

SAR

– teori og anvendelse i geologien

Af geolog Tonny B. Thomsen, *GeologiskNyt*

SAR er en teknologi, som i de senere år anvendes mere og mere indenfor bl.a. geovidenskaben. Men hvad er SAR, og hvordan anvendes SAR i geologien? Artiklen giver en introduktion til SAR fjernmåling - en teknologi, som er inde i en kraftig udvikling.

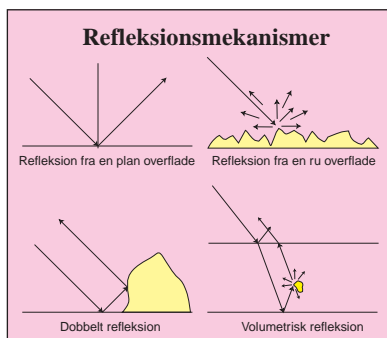
Indenfor fjernmåling er Synthetic Aperture Radar (SAR) en teknologi, som benyttes mere og mere i geologien. Det skyldes især SAR-metodens evne til at kortlægge store landområder præcist i løbet af relativt kort tid.

Lidt historie

Det var det amerikanske militær, som udviklede SAR-teknologien tilbage i 50'erne og 60'erne. Men på trods af, at systemet blev kommercielt til rådighed i 1969, er det først for nylig, at teknologien har slået rigtigt an inden for geovidenskaben. SAR bruges først og fremmest til at overvåge og identificere ændringer af Jordens overflade, men er også blevet brugt til mere fjernliggende projekter, f.eks. i forbindelse med Magellan missionen for at få et billede af Venus' overflade. Rent faktisk er Venus bedre kortlagt via SAR end Jorden.

Indsamling af data

SAR-instrumenter er monteret i enten satellitter i kredsløb omkring Jorden eller på fly. I SAR fjernmåling anvender man radiobølger med bølgelængder på 0,1-1 meter til at fremstille billeder med en meget



Refleksionsmekanismer. Konstruktion af SAR-billeder er afhængig af hvordan radiobølgerne reflekteres fra Jordens overflade. (Grafik: TBT)

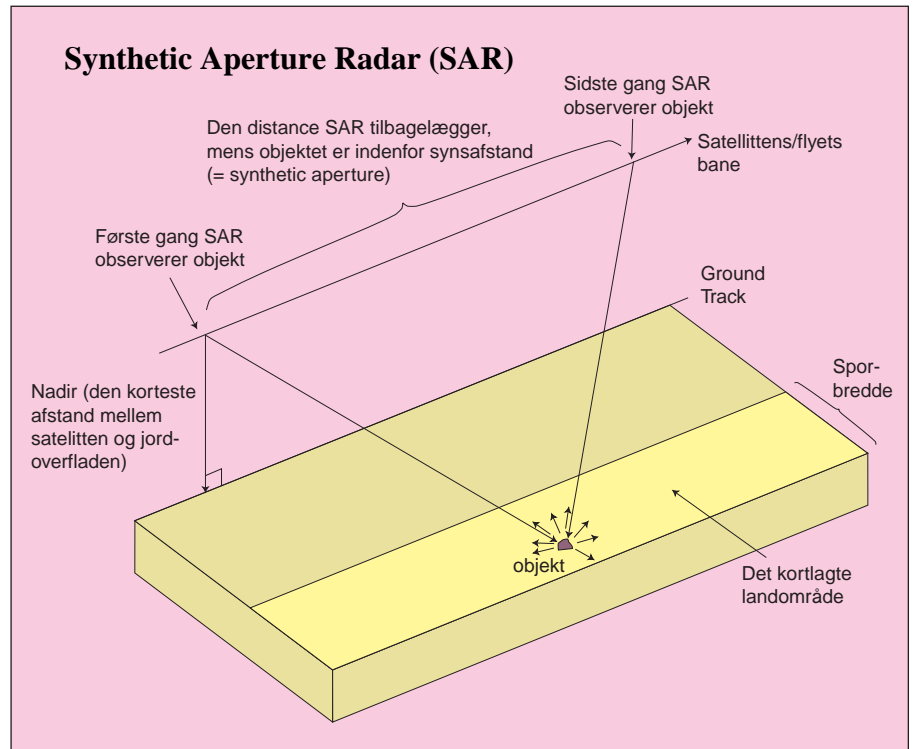


Illustration af hvordan SAR fjernmåling fungerer. Når objektet kommer inden for synsafstand, begynder dataindsamlingen. Sporbredden er i forbindelse med satellitter typisk 100 km og noget mindre for flybårne SAR. (Grafik: TBT)

høj opløsning af Jordens overflade. Radiobølgerne udsendes og opsamles via en antenne. Længden af antennen, kaldet aperture, er afgørende for fokuseringen af stråleintensiteten. Med andre ord så udsender en lang antenne en smal stråle, mens en kort udsender en bred stråle. Generelt siger man, at jo større antennen er, desto mere information kan der indhentes for hver enkelt objekt i det kortlagte område. Og med mere information er det muligt at producere billeder med en højere opløselighed. Store antenner er utroligt dyre, og man udnytter derfor satellittens eller flyets bevægelse hen over et landområde til at simulere en større antenne end den, der er monteret i satellitten/flyet.

Teorien bag SAR

Figurene viser, hvordan SAR fjernmåling fungerer. Fra en radarsatellit, dvs. en satellit som udsender radiobølger, eller et fly udsendes der radiobølger ned over et landområde, der er parallelt med satellittens eller flyets bane. En lille del af radiobølgerne bliver reflekteret tilbage mod satellit-

ten. Man måler så, hvor kraftigt signalet reflekteres, dvs. intensiteten af det returnerede signal. Intensiteten er derfor et udtryk for overfladens ruhed og evne til at reflektere radiobølgerne, hvilket er afhængigt af, hvad radiobølgerne rammer på jordoverfladen. Kraftig refleksion, f.eks. fra den ene side af en bjergvæg, medfører en høj intensitet. Dette ses typisk som meget lyse områder på et SAR-billede. Skjulte dele af bjerget optræder mørke pga. ingen eller dårlig refleksion og dermed lav intensitet.

Man beregner også fasen, der giver informationer om afstanden mellem antennen og jordoverfladen. I den nye InSAR-teknik (SAR Interferometry), som er beskrevet i *GeologiskNyt* 1/99, er det netop fasens afstandsinformation fra to billeder optaget på forskellige tidspunkter, man udnytter til at kortlægge meget små bevægelser af jordskorpen. Det er f.eks. forskydninger i forbindelse med vulkanisme og jordskælv eller isbevægelseshastigheder af iskapper.

Opløselighed og pixel spacing

I løbet af den tid det tager for en satellit at

passere over et objekt, udsender og opsamler SAR hundredevis af impulser for hver enkelt pixel. En pixel er det mindste område, der kan kortlægges. Dette varierer en del, afhængigt af hvilken SAR-metode man anvender. Udfra beregninger af intensiteten og faserne for hver pixel kan man så konstruere et SAR-billede af jordoverfladen.

Ved et SAR-billedes opløsning forstås det mindste objekt, der kan identificeres. Opløsningen bestemmes ud over pixel-størrelsen bl.a. også af hvilke bølgelængder, der anvendes. Længere bølgelængder er gode til at identificere større strukturer, mens kortere bølgelængder er i stand til at opfange flere detaljer - men også mere støj. Størrelsen af de strukturerne man vil være i stand til at se, varierer derfor alt efter bølgelængden fra få cm til flere meter. Via ERS-1-satellitens SAR kan man f.eks. fremstille SAR-billeder med en opløsning på 30 meter ud fra en pixel-afstand på 12,5 meter. Dvs. at hver pixel repræsenterer et område på 12,5x12,5 meter, og man kan erkende objekter på 30 meter eller større.

Udover antenestørrelsen og bølgelængden er brugen af SAR afhængig af en række andre faktorer, hvoraf de vigtigste er polarisering, den rumlige opløsning, observationsretningen, indfaldsvinklen, sporbredden og billedprocesseringsdybden.

Signalprocessing

Det, der dog først og fremmest adskiller SAR-systemer fra ordinære radarsystemer, er signalprocessingen.

Det betyder, at hvert enkelt punkt på jordoverfladen rammes mange gange, f.eks. 500, i løbet af satellittens overflyvningstid. Det vil sige, at der for hver impuls udsendt i løbet af overflyvningstiden opsamles data fra 500 forskellige punkter, og hver enkelt punkt bliver derfor registreret 500 gange, hver gang med en forskellig fase for hver enkelt radiobølge-impuls udsendt fra radar-satellitten. Da radarsatellitten bevæger sig, ændres faserne med satellittens lokalisering under overflyvningen. På den måde opsamles der en enorm mængde data, og processeringen kræver derfor også meget kraftige computere.

Fordele og ulemper

Brugen af radiobølger betyder, at SAR er uafhængig af sollys og vejrforhold. SAR kan derfor anvendes alle døgnet 24 timer, og påvirkes ikke i nævneværdig grad af hverken skydække eller storm. Desuden er SAR i stand til at opfatte objekter til siderne, hvor f.eks. optiske sensorer typisk kun registrerer objekter lige under dem.

SAR er dog hverken bedre eller ringere end andre satellitmetoder, som anvendes, da det helt afhænger af formålet med den pågældende opgave. Eksempelvis er SAR bedre til at afbilde flydemønstret i større områder som f.eks. iskalotter, mens GPS er i stand til at måle med større vertikal præcision for specifikke målepunkter f.eks. ved kotesætning af grundvandsboringer. Den store mængde information kan desuden være temmelig u håndterlig, hvilket gør analysen af SAR-satellitbilleder meget kompliceret

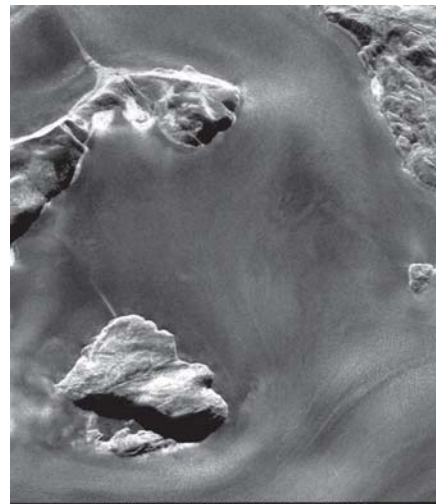
Anvendelsen af SAR i geologien

SAR-metodens evne til bestemme meget præcise afstande uafhængigt af sollys og vejrforhold udnyttes på forskellig vis til en række opgaver, herunder geologiske. Det er f.eks. i forbindelse med:

- deformation af jordoverfladen
- havisovervågning
- gletscherovervågning
- havbølgeovervågning
- kystovervågning (erosion, aflejring m.v.)
- katastrofeovervågning (oversvømmelse, vulkanudbrud, olieudslip o.l.)

Desuden bruges SAR til topografisk kortlægning, byplanlægning, høstprognoser samt kortlægning af skovdækker.

I Danmark har Dansk Center for Telemåling (DCRS), DTU udviklet den flybårne EMISAR-metode, som kombinerer flere forskellige bølgelængder og polarisationer på en gang. På den måde får man flere informationer for det enkelte objekt, og dermed mulighed for en mere nøjagtig fortolkning. Med EMISAR er det muligt at opnå en opløsning på 2x2 meter i et spor på 10-12 km's bredde. EMISAR-metoden er desuden beskrevet i *GeologiskNyt* 1/98.



EMISAR-billede af klippetoppe i gletscheren på Frederikshåb Isblink. (Udlånt af Dansk Center for Telemåling, DTU)

På Island anvendes den mere og mere populære InSAR-metode til at måle jordskorpebevægelser i cm-skala relateret til pladespredning. InSAR er også benyttet i Danmark til undersøgelser af sedimenttransporten i Råbjerg Mile. Desuden er InSAR brugt i Nordøstgrønland til studier af isdynamikken for gletchere.

SAR-satellitter

Den første radarsatellit var den amerikanske SEASAT i 1978, som blev benyttet til hav- og havisovervågning. I dag er der 6 satellitter, der indeholder SAR-instrumenter. To af disse er europæiske: ERS-1 og ERS-2, som begge kontrolleres af det Europæiske Rumagentur. SAR findes desuden ombord på den canadiske satellit RADARSAT-1, de japanske JELS-1 og ALOS samt den russiske Almaz-1 satellit.

Fremtiden

SAR-teknologien er inde i en markant udvikling. Succesen med satellit-baserede SAR-målinger har da også medført, at der planlægges yderligere opsætning af SAR-instrumenter i kommende satellitter. SAR er en metode, som i fremtiden sikkert vil blive en integreret del af geologien. ■

Dansk Geofysik arbejder med vand....

- Kortlægning af grundvandsressourcer
- Kildepladsundersøgelser
- Risikoanalyser
- Sporing af forureningskilder
- Opstilling af grundvandsmodeller
- Kortlægning af nedgravede tankanlæg og rør
- Kortlægning af råstoffer

Dansk Geofysik

Kortlægning og rådgivning

Dansk Geofysik A/S
Forskerparken
Gustav Wieds Vej 10
DK-8000 Århus C

Tel. +45 86 20 20 00
Fax. +45 86 20 97 88
E-mail: dg@geofysik.dk
Web: www.geofysik.dk