

Primjena nedestruktivnih metoda u arheološkom istraživanju

Metode koje se mogu koristiti pri arheološkim istraživanjima:

- Geofizičke metode (magnetometrija, električno otporni instrumenti / RM, EM, georadar, metal detektor, kapacitativni nizovi, radio – metrične metode, radar slučajnog signala, termalno očitavanje, indukovana polarizacija...)
- Upotreba tehnologije LiDAR – a
- GIS (GPS, totalna stanica)
- Zračne fotografije

Zračna fotografija

- Prvu zračnu fotografiju načinio je francuz Gaspard – Felix Tournachon Nadar 1858., koji je uslikao Avenue du Bois de Boulogne u Parizu
- U arheologiji - prvu zračnu fotografiju načinio je francuz Gaspard – Felix Tournachon Nadar 1858., koji je uslikao Avenue du Bois de Boulogne u Parizu
- Najzaslužnija za razvitak zračne fotografije u arheologiji predstavlja Italija, koja je ovu tehniku u arheologiji primjenila 1899.godine, od strane Giacoma Bonia, koji je istraživao Rimski Forum

- Nakon 1960tih u čitavoj Evropi dolazi do većeg zanimanja za zračnu fotografiju, čime dolazi i do sve većeg razvoja. Upotreba zračne fotografije se može promatrati u dva načina: područja koja zanimaju arheologe, tj. arheološke foto – interpretacije koje su dosta uznapredovale, te velika zainteresovanost u kartografske prezentacije teritorije ili područja, koje se mogu koristiti kao osnova za kartografiranje i kao fotogrametrija koja je prilagođena za arheološke svrhe
- Fotografija predstavlja vidljivi, vizualni zapis spoja malih detektora energije, koji nakon spajanja daju obrise fotografije kakve mi danas poznajemo. Zračne fotografije spadaju u nedestruktivne metode kod arheološkog iskopavanja iz razloga što se upravo pomoću njih mogu zabilježiti, odnosno uočiti anomalije koje se pojavljuju na datoj površini

- Određene anomalije koje se mogu vidjeti iz zraka, pojavljuju se samo u nekim određenim godišnjim dobima: cropmarks (međe), soilmarks, low profile sites



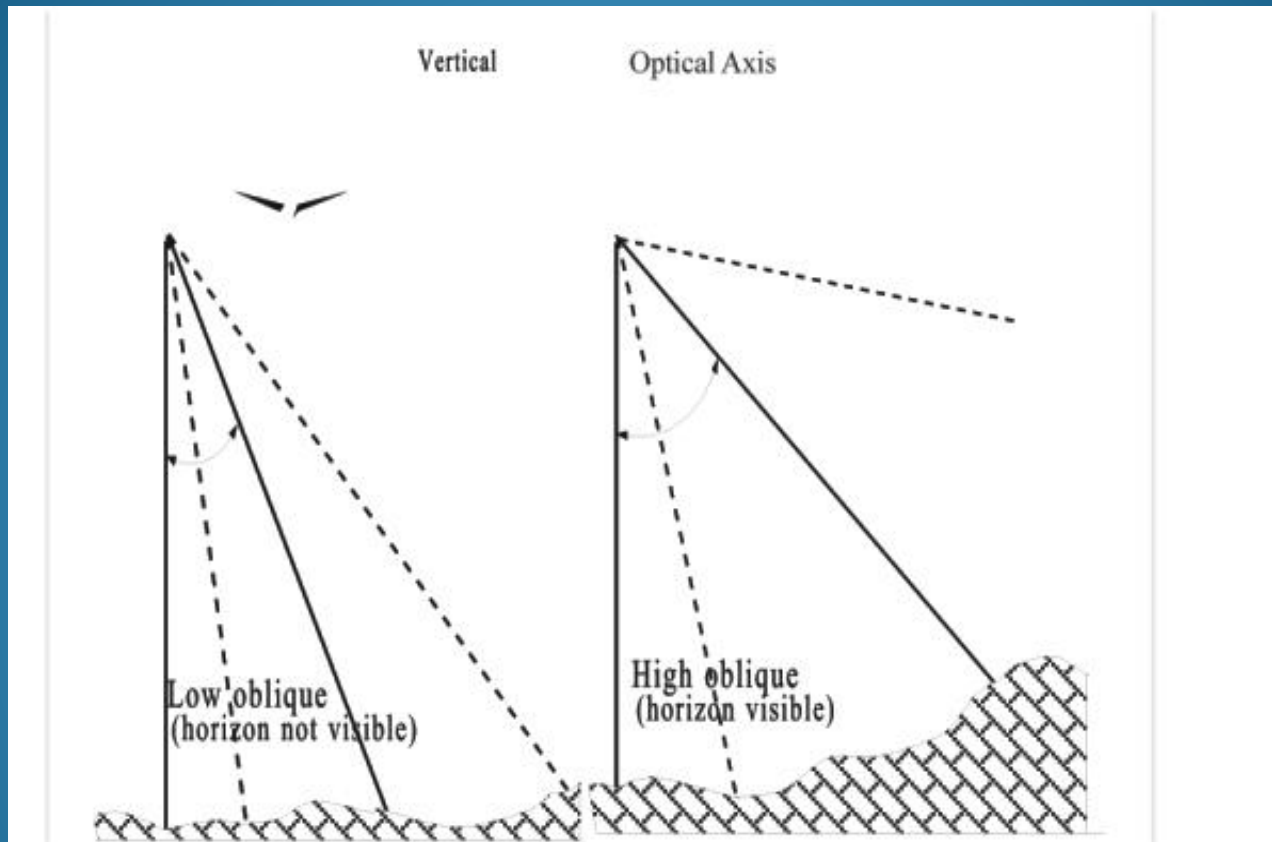
cropmarks ili međe

- Kod zračne fotografije postoje dva osnovna načina fotografiranja:

Vertikalno - kamera ili fotoapararat treba da bude čvrsto pričvršćen na avion ili letjelicu koja se koristi isključivo za slikanje određenog prostora. Letjelica treba da leti na određenoj visini i da ima određeni plan vidljivosti, odnosno omjer slike treba najčešće da bude 1 : 10 000 ili 1 : 25 000

Nakrivljeno ili oblique - fotografije načinjene pod krivim uglom, je najčešći način za fotografisanje spomenika, gdje se za razliku od vertikalnog slikanja, fotoapararat drži ručno. Slika je dobivena pod uglom i manjom visinom i usmjerena je direktno na lokalitet, iz različitih direkcija, te daje više detalja nego vertikalni način fotografisanja

- Zračne fotografije registruju tri vrste pojava važnih za prepoznavanje arheološkog lokaliteta:
mikrotopografske promjene, promjene u vegetaciji i promjene u samom tlu.
- Kao i kod mnogih drugih istraživanja, i kod zračne fotografije, potrebno je napraviti osmišljeni plan onog što je cilj za istraživanje (mapa, visina letenja, oprema, dio koji treba da se snimi, foto skala, simetrija, metrija i sl)
- Visina letenja, vremenski uslovi



- Prikaz vertikalnog i kosog slikanja

- Interpretacija zračnih fotografija mora biti obuhvatna. Izučavati slike ne znači samo identificiranje elemenata koji bi mogli ukazati na čovjekovo djelovanje, već se treba koristiti metoda kontrasta, koja pomaže kod otkrivanja preostalih elemenata arheološke topografije. Ono što se može vidjeti na slikama, tj. ono što pomaže kod raspoznavanja elemenata jeste oblik, veličina, sjene, boja, tekstura i slične karakteristike
- Kod zračne fotografije, vrlo bitnu značajku predstavljaju 'arheološki tragovi' ili 'obrisi'. Arheološki tragovi „ predstavljaju rezultat procesa kod kojeg arheološki objekti prave tzv. impresije ili otiske na fotografskoj slici, zbog elemenata u svom okruženju koji ih okružuju, sakrivaju ili pokrivaju“

- Kao i kod većine nedestruktivnih arheoloških metoda, i kod zračne fotografije postoje programi pomoću kojih se dolazi do lakših interpretacija; između ostalog tu su programi PerCor („mini zračna fotografija „), AirPhoto i ILWIS GIS, Leica – Photogrammetry Suite and Erdas Imagine
- Za uzimanje zračnih fotografija, ne moraju se isključivo avioni koristiti. Tehnologija je danas toliko uznapredovala, da danas postoje manji helikopteri, za čovjeka većih razmjera, kojima se može upravljati pomoću jednostavnog daljinskog upravljača
- *Storm helicopters* ili helikopteri za nevrijeme
- *Tarot Multi Rotors Helicopters*

- Trex 800E Trekker



GIS – Geographic Information System

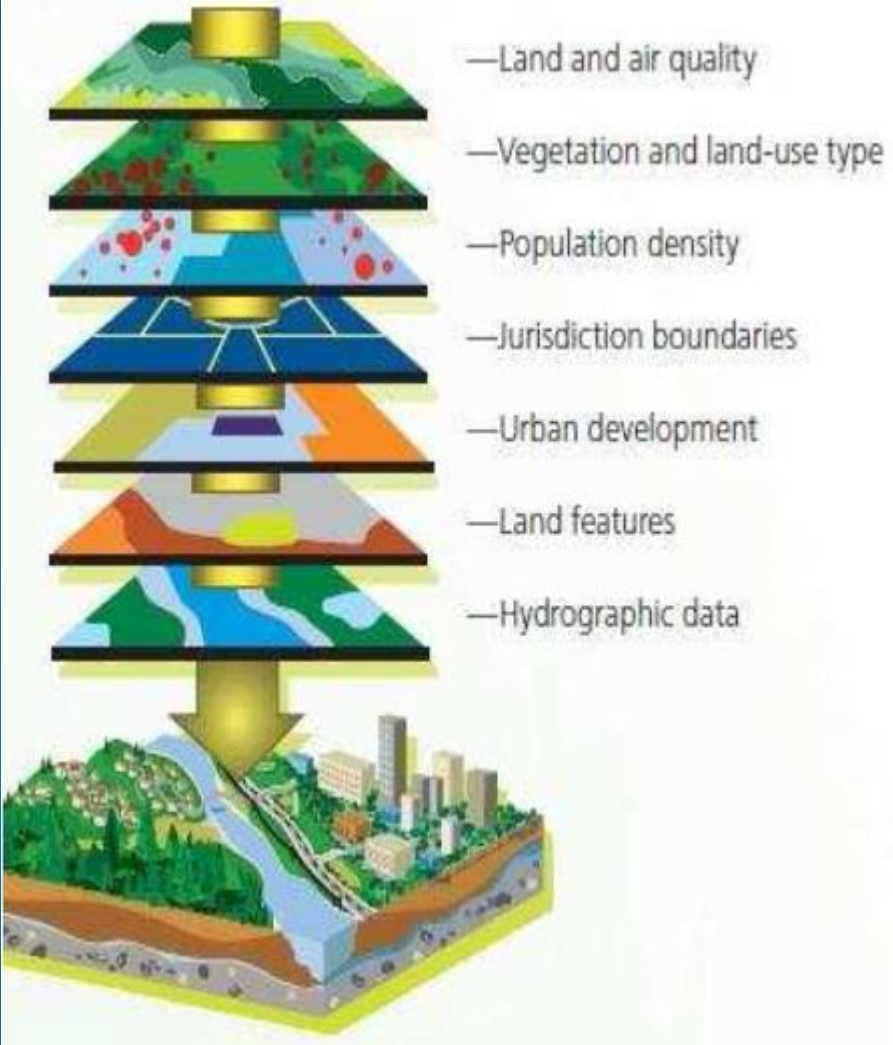
- Geografski informacijski sistem
- Militarne potrebe, kartografija
- Niz hardwera i softwera
- GPS i totalna stanica
- Historijat GISa počinje od same kartografije u drugoj polovini 20.st, te NASA – e i vojske SAD-a, koji su počeli neke aspekte ove tehnologije koristiti kod prismothe i mapiranja. Računarska manipulacija kartografskih podataka stavlja se u 1950.godinu, koju su koristitili naučnici iz Instituta za zemaljsku ekologiju iz Hantingtona u Engleskoj
- GIS je relativno nova tehnologija, ali je mnoge nauke primjenjuju, te on pomaže kod uspostavljanja postojanja ili nepostojanja odnosa određenih karakteristika u prostoru, on predstavlja čitav jedan set kompjuterskih programa, sa rješenjima koja u sebi sadrže mogućnost da prikaže približnu vrijednost stvarnog prostora i svođenja istog na 2D, 3D pa čak i 4D model podataka, koji daju odgovore na određena postavljena pitanjagija koja spaja niz programa

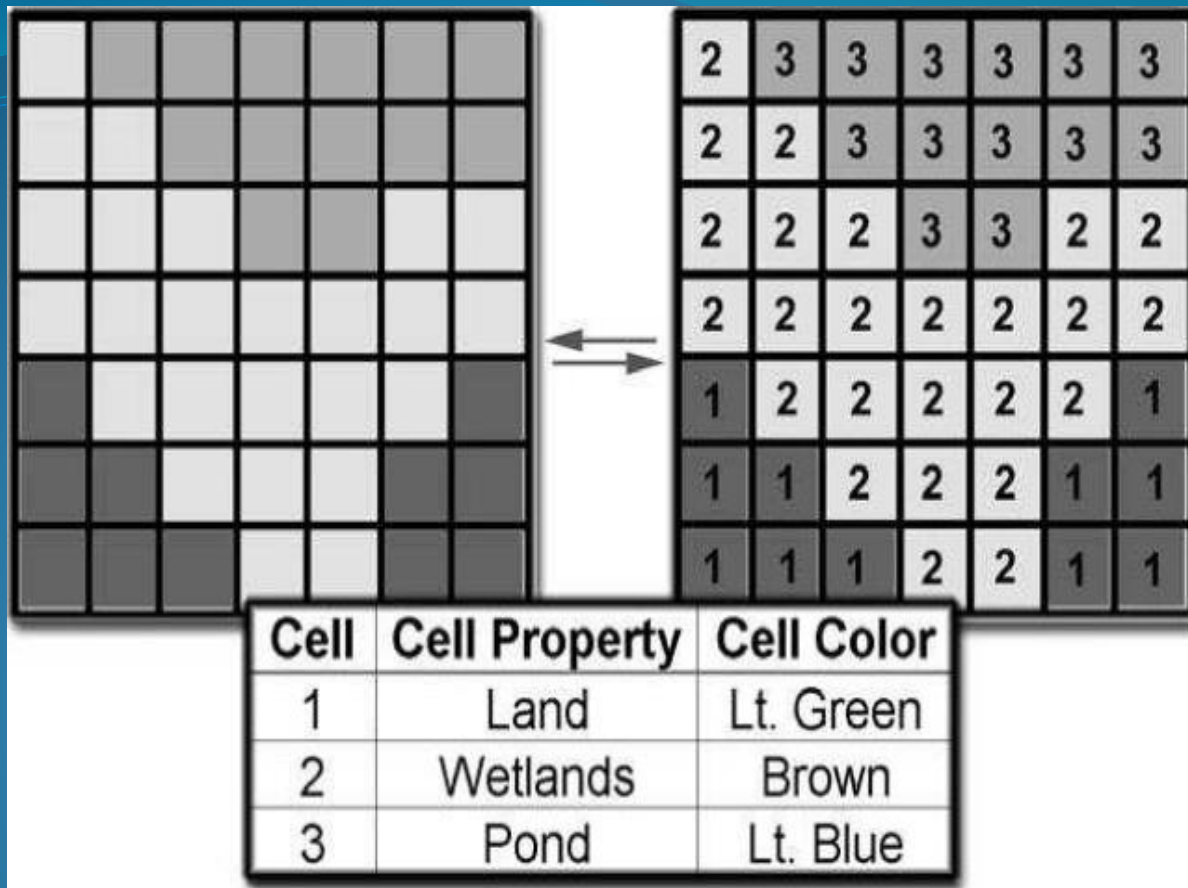
- GIS predstavlja skup alata za prikupljanje i obradu podataka, dizajniran je da radi sa podacima koji su referncirani prostornim ili geografskim koordinatama, to je sistem bez podataka sa specifičnim mogućnostima, i skup operacija za manipulisanje tim podacima
- Najveći utjecaj na razvoj i upotrebu GISa, ostavila je kompanija Environmental Systems Research Institute (ESRI) iz Kalifornije, koja je ponudila softversko rješenje ArcView i dosta poznati ArcGIS, iz 70tih, 80tih i 90tih godina, i besplatni softwer ArchExplorer
Ibid, str. 13

- GIS nije program koji radi samostalno, on se sastoji od mnogih 'pomoćnih' nauka, te korisnici GISa često ga nazivaju omogućavajuća tehnologija
- Geografija, fotogramterija, daljinsko upravljanje ili čitanje, kartografija
- Nauka je jedna od osnovnih mehanizama kod razvoja GISa
- Primjer analize podataka u GISu može se vidjeti u jednostavnom procjenjivanju razdaljine npr. kamena do izvora vode, pa sve do komplikovanog, gdje se traži vidljivost karakteristika arheoloških lokaliteta

- U grubo, može se reći da se GIS sastoji od četiri osnovna podsistema:
 - Podaci ulaznog podsistema
 - Pohrana podataka i podsistem povratka istih
 - Rukovođenje podacima i analiza podsistema
 - Izlazni podaci i ekran podsistema
- Najčešće, prostorni podaci se spremaju i prezentiraju u vidu mape, gdje postoje tri osnovna tipa ovih podataka:

Vektorski, Mrežni model podataka i Slikovni prikaz podataka





- Mrežni model podataka

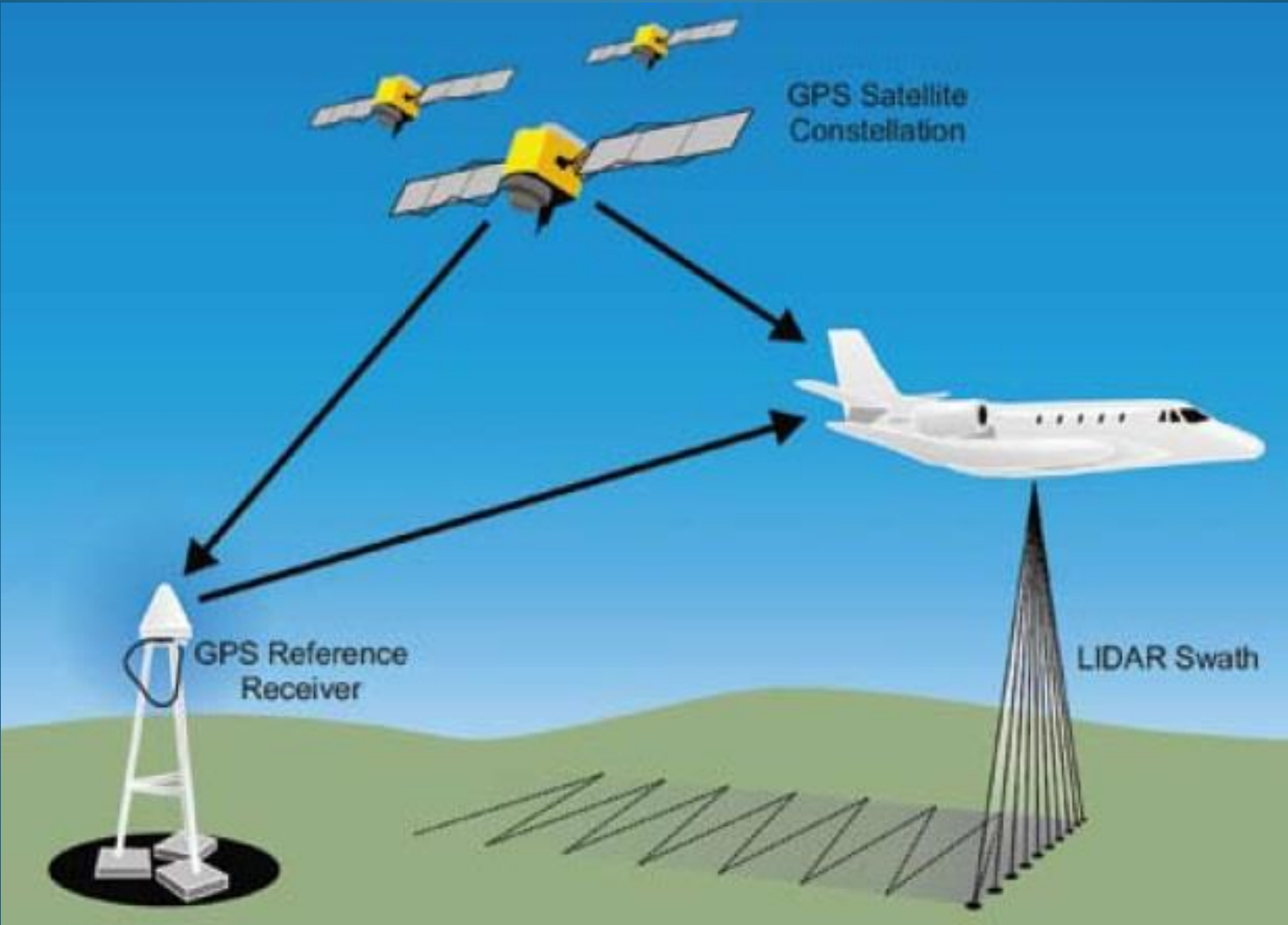
LiDAR tehnologija

- Tehnologija koja radi pomoću laserskog mlaza
- Airborne laser scanning (ALS), poznatije kao Lidar, punog naziva Light Detection and Ranging, je akronim za svjetlosnu detekciju, metodu za označavanje 3D podataka, pomoću tehnike lasera
- Batimterijski i ASL lidar
- Postoje tri osnovne vrste informacija, koje se mogu sažeti putem lidarskog skeniranja područja:

Domet određenog odredišta ili range to target (Topographic Lidar or Laser Altimetry)

Hemijska svojstva odredišta (Differential Absorption Lidar)

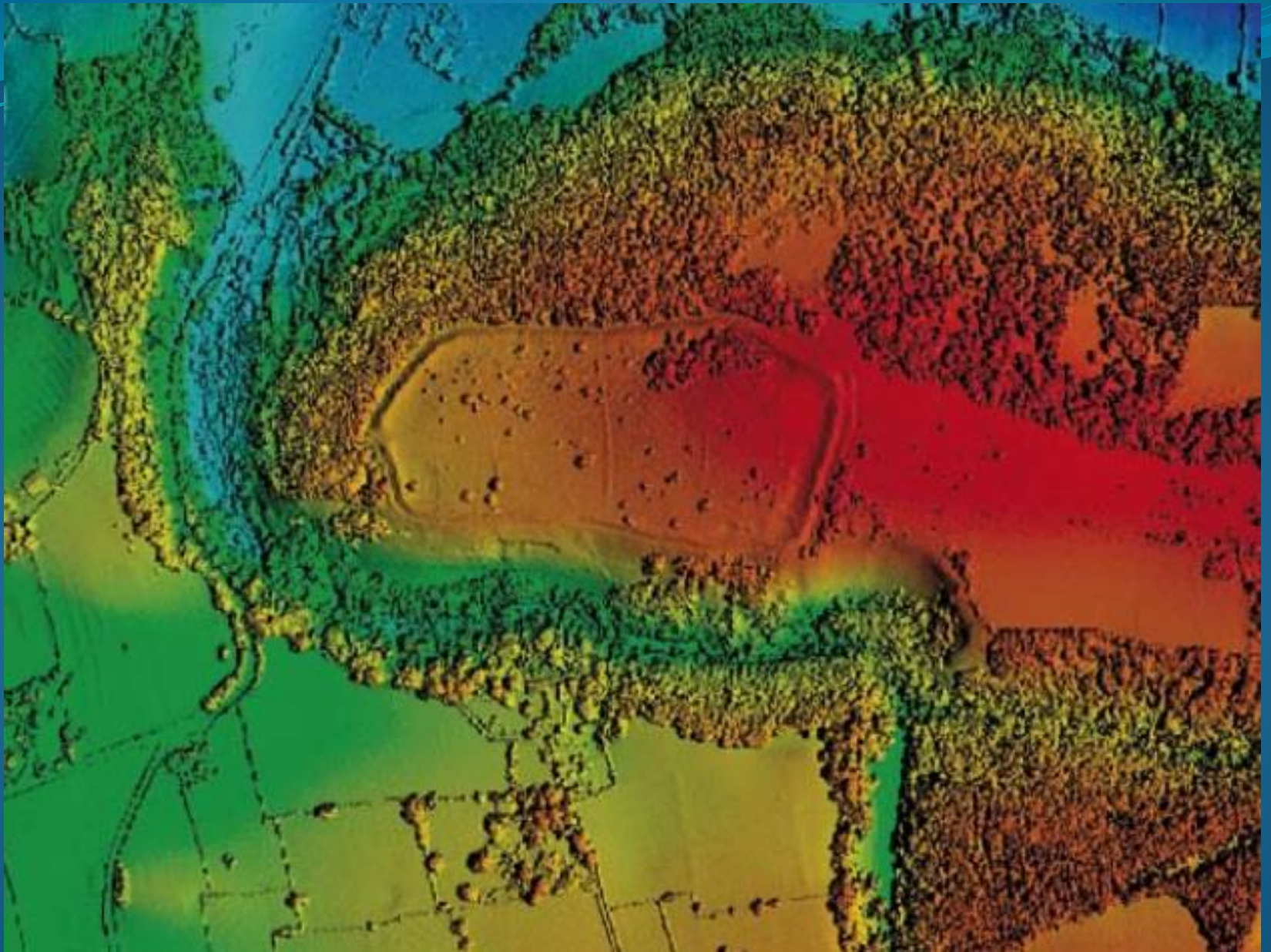
Frekvencija, brzina odredišta (Doppler Lidar)



- Tehnika prostornog laserskog skeniranja dijeli se na: *lasersko skeniranje iz zraka* i *lasersko skeniranje sa zemlje*
- ALS se u osnovi sastoji od aktivnog lasera, čiji snop zraka se transmituje u pulsevima, koji je pričvršćen za krilo ili pomjerajući dio aviona, te pravi putanju od tog dijela do područja koje treba da bude skenirano. Refleksija putanje tog lasera se izračunava. Precizna lokacija senzora je poznata pomoću kombinacije GPSa i IMU – a (Inertial Measurement Unit – inercijalna mjerna jedinica) tokom leta
- Sve je bazirano na reflektirajući puls koji se vraća do senzora

- koordinate se uzimaju pomoću GPS i inercijalnim mjernim sistemom, što se radi zbog što boljeg praćenja kinematike kretanja laserskog skenera u prostoru
- Da bi se izmjerila udaljenost od senzora do određene mjerene tačke, potrebno je da na osnovu mjerenja vremena odredi koliko je potrebno da laserski impuls stigne do objekta i da se reflektuje nazad. Taj isti laserski skener sastoji se od:
 - Impulsnog lasera – učestalost pulsiranja se može mijenjati. Ovaj laser omogućava velike snage odaslanog signala ili impulsa, koji mogu ići čak do 2MW. Također, imaju veliku usmjerenost i koherenciju
 - Mehanizma za skeniranje – koji otklanja lasersku zraku od referentne ose laserskog skenera, te se time omogućava izmjer što šireg područja sa gušćim rasporedom tačaka u jednom preletu

- Prijemnog senzora sa sklopom za mjerenje vremena putovanja laserskog impulsa – kod laserskog skeniranja iz zraka se emituje impuls laserskog zračenja prema tlu. Na tom putu impulsa, laserska se zraka rasprši na vegetaciji i ostalim okolnim objektima i dolazi na kraju do površine terena



- Vrlo bitna je vremenska sinhronizacija zbog objedinjavanja podataka sa svih senzora. Objedinjavanje podataka se radi nakon ljeta i ima određene faze:
 - Direktno georeferenciranje mjerenih podataka
 - Izjednačenje nizova i kalibracija sistema
 - Segmentacija oblaka tačaka
 - Klasifikacija i filtriranje ALS podataka
 - Prorjeđivanje podataka

Podaci mogu biti obični, neprerađeni ili raw, te mrežni, prerađeni ili gridded. Osnovna razlika jeste da su obični, neprerađeni podaci onakvi kakvi su dobiveni odmah nakon snimanja, tj. nije bilo nikakvog korigiranja niti ispravljanja, za razliku od prerađenih koji su nakon obrade poredani u nizovima

- U samim počecima zračnog lidara, prva namjena bila je da omogući što veći kvalitet izmjerene područja, kod kojih je primjena klasičnih fotogramterijskih metoda otežana ili nemoguća. Zbog ovoga, prve primjene zračnog lidara su bile koncentrisane na mjerenje topografije šumovitih područja, pjeskovitih, područja pod ledom, snijegom i slično
- Tokom čitavog procesa razvoja zračnog lidara ili ALSa, on je postao efikasna metoda prikazivanja i prikupljanja podataka, te on predstavlja aktivni postupak, što znači da nije ovisan od doba dana, tj. može se koristiti i tokom noći i tokom dana

- Osim svih prednosti i ova tehnologija ima svoje mane, kao što je postupak izmjere, koji je zbog vrlo visoke automatizacije potpuno neselektivan, što znači da nije moguće mjeriti pojedine karakteristične tačke objekta, već se velikom gustoćom mjerenih tačaka po objektu nastoji prikupiti dovoljno podataka ili informacija za interpolaciju traženih tačaka, koje su neophodne za modeliranje snimljenog objekta. Rezultat snimanja onda bude nezgrapan i datoteke podataka su glomazne, što je vrlo teško za baratanje istim. Zbog ovoga je neophodno da se provedu vrlo komplikovane i složene kompjuterske radnje i faze mjerenih podataka, da bi se dobio prihvatljiv rezultat za konačnu upotrebu

Geofizička istraživanja

- Geofizika – nauka koja se bavi proučavanjem građe Zemlje, na osnovu zakona fizike; skup metoda mjerenja fizikalnih parametara, za određivanje globalnih svojstava Zemlje
- U arheologiji, geofizičko istraživanje usmjereno je na ispodpovršinske fizičke senzorske tehnike, koje se koriste za arheološku dokumentaciju

- Elektricitet

- Magnetizam

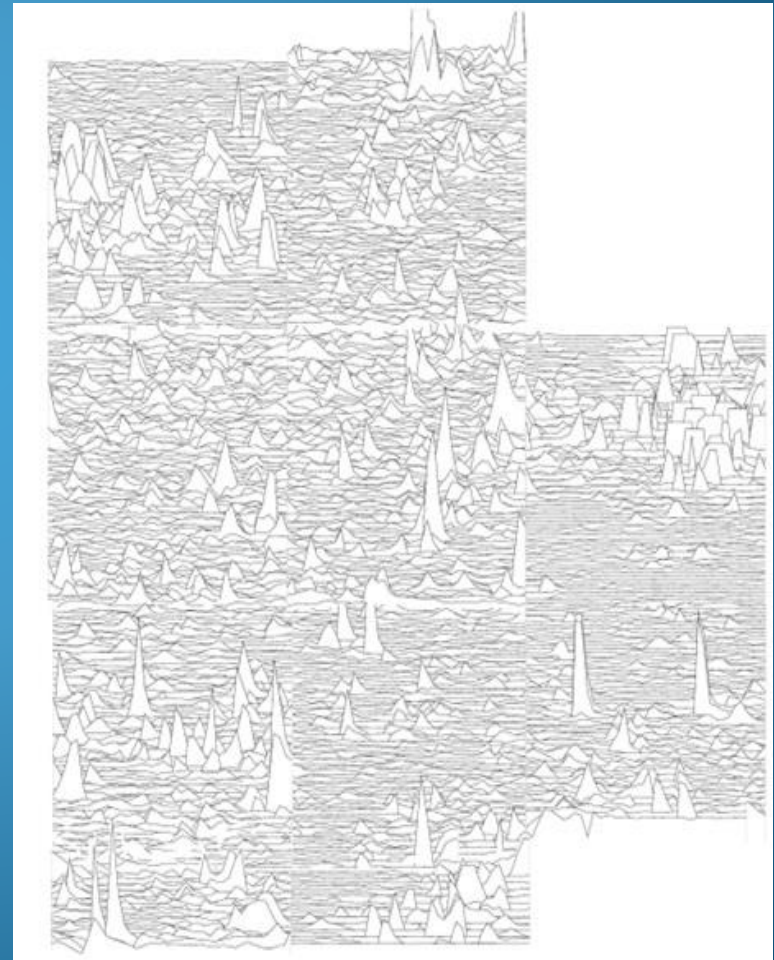
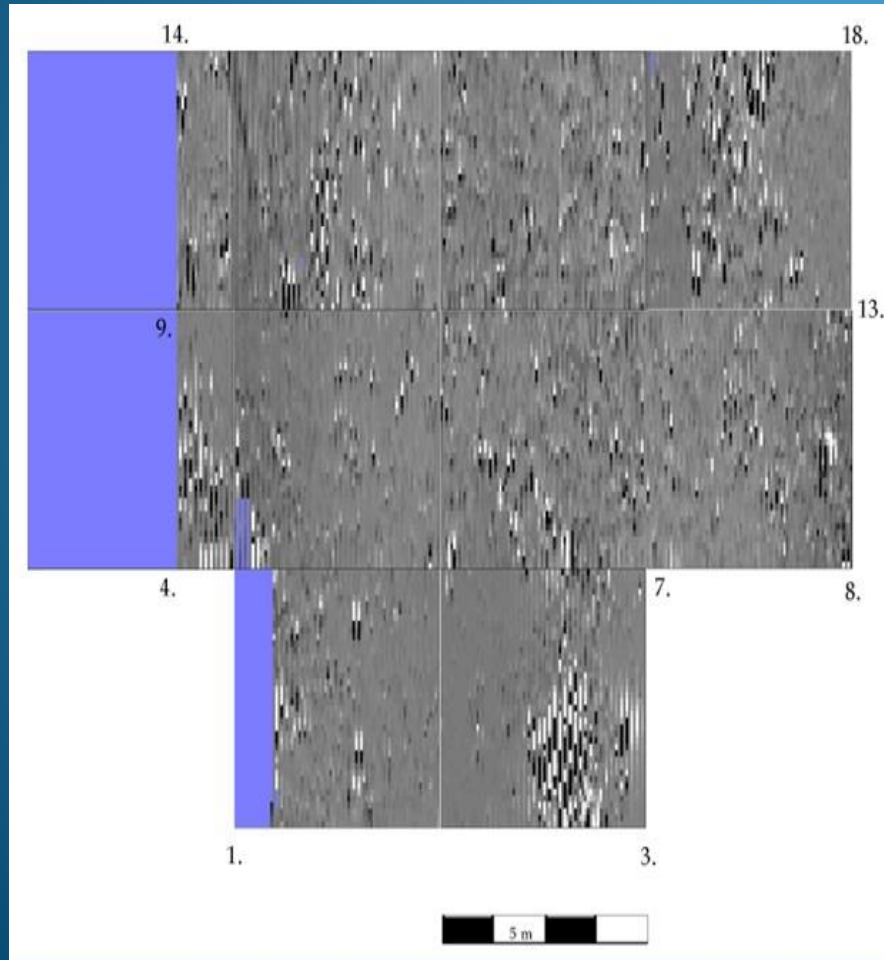
- Elektromagnetni valovi / talasi

- Pitt – Rivers - 1893.
- Richard Atkinson – 1946.
- Martin Aitken – 1958.
- John Alldred i Frank Philpot – 1960.
- B. Ralph, H. Becker, P. Melichar-
1970tih.

Survey Grid



Geofizički podaci



Električno otporni instrumenti



RM 15



TR / CIA

Magnetometri



Protonski magnetometar

GSM / 19



Celzijski magnetometar – Scintrex SM₄

- Geofizičko istraživanje - magnetno polje -> posrednik kojim se ostvaruje magnetno uzajamno djelovanje
- Planiranje geofizičkog istraživanja: mreža, mapa (metodologija – otpor tla, GPR), tabela
- Geofizikčke metode: 1D, 2D i 3D

- Električne metode (geoelektrične)
 - proučavaju fizičke parametre geoloških i dr.materijala, ispod površine
- Specifična električna otpornost
- Električno kartiranje, sondiranje i skeniranje

Mjerenje otpora tla ili Earth Resistance



ABEM Terrameter LUND (imaging system)

Elektromagnetne metode (EM)

1 – elektromagnetno polje
stacionirano (s kablom,
petljom)

2 – mjerenje pomoću pokretnih
sistema

Georadar

- Uvid u 3D modele ispodpovršinskih nalaza
- Georadar – usmjerava snop elektromagnetnog talasa, putuje do određenog objekta, reflektuje se i vraća nazad
- Antenske konstrukcije, snaga emitovanja, način prikazivanja rezultata
- Skenirajući georadarski instrumenti, individualni snimljeni profili, detaljno snimanje terena

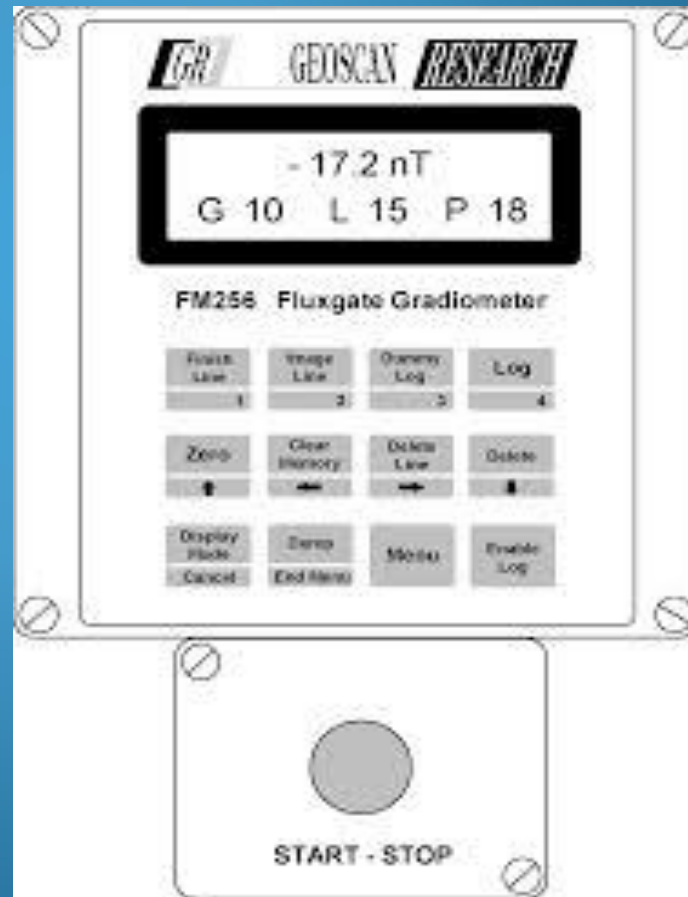


Georadar

Metal detektor



Fluxgate FM256



- Fluxgate Gradiometer FM256
- Prvenstveno se koristio za detekciju mina i ispodporvšinskih neeksplodiranih sredstava
- Nadograđena verzija FM 18 / 36 (dualno)
- Snimanja se baziraju na otkrivanje “izgorenih” struktura: pećnice, ognjišta, termoremanentna svojstva, bunari, groblja, jame, cjevovodi, uljni bubnjevi...
- CF6 noseći okvir
- Geoplot 3.0

Osnovni koraci pri snimanju:

- Instrument odmah upaliti, radi adaptacije na terenu
- Postavljanje mreže
- Uklanjanje namagnetisanih objekata iz neposredne okoline
- Zero Reference Station
- Kalibracija
- Zero Reference
- Instrument se izmjeri i hoda se naizmjenično

- Đelilovac u Turbetu kod Travnika
- Zecovi kod Prijedora
- Duvanjsko polje kod Tomislavgrada
- Šipovo kod Jajca
- Rasadnik kod Goražda
- Gradina u Tuzli

Crkvine u Šipovu kod Jajca

- Magnetometarsko istraživanje – 2.960m²
- Mreže postavljene pomoću geodete, tj. totalne stanice

| Br. tačke | Y | X | Z |
|-----------|-------------|-------------|--------|
| 1 | 6427655.023 | 4904880.380 | 466.90 |
| 2 | 6427675.023 | 4904880.380 | 466.95 |
| 3 | 6427695.023 | 4904880.380 | 466.42 |
| 4 | 6427650.023 | 4904900.380 | 467.00 |
| 5 | 6427655.020 | 4904900.379 | 467.46 |
| 6 | 6427675.026 | 4904900.378 | 467.04 |
| 7 | 6427695.020 | 4904900.450 | 466.40 |
| 8 | 6427715.023 | 4904900.380 | 464.50 |
| 9 | 6427650.023 | 4904920.377 | 467.10 |
| 10 | 6427655.020 | 4904920.380 | 467.12 |
| 11 | 6427675.060 | 4904920.390 | 466.95 |
| 12 | 6427695.040 | 4904920.390 | 466.54 |
| 13 | 6427715.023 | 4904920.380 | 464.63 |
| 14 | 6427650.023 | 4904940.380 | 467.10 |
| 15 | 6427655.060 | 4904940.440 | 467.13 |
| 16 | 6427675.030 | 4904940.380 | 467.09 |
| 17 | 6427695.020 | 4904940.370 | 466.54 |
| 18 | 6427715.023 | 4904940.380 | 465.05 |

škola



NN vod

792/1

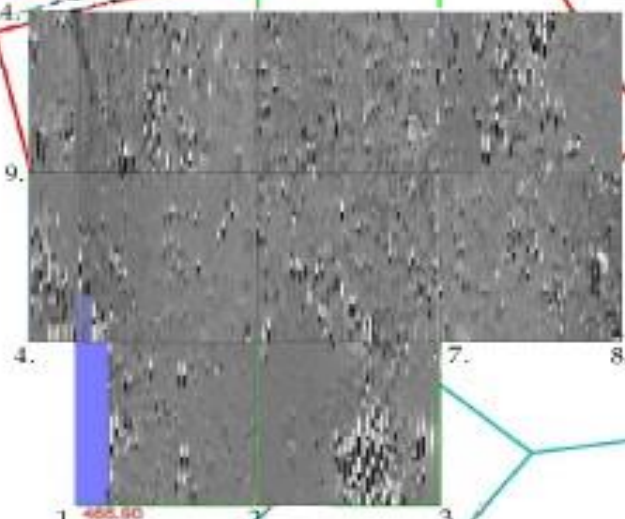
818

Vladikin dvor

792/3

793

795



459.78

1. 458.90

9.

14.

58.06

457.11

458.91

467.08

18.

13.

8.

7.

4.

9.

14.

23.2

23

ul. C

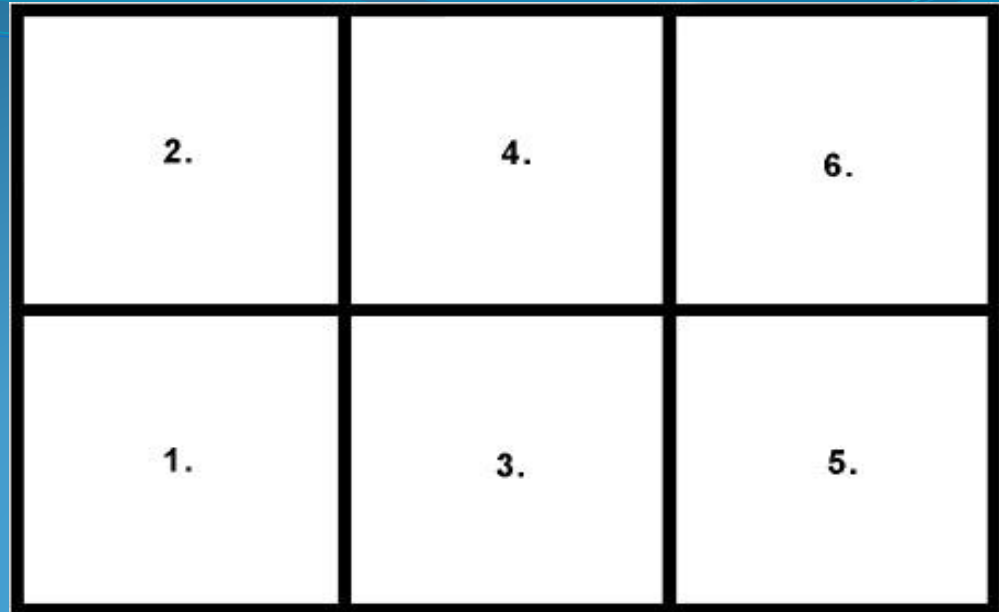
Č. 1111/14

17

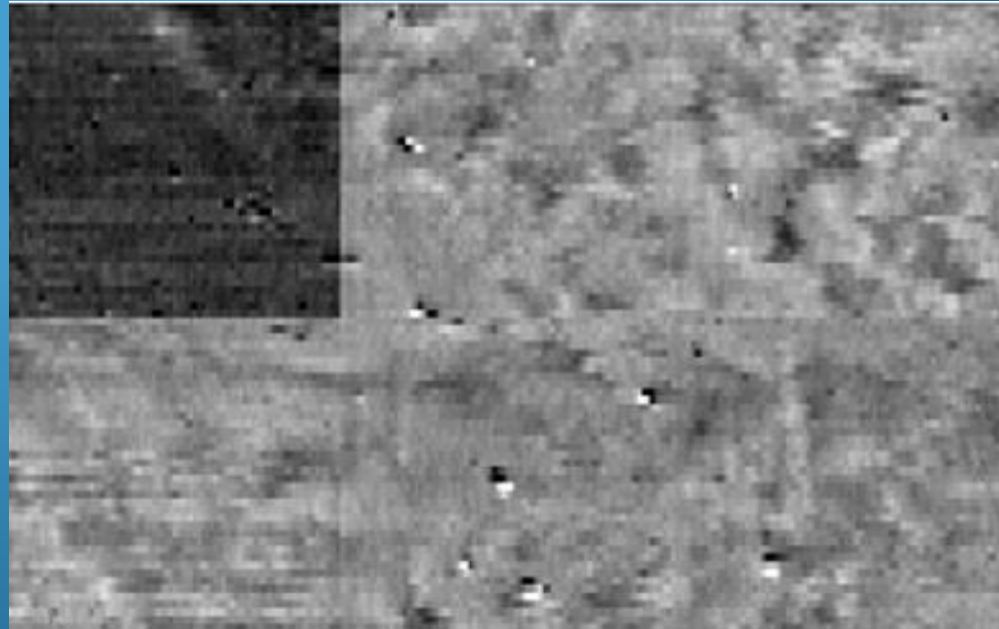
Duvanjsko polje - Tomislavgrad

- Crkvine, Brdine, Podgradina
- Magnetometarska istraživanja - 2.400 m²
- Crkvine - N 43° 41' 25.4" E 017° 16' 57.5"
N 43° 41' 26.8" E 017° 16' 57.7"
N 43° 41' 25.5" E 017° 17' 00.3"
N 43° 41' 26.7" E 017° 17' 00.6"

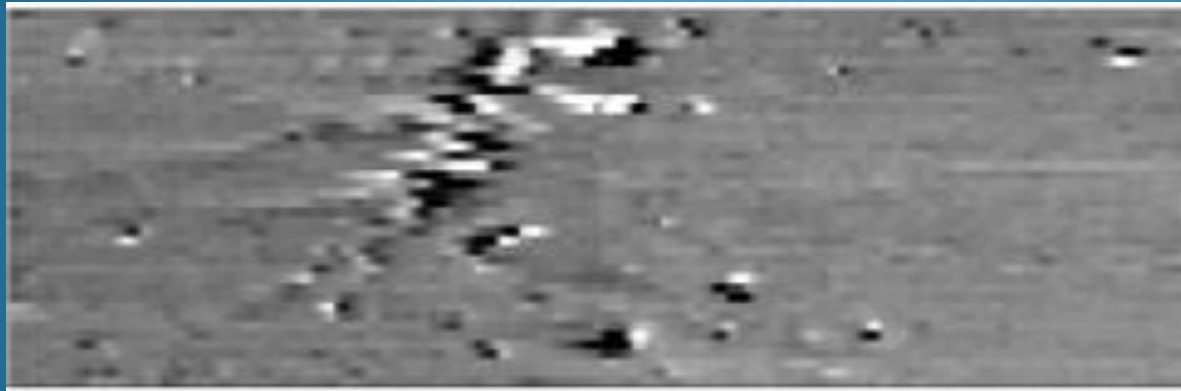
- Kvadrati u mreži



- Magnetometarski rezultati



- Brdine - N 43° 41' 09.7" E 017° 17' 39.9"
N 43° 41' 10.3" E 017° 17' 40.4"
N 43° 41' 09.0" E 017° 17' 41.5"
N 43° 41' 09.4" E 017° 17' 41.9"



1.

3



- Podgradina - N 43° 41' 02.2" E 017° 17' 50.8"
N 43° 41' 02.2" E 017° 17' 49.9"
N 43° 41' 03.2" E 017° 17' 50.7"
N 43° 41' 03.3" E 017° 17' 49.8"

