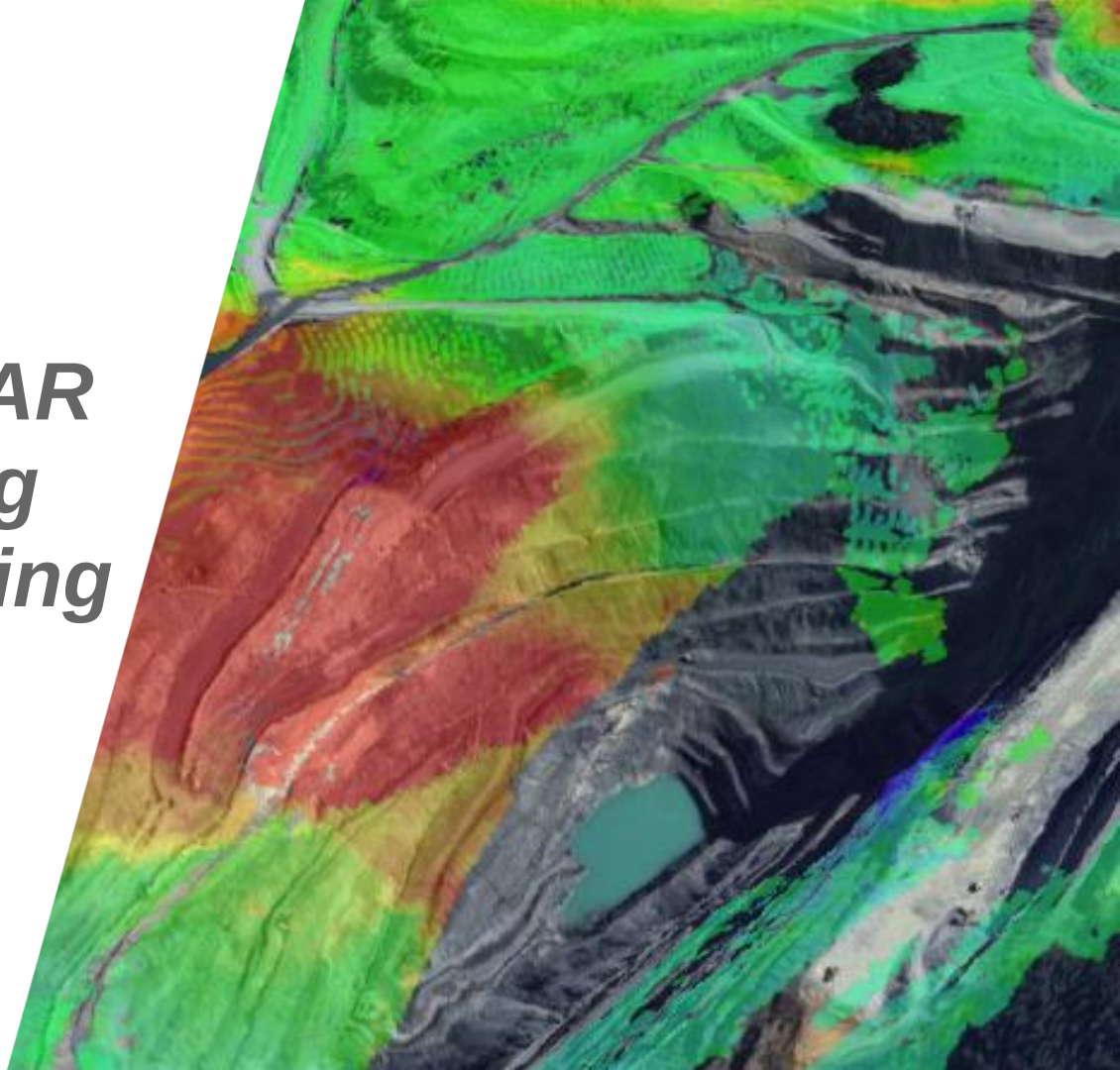
Applications of InSAR Monitoring in Mining Operations - Reducing Geotechnical Risk

Iason Gkikas M.Sc.

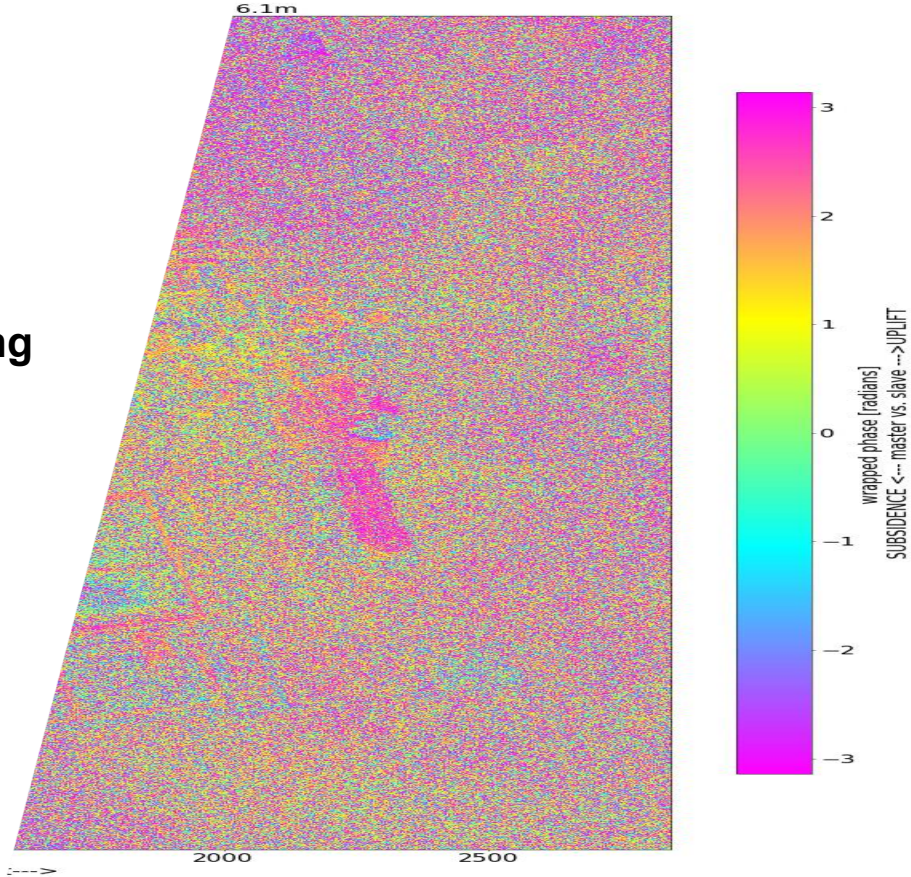
Jennifer Scoular PhD



Εισαγωγή

Τι θα συζητήσουμε

- **InSAR - Βασικές Αρχές**
- **Εφαρμογές του InSAR Monitoring στο Mining**
- **Άλλες εφαρμογές, Ενέργεια-Οδοποιία**



SkyGeo

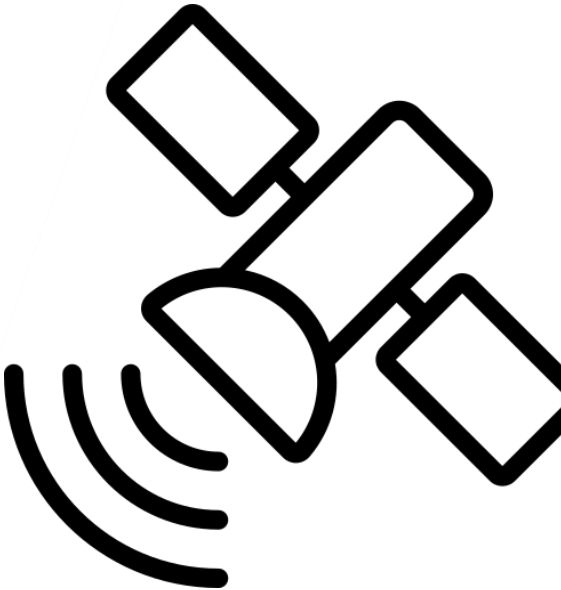
SAR Interferometry (InSAR)

***In**terferometric*

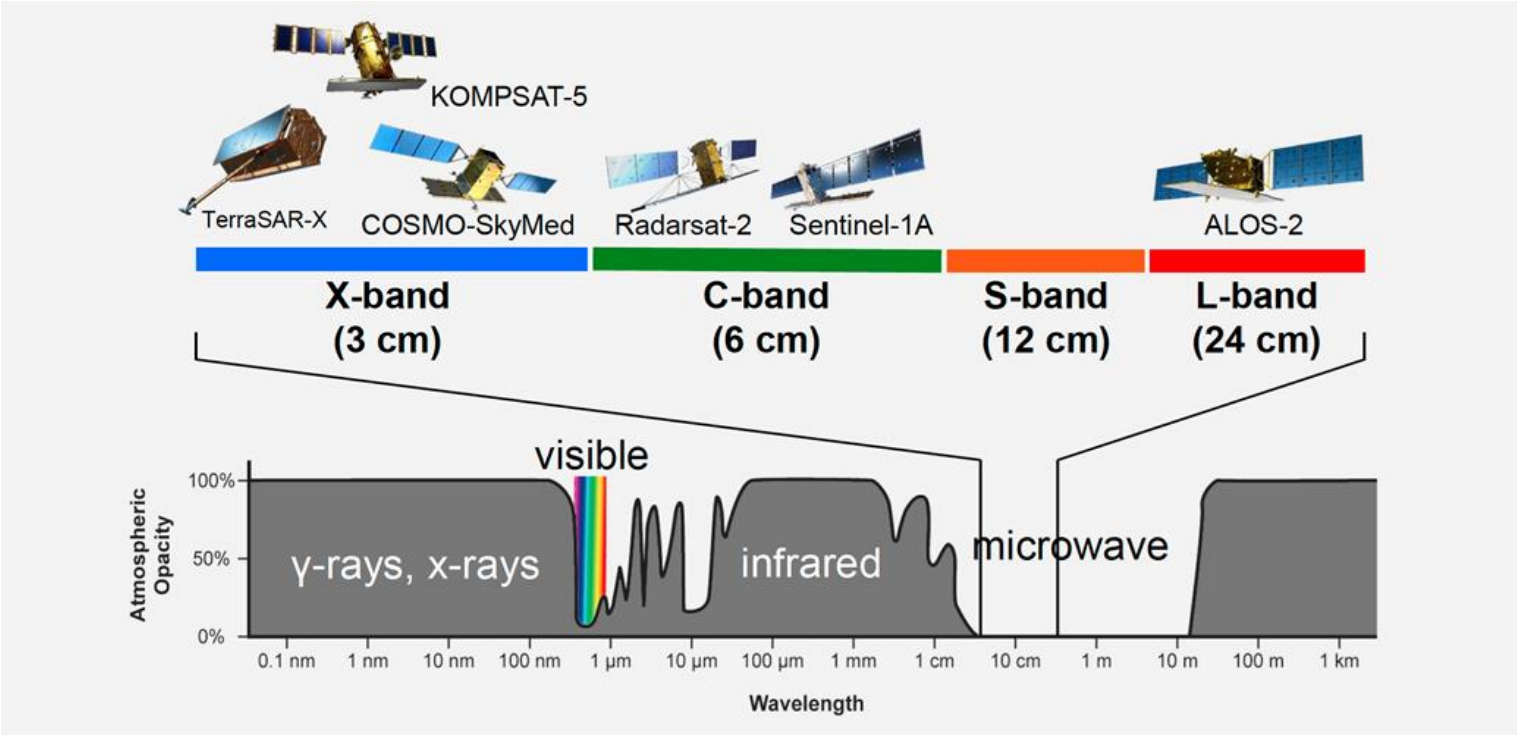
***S**ynthetic*

***A**perture*

***R**adar*



Radar waves


KOMPSAT-5
TerraSAR-X
COSMO-SkyMed
Radarsat-2
Sentinel-1A
ALOS-2
X-band
(3 cm)
C-band
(6 cm)
S-band
(12 cm)
L-band
(24 cm)
visible
γ-rays, x-rays
infrared
microwave
Atmospheric Opacity
100%
50%
0%
0.1 nm
1 nm
10 nm
100 nm
1 µm
10 µm
100 µm
1 mm
1 cm
10 cm
1 m
10 m
100 m
1 km
Wavelength

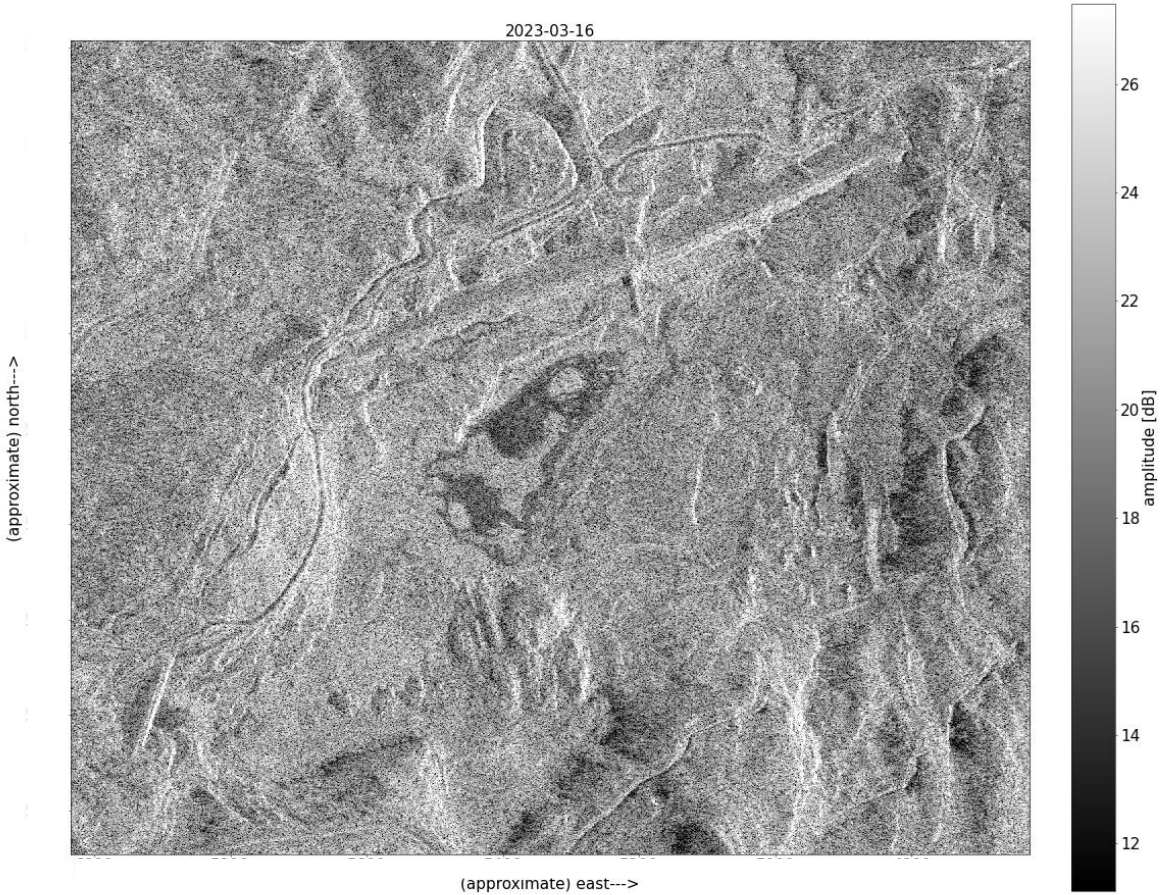
Δορυφορική Τροχιά των SAR Δορυφόρων

Οι SAR δορυφόροι έχουν ανοδική (asc) και καθοδική τροχιά (dsc).

Οι μετρήσεις SAR αφορούν

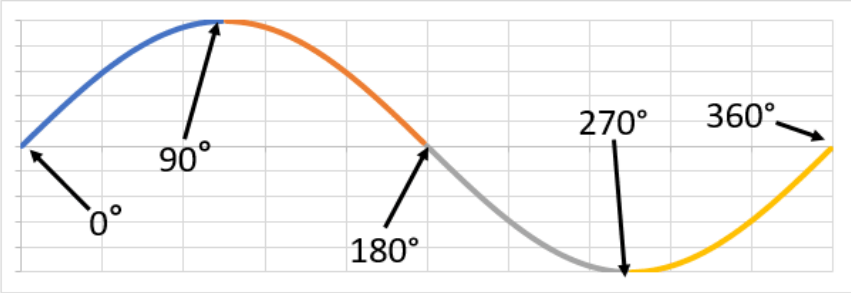
…την ένταση του σήματος

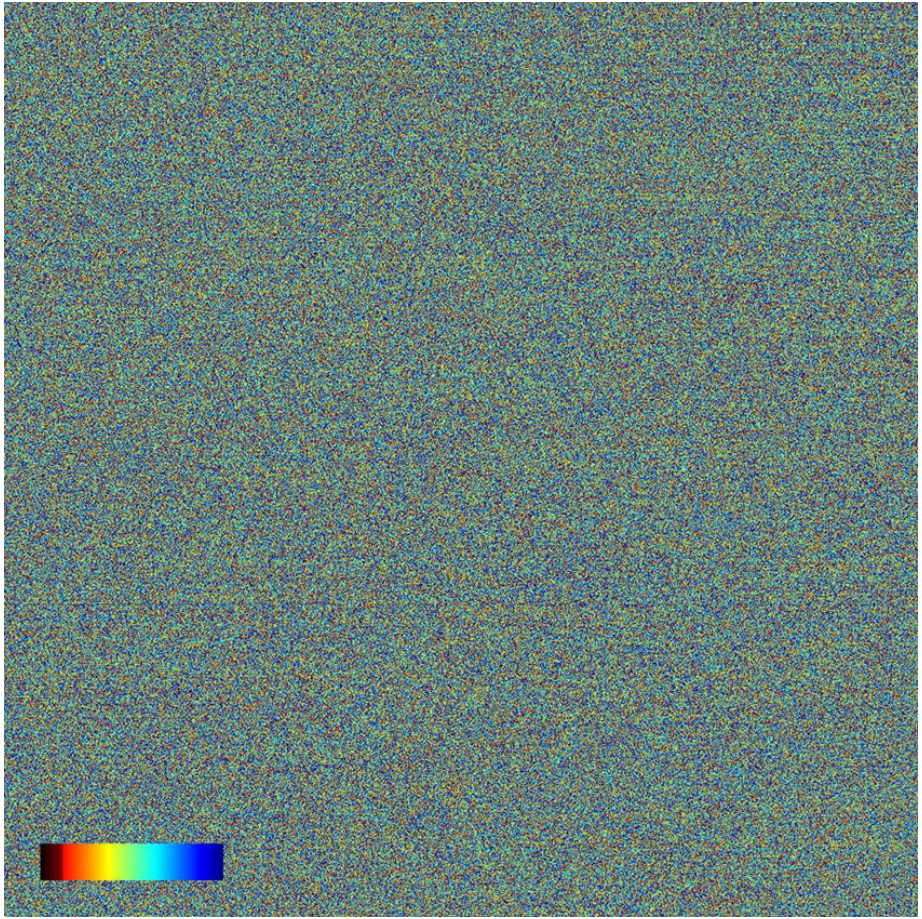
(**Amplitude)**



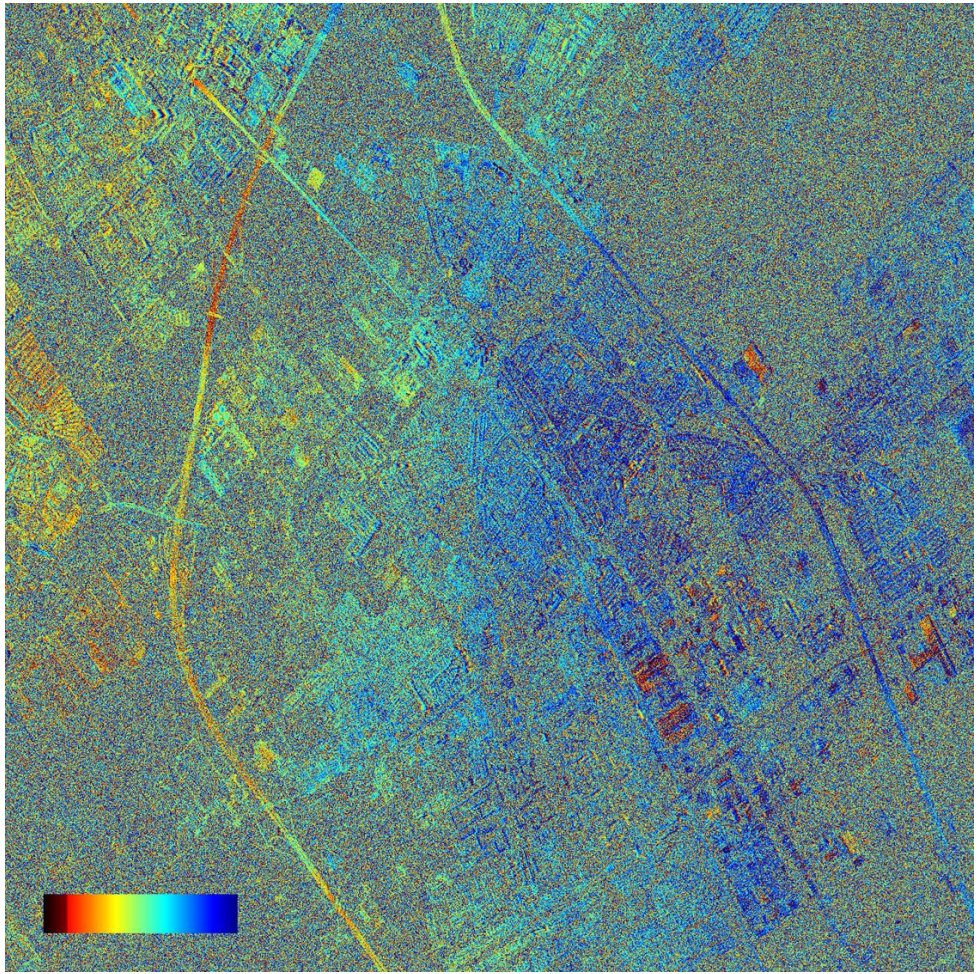
Από μία εικόνα φάσης δεν μπορούμε να διακρίνουμε κάτι…

… και την φάση **(phase).**



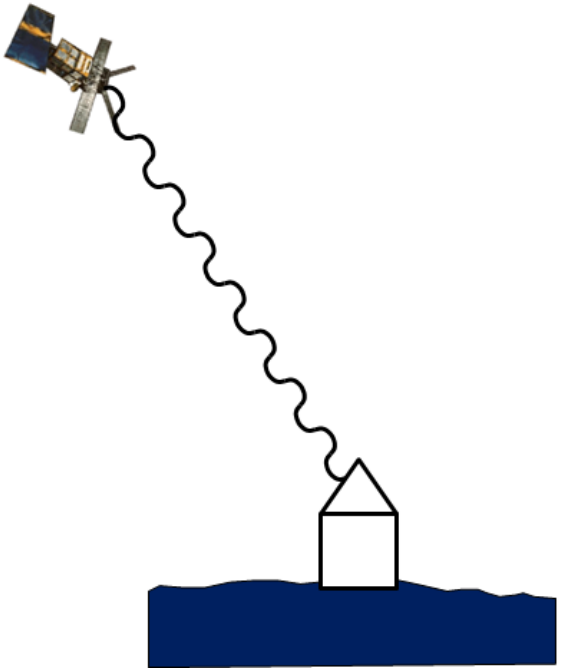


… έως ότου δούμε την ‘διαφορά/παρεμβολή’ ανάμεσα σε δύο εικόνες φάσης (interferogram) από ξεχωριστές λήψεις της ίδιας περιοχής!

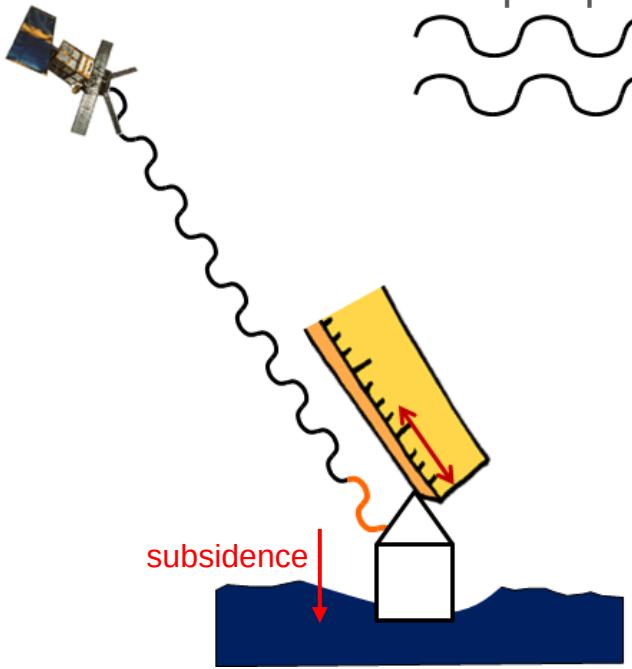


Φάση και διαφορά φάσης

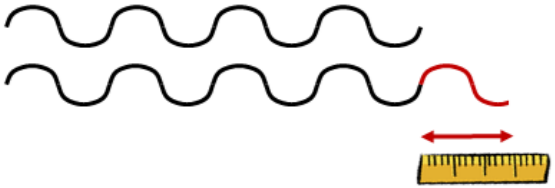
1η λήψη



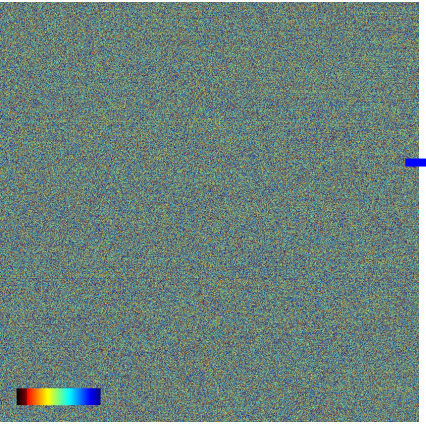
2η λήψη

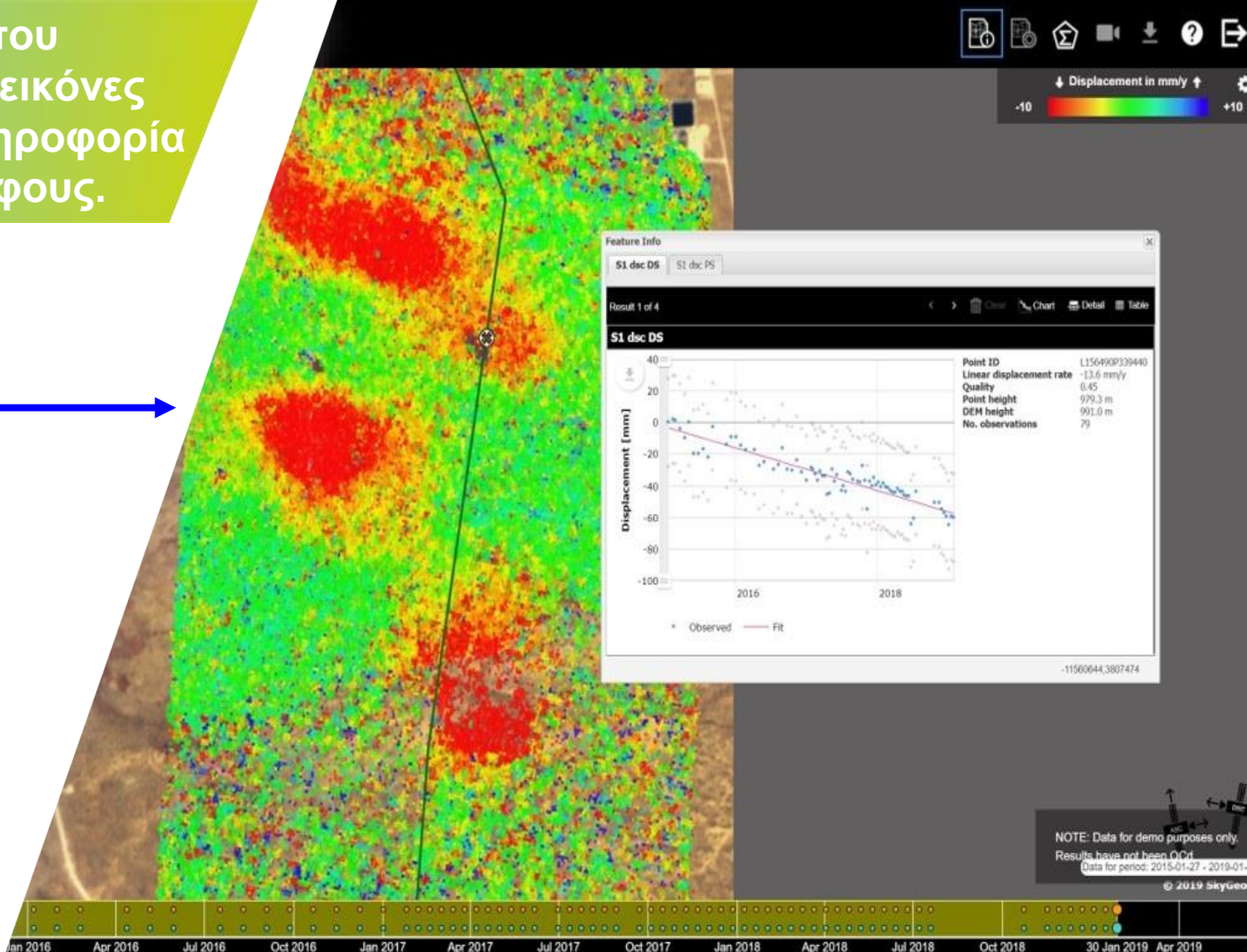


Μετράμε την διαφορά φάσης σε βαθμό χιλιοστού.



Μέσω επεξεργασίας του σήματος παράγουμε εικόνες και σημεία με την πληροφορία μετατόπισης του εδάφους.



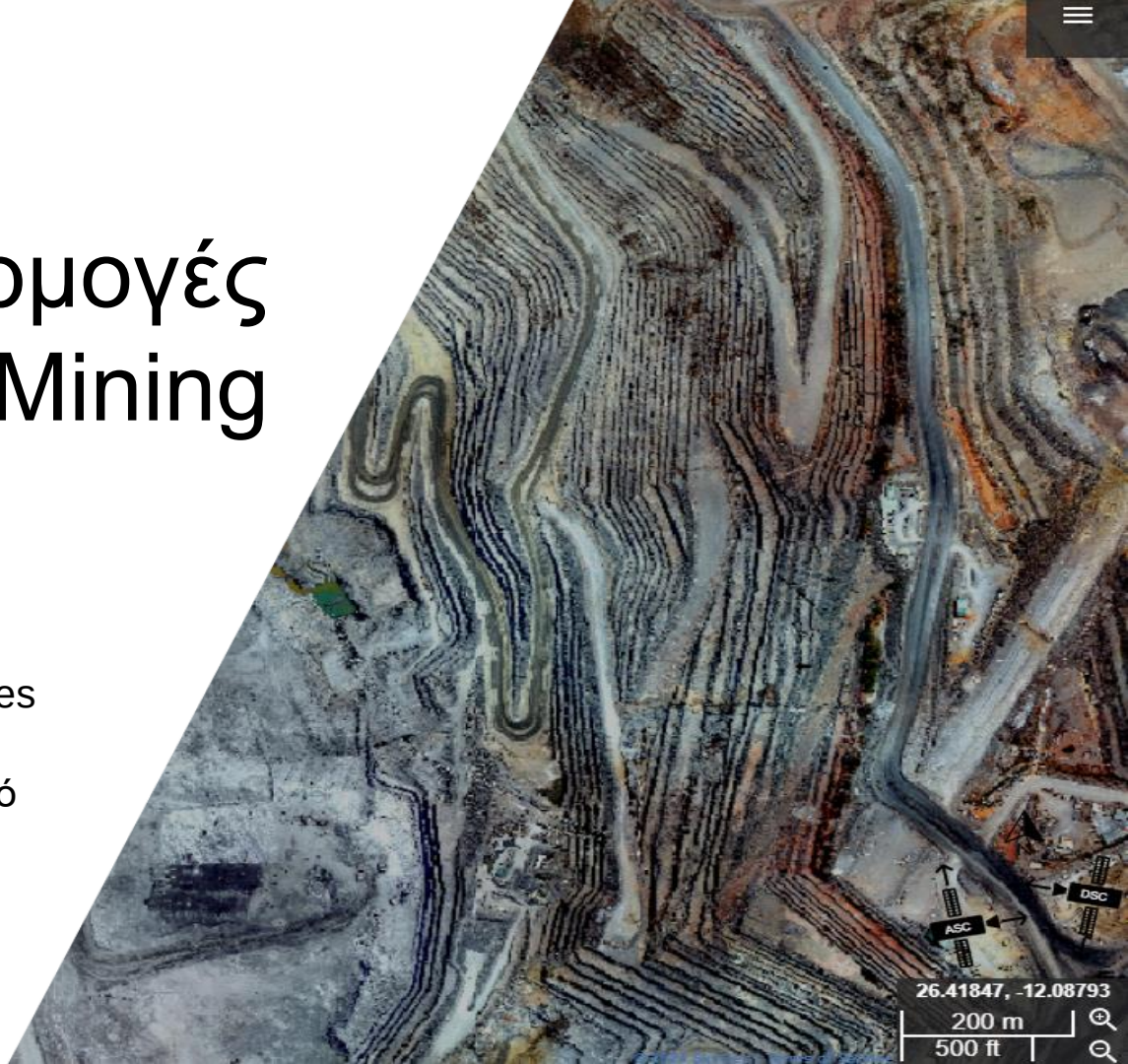


SkyGeo

Πρακτικές Εφαρμογές του InSAR στο Mining

Μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μετρήσεις μετατόπισης του εδάφους σε:

- Ανοικτές Εξορύξεις - Open Pits
- Πλατείες για Μπάζα - Dumping Sites
- TSFs
- Περιοχές της επιφάνειας πάνω από υπόγεια μεταλλεία.
- Κλειστά παλαιά μεταλλεία.



SkyGeo

Open Pit Monitoring in Zambia

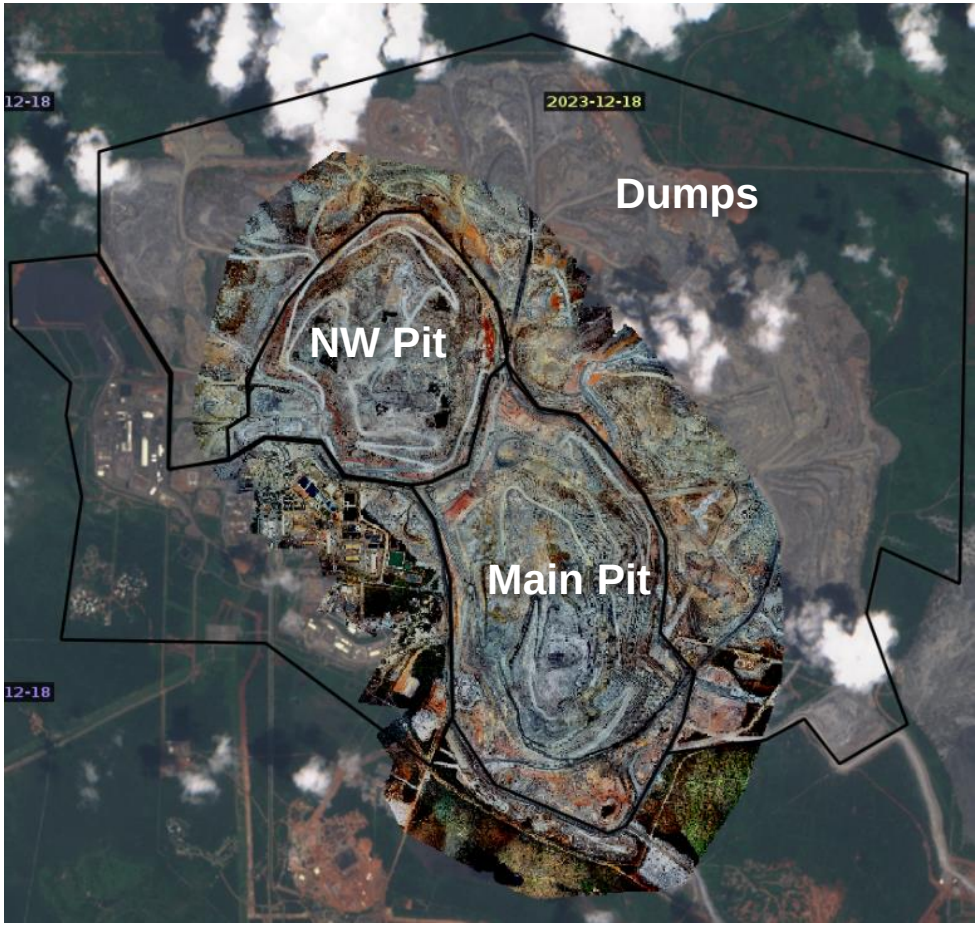
InSAR correlated with ground inspection

Σκοπός αυτής της παρουσίασης είναι να δείξει πώς οι το Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης μας αντιστοιχεί σε κάποια διαφορετική περίπτωση στο πεδίο.

Πιο συγκεκριμένα θα δούμε περιπτώσεις με:

- Ζώνες ρηγμάτων (fault zones)
- Ζώνες με έντονη διάβρωση (erosion gullies)
- Αστοχία σε πάγκο (bench failure)
- Μετακίνηση εδάφους σε πλατείες με μπάζα (dumping sites slumping)
- Κατολίσθηση σε ανοιχτή εξόρυξη

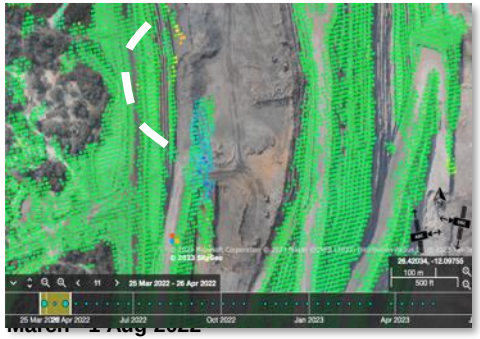
Copper-Gold Mine | Zambia



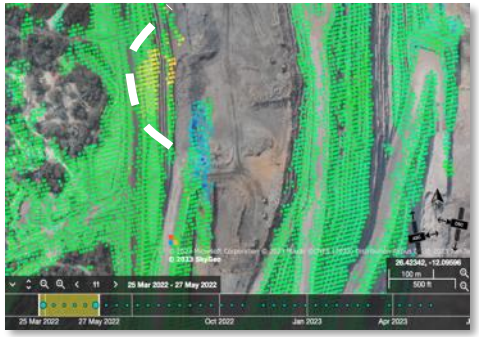
- Δύο ανοιχτές εξορύξεις: **Main Pit & NW Pit**
- Dumping Sites

Progressive Evolution of the Circular Subsidence Pattern

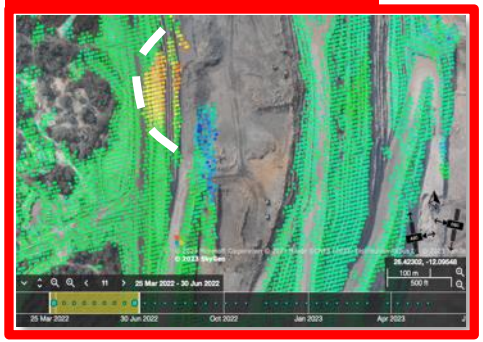
25 March - 26 April 2022



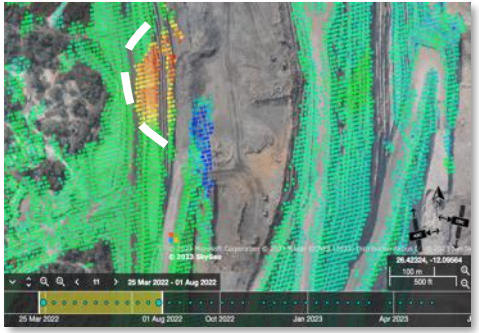
25 March - 27 May 2022



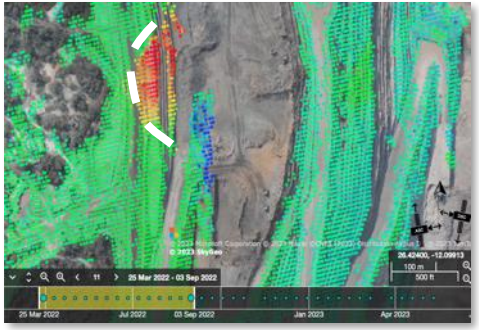
25 March - 30 June 2022 | ALERT!



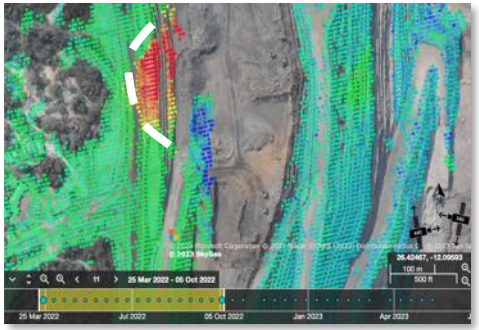
25 March - 1 Aug 2022

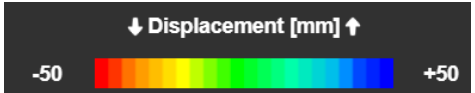


25 March - 3 Sept 2022



25 March - 6 Oct 2022





2022-2023

-85 mm/yr | -101 mm/yr | -54 mm/yr | -40 mm/yr

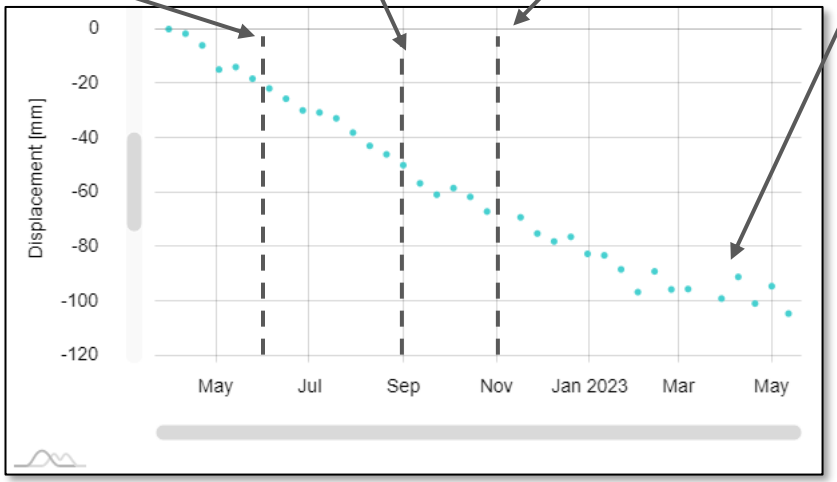
March 2022 | June 2022 | Sept. 2022 | Nov. 2022 | Dec. 2022 | March 2023

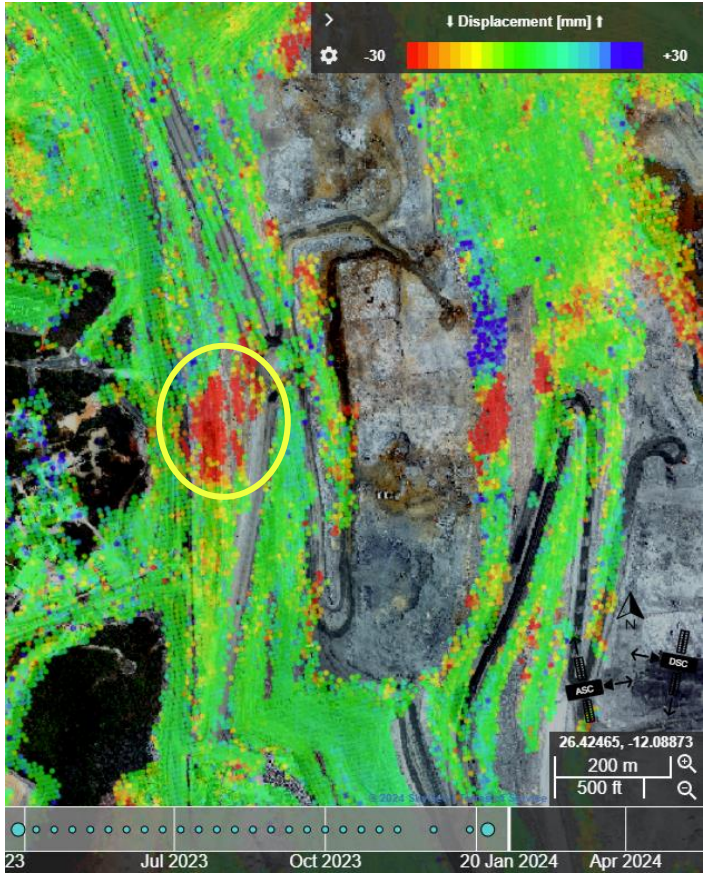
First alert: increased displacement rates during the preceding quarter (-85 mm/yr)

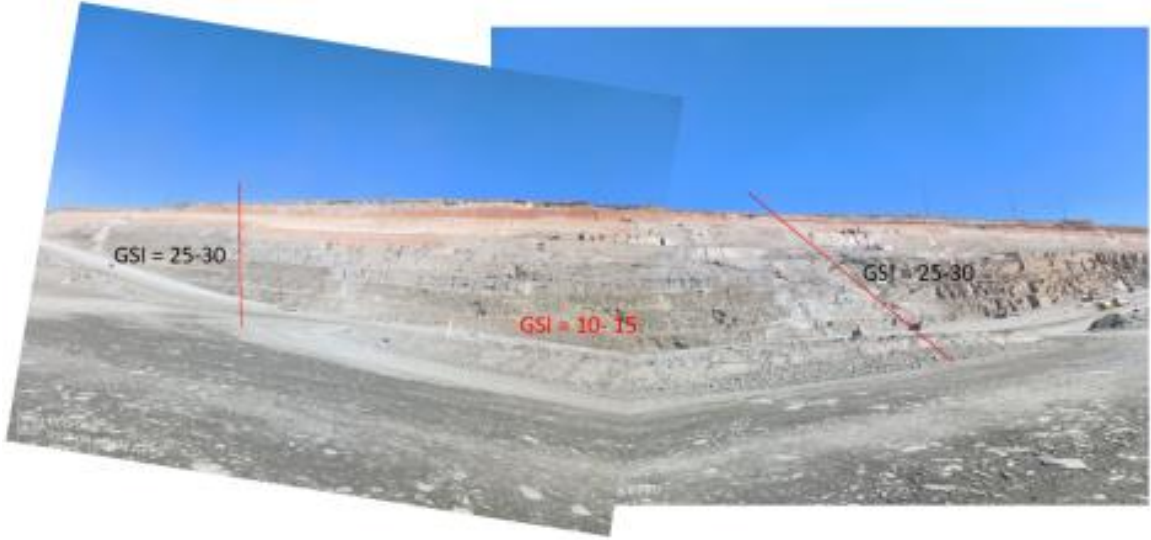
Second alert in subsequent quarterly report, 3 cm cumulative subsidence between June and September

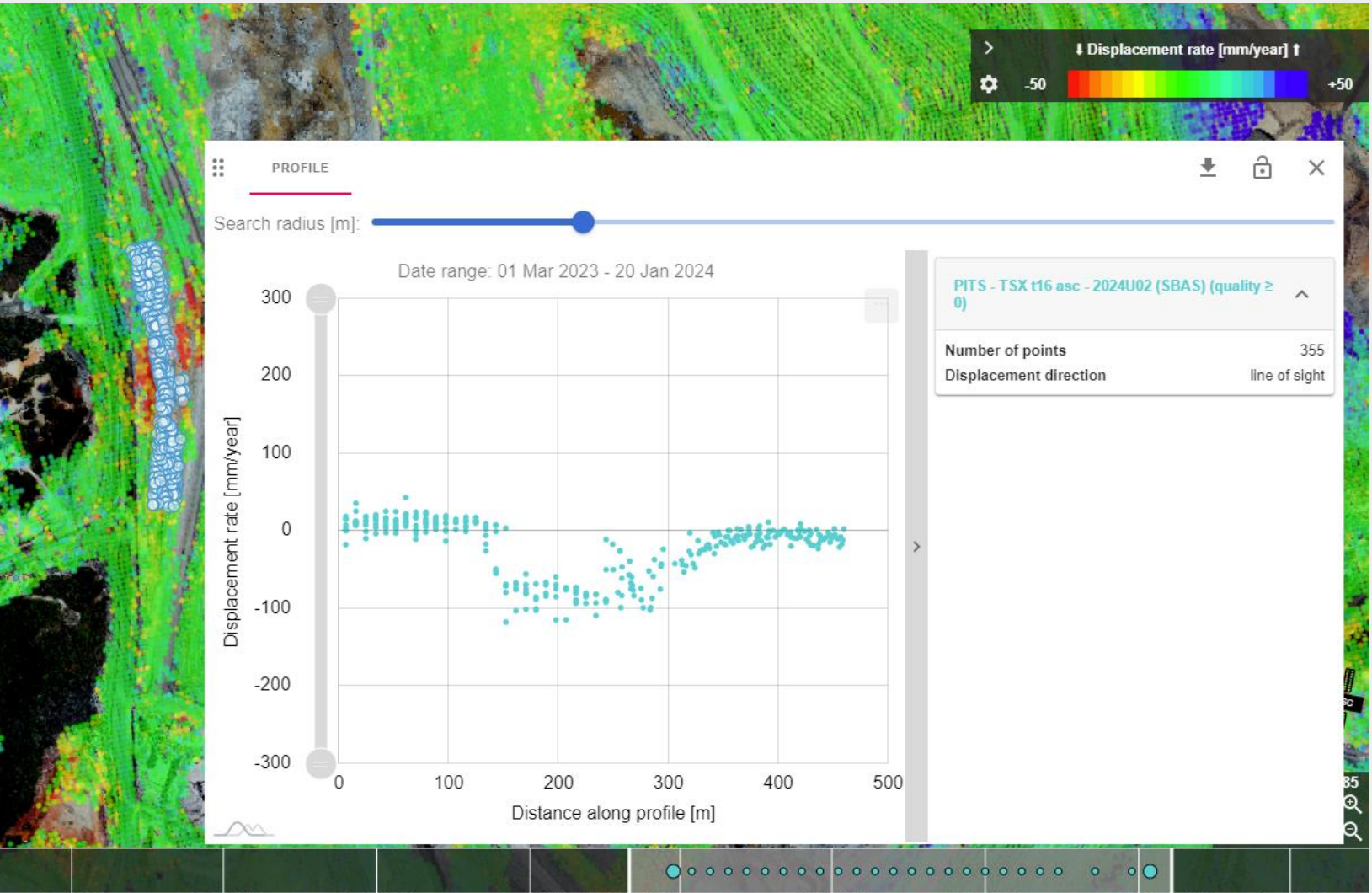
Drainage commences

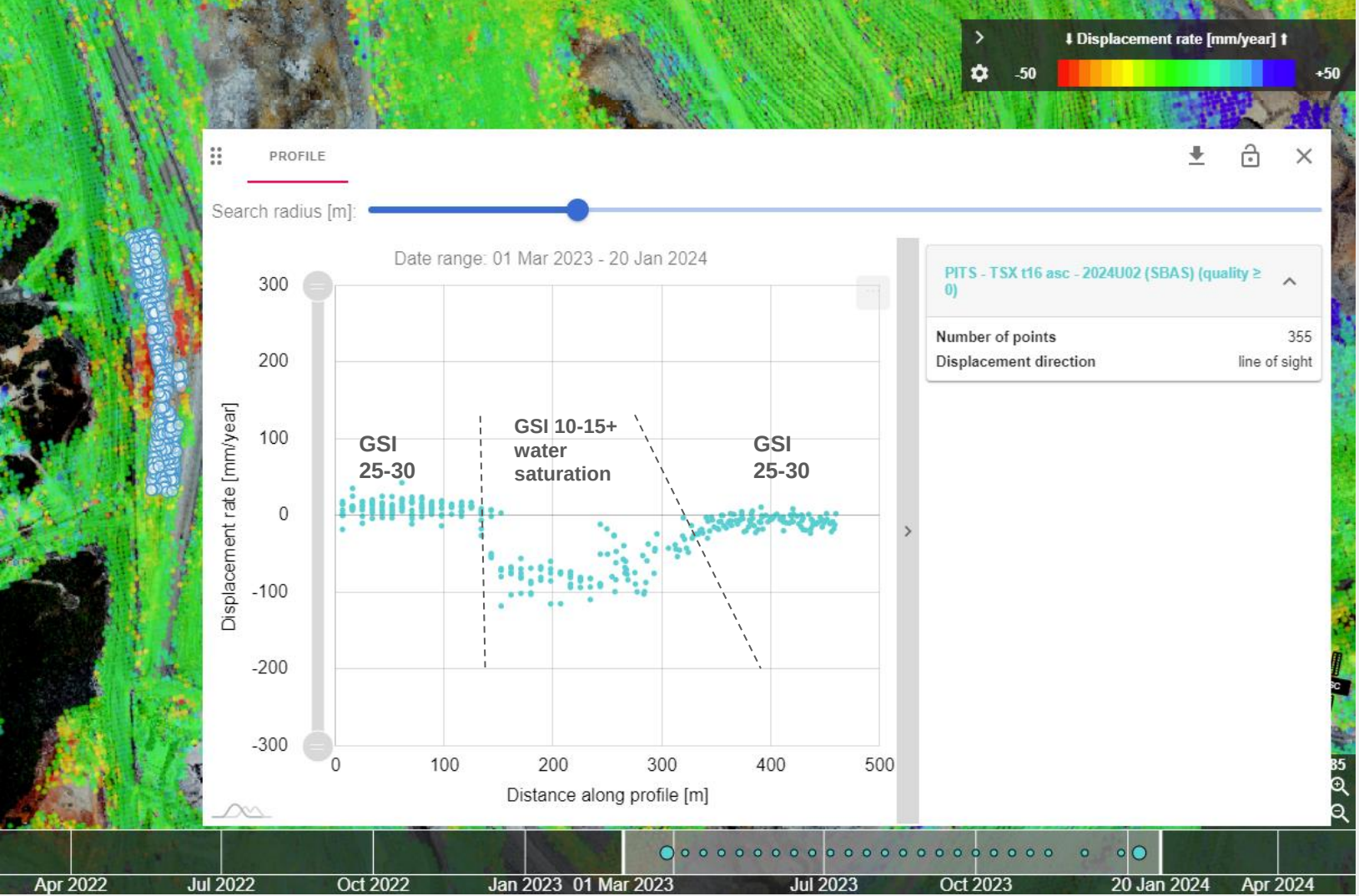
Displacement rates on the west wall reduce as a result of drainage




Displacement [mm]
-30
+30
N
DSC
ASC
26.42465, -12.08873
200 m
500 ft
23
Jul 2023
Oct 2023
20 Jan 2024
Apr 2024


GSI = 25-30
GSI = 10- 15
GSI = 25-30


Displacement rate [mm/year]
-50
+50
PROFILE
Search radius [m]:
Date range: 01 Mar 2023 - 20 Jan 2024
Displacement rate [mm/year]
300
200
100
0
-100
-200
-300
0
100
200
300
400
500
Distance along profile [m]
PITS - TSX t16 asc - 2024U02 (SBAS) (quality ≥ 0)
Number of points 355
Displacement direction line of sight


Displacement rate [mm/year]
-50
+50
PROFILE
Search radius [m]:
Date range: 01 Mar 2023 - 20 Jan 2024
Displacement rate [mm/year]
300
200
100
0
-100
-200
-300
GSI 25-30
GSI 10-15+ water saturation
GSI 25-30
0
100
200
300
400
500
Distance along profile [m]
PITS - TSX t16 asc - 2024U02 (SBAS) (quality ≥ 0)
Number of points 355
Displacement direction line of sight
Apr 2022
Jul 2022
Oct 2022
Jan 2023
01 Mar 2023
Jul 2023
Oct 2023
20 Jan 2024
Apr 2024

SkyGeo

Τομέας Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

InSAR και Ηλιακή Ενέργεια

InSAR σε ηλιακά και αιολικά πάρκα

SkyGeo

Η παρακολούθηση συνήθως στοχεύει στον χαρακτηρισμό της σταθερότητας.

- Τα ηλιακά και αιολικά πάρκα είναι assets που καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις
- Τα ηλιακά πάνελ αποτελούν εξαιρετικούς παθητικούς ανακλαστήρες (passive reflectors) για το InSAR.

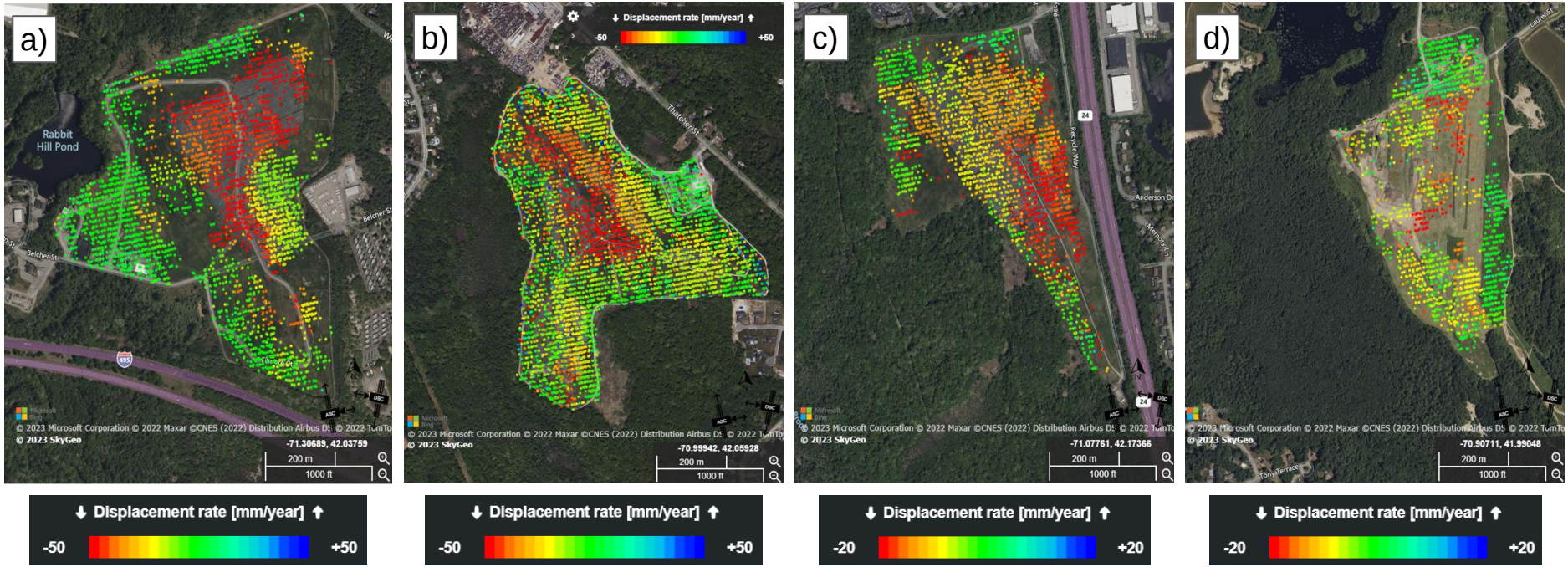
Η δομική σταθερότητά τους μπορεί να σχετίζεται με:

- Δομές/θεμέλια της κατασκευής
- Το έδαφος πάνω στο οποίο είναι χτισμένες και τις εξωτερικές επιδράσεις παραμόρφωσης.

Ηλιακό Πάρκο στις ΗΠΑ

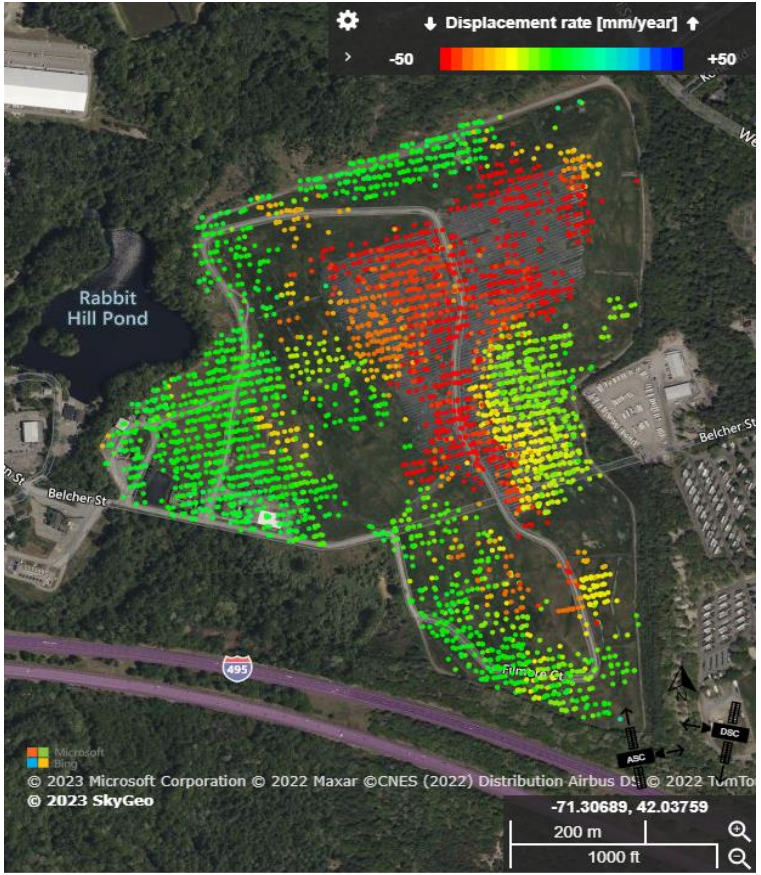
SkyGeo

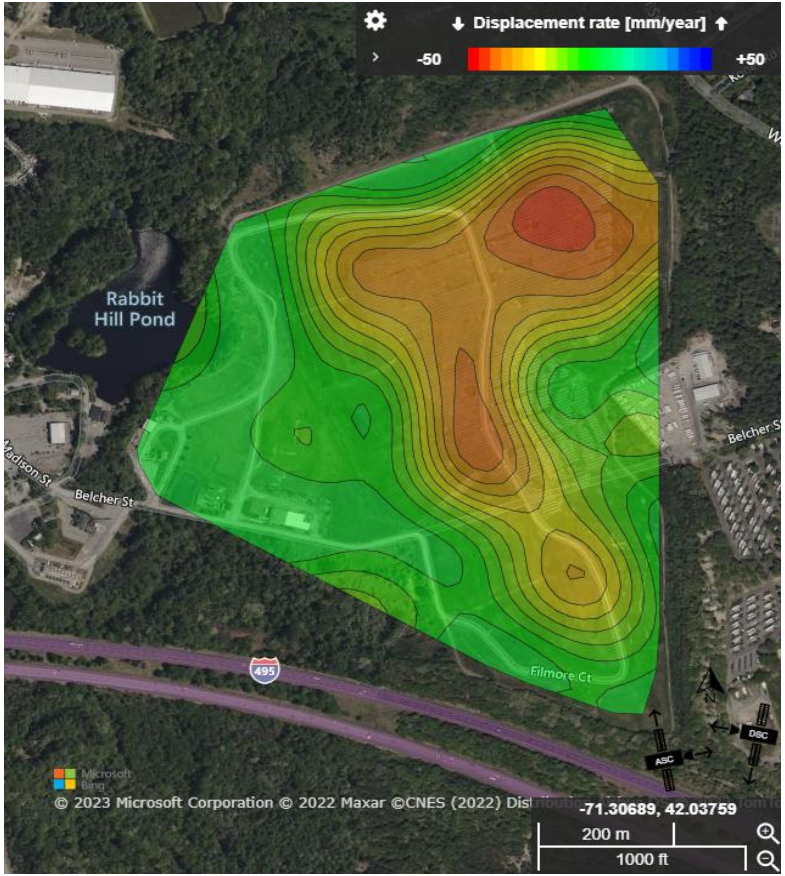
Το ηλιακό πάρκο είναι χτισμένο σε παλαιότερες χωματερές ως τύπος αποκατάστασης.



Post Processing - Χάρτης με Ισοϋψείς

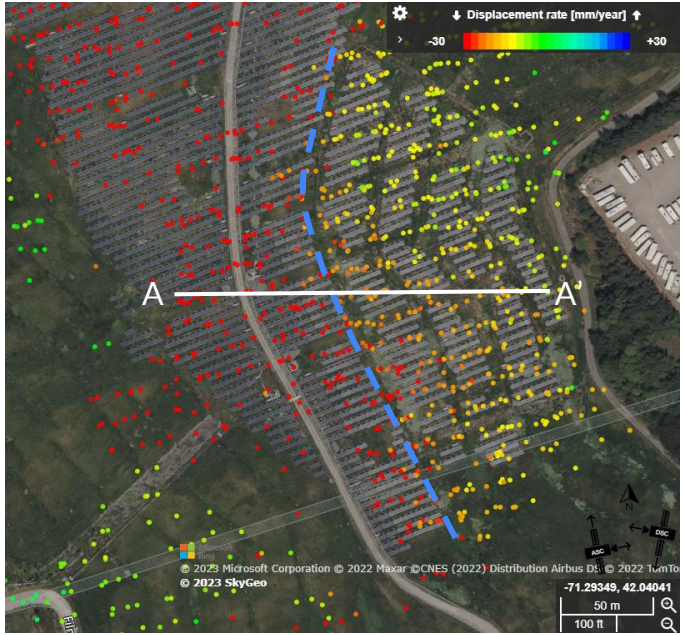
SkyGeo

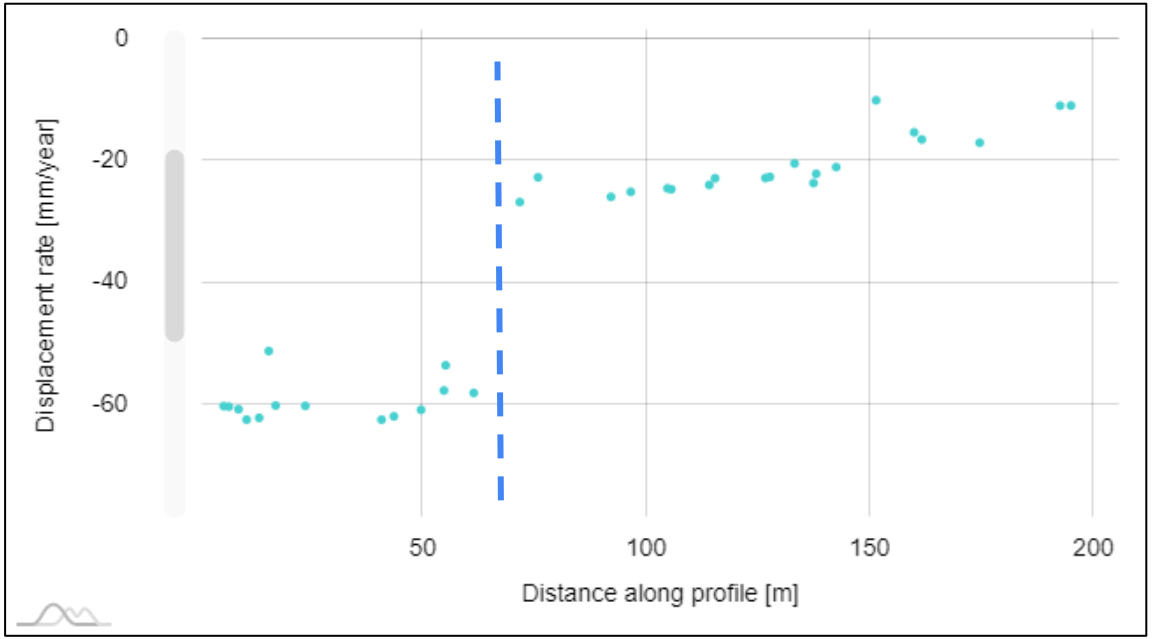




Section Tool

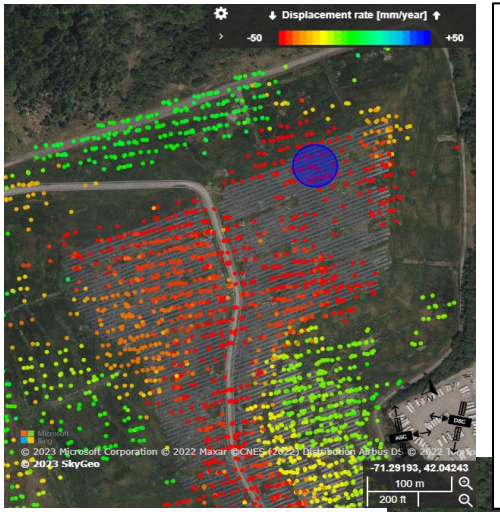
SkyGeo

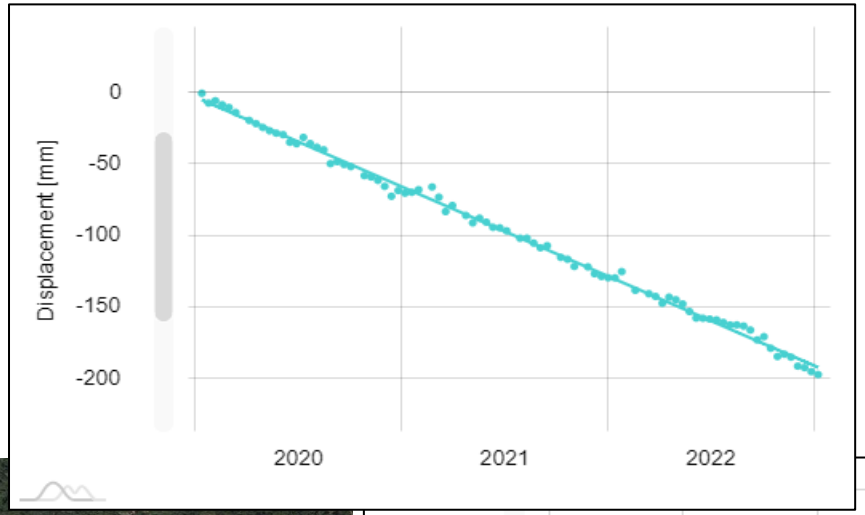


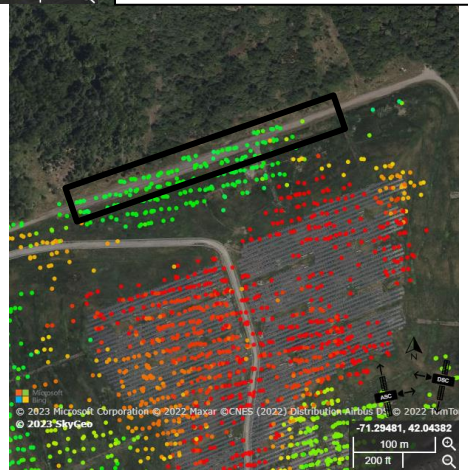


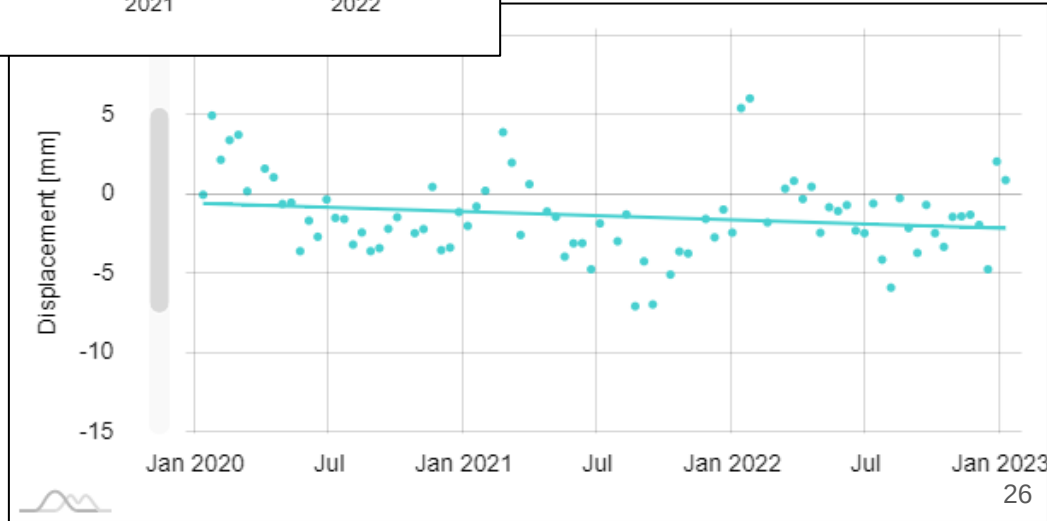
Case study

SkyGeo



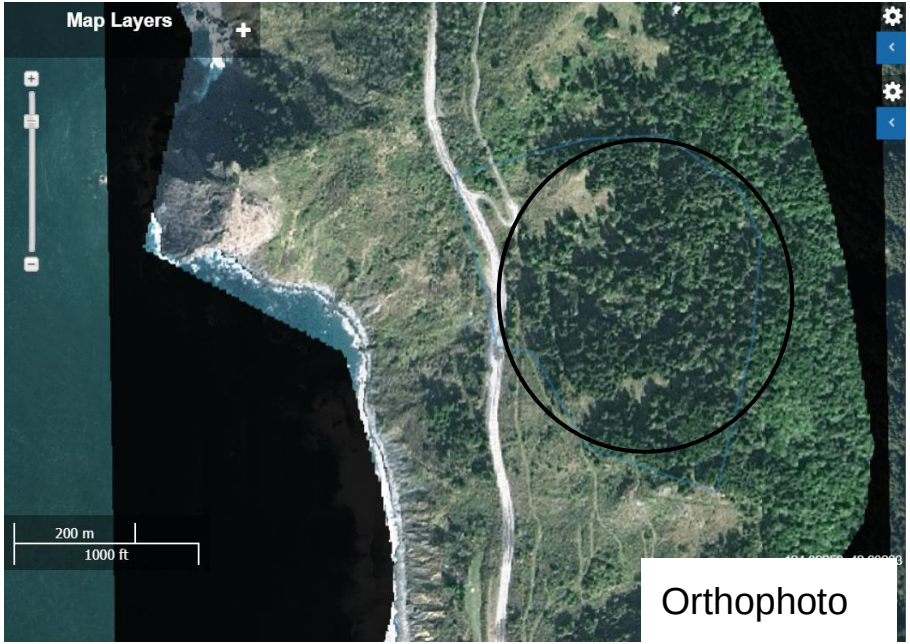




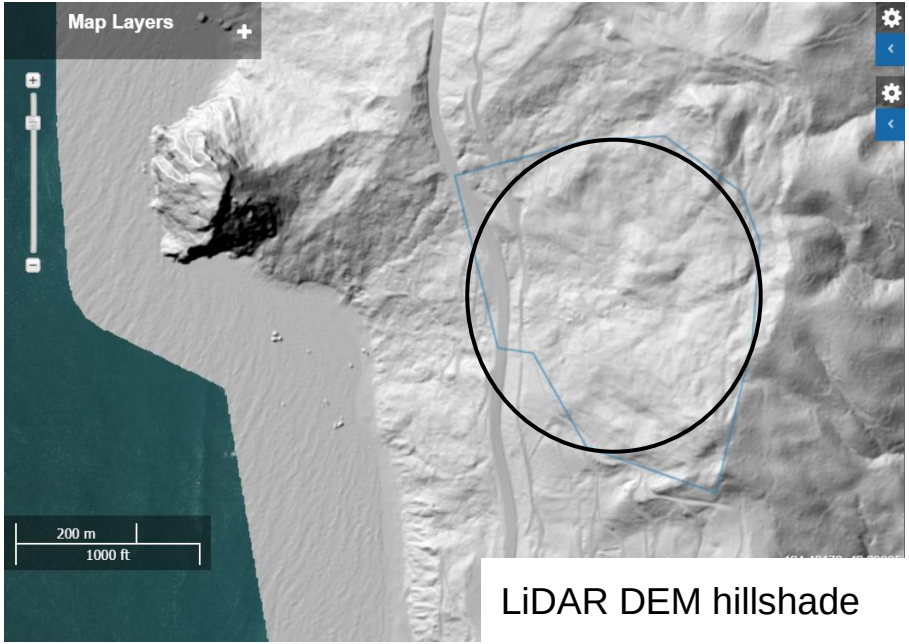


SkyGeo

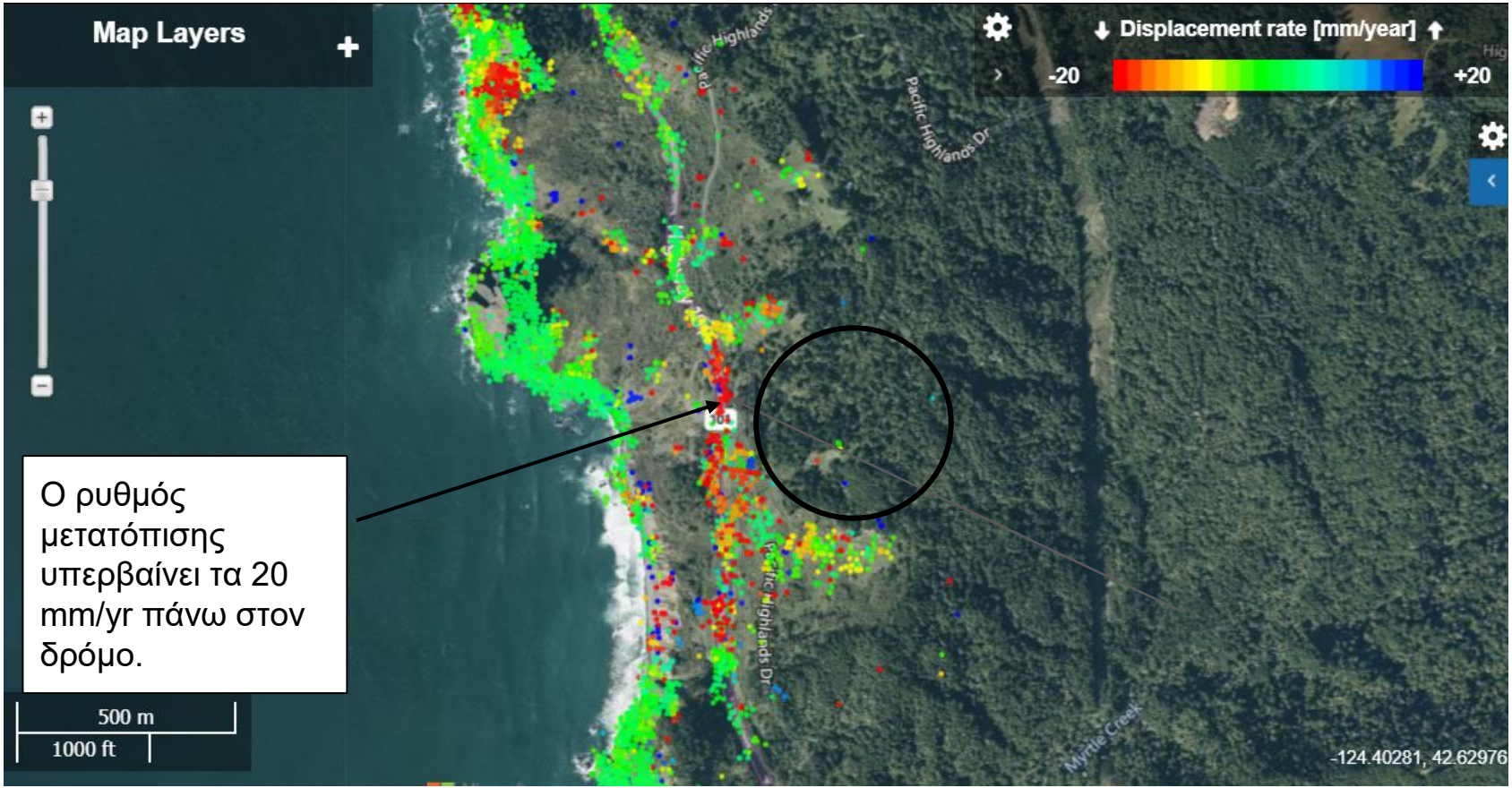
Εφαρμογές του InSAR σε τεχνικά έργα - Δρόμοι



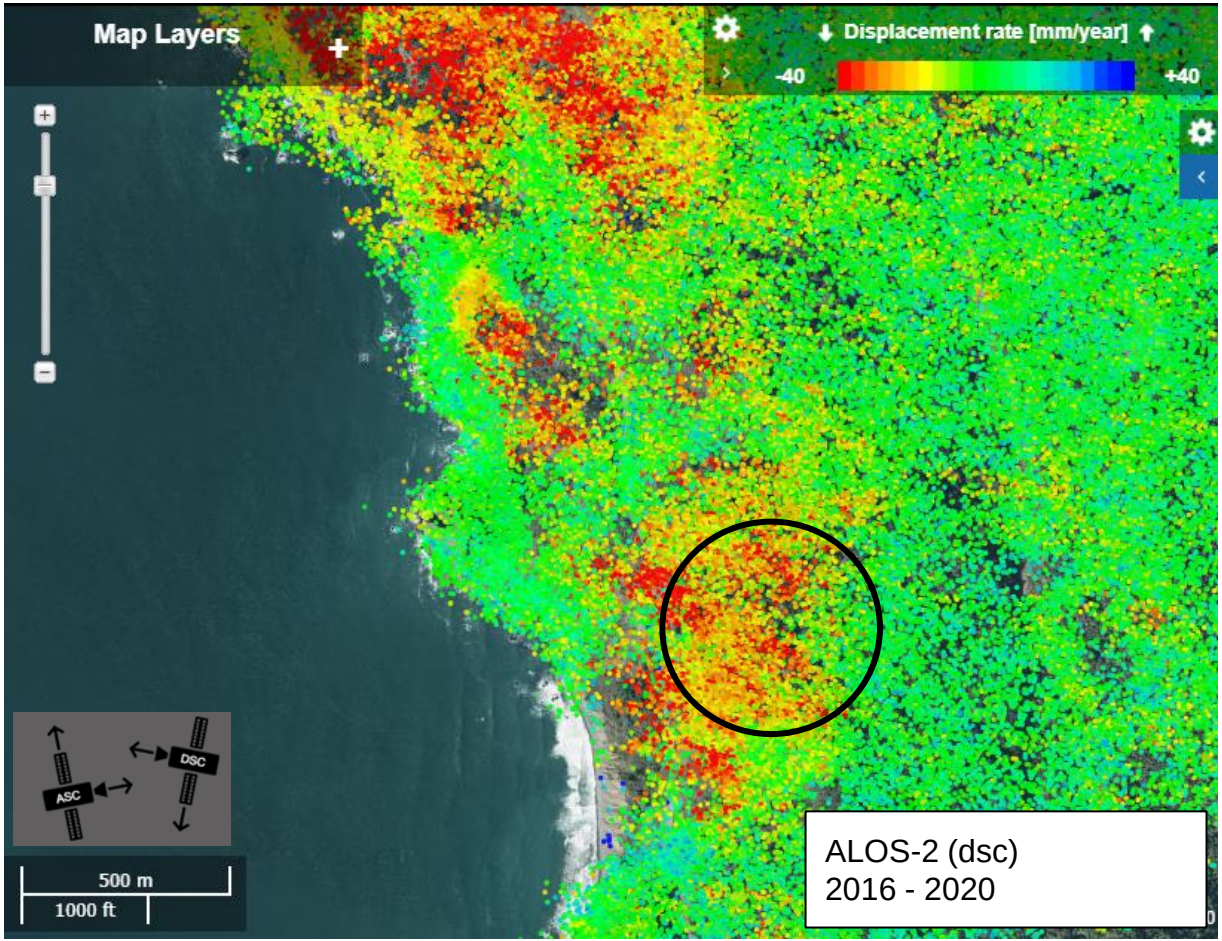
Orthophoto

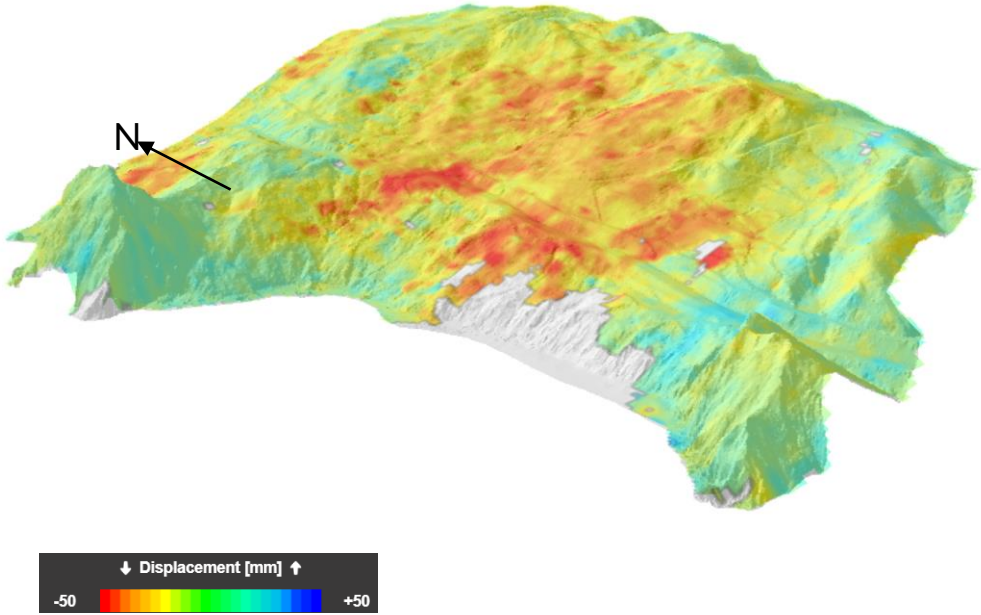


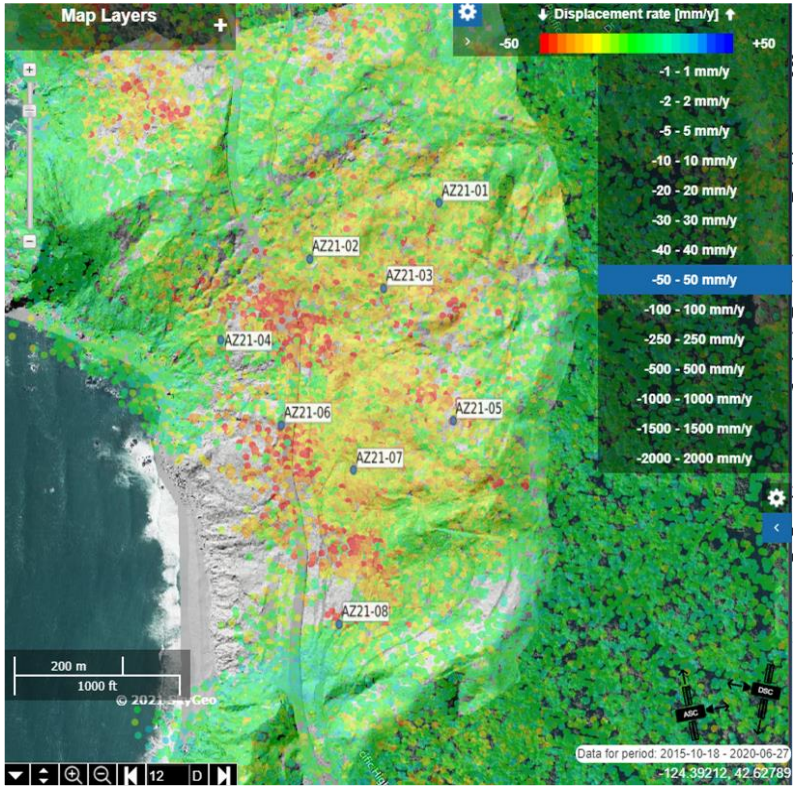
LiDAR DEM hillshade



Ο ρυθμός μετατόπισης υπερβαίνει τα 20 mm/yr πάνω στον δρόμο.


Map Layers
Displacement rate [mm/year]
-40
+40
ASC
DSC
500 m
1000 ft
ALOS-2 (dsc)
2016 - 2020


N
Displacement [mm]
-50
+50


Map Layers
Displacement rate [mm/y]
-50
+50
-1 - 1 mm/y
-2 - 2 mm/y
-5 - 5 mm/y
-10 - 10 mm/y
-20 - 20 mm/y
-30 - 30 mm/y
-40 - 40 mm/y
-50 - 50 mm/y
-100 - 100 mm/y
-250 - 250 mm/y
-500 - 500 mm/y
-1000 - 1000 mm/y
-1500 - 1500 mm/y
-2000 - 2000 mm/y
AZ21-01
AZ21-02
AZ21-03
AZ21-04
AZ21-05
AZ21-06
AZ21-07
AZ21-08
200 m
1000 ft
Data for period: 2015-10-18 - 2020-06-27
-124.39212, 42.62789

SkyGeo

Σας ευχαριστούμε για την προσοχή σας!

Ας αφιερώσουμε λίγη ώρα για απορίες