



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
GEODEZIJA I GEOMATIKA



SEMINARSKI RAD
INTEGRISANI SISTEMI PREMERA

TEMA : *RADARSKI SISTEMI PREMERA*

Mentor:
Prof. dr. Bulatović Vladimir , dipl.geod.inž.

Kandidat:
Nemanja Vidić GG16/2011
vidicnem@gmail.com

Novi Sad, Jun 2015. godine

SADRŽAJ:

Rezime.....	3
Ključne reči.....	3
1. Uvod (istorija i namena radara).....	3
2. Princip funkcionisanja radarskih sistema.....	4
2.1 SLAR.....	6
2.2 RAR.....	8
2.3 SAR.....	9
2.4 InSAR.....	12
2.5 Polarizacija talasa.....	13
2.6 Uticaj radarskog zračenja na zdravlje čoveka i životnu sredinu.....	15
3. Deformacije radarskih snimaka.....	16
3.1. Vrste deformacija radarskih snimaka.....	16
4. Vrste radarskih senzora.....	18
4.1. EcoSAR.....	18
4.2. MicroASAR.....	19
4.3. DBSAR.....	20
5. Kosmički radarski sistemi (satelitske misije).....	20
5.1. Terra SAR-X.....	20
5.2. RadarSAT 1.....	21
5.3. RadarSAT 2.....	22
6. Konkretna primena radarske tehnologije (SAR).....	23
7. Zaključak.....	27
Spisak slika.....	28
Reference.....	29

REZIME

Još od davnina čovek je bio prinuđen da istražuje sredinu u kojoj živi. Da bi se dobila određena količina podataka sa terena, bilo je potrebno primeniti nove metode istraživanja u skladu sa vremenom u kojem se vrši istraživanje. Upravo jedna od tih novijih metoda je i radarska metoda premera koja omogućava prikupljanje velike količine topografskih podataka u relativno kratkom vremenskom roku. Dakle, kao što je već naglašeno, u ovom radu će biti objašnjeno kako funkcioniše radarski sistem premera, koje su prednosti i mane ovakvog načina prikupljanja podataka. Opisat će princip dobijanja radarskih snimaka terena kao i uslovi rada radara. Opisat će određeni radarski senzori, kao i njihove namene. Takođe, biće prikazane karakteristike određenih avionskih i kosmičkih radarskih sistema.

KLJUČNE REČI : radarske metode, deformacija snimaka, senzori.

1. UVOD (istorija i namena radara)

Naziv radar je akronim reči "Radio Detection And Ranging", u slobodnom prevodu znači otkrivanje i merenje udaljenosti objekata putem radio talasa. Britanski naziv za radar je RDF (Radio Direction Finding). Ovaj uređaj je proizveden 1941. godine za potrebe vojske SAD-a i njegova prvobitna namena je bila lociranje određenih objekata. Tokom sedam decenija radari su evoluirali i tada je otkrivena nova mogućnost „slikanja“ terena i objekata pomoću njih. [1]

U vojne svrhe radar ima širok spektar primene, npr. kod kontrole narušavanja vazdušnog prostora države, kontrole oružja, raketne odbrane, prismotre.. Dok u civilne svrhe radar može služiti za određivanje brzine i pozicije pokretnog ili nepokretnog objekta, kod vremenske prognoze (određivanje brzine vetra i količine padavina), kod određivanja visine, daljine objekata, u pomorskoj navigaciji, kod lociranja objekata ispod zemlje, kod mapiranja topografije.

Postoje mnoge prednosti korišćenja radara za daljinsku detekciju. Za razliku od mnogih optičkih sistema, radarski sistemi mogu da se koriste i danju i noću, odnosno na ovaj sistem ne utiču vremenski uslovi prilikom snimanja terena. Zbog dugih talasnih dužina, ovi talasi mogu da prođu kroz oblake, maglu, pesak, lišće, zgrade, zemljište i druge materijale. Ova tehnologija može sa visokom tačnošću da odredi rastojanje do nekog objekta.

Na *slici 1*. se može uočiti razlika između kosmičkog i avionskog radarskog sistema. Ista tehnologija je primenjena na dve različite platforme (satelit i avion). [2]



Slika 1. Avionski i kosmički radarski sistem

2. PRINCIP FUNKCIONISANJA RADARSKIH SISTEMA

Radar je osnovni aktivni senzor iz grupe mikrotalasnih sistema. Mikrotalasno područje elektromagnetnog spektra obuhvata zračenja talasnih dužina 1.000 do 1.000.000 μm , tj. od 1mm do 1 m *slika 2*. Ova zračenja mogu biti prirodna, kada ih emituje sam objekt, ili emitovana iz nekog veštačkog izvora, upućena ka objektu i reflektovana od njega. [3]

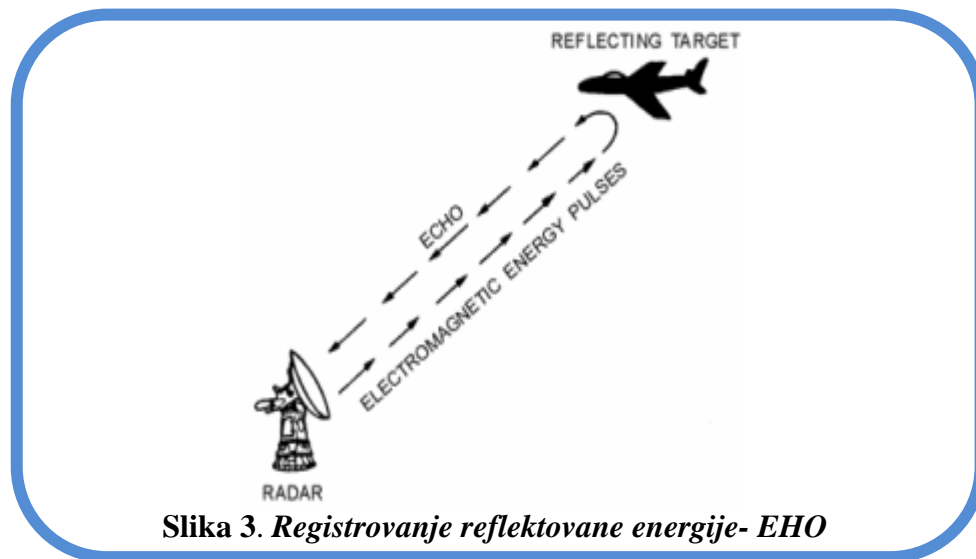
Name	Wavelength	Frequency (Hz)	Photon Energy (eV)
Gamma ray	less than 0.02 nm	more than 15 EHz	more than 62.1 keV
X-Ray	0.01 nm – 10 nm	30 EHz – 30 PHz	124 keV – 124 eV
Ultraviolet	10 nm – 400 nm	30 PHz – 750 THz	124 eV – 3 eV
Visible	390 nm – 750 nm	770 THz – 400 THz	3.2 eV – 1.7 eV
Infrared	750 nm – 1 mm	400 THz – 300 GHz	1.7 eV – 1.24 meV
Microwave	1 mm – 1 meter	300 GHz – 300 MHz	1.24 meV – 1.24 μeV
Radio	1 mm – 100,000 km	300 GHz – 3 Hz	1.24 meV – 12.4 feV

Slika 2. Regioni talasnih dužina elektromagnetnog zračenja

Senzori iz grupe mikrotalasnih sistema mogu biti **pasivni**, koji registruju

emitovanu sopstvenu energiju objekta, i **aktivni**, koji proizvode energiju, upućuju je ka objektu i registruju reflektovano zračenje. Intenzitet prirodnog mikrotalasnog zračenja je izuzetno slab.

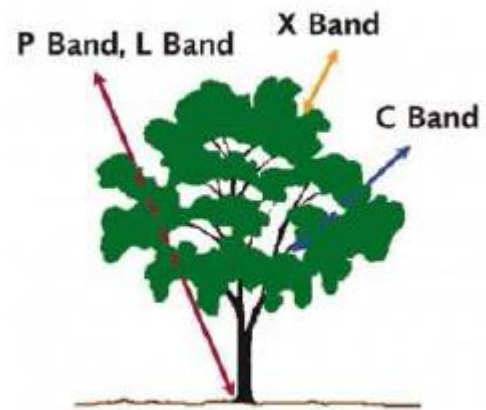
Radar proizvodi mikrotalasno zračenje, usmerava ga antenom ka objektu i registruje reflektovanu energiju iz istog pravca u kom je poslat signal. Ovaj povratni signal se naziva eho *slika 3*. Intenzitet eha za jedan tip radara zavisi od svojstava objekta. Udaljenost objekta se određuje merenjem perioda između prenosa radarskog impulsa i prijema refleksije (više o ovome će biti napisano u poglavlju 2.1.). U većini radarskih sistema ovaj vremenski period je veoma kratak, jer elektromagnetni talasi putuju brzinom zvuka. Proces detekcije kod radara je nezavisan od sunčeve energije, te se, kao što je već navedeno, podjednako uspešno primenjuje i danju i noću. Sem toga, zračenja velikih talasnih dužina su prodornija od kratkih. Mikrotalasi prodiru kroz maglu i oblake, koji drugim sensorima predstavljaju velike smetnje pri snimanju. Podešavanjem ugla i pravca zračenja radara mogu se isticati pojedina svojstva istraživanih objekata. [3]



Slika 3. Registrovanje reflektovane energije- EHO

Radari koriste zračenja više pojedinačnih talasnih dužina. Svaka od njih (bend) označena je posebnim slovom, zadržanim kao šifre iz ratnih vremena. Glavni bendovi, opsezi talasnih dužina zračenja i standardne talasne dužine pojedinih bendova koje koristi radar dati su na *slici 4*. [2]

Oznaka kanala	Opseg talasnih dužina [μm]	Standardna talasna dužina [μm]
Ka	8.000-11.000	8.600
K	11.000-17.000	
Ku	17.000-24.000	
X	24.000-38.000	30.000; 32.000
C	38.000-75.000	60.000
S	75.000-150.000	
L	150.000-300.000	235.000; 240.000; 250.000



Slika 4. Opsezi talasnih dužina

Radarski zraci najvećih talasnih dužina (L bend) prodiru i kroz rastresite materijale na površini terena, kao što su pesak, sneg i vegetacija. Senzori ovakvih talasnih dužina su veoma pogodni za otkrivanje svojstva geološke građe terena.

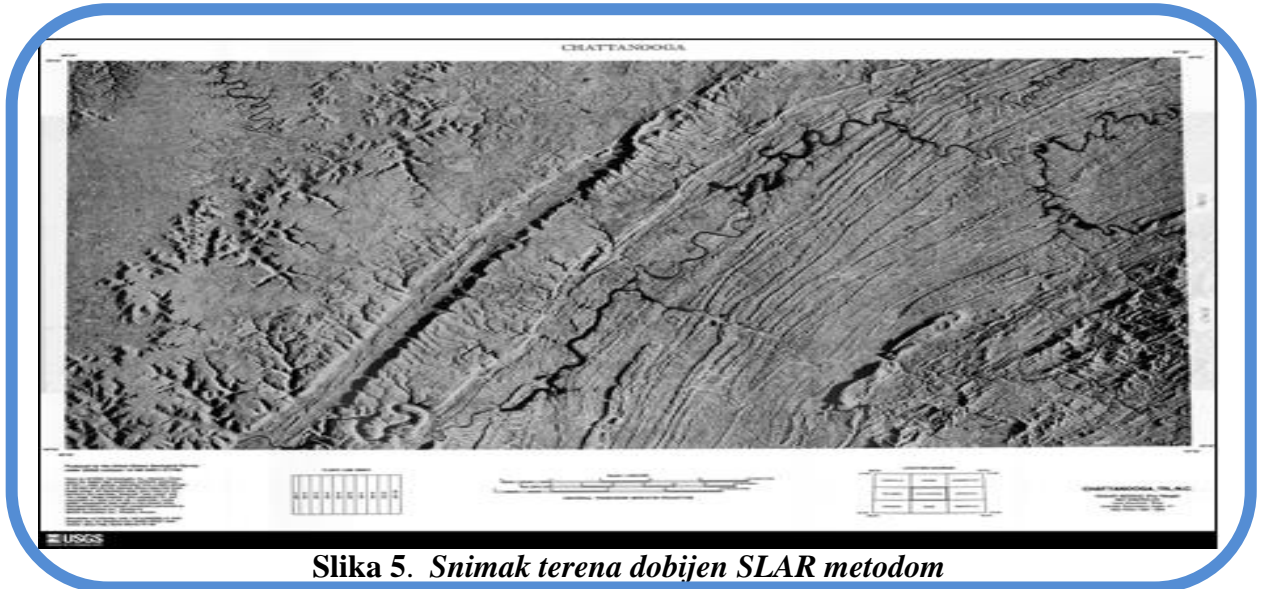
Daljinska detekcija koristi radar sa bočnim zahvatom, koji se javlja u dve varijante: kao **radar sa realnom aperturom**, odn. kao radar sa **sintetičkom aperturom**. Pod aperturom se podrazumeva otvor kroz koji senzor emituje ili prima elektromagnetnu energiju.

2.1. SLAR (Side Looking Airborne Radar)

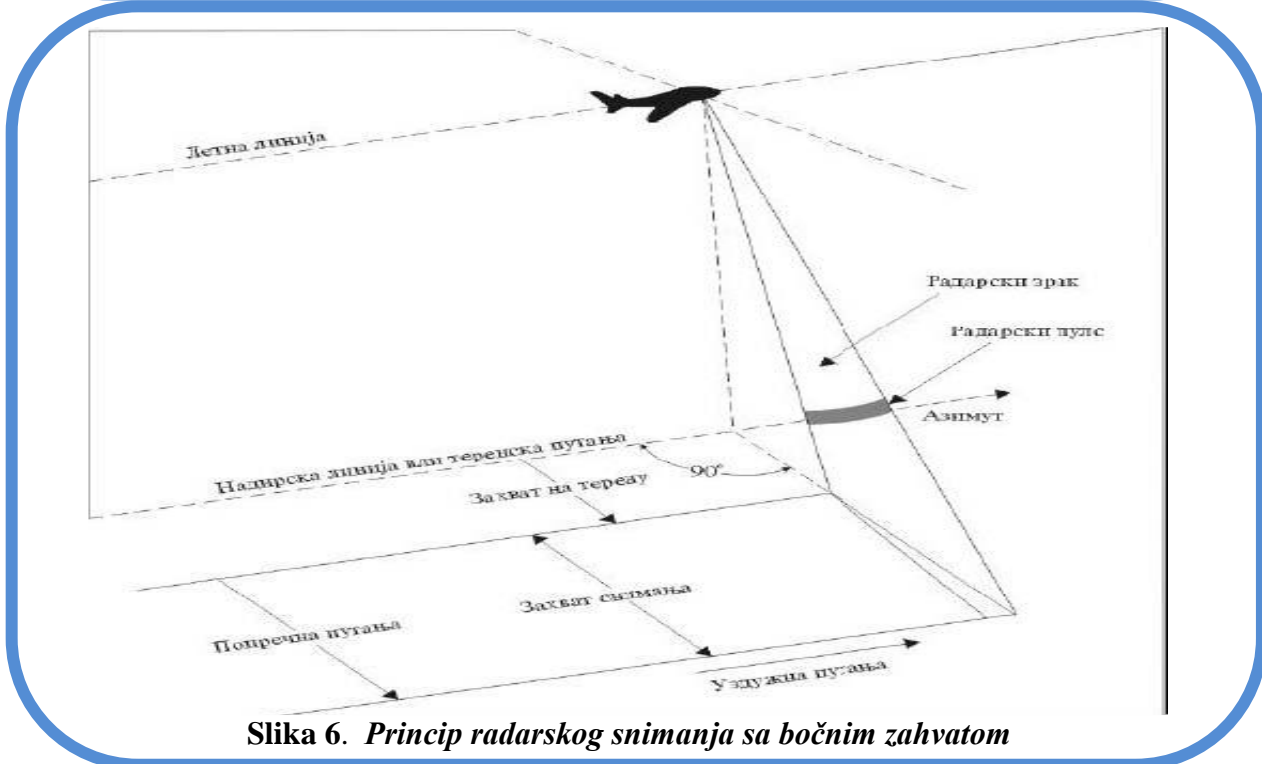
Radarski sa bočnim zahvatom poznat je pod nazivom SLAR (Side Looking Airborne Radar) u slobodnom prevodu bočno usmereni radar za snimanja iz vazduha. Ovaj naziv se sve češće zamenjuje kraćim nazivom SLR (Side Looking Radar) ili u prevodu bočno usmereni radar. Ovaj senzor ima široku primenu u kosmičkim snimanjima. [3]

Svi senzori tipa SLR imaju antenu postavljenu izvan letilice. Antena je izdužena u pravcu kretanja letilice, a opremljena je posebnim prekidačem koji automatizovano reguliše njenu aktivnost kao odašiljača, ili kao prijemnika energije. Odašiljač i prijemnik su usmereni bočno, upravno na pravac leta i koso na dole. Usmereni zrak energije koju odašiljač emituje zahvata uzanu traku terena. Antena šalje kratak impuls u trajanju od oko 100 ns. Teren reflektuje impuls, zavisno od svojstava reljefa i geološkegrađe. Deo ovog reflektovanog impulsa prihvata antena, prebačena u međuvremenu na funkciju prijemnika. Posle određenog vremena prekidač prebacuje antenu na funkciju odašiljača i ona emituje novi impuls. U tom vremenu je i letilica prešla određeni put, tako da impuls zahvata novu traku terena, paralelnu sa prethodnom i pomerenu u pravcu leta. Antena,ponovo kao prijemnik, prima eho novog impulsa. Postupak se tokom snimanja višestruko ponavlja sve dok se teren ne pokrije nizom traka koje grade red, paralelan pravcu kretanja letilice, odn. nizom od više paralelnih redova, koji pokrivaju veće površine terena. **Slika 5** prikazuje izgled jednog snimka dobijenog SLAR metodom. Dok je šematski prikaz principa radarskog snimanja sa bočnim zahvatom

prikazan na *slici 6*.

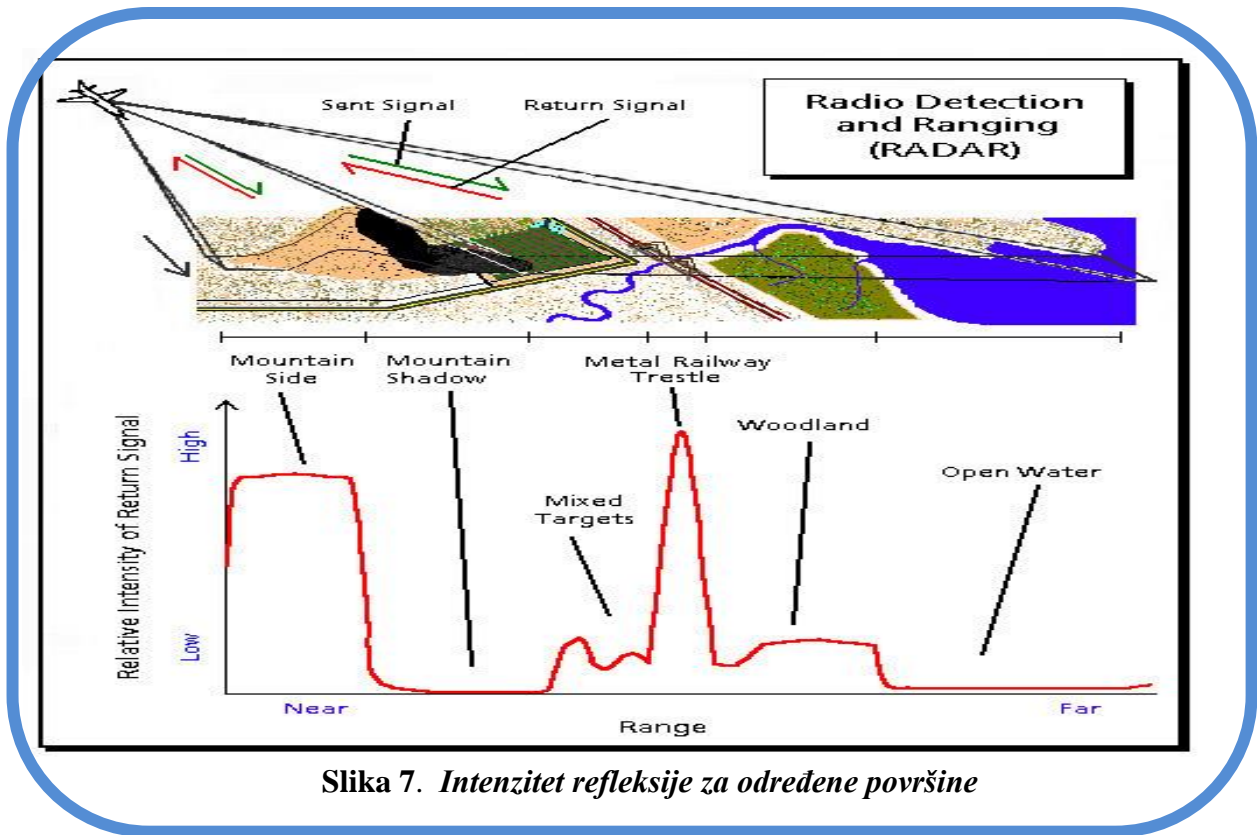


Slika 5. Snimak terena dobijen SLAR metodom



Slika 6. Princip radarskog snimanja sa bočnim zahvatom

Na *slici 7* se može videti intenzitet refleksije povratnog signala , kod radarskog snimanja sa bočnim zahvatom. Sa slike se može videti da je najveći intenzitet refleksije za planinski predeo, metalnu konstrukciju mosta i prugu dok je najmanji intenzitet refleksije kod delova koji su zaklonjeni senkom planine kao i na otvorenom moru.



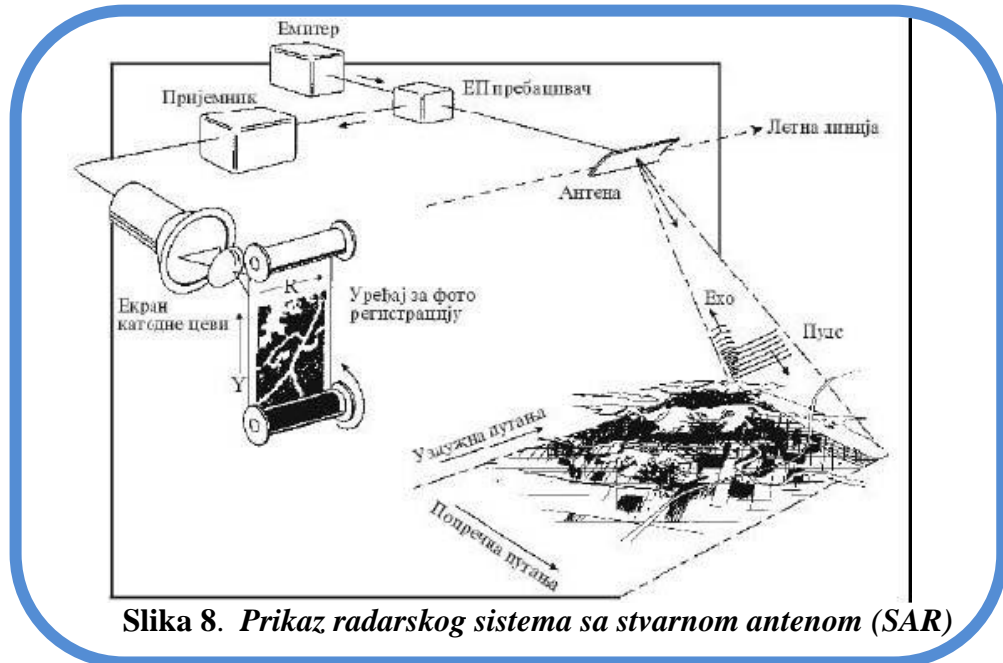
Slika 7. Intenzitet refleksije za određene površine

2.2. RAR (Real Aperture Radar)

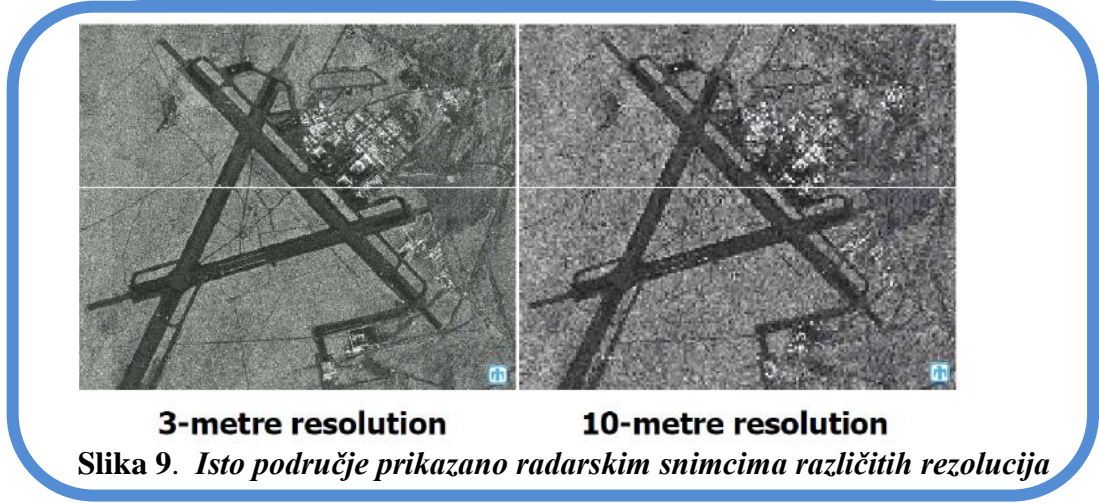
Radar sa realnom aperturom, nazvan RAR (Real Aperture Radar), obuhvata već poznate elemente: antenu, koja služi za emitovanje i prijem energije, odašiljač, prijemnik, prekidač za promenu funkcije antene, uređaj za registrovanje i prikaz reflektovanog zračenja (*slika 8*).

Tokom leta letilice ponavlja se prethodno prikazani proces smanjivanja emitovanja impulsa i registracije njegovog eha. Prijemnik pretvara svaki eho u odgovarajući signal, čija je amplituda u svakoj tački proporcionalna intenzitetu odbijenog zračenja. Ovaj signal se beleži u digitalnom ili analognom obliku.

Na *slici 9* se mogu videti jasne raslike između radarskih snimaka sa stanovišta rezolucije. Da bi se dobila bolja prostorna rezolucija menjamo 2 parametra : talasna dužina faze i povećava se dužina antene do određenih granica. Sa većom udaljenošću antene od radara objekat se nalazi duže u dometu signala. [3]



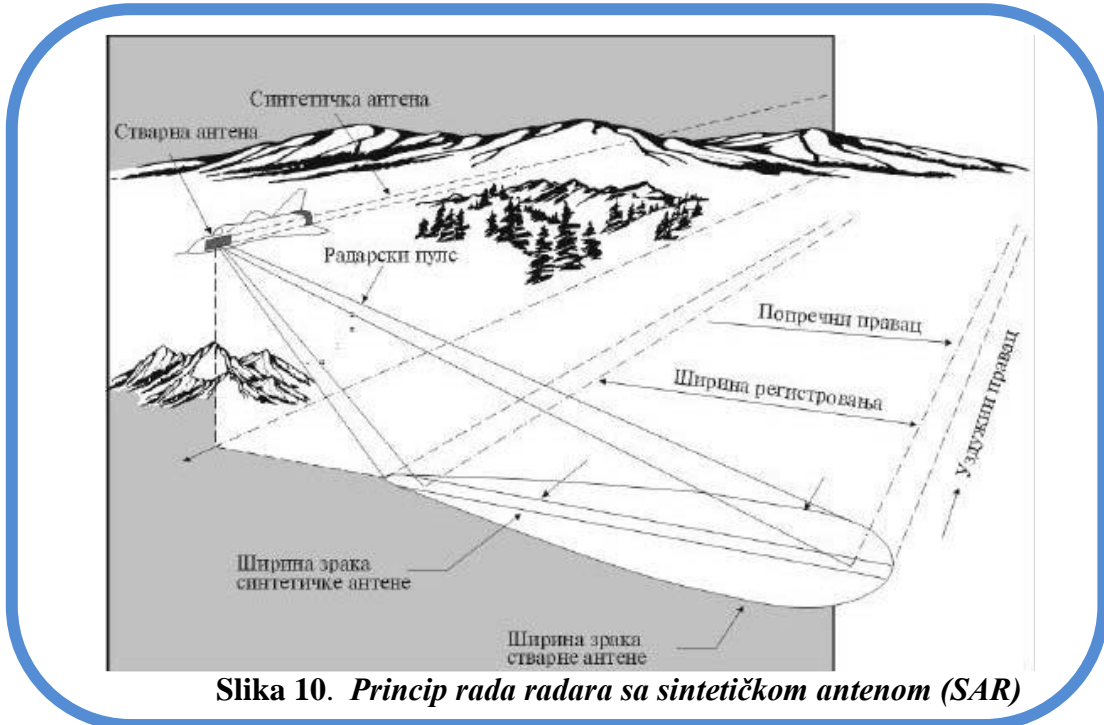
Slika 8. Prikaz radarskog sistema sa stvarnom antenom (SAR)



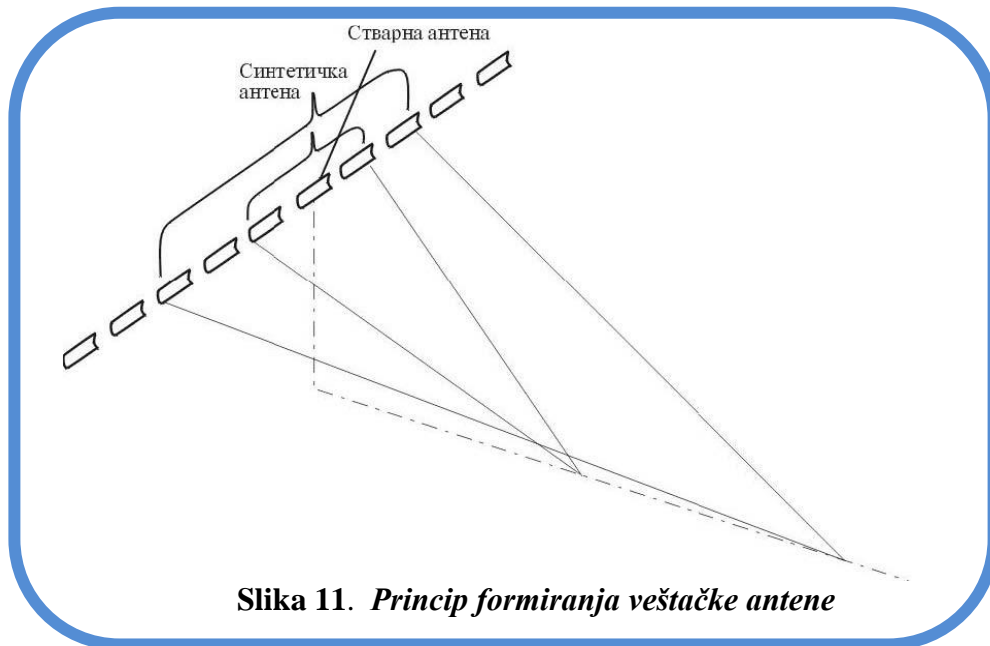
3-metre resolution 10-metre resolution
Slika 9. Isto područje prikazano radarskim snimcima različite rezolucije

2.3. SAR (Synthetic Aperture Radar)

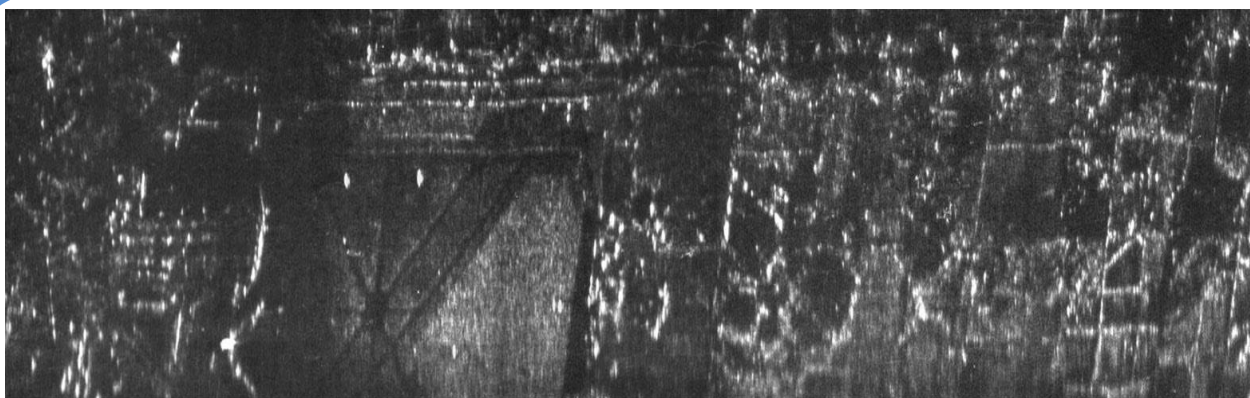
Radarski sistem sa sintetičkom aperturom poznat je pod imenom SAR (Synthetic Aperture Radar). Antena kod ovog senzora je veštački (sintetički) produžena (slika 10).



Osnovno ograničenje radara sa realnom aperturom (RAR) jeste mala dužina antene, što uslovljava i nizak kvalitet snimka. Kod radara sa sintetičkom aperturom (SAR) iskorišćeno je kretanje letilice. Relativno kratka stvarna antena se elektronski pozicionira u položajima koji se nižu jedan za drugim, kao da oni predstavljaju pojedinačne elemente jedne iste antene (*slika 11*). [3]



Na *slici 12* je dat prikaz prvog uspešno načinjenog SAR snimka. Snimak je napravljen 1957. godine. U pitanju je aerodrom Willow Run i njegova okolina. [15]



Slika 12. Prvi SAR snimak 1957. godine

Kolike su krupne promene načinjenje u odnosu na prvi snimak i koliko je ovaj metod snimanja usavršen najjasnije se može videti na *slici 13*. U pitanju je jedan predeo u Engleskoj. Snimak je napravljen u rezoluciji 4 inča. [15]



Slika 13. SAR snimak načinjen u rezoluciji 4 inča

Na *slici 14* je prikazana specijalna NASINA letilica na čijem donjem levom boku je radar sa sintetičkom aperturom.

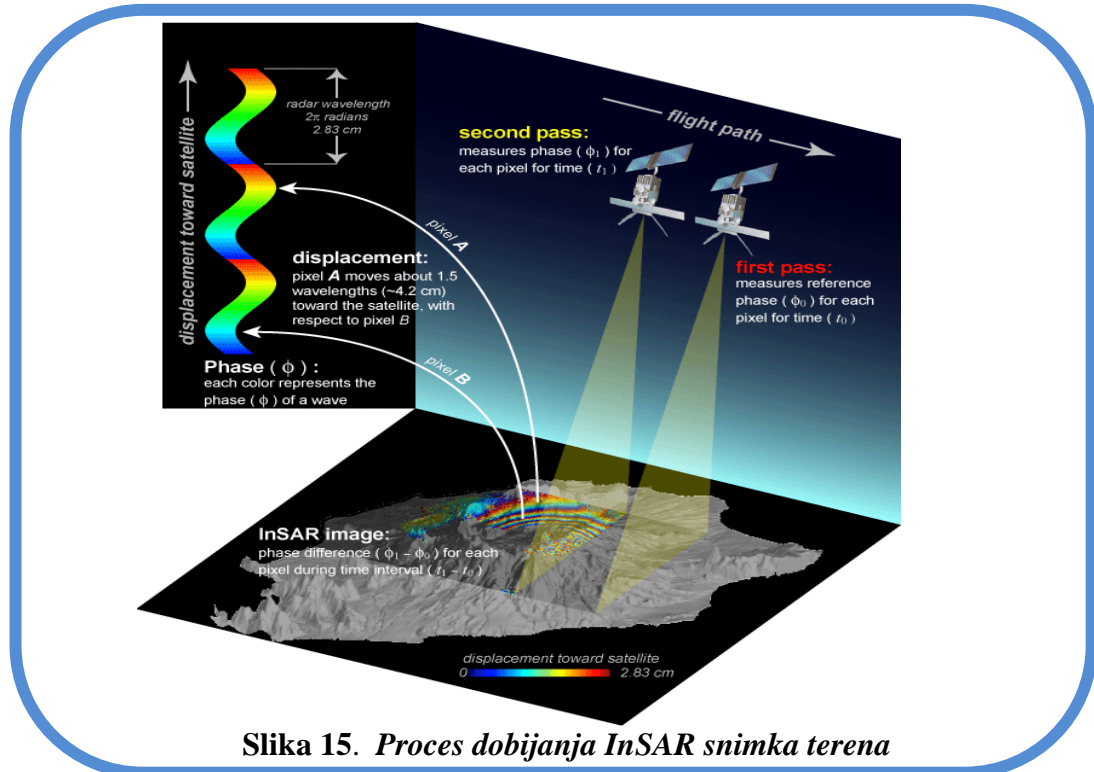


Slika 14. Nasina letilica za SAR snimke terena

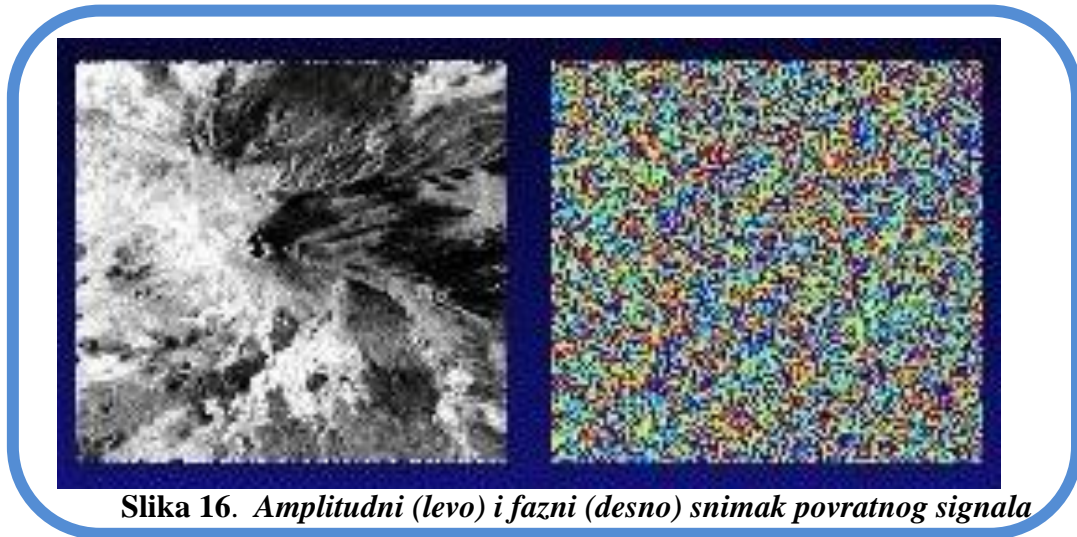
2.4. InSAR (Interferometric synthetic aperture radar)

InSAR (Interferometric synthetic aperture radar) predstavlja geodetsku tehniku registrovanja pomeranja Zemljine kore. Ovom tehnikom se mogu registrovati sve promene na Zemljinoj kori koje su prouzrokovane tektonskim pomeranjem ploča, vulkanskim erupcijama i dr. U kombinaciji sa GNSS-om InSar može da datektuje promene na Zemlji koje su reda veličine milimetra. Generalno ova tehnologija se može koristiti za širok opseg proučavanja deformacija na Zemljinoj površi. [3]

InSAR funkcioniše tako što koristi dve ili više sradarskih sintetičkih blendi (SAR), prave se slike određene oblasti na Zemljinoj površi i vrši se identifikacija promena na Zemlji kroz određene vremenske intervale (*slika 15*). Ovako načinjene slike sadrže informacije u obliku amplitudnih i faznih zapisa. Amplitudni zapis sadrži informacije o hrapavosti podloge i nagibu terena, dok fazni zapis daje informacije o udaljenosti satelita od Zemljine površine (*slika 16*). [16]



Slika 15. Proces dobijanja InSAR snimka terena



Slika 16. Amplitudni (levo) i fazni (desno) snimak povratnog signala

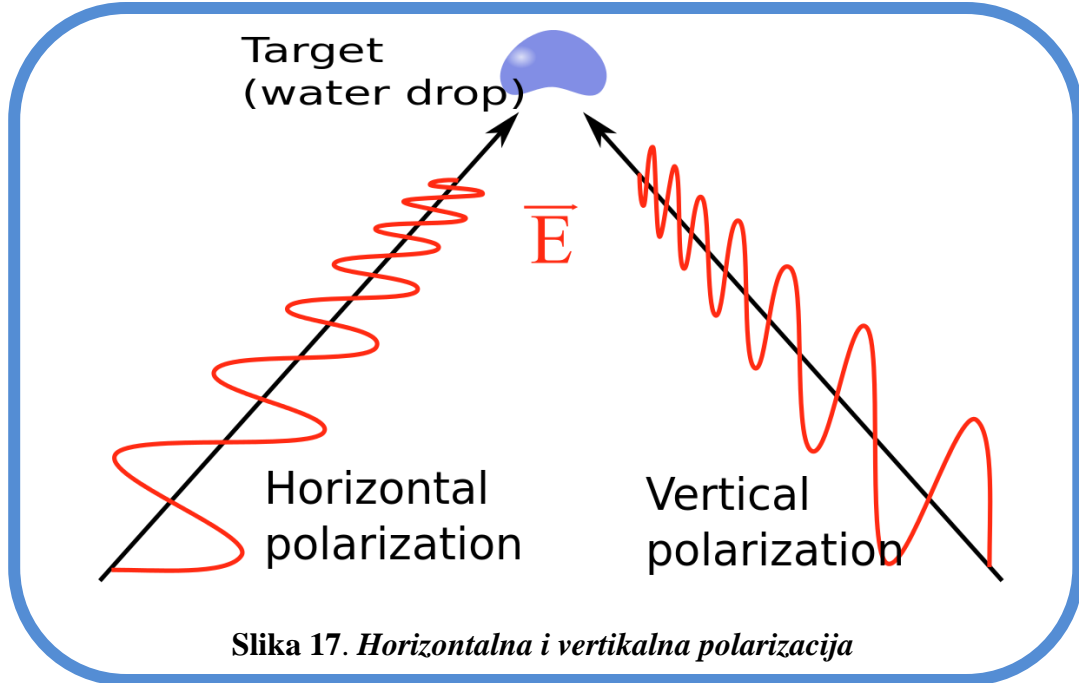
2.5. Polarizacija talasa

Radarski emituje signale u vidu usmerenog oscilujućeg talasa. Polarizacija je oblik ravni u kojoj talas osciluje. Prema obliku ravni i obliku oscilovanja razlikujemo :

[5]

- vertikalnu
- horizontalnu
- cirkularnu
- eliptičnu polarizaciju

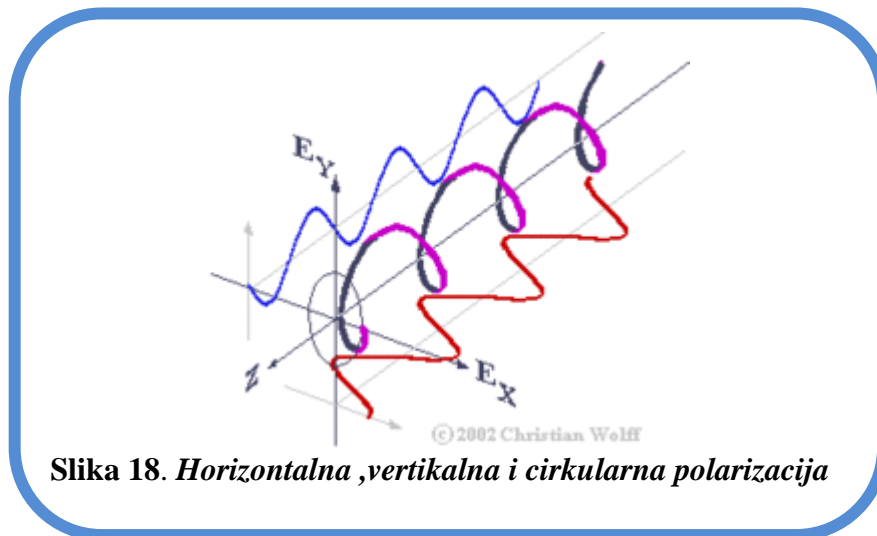
Nama su u geodeziji najznačajnije horizontalna i vertikalna polarizacija. Vertikalno polarizovani talasi će se u interakciji sa objektom odbiti od njegovog vrha, dok će horizontalno polarizovani talasi da prođu kroz objekat ukoliko je to moguće (u zavisnosti od talasne dužine). [2]



Slika 17. Horizontalna i vertikalna polarizacija

Na *slici 17.* se može uočiti da je za ovaj oblik cilja bolja horizontalna nego vertikalna polarizacija. Horizontalna polarizacija daje bolju osvetljenost cilja.

Cirkularna polarizacija se kružno odvija u levu ili desnu stranu i koristi se za smanjenje uticaja vlage na prostiranje radarskih talasa, ovaj vid polarizacije koriste radari koji imaju namenu u vremenskoj prognozi. Eliptična polarizacija se dobija sabiranjem složenih signala istih učestanosti. [4]



Slika 18. Horizontalna ,vertikalna i cirkularna polarizacija

Različitim kombinacijama pri polarizaciji slike nastaju snimci različitih osobina:

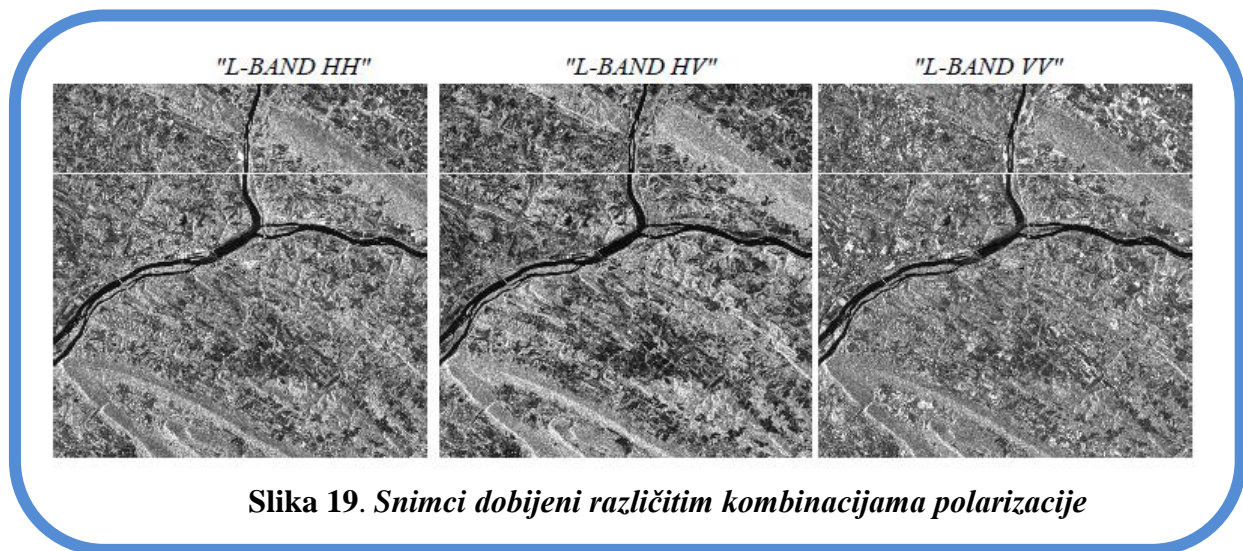
Jednostruka polarizacija (Single polarization): Radarski sistem radi sa istom polarizacijom pri emitovanju i pri primanju signala. [2]

Dvostruka polarizacija (Dual polarization): Radarski sistem koristi jednu polarizaciju da emituje signal, ali pri primanju koristi obe polarizacije istovremeno. [2]

Četvorostruka polarizacija (Quad polarization): Horizontalna i vertikalna polarizacija se koriste neizmenično za emitovanje pulseva signala, i obe istovremeno rade na prijemu signala. Nije standardan proizvod. [2]

Unakrsna polarizacija (Cross polarization): Koristi se različita polarizacija pri emitovanju i primanju signala. Nije standardan proizvod. [2]

Na **slici 18**, levi snimak je dobijen tako što je radarski sistem emitovao signal horizontalnom polarizacijom, a primio je takođe horizontalnom polarizacijom. Srednji snimak je dobijen tako što je uređaj koristio horizontalnu polarizaciju pri emitovanju a vertikalnu pri prijemu signala. Dok je desni snimak dobijen koristeći vertikalnu polarizaciju pri slanju i prijemu signala.



Slika 19. Snimci dobijeni različitim kombinacijama polarizacije

2.6. Uticaj radarskog zračenja na zdravlje čoveka i životnu sredinu

Ova tematika na prvi pogled deluje nebitno, međutim kako smo svakodnevno izloženi raznim oblicima zračenja, važno je dati neku širu perspektivu o uticaju ovog tipa zračenja na zdravlje čoveka i uopšteno na životnu sredinu. [4]

Radarsko zračenje je elektromagnetno zračenje i jedan je od oblika nejonizujućeg zračenja koje nema dovoljnu energiju fotona da bi izvršili jonizaciju u biološkom materijalu, ali i pored ovoga svojim dejstvom može imati negativan uticaj po zdravlje čoveka i životnu okolinu, što je i dokazano brojnim epidemiološkim istraživanjima. Starije generacije radara sa cevnom tehnikom bili su veliki zagađivači jonizujućim zračenjem jer su sekundarno emitovali rendgensko zračenje. Ovo je imalo štetne efekte po zdravlje ljudi koji su duže boravili u blizini ovih uređaja. Međutim

savremeni radari rade sa smanjenom snagom elektromagnetnog zračenja, koja je usklađena sa zakonskim propisima.

Glavni snop radarskog zračenja obično je tako podešen i usmeren da ne dolazi u direktan kontakt sa ljudima i u najvećem broju slučajeva isključena je mogućnost da čovek dođe u direktan kontakt sa ovim zrakom, osim u slučaju nepravilnog rukovanja uređajem. [4]

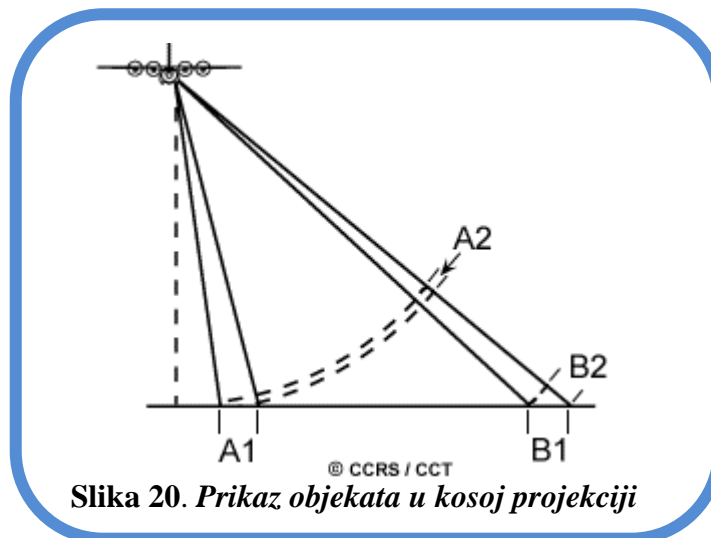
3. DEFORMACIJE RADARSKIH SNIMAKA

Radarski snimak predstavlja zapis registrovanog zračenja elektromagnetne energije, nastalog radarom. Da bi snimak ispunio zahteve koji se pred njega stavljaju, tj. da bi postao izvor informacija o objektu koji predstavlja, zapis elektromagnetne energije mora se prevesti u vidljivu sliku. Svaki snimak je podložan određenim deformacijama što će biti detaljnije objašnjeno u poglavlju 3.1.

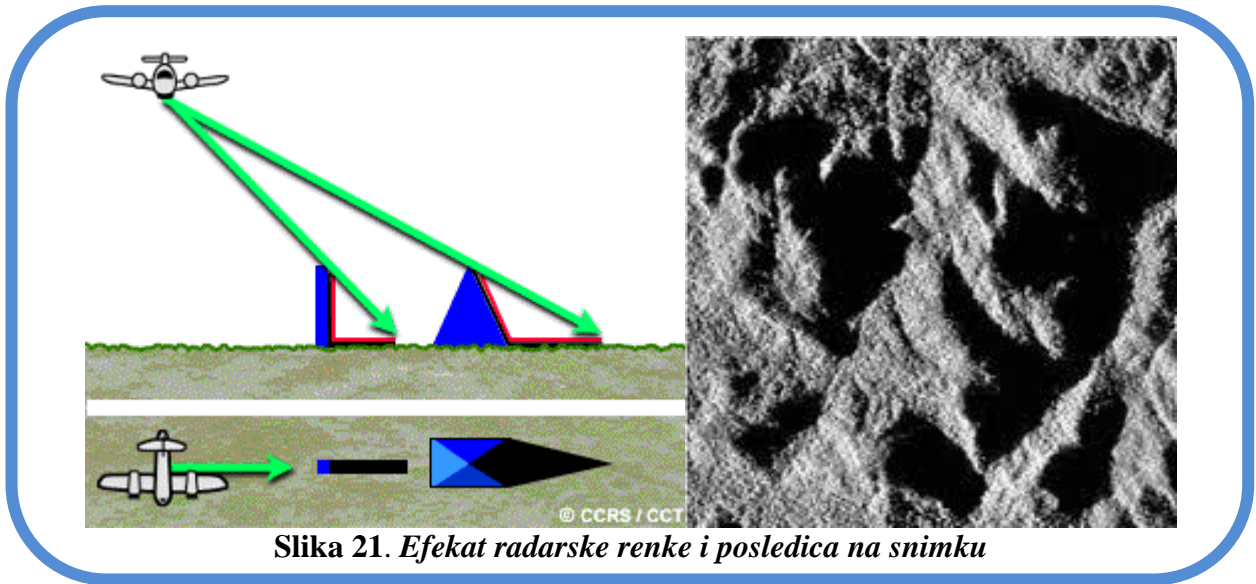
3.1. Vrste deformacija radarskih snimaka

Kao i kod svih sistema daljinske detekcije, razni uticaji reljefa terena, ugla pod kojim se snima teren rezultuju određenim deformitetima na radarskim snimcima. Uzimajući ovo u obzir, prilikom snimanja terena dolazi do sledećih vrsta deformacija snimaka : **suženje**, **preklapanje**, **radarska senka**. [6]

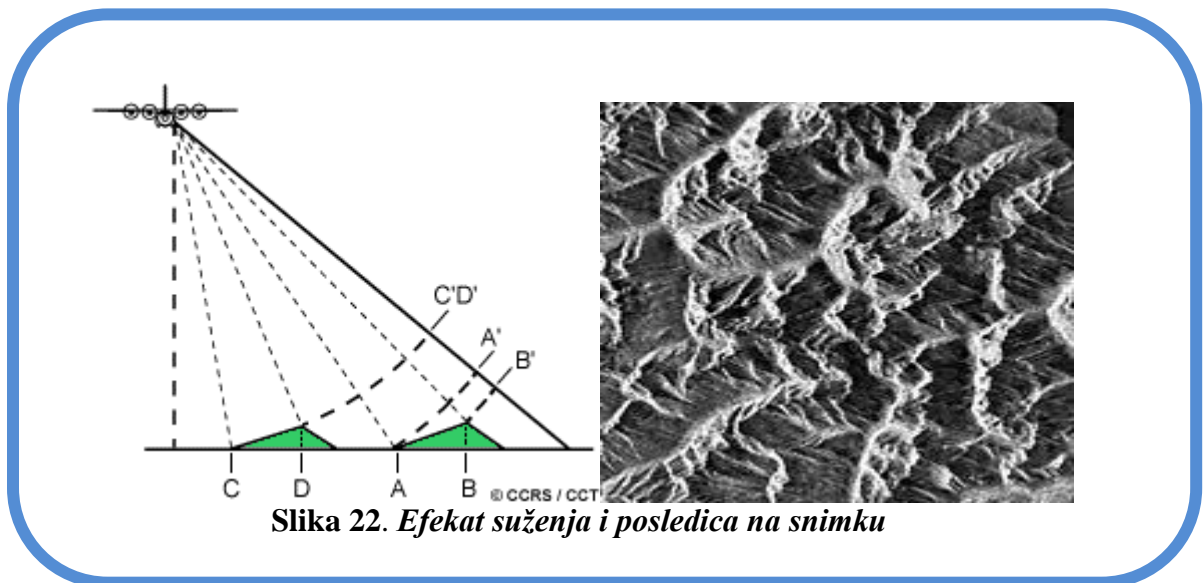
I ako su mete A1 i B1 na samom terenu istih dimenzija, njihove dimenzije u kosoj projekciji (pod određenim uglom) su različite **slika 20**.



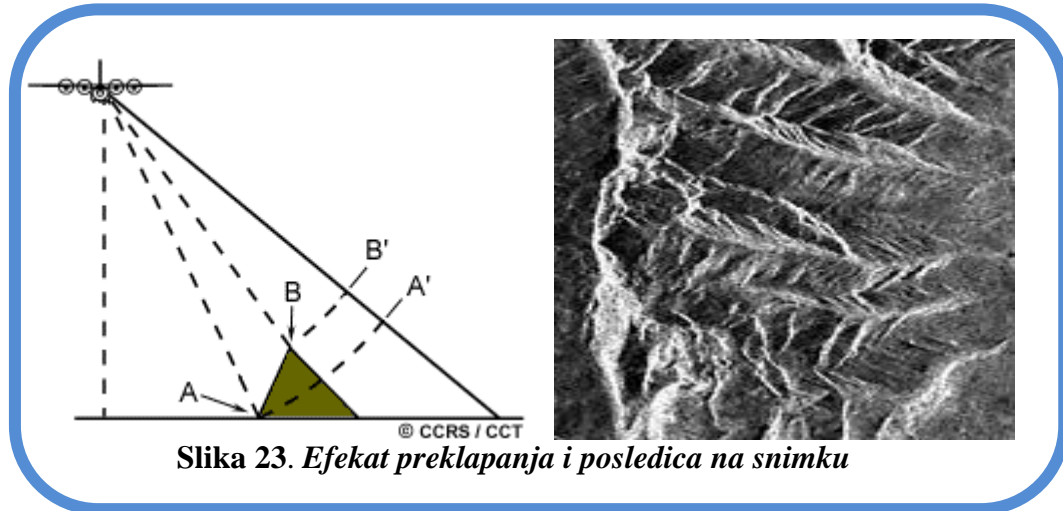
Do efekta radarske senke dolazi kada radarski signal ne može da registruje ni jedan objekat koji se nalazi u zaklonu nekog objekta (npr. planine). Do ovoga dolazi zbog elevacije radarskog zraka i za posledicu imamo da ne dobijamo nikakve informacije iz oblasti koja je zahvaćena senkom **slika 21**. [6]



Suženje na snimku se pojavljuje u zavisnosti od toga pod kojim je uglom radarski zrak snimio objekat. Što je ugao snimanja bliži normalni to je suženje veće. Maksimalno suženje se može videti između tačaka C i D gde se u kosoj projekciji obe vide kao jedna tačka. Na *slici 22*, suženi delovi planina su predstavljeni svetlom nijansom. [6]



Do preklapanja dolazi ako radarski signal stigne do dna objekta pre nego što stigne do vrha objekta. Povratak signala sa vrha objekta biće primljen pre signala sa dna objekta. U projekciji će biti obrnut redosled prikaza tačaka A i B *slika 23*. Treba napomenuti da efekti preklapanja i suženja izgledaju veoma slično na radarskim snimcima i zavise direktno od upadnog ugla zraka. [6]



Slika 23. Efekat preklapanja i posledica na snimku

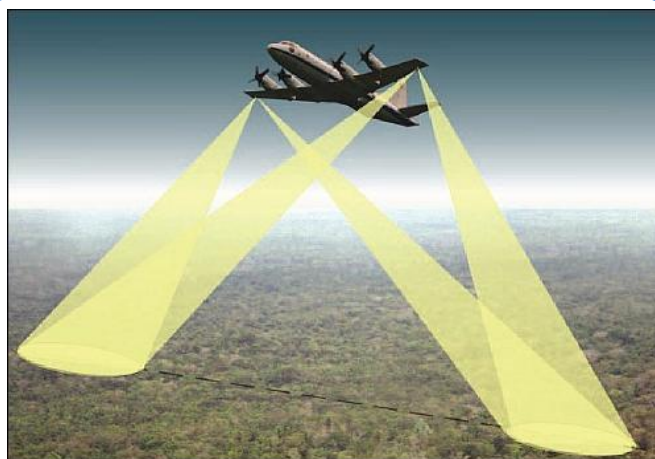
4. VRSTE RADARSKIH SENZORA

Trenutno je u upotrebi mnoštvo radarskih senzora koji su razvijeni od strane različitih organizacija i za različite namene. U ovom poglavlju će biti spomenuti neki od njih i daće se njihov vizuelni prikaz kao i objašnjenje u koje svrhe se koriste.

4.1. EcoSAR

EcoSAR je radarski senzor koji je u još razvoju od strane NASA. Ima za cilj dobijanje podataka koji će omogućiti proučavanje uticaja ugljenika na klimatske promene na Zemlji. EcoSAR će biti u stanju da daje podatke o visini krošnje nadzemnih drvenih biomasa sa preciznošću od 1m. Takođe će biti u stanju da izvrši mapiranje ledenih pokrivača kao i kretanje lednika. P bend (uređaj emituje mikrotalase koji imaju dužinu karakterističnu za ovaj bend) prodire celu vegetacionu strukturu i na ovaj način vrši premer zapremine drvene krošnje kao i njenu gustinu. [7]

EcoSAR će dozvoliti primenu naprednih tehnika snimanja koje prevazilaze probleme koji su sastavni deo konvencionalnih SAR sistema. EcoSAR je prvi probni let obavio u Martu 2014 godine. Ovaj sistem je još u razvoju.



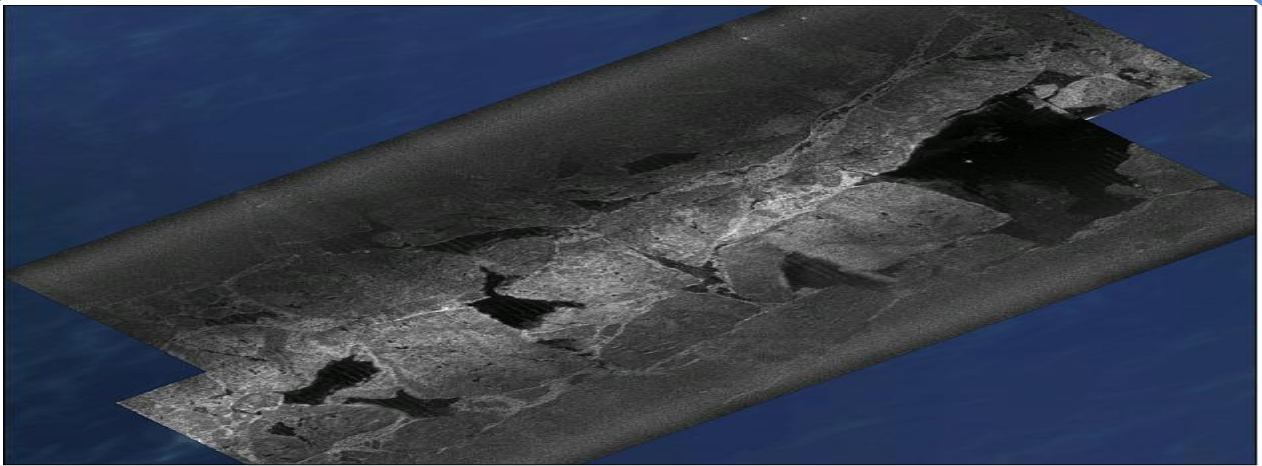
Slika 24. EcoSAR (antene su na krilima aviona)

4.2. MicroASAR

MicroASAR sistem predstavlja mali i jeftin SAR sistem koji je instaliran na bespilotnu letelicu. Ovaj sistem se izdvaja od drugih SAR sistema manjim dizajnom, manjom potrošnjom energije, većom fleksibilnošću. Ima veliku primenu u vojne i civilne svrhe, kod nadzora i praćenja životne sredine, kod naučnih istraživanja. Emituje talas frekvencije radnog opsega C benda. [8]



Slika 24. Sistem je instaliran na bespilotnoj letilici



Slika 25. Dva snimka načinjena ovom tehnologijom (uzeti u razmaku od nekoliko minuta)

4.3. DBSAR

DBSAR je radarski vazdušni sistem razvijen od strane NASA u cilju novih naučnih istraživanja i proučavanja Zemlje. Emituje talas frekvencije radnog opsega L benda. Operativni modovi podrazumevaju SAR i altimeter. DBSAR pruža informacije o vegetaciji, šumama, praćenju kretanja leda, topljenja snega, promeni nivoa mora.. Masa ovog uređaja je oko 106 kg. [9]

Pored ovih senzora postoje još i PAMIR, HUT 2D, ASIRAS, D2P, PARIS i drugi.

5. KOSMIČKI RADARSKI SISTEMI (SATELITSKE MISIJE)

U ovom poglavlju će biti dat prikaz nekoliko satelitskih misija koje su koristile radarski metod registracije terena.

5.1. Terra SAR-X

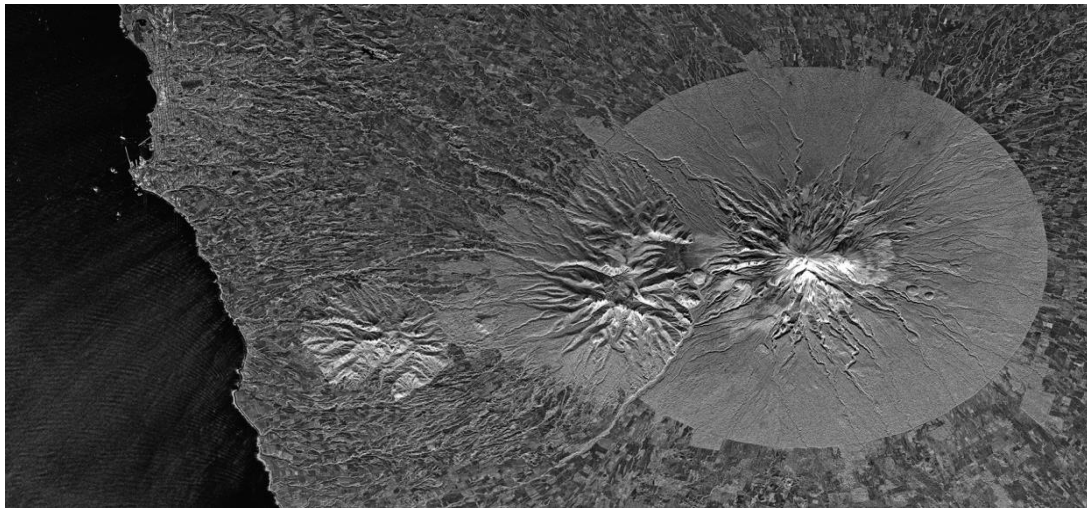
Ovaj satelit je lansiran 15. Juna 2007. godine i njegova namena je radarsko osmatranje Zemlje. Ovaj projekat je realizovan partnerstvom između nemačkog svemirskog centra i kompanije EADS Astrium. [10] TerraSAR-x je operativan u 3 različita moda:

- SpotLight mod, oblast 10 kilometara duga i 10 kilometara široka se snima u rezoluciji 2 metra.

- Postoji i High Resolution SpotLight mod u kome je scena veličine 10km x 5km a rezolucija 1m.
- StripMap mode pokriva oblast 30 km širine, dužine do 1650km u rezoluciji 3-6m. Standardna scena je 30km x 50km.
- ScanSAR mod, 100 kilometara široka traka se snima u rezoluciji od 18m.

TerraSAR-X karakteristike su: [2]

- Dužina satelita: 4.88 m
- Širina satelita: 2.4 m
- Težina satelita: 1230 kg
- Nosivost: oko 400 kg
- Radar frekvencija: 9.65 GHz
- Rezolucija: 1 metar, 3 metra ili 16 metara (u zavisnosti od scene)
- Datum lansiranja: 15 Jun 2007, 4:14 CEST



Slika 26. TerraSARX simak napravljen 2007. godine, planina Egmont, Novi Zeland [18]

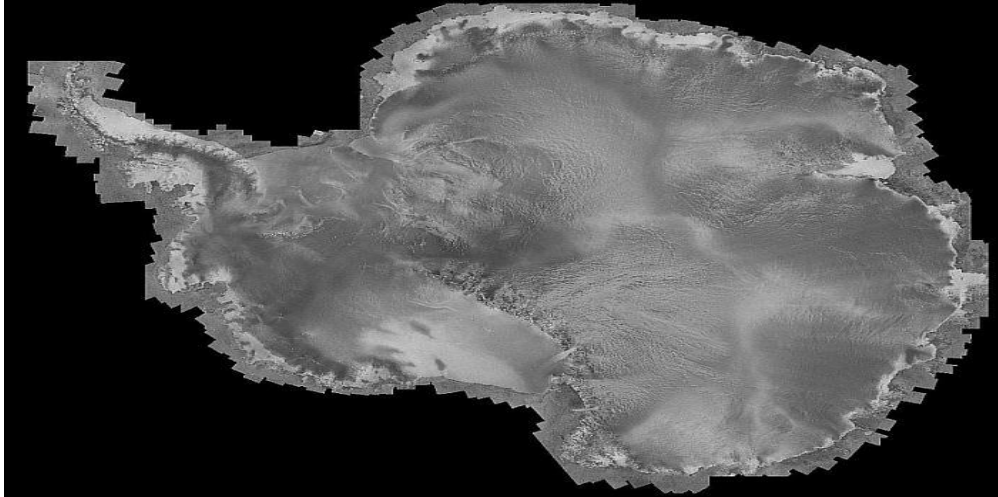
5.2. RadarSAT 1

RadarSAT 1 je prvi kanadski sistem koji je razvijen u komercijalne svrhe sa ciljem praćenja promena na Zemlji. Ovaj pojekat je razvijen uz partnerstvo sa NASA. Dobijeni podaci koriste u raznim oblastima, kao što su: hidrologija, kartografija, poljoprivreda, šumarstvo, okeanografija i dr. Inače, odlukom kanadske svemirske agencije, ovaj satelit zvanično prestaje sa radom 9. Maja 2013. godine zbog nemogućnosti otklanjanja tehničkih problema. Tokom svojih 90 828 obilazaka oko Zemlje, pružio je 625 848 snimaka koji su imali primenu u više od 60 država. Prikupio je informacije o 244 događaja koji su se desili na Zemlji i u mnogome uticali na njenu fizičku promenu. [11]

RadarSAT 1 karakteristike : [2]

- Radar frekvencija: 5.3 GHz, C bend

- Rezolucija: 25 metara
- Polarizacija : HH



Slika 27. Snimak Antartika dobijen sa ovog satelita (snimak dobijen mozaikovanjem) [18]

5.3. RadarSAT 2

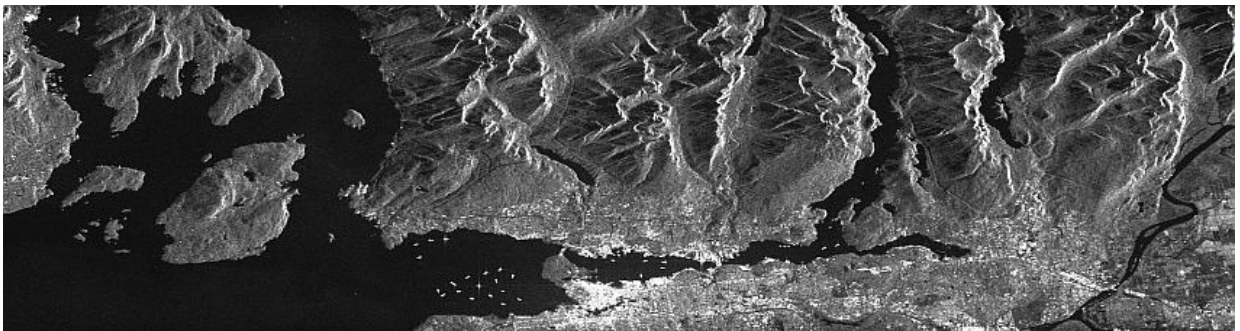
RadarSAT 2 zajednički finansiraju kanadska svemirska agencija i MacDonald Dettwiler Associates. Ova misija je imala za cilj da nastavi kanadski RadarSAT program i da obezbedi kontinuitet podataka korisnika RadarSAT 1.

Ključni prioritet ove misije je da vrši nadgledanje životne sredine, vrši priobalni nadzor i vrši upravljanje prirodnim resursima.

Nakon 7 godina provedenih u Zemljinoj orbiti, 14. Decembra 2014. godine, ovaj satelit zvanično prestaje sa radom. [12]

RadarSAT 2 karakteristike : [2]

- Radar frekvencija: 5.3 GHz , C bend
- Rezolucija: 3 metra
- Polarizacija : HH, VV, HV, Četvorostruka



Slika 28. Snimak Vankuvera dobijen 2013. godine sa ovog satelita

6. KONKRETNA PRIMENA RADARSKE TEHNOLOGIJE (SAR)

U ovom poglavlju će biti prikazana dva konkretna primera primene SAR metode. Prvi primer predstavlja prukupljanje podataka SAR metodom radi izrade DEM vulkana Etna (perspektivni prikaz sa *slike 30*). Na osnovu ovog interferograma sa *slike 29* izradjen je model koji ima vertikalnu tačnost bolju od 10 metara. Ispod DEM-a je dat prikaz konturnih linija. Na slikama ispod su dati prikazi registrovanja zemljotresa ovom metodom i njegovog modelovanja.

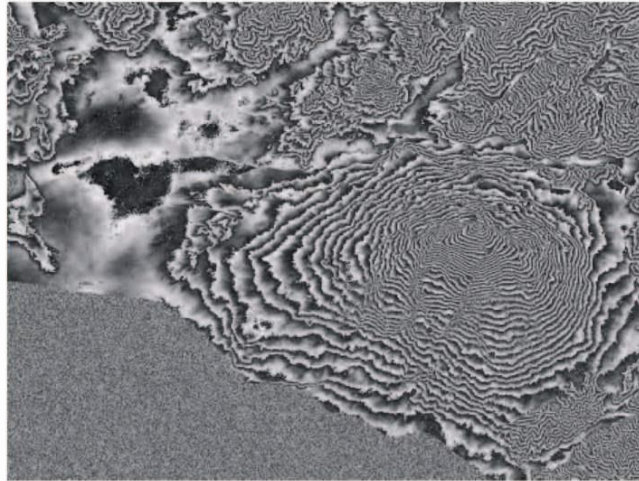


Figure 2-5: Flattened interferogram of Mount Etna generated from ERS tandem pairs. The perpendicular baseline of 115 metres generates an altitude of ambiguity of about 82 metres.

Slika 29. Interferometrijski snimak Planine Etna

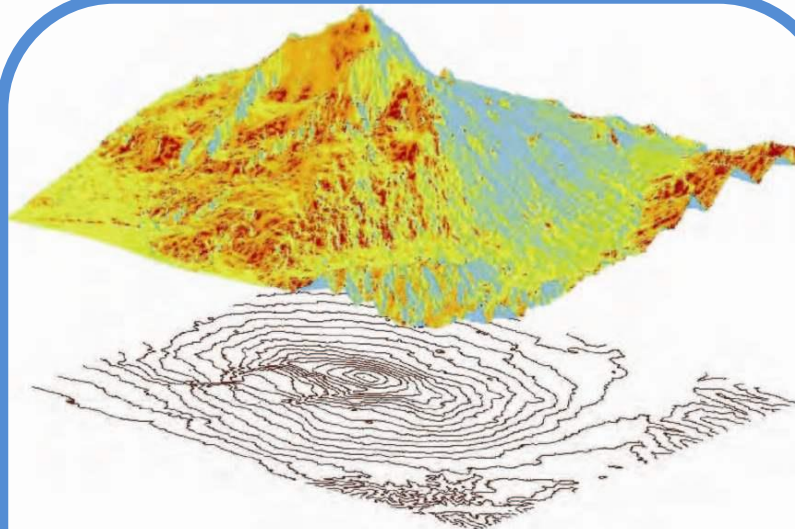


Figure 2-6: Perspective view of Mount Etna as seen from the Northeast. The DEM of Mount Etna has been generated by unwrapping and re-sampling the flattened interferogram of Figure 2-5: The estimated vertical accuracy is better than 10 metres. Contour lines are shown below the DEM.

Slika 30. DEM Planine Etna sa izohipsama ispod dem-a

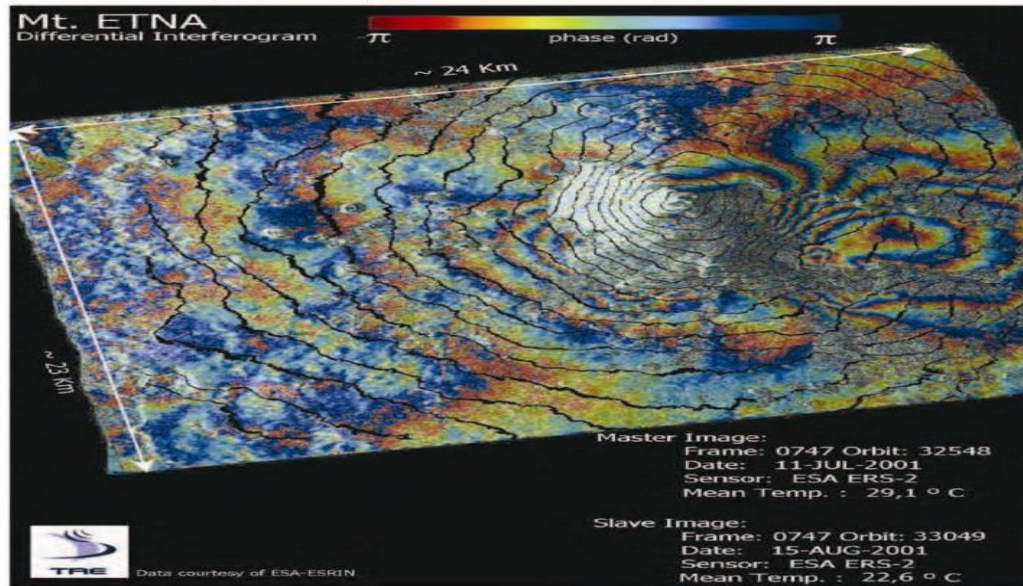


Figure 2-8: The differential interferogram of the Mt Etna eruption that occurred in July 2001. The interferogram has been generated by means of two ERS images taken before (11 July 2001) and after (15 August 2001) the eruption. The topography has been removed by means of an available DEM. Contour lines of the DEM are shown in black.

Slika 31. Interferogram sačinjen od 2 ERS snimka 24x23 km (Erupcija vulkana Etna 2001. godine)

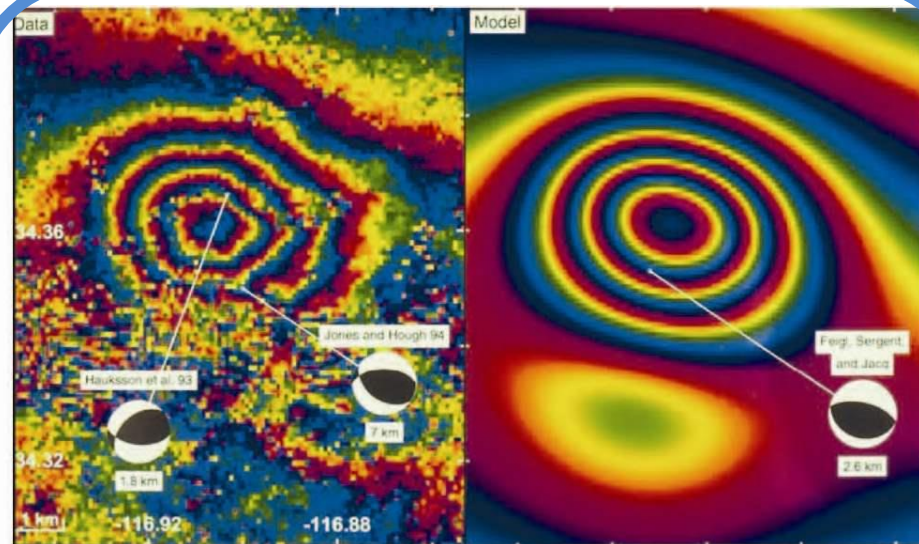


Figure 3-2: Fawnskin earthquake and its modelling

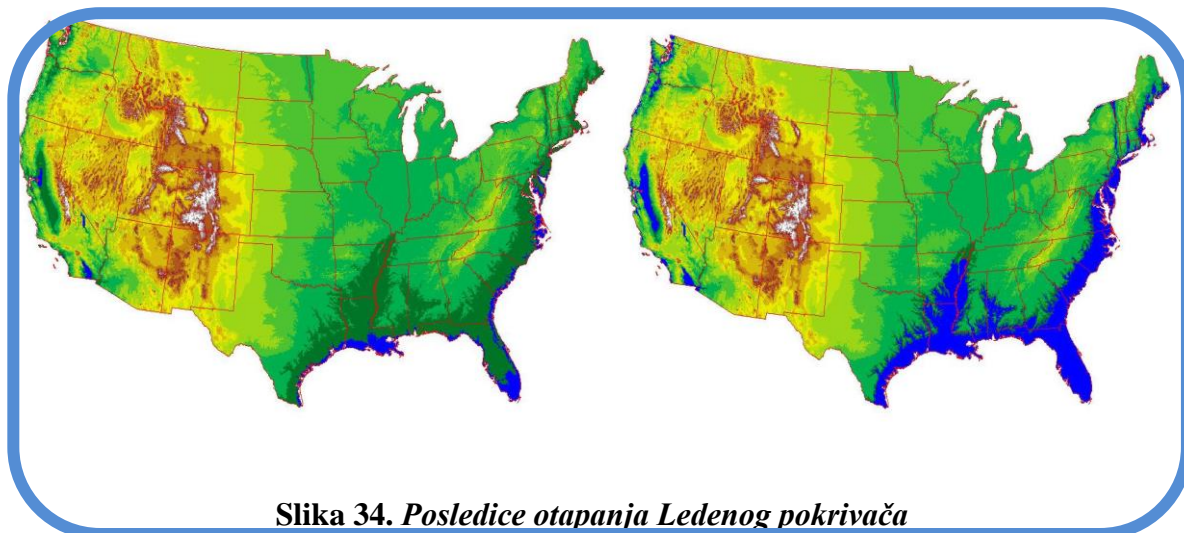
Slika 32. Prikupljeni podaci (levo) i izrađen model potresa (desno)

Drugi primer primene ove metode prikupljanja podataka je kod registrovanja klimatskih promena, odnosno praćenja kretanja i otapanja lednika (primer Antarktiki). U izučavanje su uzeta dva mozaika sklopljena od 2000 SAR snimka iz različitih vremenskih perioda 1997. godine i 2000. godine. Snimci su dobijeni sa RADARSAT 1 platforme. Istraživanjem se došlo do podataka da je debljina ledenog pokrivača u proseku 2500m, dok je maksimalna zabeležena debljina 4500m. Ispod leda se nalaze rezervoari sa svežom vodom i vrednosti procentualno iznose 80% na istočnom Antarktiku, 11% na zapadnom Antarktiku i 7% na Grenlandu.



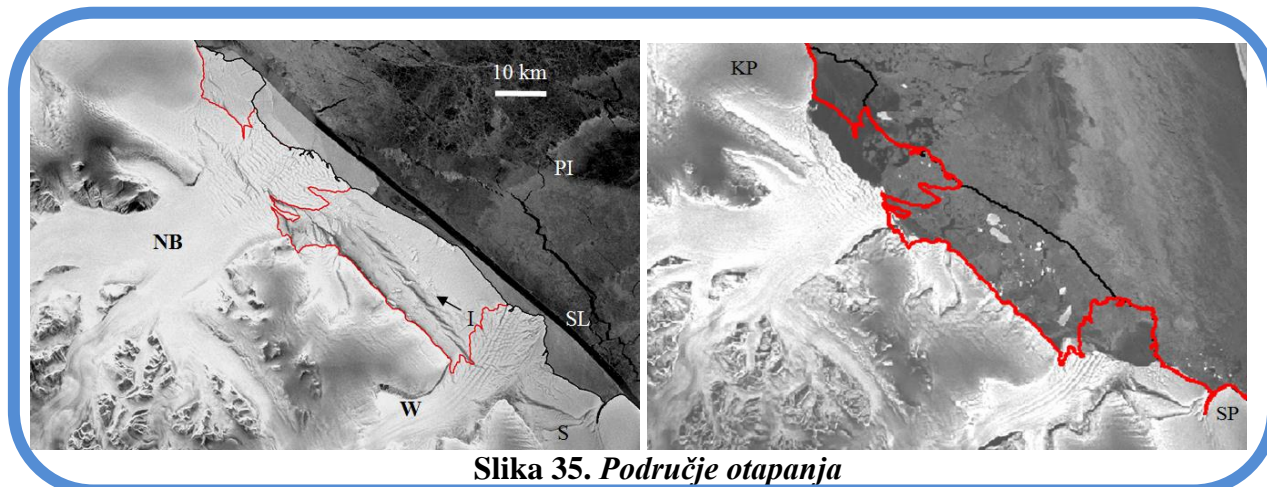
Slika 33. Ledeni pokrivač Antarktika

Od 1963. do 1997. godine ledeni pokrivač se smanjio za 0,8%.



Slika 34. Posledice otapanja Ledenog pokrivača

Samo u ovom području jugoistočnog Antarktika, za 3 godine površina leda se smanjila za 3500 kilometara kvadratnih.



Slika 35. Područje otapanja

Ovom tehnologijom je izmerena temperatura svakog dela glečera i kao što se vidi sa slike, sa približavanjem tački severnog pola (crna tačka) temperatura ima najmanju vrednost (tamno plava boja) dok je na krajevima glečera temperatura u porastu (crvenkasta boja) .

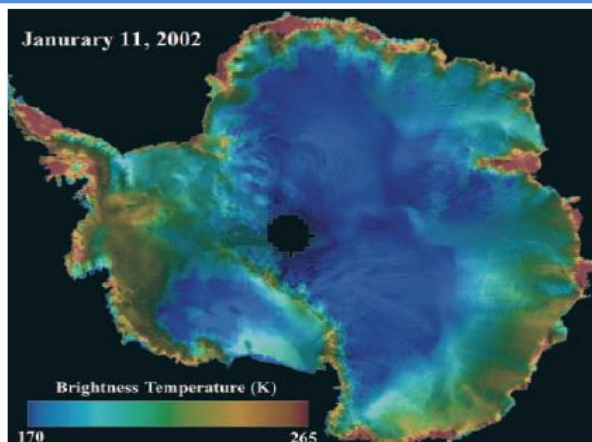
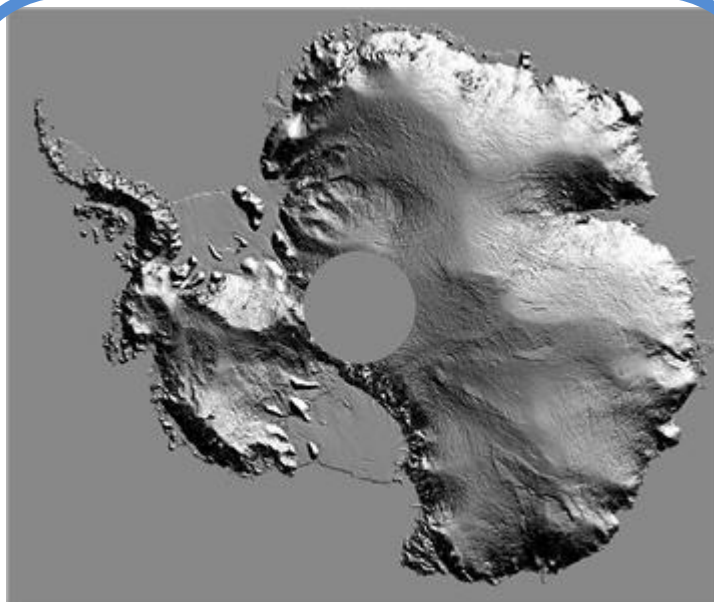


Figure 6. Brightness temperature of the 19 GHz channel over the Antarctic ice sheet on 11 January 2002 draped on a SAR image mosaic. The black hole around the South Pole indicates an area where no passive microwave data are available.

Slika 36. Temperatura lednika registrovana ovom tehnologijom



Slika 37. Izraden DEM Antarktika

7. ZAKLJUČAK

Radarska tehnologija spada u sam vrh geodetskog inženjeringa. Na tačnost merenja SAR metodom utiču 3 parametra: tačnost određivanja faze radarskih signala, tačnost određivanja položaja letelice i vremenski uslovi. Određenim istraživanjima se došlo do podataka da je tačnost dobijenih digitalnih modela terena klasičnim radarskim metodama oko 10m u horizontalnom i nekoliko metara u vertikalnom smislu. Kada je reč o SAR metodi, tačnost modela dobijenih ovom metodom se kreće od pola cm [19]. Kod DMT-a dobijenog InSAR metodom tačnost u horizontalnom smislu iznosi 2.5m.

Ova tehnologija je u prednosti u odnosu na ostale zbog toga što premer terena ne zavisi od vremenskih uslova, jer kao što je poznato, radarski snimci prolaze kroz oblake, maglu što za druge tehnologije predstavlja problem kod snimanja.

Kod mapiranja ogromnih površina, klasični geodetski premer nije primenljiv. Radarskom tehnologijom je moguće izvršiti mapiranje velikih i nepristupačnih delova Zemljine površine, u roku od nekoliko dana.

Podaci koji su dobijeni ovom tehnologijom snimanja imaju široku primenu u različitim naučno istraživačkim oblastima. Pravovremene informacije dobijene ovom tehnologijom mogu biti od velikog značaja kod sprečavanja nekih negativnih posledica (npr. zaštita od šumskih požara). Kao i ostale tehnologije, tako je i ova tehnologija u stalnom razvoju. Razvoj ove tehnologije se ogleda u poboljšanju rezolucije (kao što se vidi kod RadarSAT 1 je prvobitna rezolucija bila 25m, dok je kod RadarSAT 2 povećana rezolucija na 3m), smanjenju vremenske isporuke snimaka i dr.

SPISAK SLIKA:

- Slika 1. *Avionski i kosmički radarski sistem*
- Slika 2. *Regioni talasnih dužina elektromagnetnog zračenja*
- Slika 3. *Registrowanje reflektovane energije- EHO*
- Slika 4. *Opsezi talasnih dužina*
- Slika 5. *Snimak terena dobijen SLAR metodom*
- Slika 6. *Princip radarskog snimanja sa bočnim zahvatom*
- Slika 7. *Intenzitet refleksije za određene površine*
- Slika 8. *Prikaz radarskog sistema sa stvarnom antenom (SAR)*
- Slika 9. *Isto područje prikazano radarskim snimcima različitih rezolucija*
- Slika 10. *Princip rada radara sa sintetičkom antenom (SAR)*
- Slika 11. *Princip formiranja veštačke antene*
- Slika 12. *Prvi SAR snimak 1957. godine*
- Slika 13. *SAR snimak načinjen u rezoluciji 4 inča*
- Slika 14. *Nasina letilica za SAR snimke terena*
- Slika 15. *Proces dobijanja InSAR snimka terena*
- Slika 16. *Amplitudni (levo) i fazni (desno) snimak povratnog signala*
- Slika 17. *Horizontalna i vertikalna polarizacija*
- Slika 18. *Horizontalna ,vertikalna i cirkularna polarizacija*
- Slika 19. *Snimci dobijeni različitim kombinacijama polarizacije*
- Slika 20. *Prikaz objekata u kosoj projekciji*
- Slika 21. *Efekat radarske renke i posledica na snimku*
- Slika 22. *Efekat suženja i posledica na snimku*
- Slika 23. *Efekat preklapanja i posledica na snimku*
- Slika 24. *Sistem je instaliran na bespilotnoj letilici*
- Slika 25. *Dva snimka načinjena ovom tehnologijom (uzeti u razmaku od nekoliko minuta)*
- Slika 26. *TerraSARX simak napravljen 2007. godine, planina Egmont, Novi Zeland*
- Slika 27. *Snimak Antartika dobijen sa ovog satelita (snimak dobijen mozaikovanjem)*
- Slika 28. *Snimak Vankuvera dobijen 2013. godine sa ovog satelita*
- Slika 29. *Interferometrijski snimak Planine Etna*
- Slika 30. *DEM Planine Etna sa izohipsama ispod dem-a*
- Slika 31. *Interferogram sačinjen od 2 ERS snimka 24x23 km (Erupcija vulkana Etna 2001. godine)*
- Slika 32. *Prikupljeni podaci (levo) i izrađen model potresa (desno)*
- Slika 33. *Ledeni pokrivač Antarktika*
- Slika 34. *Posledice otapanja Ledenog pokrivača*
- Slika 35. *Područje otapanja*
- Slika 36. *Temperatura lednika registrovana ovom tehnologijom*
- Slika 37. *Izrađen DEM Antarktika*

REFERENCE:

- [1] „*Fundamentals of radar imaging*“, MARGARET CHENEY Rensselaer Polytechnic Institute Troy, New York , BRETT BORDEN The Naval Postgraduate School Monterey, California
- [2] Prezentacije "*Daljinska detekcija i računarska obrada slike*" prof. dr. Miro Govedarica, Fakultet tehničkih nauka
- [3] Slajdovi sa predavanja „*Fotogrametrija i daljinska detekcija 1 - Osnovni pojmovi daljinske detekcije*“, Univerzitet u Beogradu
<http://147.91.21.108/f1/Predavanja/Fotogrametrija%20i%20daljinska%20detekcija%201%20-%20Osnovni%20pojmovi%20daljinske%20detekcije.pdf>
- [4] <http://sr.wikipedia.org/sr/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D1%80>
- [5] <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9567>
- [6] <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9325>
- [7] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/airborne-sensors/ecosar>
- [8] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/airborne-sensors/microasar>
- [9] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/airborne-sensors/dbsar>
- [10] <http://en.wikipedia.org/wiki/TerraSAR-X>
- [11] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/radarsat-1>
- [12] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/r/radarsat-2>
- [13] „*Radar interactions with geologic surfaces*“, Tom G. Farr
- [14] „*Radar Technology Encyclopedia (Electronic Edition)*“, David K. Barton, Sergey A. Leonov , Artech House Boston-London
- [15] http://www.whrc.org/education/rwanda/pdf/Walker_SAR_Veg_Mapping.pdf
- [16] <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/geodetic-techniques/interferometric-synthetic-aperture-radar>
- [17] Slike su preuzete iz prezentacija koje se nalaze na sajtu:
<http://www.powershow.com/search/presentations/all>
- [18] http://www.geoairbusds.com/files/pmedia/public/r15796_9_eij_radarimagery_finalarticle.pdf
- [19] „*Primena InSAR tehnologije u postupku detekcije pomeranja terena*“, Vladimir Bulatović, Toša Ninkov, Zoran Sušić