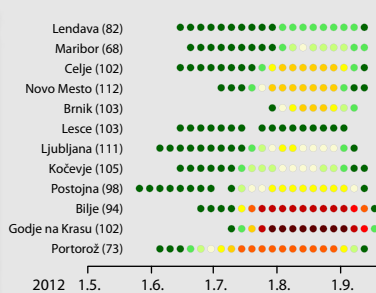
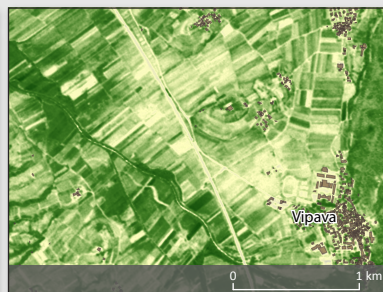
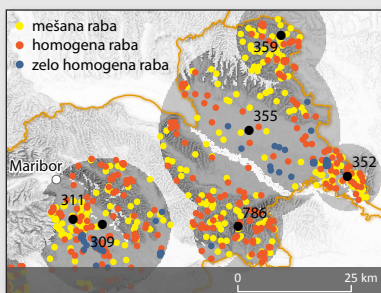
- hitro dostopne karte prostorsko sklenjenih območij sušnih razmer
- karte pojavljanja suše v preteklosti
- analiza pojavljanja suše glede na tip rastja
- načrtovanje namakalnih sistemov

## Prednosti in koristi

- sistem je kalibriran za območje Slovenije
- upoštevane so večletne satelitske in meteorološke meritve ter najboljši dosegljivi drugi podatki o prostoru
- natančnost je med 65 in 93 %, glede na tip rastja
- sistem je mogoče razmeroma preprosto nadgraditi z novjšimi detektorji, ki bodo imeli večjo prostorsko, časovno in/ali spektralno ločljivost

Vzpostavljamo sistem za samodejno zaznavo stanja rastja, ki je osnova izgradnje celostnega sistema za prepoznavanje sušnih razmer. Temelji na metodah strojnega učenja, satelitskih in meteoroloških meritvah ter drugih prostorskih podatkih.

Trenutno podpiramo detektorja MODIS in MERIS, ki sta izhodišče za delo s predvidenimi novimi evropskimi sateliti Sentinel-2 in Sentinel-3. Rezultati so relevantni za območje Slovenije in njeno bližnjo okolico, vendar je metoda zasnovana tako, da je mogoče model preprosto kalibrirati tudi na druge regije z dostopnimi talnimi meritvami in je zlasti primerna za raznolike pokrajine.



Učne točke za kalibracijo sistema samodejne detekcije sušnih stanj (skrajno levo).

Suša v okolici Vipave avgusta 2012 (na sredini).

Pogostost pojavljanja sušnih stanj v nekaterih učnih regijah (levo).

# Mestni toplotni otok



## Uporabnost

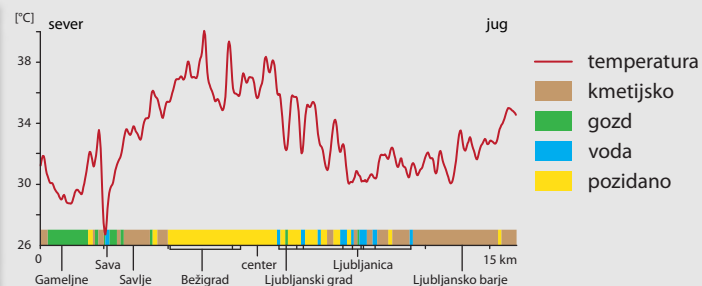
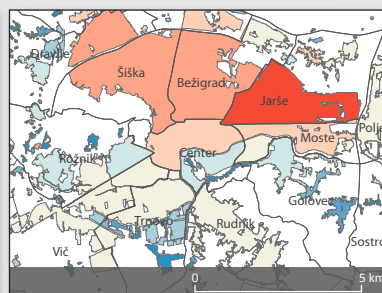
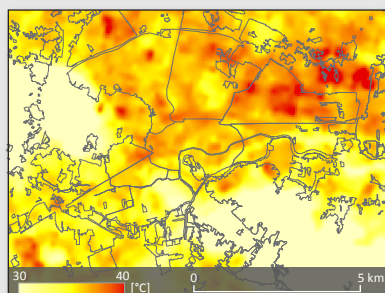
- izdelava zemljevidov vročih točk s katerimi lahko identificiramo najbolj obremenjena območja
- medletne in sezonske časovne primerjave (tudi dnevne in nekaj urne v slabši prostorski ločljivosti)
- izdelava podrobnih zemljevidov temperatur posameznih stavb iz letalskih posnetkov, s čimer omogočimo boljše načrtovanje energetskih sanacij

## Prednosti in koristi

- razmeroma visoka prostorska ločljivost
- zvezna temperaturna razčlenjenost celotnega območja
- omogoča številne podrobne prostorske analize
- prilagodljivost glede na namen opazovanja

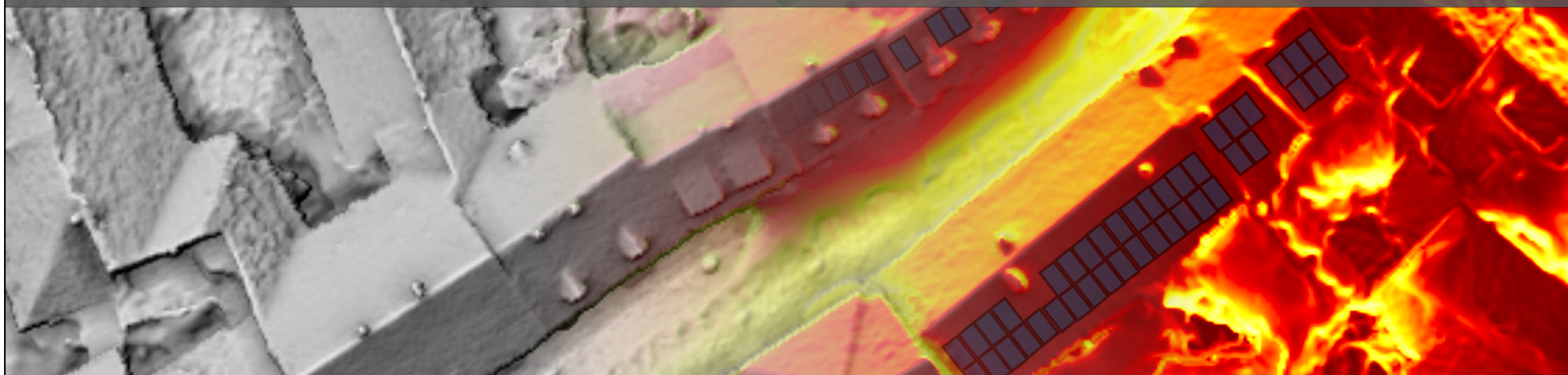
Rast povprečne temperature v mestih ima močan vpliv na ljudi, ki v njih živijo. Za ohranjanje kakovosti življenja mora učinkovito načrtovanje mestnih dejavnosti in infrastrukture zato upoštevati pojav mestnega toplotnega otoka in spremljati njegovo stanje.

Temperaturne razlike lahko opazujemo s serijo satelitskih posnetkov. Pri opazovanju Ljubljane smo ugotovili očiten toplotni otok, saj so temperature tal v mestu višje kot na podeželju, pri čemer lahko v vročih poletnih dneh razlike presegajo 10 °C. Najbolj obremenjena so območja večjih industrijskih obratov in nakupovalnih središč.





# Modeliranje osončenosti



## Uporabnost

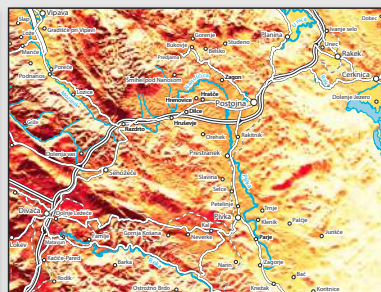
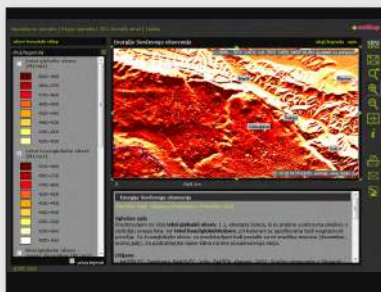
- načrtovanje postavitve sončnih elektrarn
- ugotavljanje donosnosti sončnih elektrarn
- ugotavljanje smiselnosti postavitve sprejemnikov za segrevanje sanitarne vode
- določitev optimalne usmerjenosti sprejemnikov sončne energije

## Prednosti in koristi

- izjemno natančni izračuni, tako časovno, kot prostorsko
- izračuni so prilagojeni za specifično stavbo
- modeli upoštevajo rastje in druge elemente, ki vplivajo na osončenost

V Sloveniji se meritve sončne energije opravljajo le na nekaterih meteoroloških postajah. Prostorsko zvezno količino prejete sončne energije za vso Slovenijo smo zato določili z lastnimi algoritmi glede na fizikalne zakone ter detajlne podatke o reliefu in albedu. Tako smo pridobili zemljevide osončenosti po karakterističnih mesecih in za celo leto. Izračunali pa smo tudi optimalne orientacije sončnih celic za posamezne lokacije. Zemljevidi so prosto dostopni na svetovnem spletu.

Za izjemno natančno kartiranje osončenosti uporabljamo napredne algoritme, ki temeljijo na detajlnih modelih stavb.



Zemljevidi osončenosti so prosto dostopni na spletu. Za celo Slovenijo smo modelirali osončenost, ki jo prejme površje. Izdelujemo tudi mnogo bolj natančne modele, kjer je mogoče natančno določiti optimalno lego in usmerjenost sprejemnikov sončne energije na strehi stavbe.



# Napreden pomorski nadzor



## Uporabnost

- zaznavanje in označevanje plovil
- klasifikacija plovil v tri velikostne razrede
- spremljanje v priobalnih in globokih vodah
- opazovanje voda preko državnih mej

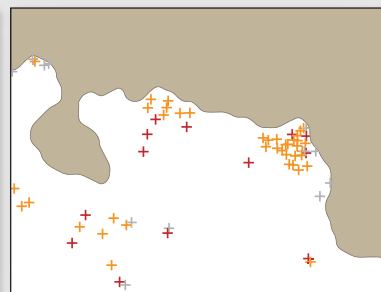
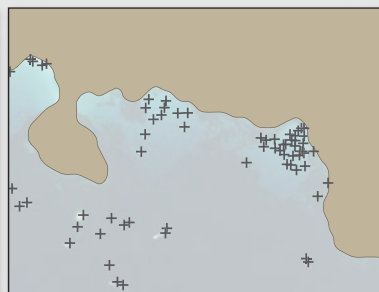
## Prednosti in koristi

- učinkovita in univerzalna metoda - deluje z vsemi visokoločljivimi optičnimi posnetki
- uporablja tako spektralne, kot prostorske značilnosti
- uspešno zaznavanje tudi na razburkanem morju
- izjemno hitro delovanje
- bistveno skrajša čas morebitnega ročnega potrjevanja in razvrščanja

Zaznavanje plovil iz daljinsko zaznanih podob predstavlja pomemben segment pri zagotavljanju varnosti pomorskega prometa, nadzoru ribolova, opazovanju in preprečevanju naftnih izlivov, pregledu nad nezakonitimi migracijami na morju in podobnim.

Razvili smo preprosto, univerzalno in učinkovito metodo zaznavanja in klasifikacije plovil, ki je zlasti uporabna, ko je treba zagotoviti rezultate v realnem času, kar še posebej velja v primeru opazovanja plovil na morju.

Natančnost zaznavanja na posnetkih različnih sistemov in v raznolikih regijah presega 80 %.



Zaznavanje in razvrščanje plovil na delu posnetka otoka Lampedusa v Italiji. Posnetek s prostorsko ločljivostjo 0,5 m. je 14. julija 2013 zajel satelit GeoEye.

- + malo plovilo
- + srednje veliko plovilo
- + veliko plovilo
- + ni plovilo

# Kartiranje neformalnih naselij



Foto: Primož Kovačič

## Uporabnost

- izdelava zemljevida območja, brez dolgotrajnega terenskega pregleda
- spremljanje smeri širjenja in zgoščanja neformalnih naselij
- pomoč pri izboljšavi kakovosti življenja prebivalcev

## Prednosti in koristi

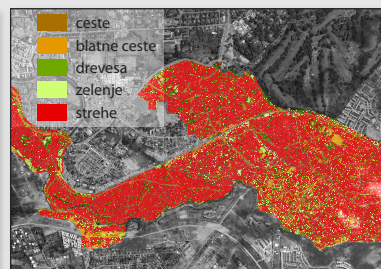
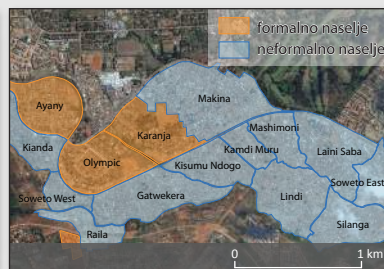
- hitro kartiranje velikega in kompleksnega območja
- spremljanje, načrtovanje in upravljanje neformalnih naselij
- določitev ocene števila prebivalcev brez cenzusa
- opazovanje rasti in/ali nastajanja neformalnih naselij

V neformalnih naseljih (t.i. slumih) so celovite kartografske informacije, če sploh obstajajo, zaradi drastičnega in nepreglednega priseljevanja običajno redke in slabo dostopne. Učinkovito jih lahko izboljšamo ali pridobimo tudi na podlagi analize zelo visokoločljivih satelitskih posnetkov.

S posnetki različnih časovnih obdobjev lahko opazujemo in spremljamo spremembe in širitve naselja ter podamo oceno števila prebivalcev. Tako zbrane prostorske informacije lahko pomagajo pri izboljšanju infrastrukture in socialno-varstvenih storitev v neformalnih naseljih po celem svetu.



Foto: Anuša Pisanec



Kibera (Nairobi, Kenija) je eno največjih neformalnih naselij v Afriki. Na podlagi visokoločljivih posnetkov satelitov GeoEye in QuickBird smo ugotavljali prostorski razvoj med leti 2006 in 2009 ter skupaj z ekipo projekta Map Kibera podali ocene števila prebivalcev.



# Opazovanje arheoloških najdišč



## Uporabnost

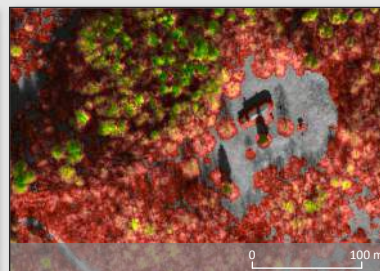
- učinkovita interpretacija podatkov laserskega skeniranja
- zaznavanje in kartiranje ter spremljanje stanja arheoloških najdišč
- lidarski podatki so uporabni tudi v številnih drugih disciplinah, od podrobnega hidrološkega modeliranja in spremljanja stanja gozdov, do modeliranja mest in izdelave topografskih zemljevidov

## Prednosti in koristi

- pridobimo lahko izjemno natančne podatke izoblikovanosti reliefa in objektov na njem
- pregled je možen tudi na zelo zahtevnem, na primer strmem in zaraščenem terenu
- naenkrat je mogoče zajeti podatke velikih površin
- terensko delo je mogoče bolj ciljno usmerjati in bolje načrtovati

Zračno lasersko skeniranje (lidar) arheologiji ponuja izjemen potencial, saj poleg poglobljenega razumevanja poznanih najdišč omogoča tudi povsem nov način odkrivanja še nepoznanih. Z ustrezno obdelavo podatkov je namreč mogoče navidezno odstraniti rastje in tako dobiti izdelek, ki prikazuje antropogene objekte, tako moderne kot tiste, ki pripadajo bolj ali manj oddaljeni preteklosti, tudi pod drevesnimi krošnjami.

Osredotočamo se na razvoj in testiranje različnih tehnik in postopkov obdelave lidarskih podatkov ter pripravo ustreznih izdelkov, ki olajšujejo arheološko interpretacijo. Naša orodja (iaps.zrc-sazu.si/en/rvt) pri vsakodnevnem delu uporabljajo v številnih državah, od Kitajske do ZDA.



Na izravnanim vrhu vzpetine s cerkvijo Sv. Helene so bili odkriti rimski naselbinski sledovi. Slike prikazujejo helikopterski ortofoto posnetek, obseg najdišča z ogroženim pobočjem zaradi erozijskega žarišča ter višine drevov v okolici najdišča.



# Analiza zgodovinske pokrajine



## Uporabnost

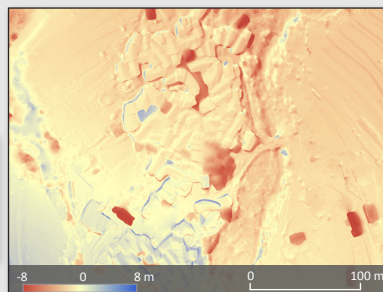
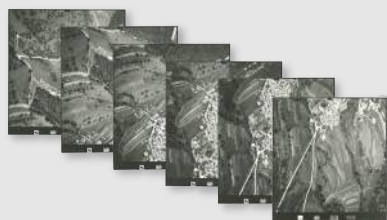
- karakterizacija in razumevanje razvoja pokrajine
- zgodovinska analiza lokacij in dogodkov
- prepoznavanje prikritih arheoloških sledov
- podlaga pri sprejemanju odločitev o prostorskem razvoju
- spremljanje sprememb v visoki prostorski natančnosti
- topografsko kartiranje

## Prednosti in koristi

- obstoječ in kakovosten vir zgodovinskih prostorskih podatkov
- arhivi hranijo letalske posnetke za zadnjih 100 let
- snemanje v stereo načinu omogoča izdelavo podrobnih modelov reliefa, tudi za desetletja nazaj
- zgodovinska slika prostora, ki omogoča tudi prostorske izračune pojavov (obseg, lokacija, spreminjanje)

Letalske fotografije so pričeli zajemati iz vojaško-obveščevalnih razlogov, a njihova uporabna vrednost je kmalu preseгла ta strateški okvir.

Danes so zgodovinske letalske fotografije izvorni dokumenti časa, dogodkov in pogosto že minulega videza pokrajine. Vse bolj pomembne so tam, kjer sta predmet zanimanja preteklost in razumevanje razvoja pokrajine ter arheoloških in zgodovinskih ostankov v njej. Posebno mesto imajo pri vse več raziskavah in prinašajo odgovore na številna vprašanja arheologom, zgodovinarjem, urbanistom in naravovarstvenikom.



Serija letalskih posnetkov Breginja po prvem potresu leta 1976. S posebnimi metodami obdelave slikovnih podatkov lahko pridobimo izjemno natančne modele nekdanje pokrajine, ki omogočajo metrično primerjavo zgodovinskega stanja z današnjim. Vir vseh posnetkov je Geodetska uprava RS.

# Razširjanje rezultatov



## Projekti

- Slovenija iz vesolja 2011/12 (12 šol, 20 nalog)
- Slovenija iz vesolja 2012/13 (10 šol, 10 nalog)

## Odmevne publikacije

- Highly polarized light from stable ordered magnetic fields in GRB 120308A, Nature 5.12.2013: Vol. 504 no. 7478 pp. 119–121
- GRB 130427A: A Nearby Ordinary Monster Science 3.1.2014: Vol. 343 no. 6166 pp. 48-51

## Aktivna udeležba na mednarodnih konferencah

- The International Astronautical Congress (IAC)
- AIAA/USU Conference on Small Satellites
- The 4S Symposium, ESA-CNES
- IAA Symposium on Small Satellites for Earth Observation, DLR (2013 smo prejeli nagrado za najboljšo predstavitev)

V CO VESOLJE-SI si prizadevamo vsebine dela CO približati tudi širši javnosti. Leta 2011 smo se tako odločili pripraviti projekt Slovenija iz Vesolja, k sodelovanju pa smo povabili dijake slovenskih srednjih šol. Prva generacija dijakov je svoje raziskovalne naloge predstavila na mednarodni konferenci o malih satelitih (Small Satellites Systems and Services – 4S), ki smo jo gostili v Portorožu leta 2012. Svoje dosežke predstavljamo na mednarodnih konferencah v obliki predavanj in člankov ter na razstavnem prostoru, s čimer postajamo vse bolj mednarodno prepoznavni. Med znanstvenimi publikacijami bi izpostavili delo naših astrofizikov na področju izbruhov sevanja gama, ki so ga objavili v revijah **Nature** in **Science**.





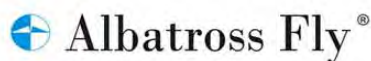
# Sodelovanje s slovensko industrijo



## Podjetja, s katerimi smo sodelovali

PODJETJE	SEDEŽ	PRODUKT
Aerium	Slovenj Gradec	Helix žarilec parabole za malo anteno
Albatross fly	Radovljica	Antena
Alchrom Thies d.o.o.	Ruše	Termalno-vakuumska komora
Avtomatika Slavko Jeršič s.p.	Pišce	Termalno-vakuumska komora
BDM-Tech	Polzela	Helmholtzova kletka
Dewesoft	Trbovlje	Merilne naprave
Impol d.o.o.	Slovenska Bistrica	Aluminijasti elementi
Orodjarstvo Jež	Vodice	Zračni ležaj
MDM d.o.o.	Ljubljana	Termalno-vakuumska komora
Pipistrel	Ajdovščina	Reakcijska kolesa
Pro Tehno	Bohinjska Bistrica	Radome za anteno
Rajh plus	Slovenska Bistrica	Aluminijasti elementi Mockup satelitov LEOS 50 in NEMO-HD Ohišje X-band oddajnika
Sico d.o.o.	Arja vas	Termalno-vakuumska komora
Sinergise	Ljubljana	Spletne in mobilne aplikacije
Vacutech d.o.o.	Ljubljana	Termalno-vakuumska komora

V okviru centra odličnosti VESOLJE-SI je bilo razvitih mnogo visokotehnoloških rešitev, ki nas postavljajo ob bok vodilnim razvijalcem v Evropi in svetu. Te rešitve bodo spodbudile razvoj slovenskega gospodarstva in mu izboljšale konkurenčnost na mednarodni ravni. Že v fazi razvoja prototipov smo sodelovali z več slovenskimi podjetji ter jim na ta način priskrbeli pomembne izkušnje in reference za vstop na rastoče tržišče satelitskih tehnologij in aplikacij. Identificirali smo tudi številne uporabnike rešitev, ki jih ponujamo, ne le znotraj vesoljskih tehnologij pač pa tudi na področju drugih panog, kot so kmetijstvo, varstvo pred naravnimi nesrečami, farmacija in druge.





# VESOLJE, ZNANOST IN TEHNOLOGIJE

## Avtorji:

dr. Tomaž Rodič

dr. Krištof Oštir

dr. Žiga Kokalj

dr. Hubert Fröhlich

dr. Drago Matko

dr. Sašo Blažič

dr. Martin Lamut

dr. Luka Teslić

dr. Matevž Bošnjak

dr. Tomaž Zwitter

dr. Andreja Gomboc

dr. Uroš Kostič

dr. Barbara Malič

dr. Nedjeljka Žagar

dr. Leon Pavlovič

dr. Tatjana Veljanovski

mag. Andreja Švab Lenarčič

Grega Milčinski

Klemen Čotar

Nataša Đurić

Urša Kanjir

Aleš Marsetič

Peter Pehani

Ana Urbas

Marec 2015

