

Frie data om terrænbevægelser – nu for hele Europa

Af Joanna Balasis-Levinsen, Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur

Abstract

I 2022 lanceredes en paneuropæisk tjeneste til kortlægning af terrænbevægelser, European Ground Motion Service (EGMS). Tjenesten baseres på radarbilleder fra Sentinel-1-satellitten, og data beskriver bevægelsen af primær infrastruktur såsom bygninger, banelegemer, broer, havneanlæg og veje. Viden om disse horisontale og vertikale bevægelser kan bidrage til et bedre beslutningsoplæg til f.eks. dimensionering og placering af anlæg og infrastruktur til klimatilpasning, som ofte går på tværs af administrative grænser.

EGMS drives af Det Europæiske Miljøagentur (EEA) i regi af EU's jordobservationsprogram, Copernicus. Den første beregning baseres på Sentinel-1-billeder fra 2015-2020, mens tre-årige opdateringer vil blive publiceret frem til 2024.

EEA stiller data, brugervejledninger og tekniske rapporter om EGMS frit til rådighed. Desuden arrangeres bl.a. workshops, hvor interesserede brugere kan introduceres til data og konkrete anvendelser.

Keywords: Satellitdata, GIS-analyser, klimatilpasning, infrastruktur, bygge & anlæg

1. Satellitbaserede terrænbevægelser

Terrænet i Danmark såvel som i resten af verden hæver og sætter sig over tid. For vigtig infrastruktur såsom broer, diger, veje og bygninger medfører dette en risiko for, at disse ødelægges, placeres fejlagtigt eller dimensioneres forkert. Dette er både dyrt og øger f.eks. risikoen for oversvømmelser, såfremt et dige ikke er dimensioneret korrekt. Over tid kan selv små, årlige bevægelser nemlig få stor betydning.

Det nødvendiggør kortlægning af terrænbevægelser. Det kan gøres med satellit og konkret med teknikken, Syntetisk Apertur-Radar Interferometri (InSAR). Denne danner fundamentet for EGMS.

Anvendelsespotentialerne med InSAR-data er talrige. Eksempler er givet i tabel 1.

Temaområde	Kan anvendes til monitorering af:
Lineær infrastruktur	Banelegeme
Lokal infrastruktur	Hus, bro, havn
Mineindustri	Mine
Energisektor	Gasfelt, saltudvinding
Geohazards	Land-/ jordskred
Seismik og tektonik	Jordskælvsramt område
Kulturarv	Hammershus, slotte, herregårde
Arealforvaltning	Byplanlægning

Tabel 1: Eksempler på elementer, hvis bevægelse kan monitoreres med InSAR-data.

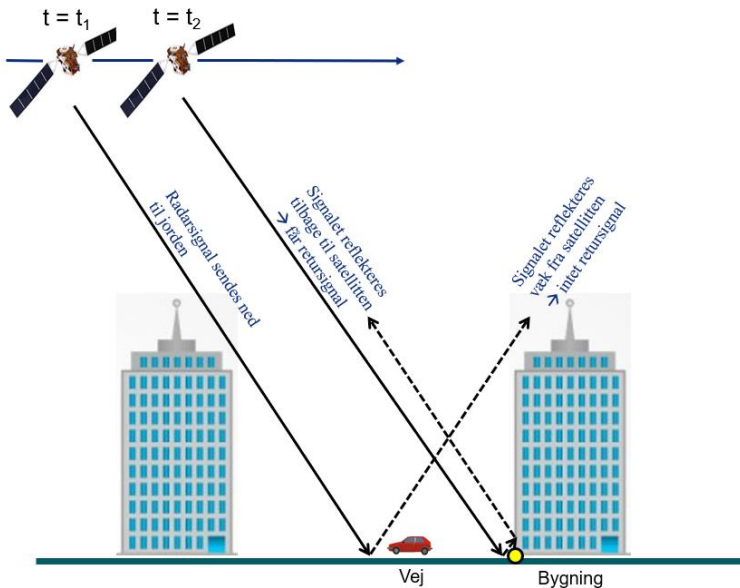
Således er primære anvendere typisk:

- Offentlige institutioner på kommunalt, regionalt, nationalt og europæisk niveau
- Bane-, vej- og mine-myndigheder
- Geodætiske og geologiske undersøgelser
- Den private sektor (bygge & anlæg, ingeniører, olie og gas, forsikring, mm.)
- Universiteter
- Privatpersoner

I Danmark har vi længe arbejdet med InSAR-data, og anvendelser tæller bl.a. monitorering af infrastruktur og landskred samt klimatilpasning.

1.1 Teknik

InSAR fungerer ved, at en radarsatellit tager et billede af jordoverfladen. Den del af signalet, der reflekteres tilbage til satellitten, bruges til at måle, hvor længe signalet er undervejs (se figur 1). Dermed fås bl.a. information om punktets overfladehøjde. Med gentagne målinger over samme punkt, uge efter uge, fås en tidsserie med ensartet information. Dermed kan punktets eventuelle bevægelse i den mellemliggende periode beregnes. Med lange tidsserier kan det gøres med mm-nøjagtighed (Ferretti et al, 2007).



Figur 1: Princippet bag InSAR: Den reflekterede del af et satellitsignal anvendes til at beregne bevægelsen af de punkter på jordoverfladen, signalet rammer. Idet radarbilleder tages med en vinkel i forhold til lodret, fås udelukkende målinger fra punkter, der danner en vinkel med overfladen. Modificeret fra: Matthew Garthwaite, Geoscience Australia (2017).

En specifik InSAR-beregningsteknik er "Persistent Scatterer Interferometry", PSI (Ferretti et al, 2011). Denne er anvendt til EGMS (EEA, 2021) og angiver bevægelsen af punkter på jordoverfladen, der danner en vinkel med lodret samt sender et kontinuerligt og kraftigt retursignal til satellitten. Dette gælder primært bebyggede arealer såsom større, menneskeskabte infrastrukturer, men også overflader såsom større sten og grundfjeld. Det gælder dog ikke punkter, som flytter sig eller ændrer sig meget over tid, såsom transportmidler og vegetation. Disse vil satellitten ikke se som stabile objekter i en tidsserie af satellitbilleder.

En radarsatellit kan tage billeder igennem hele sit kredsløb omkring Jorden, dvs. både, når den er i et stigende kredsløb fra syd til nord, samt i et faldende kredsløb fra nord til syd. De optagede billeder inddeles i hhv. "ascending" og "descending" satellitspor.

Grundet det polare kredsløb, og fordi billeder tages ud til højre for satellittens flyveretning, kan målepunkters bevægelse blot bestemmes i retningerne op/ned og øst/vest.

For yderligere information om InSAR, beregningsteknikker, anvendelser med InSAR-data, samt referencer til yderligere information, se venligst (SDFI 2021).

2. EGMS

EGMS baseres på satellitbilleder fra Sentinel-1 (ESA 2022). Den blev opsendt i 2014 og sikrer flere, ugentlige billedoptagelser i hvert fald indtil 2035. Der arbejdes dog på follow-on-missioner, hvilket danner grobund for årtier lange, kontinuerte tidsserier.

EGMS giver fri og åben adgang til ensartede og uafhængige data om terrænbevægelsen i Copernicus' medlemslande, dvs. EU-landene samt Storbritannien, Island og Norge. Således er samme beregningsteknik anvendt på tværs af kontinentet, hvilket giver mulighed for analyser på tværs af lokale, regionale og nationale grænser.

Data kan visualiseres og downloades via web-tjenesten <https://egms.land.copernicus.eu>. Information om EGMS kan findes her: <https://land.copernicus.eu/pan-european/european-ground-motion-service>. Det gælder bl.a. en introduktion til data og web-tjenesten, en brugermanual og FAQ og tekniske rapporter. Specifikationerne findes i (EEA 2022).

For at understøtte anvendelser af EGMS-data vil tjenesten blive fulgt op med løbende nyhedsbreve, use cases, webinarer, workshops samt indsamling af brugerfeedback til løbende forbedring af tjenesten.

2.1 Data

EGMS vil levere tidsserier i tre forskellige produkter: Level 2a, 2b og 3 (se tabel 2).

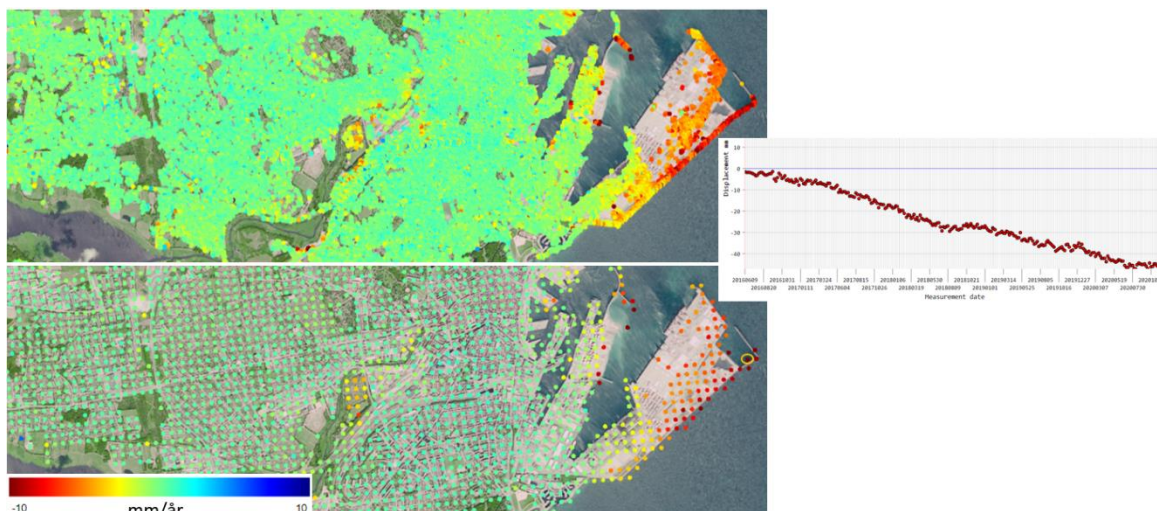
	Level 2a	Level 2b	Level 3
Navn	Basic	Calibrated	Ortho
Om datasættet	Line-of-sight-hastigheder. Angives pr. satellitspor.	Line-of-sight-hastigheder justeret i forhold til bevægelsen af GNSS-data. Angives pr. satellitspor.	Kombination af alle Level 2b-data i én beregning.
Om bevægelsen	Set fra satellitten, hvis signal danner en vinkel med lodret (figur 1).	Som for Level 2a	Op/ned Øst/vest
Rumlig opløsning	5 x 20 m	5 x 20 m	100 x 100 m
Referenceramme	ETRS89	ETRS89 (ETRF2000)	ETRS89 (ETRF2000)
Tidslig reference, første beregning	2015 – 2020	2015 – 2020	2016 - 2020
Anbefalet anvendelse	Ekspertbrug	Almindeligt brug	Støtte i andre analyser
Dataadgang	Arkiv	Web-tjeneste	Web-tjeneste

Tabel 2: EGMS indeholder tre produkter med tidsserier over målepunkters bevægelse.

De to førstnævnte produkter angiver bevægelsen af målepunkter i hhv. ascending og descending satellitspor. Sidstnævnte produkt kombinerer Level 2b-data i én beregning og angiver hhv. vertikale (op/ned) og horisontale (øst/vest) bevægelser i et grid.

Level 2a-bevægelsernes er givet relativt til en lokal reference i datasættet, hvis hastighed er sat til 0 mm/år; dette er typisk det mest stabile punkt på jordoverfladen set fra satellitten. Idet man ikke ved, hvad punktet repræsenterer i den fysiske verden, er tillige dannet Level 2b-produktet. Her er bevægelserne fra Level 2a "rykket på plads" i forhold til dem fra et netværk af permanente GNSS-stationer fordelt udover Europa. GNSS-hastighederne er interpoleret til et grid, og vha. en kalibrering matcher Level 2b-hastighederne så vidt muligt GNSS-hastighederne i sammenfaldende målepunkter. Dette giver absolutte bevægelser givet i forhold til en kendt referenceramme (EEA 2021b).

I figur 2 ses et eksempel på EGMS-data over Aarhus.



Figur 2: Level 2b- (top) og Level 3-data (bund) over Aarhus. Førstnævnte stammer fra satellitsporet 139D. Dele af havnen sætter sig, mens midtbyen generelt er stabil med mindre, sættningsramte områder.

Til højre ses tidsserien for Level 3-punktet markeret med en cirkel; hver prik på kurven repræsenterer en satellitmåling og udviklingen punktets bevægelse i mm over tid. Fra 2015 – 2020 har punktet sat sig med 10.7 mm/år, dvs. i alt 45.7 mm (ref.: <https://egms.land.copernicus.eu>).

3. Referencer

EEA (2021a). *Algorithm Theoretical Basis Document*. Vers. 1.0. Link: <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/egms-algorithm-theoretical-basis-document> [tilgået d. 26. okt. 2022]

EEA (2021b). *GNSS calibration report*. Vers. 1.0. Link: <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/egms-gnss-calibration-report> [tilgået d. 26. okt. 2022]

EEA (2022). *Product Description and Format Specification*. Vers. 1.0. Link: <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/egms-product-description-document> [tilgået d. 26. okt. 2022]

ESA (2022). *Sentinel-1*. Link: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-1> [tilgået d. 25. okt. 2022]

Ferretti, A., C. Prati, og F. Rocca (2001). *Permanent Scatterers in SAR Interferometry*. IEEE Trans. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39, 8–20. doi:10.1109/36.898661

Ferretti, A., G. Savio, R. Barzaghi, A. Borghi, S. Musazzi, F. Novali, C. Prati og F. Rocca (2007). *Submillimeter accuracy of InSAR time series: Experimental validation*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 45(5), pp.1142-1153.

SDFI (2021). *Introduktion til kortlægning af landbevægelser fra satellit*. Link: https://sdfi.dk/Media/637600488590554048/Introduktion%20til%20kortl%C3%A6gning%20af%20landbev%C3%A6gelser%20fra%20satellit_web2021.pdf [tilgået d. 25. okt. 2022]