

Το σύστημα SAR στην παρακολούθηση της γήινης επιφάνειας



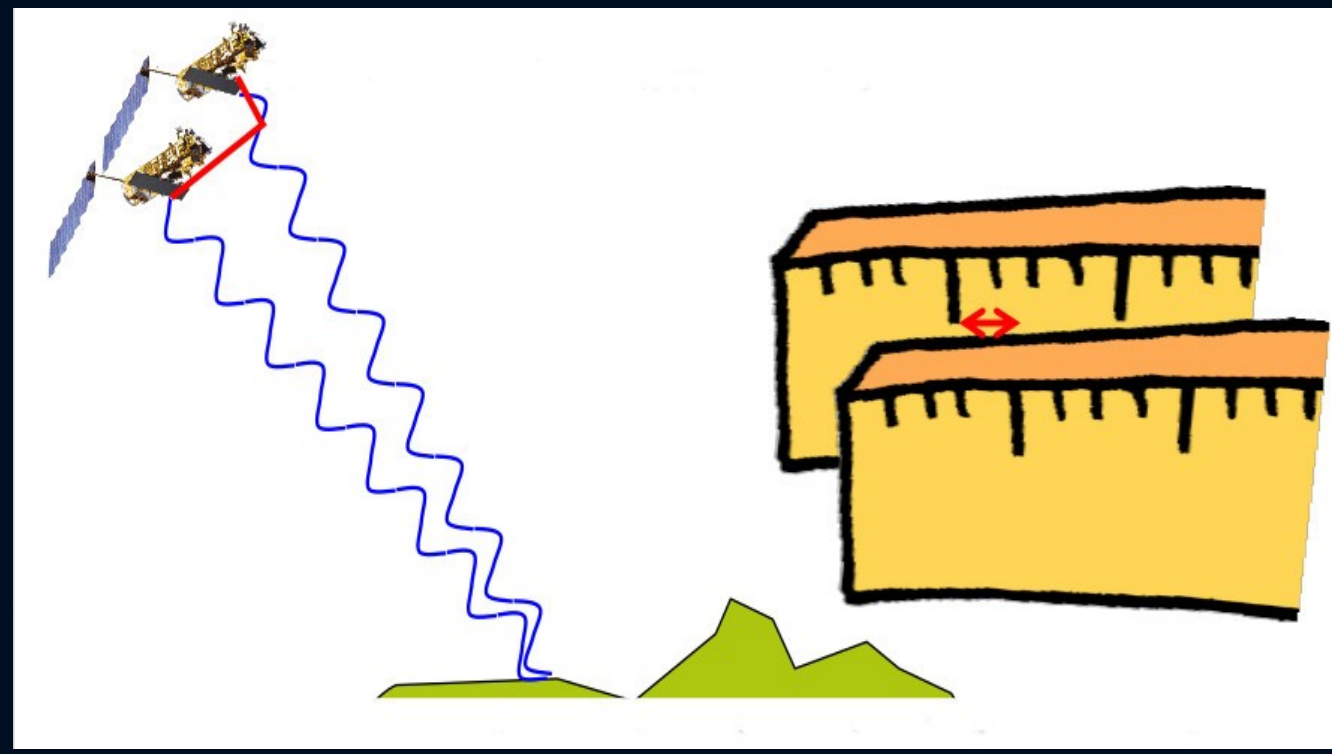
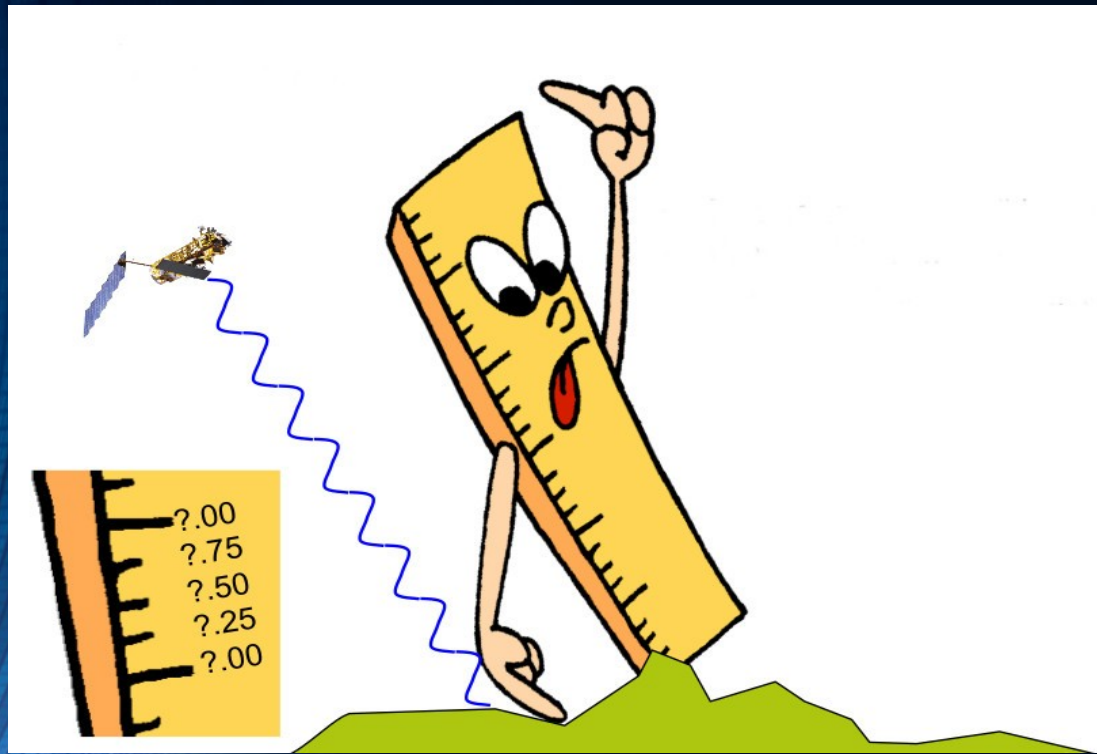
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΩΤΕΡΗΣ ΚΑΙ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗΣ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑΣ
ΚΕΝΤΡΟ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ ΔΙΟΝΥΣΟΥ

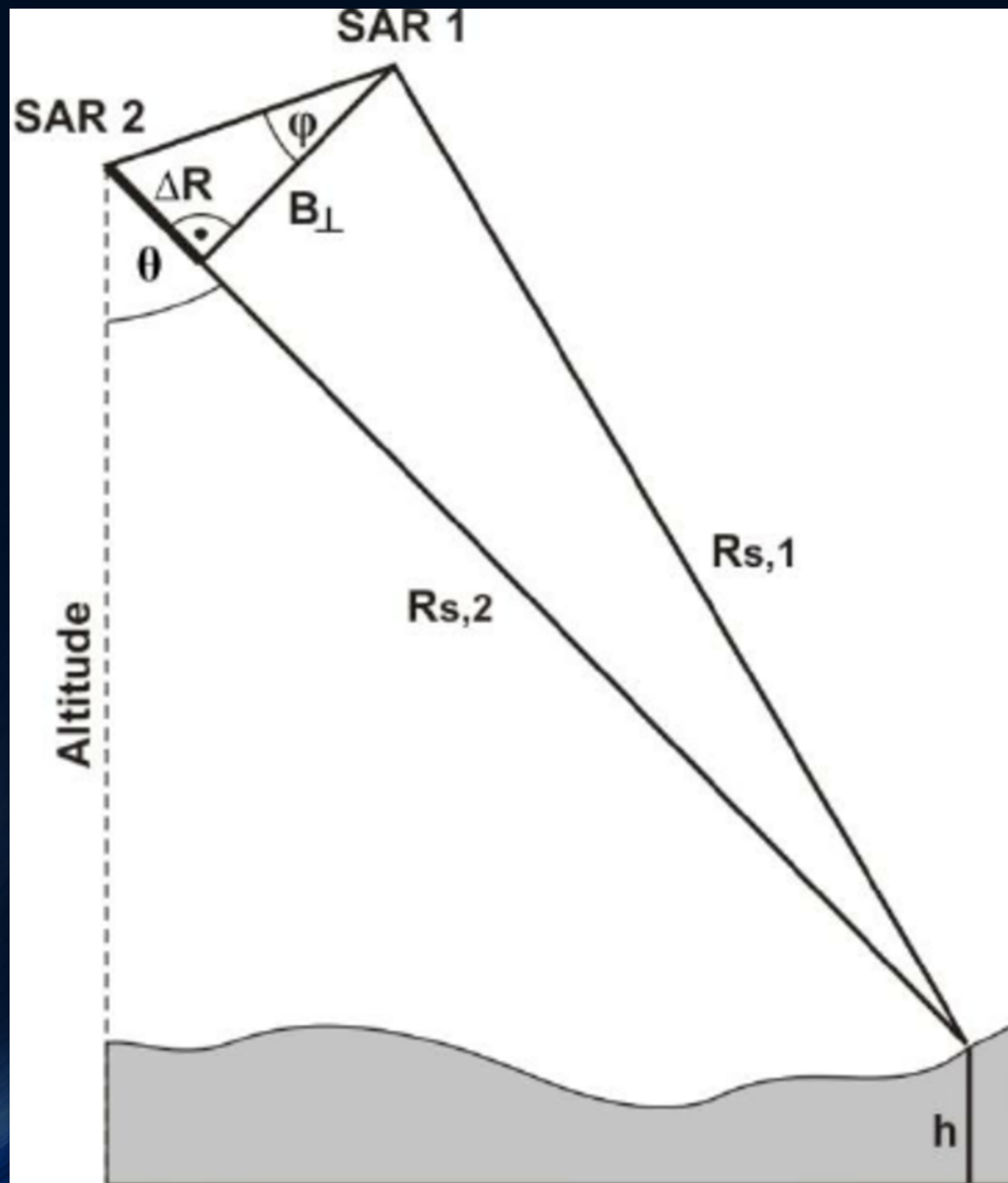


InSAR -Interferometric Synthetic Aperture Radar

Κυριότερες χρήσεις:

- Τεκτονικές μελέτες - σεισμοί
- Ηφαίστεια
- Υδρολογία
- Πάγοι-κλιματική αλλαγή
- Ανίχνευση πετρελαιοκηλίδων
- Πολεοδομικός σχεδιασμός





$$\phi_1 = -\frac{4\pi}{\lambda} R + \phi_{scatt,1}$$

$$\phi_2 = -\frac{4\pi}{\lambda} (R + \Delta R) + \phi_{scatt,2}$$

$$\phi = \phi_1 - \phi_2 = \frac{4\pi}{\lambda} \Delta R$$

Διαφορική συμβολομετρία-Δασικές εφαρμογές



Austrian pine



X band
 $\lambda = 3 \text{ cm}$



L band
 $\lambda = 27 \text{ cm}$

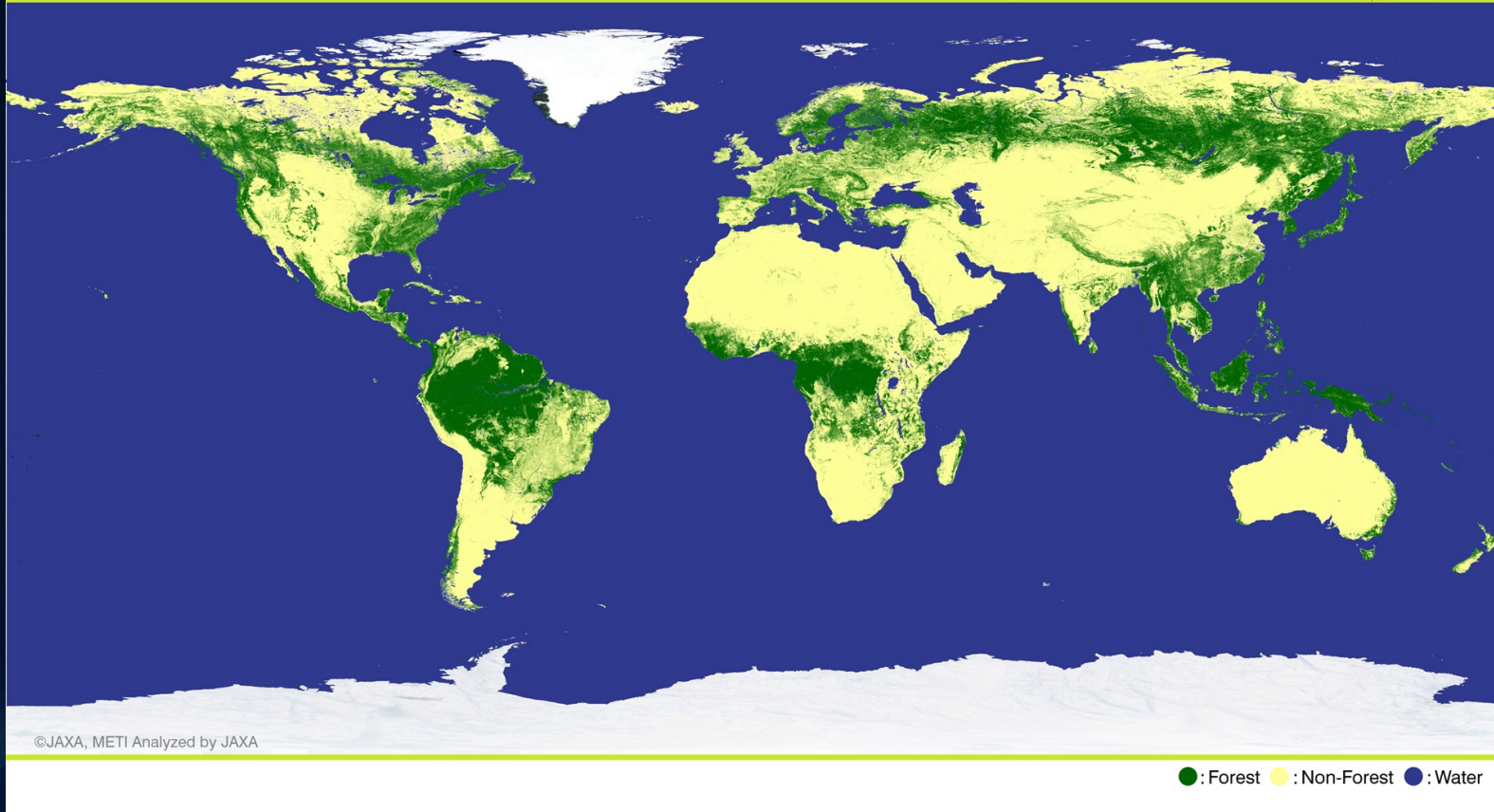


P band
 $\lambda = 70 \text{ cm}$

Καταγραφή δασών

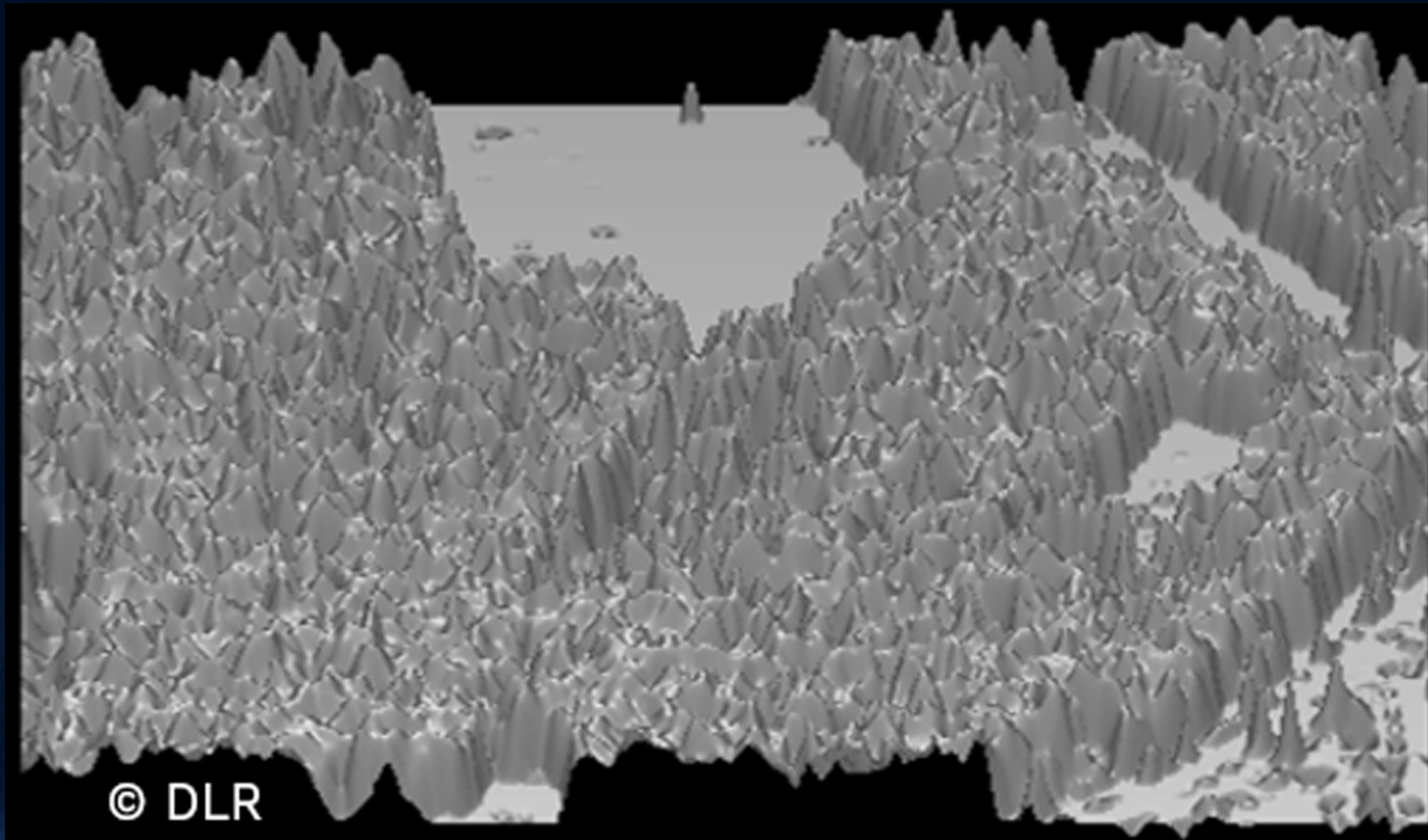


PALSAR 10m Global Forest/Non-Forest Map 2009



Ξυλεία-Αναδάσωση

Καταγραφή ύψους δέντρων

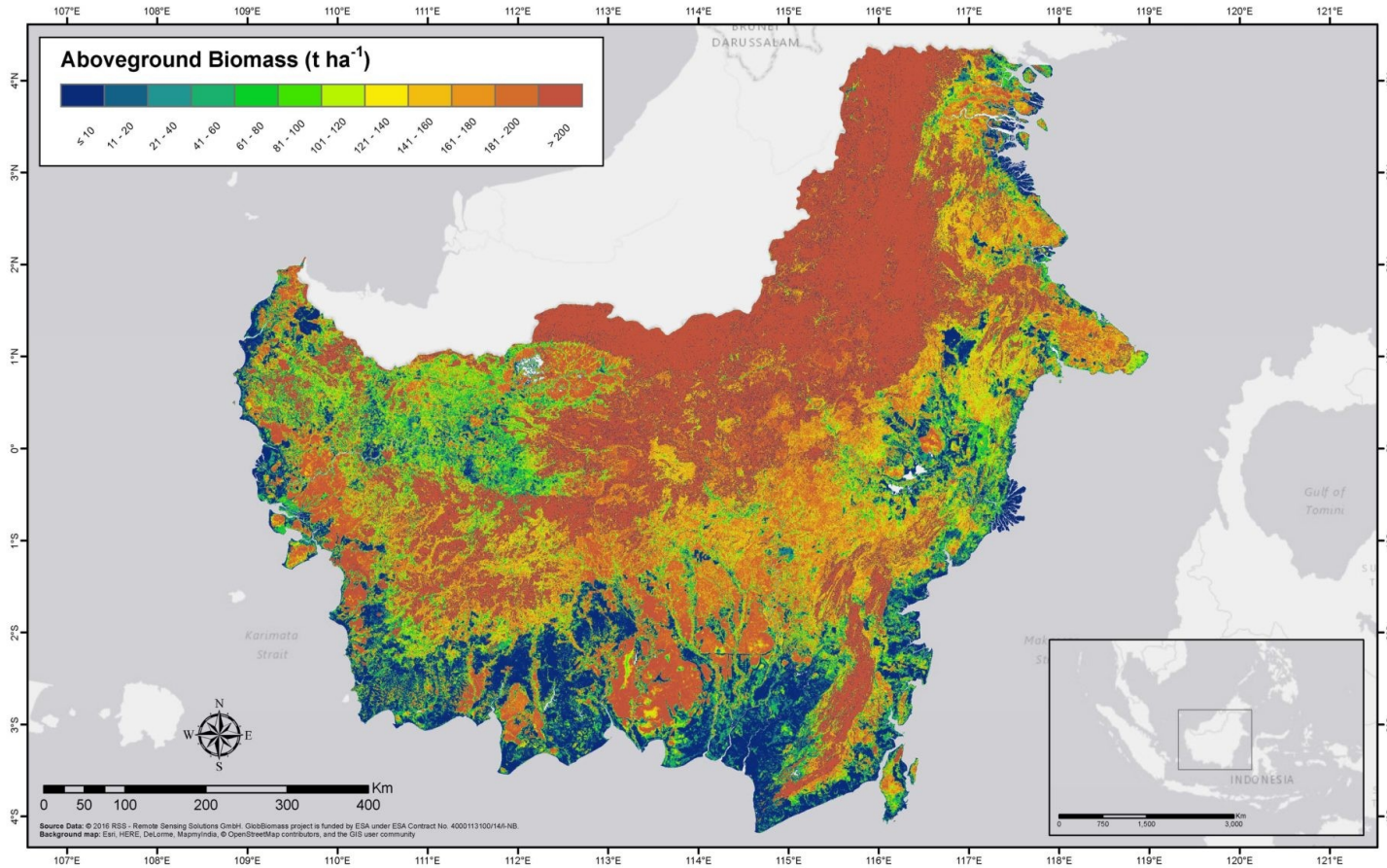


Ηλικία δασικών εκτάσεων – Βιομάζα

Ανίχνευση βιομάζας

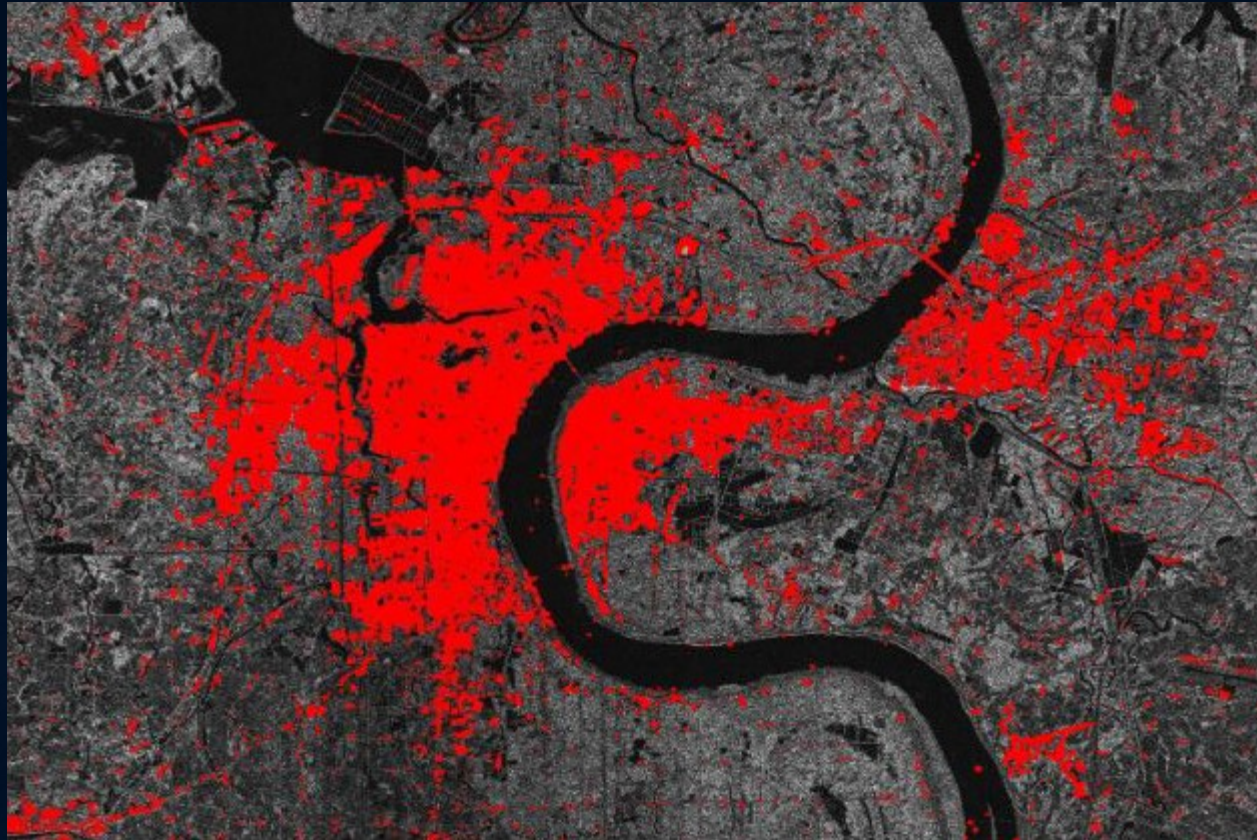


Kalimantan Biomass map 2009



Αστικές εφαρμογές

Καταγραφή μεγέθους πόλεων



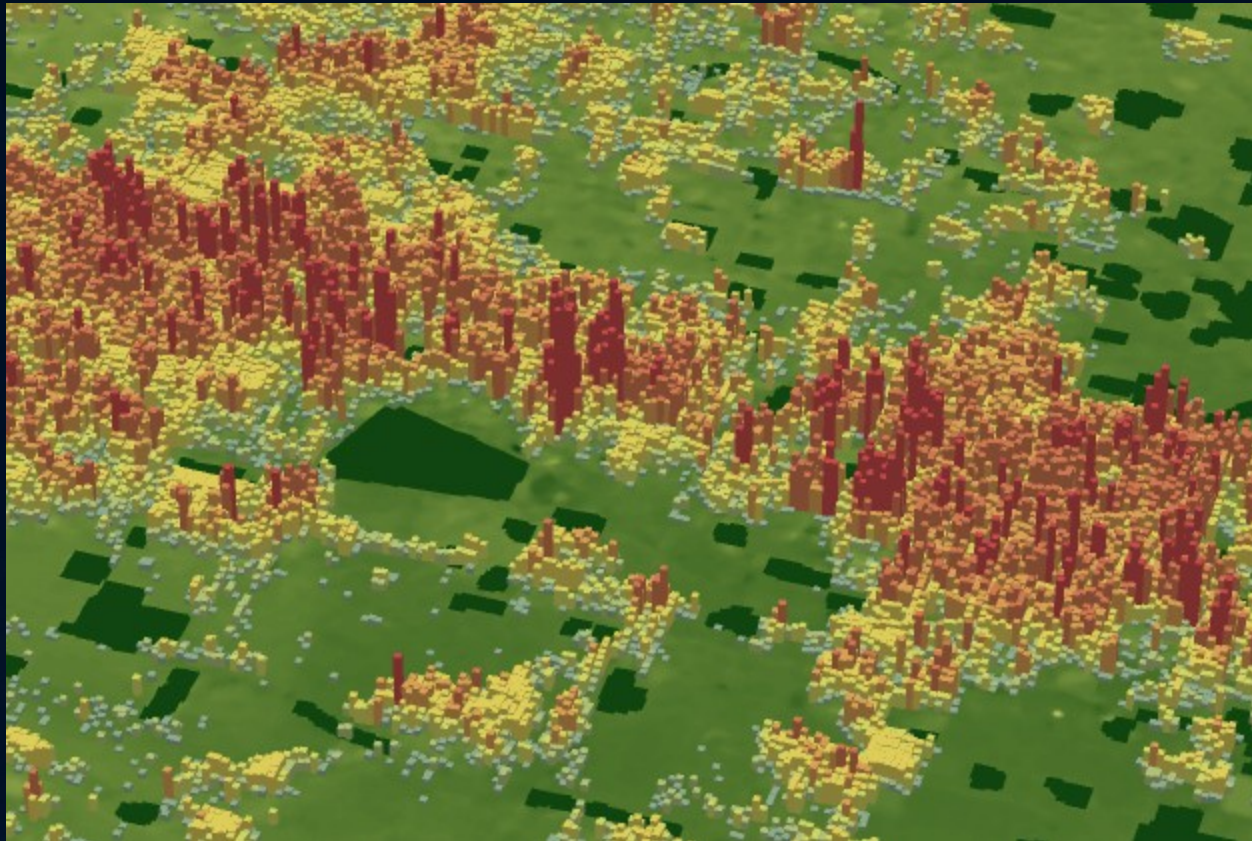
Αστική κάλυψη γης

Αστικός σχεδιασμός
Αστικό μικροκλίμα
Αλλαγές πολεοδομικών
σχεδίων



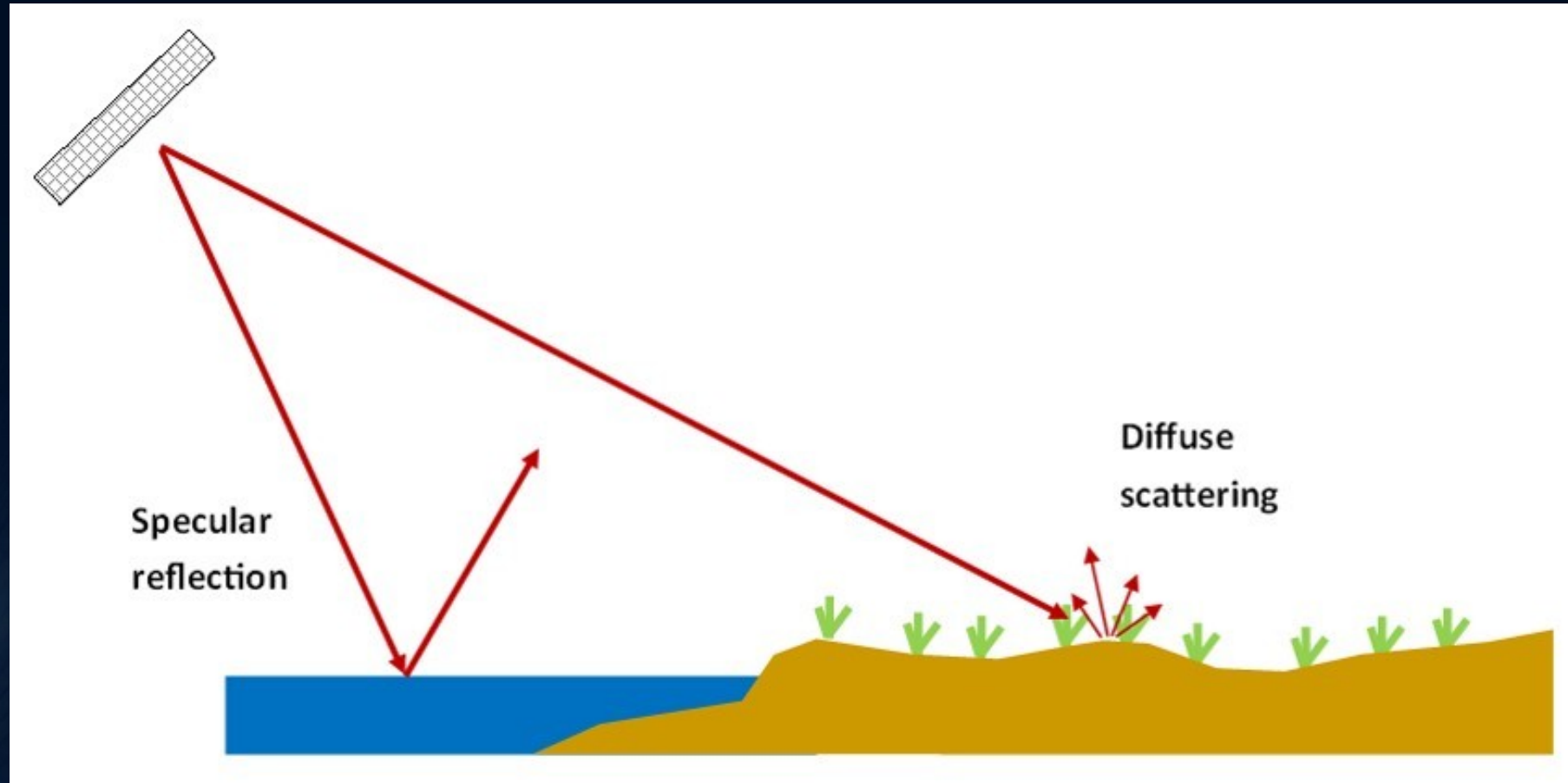
Πηγή: SAREDU

Ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας (Digital Surface Model)

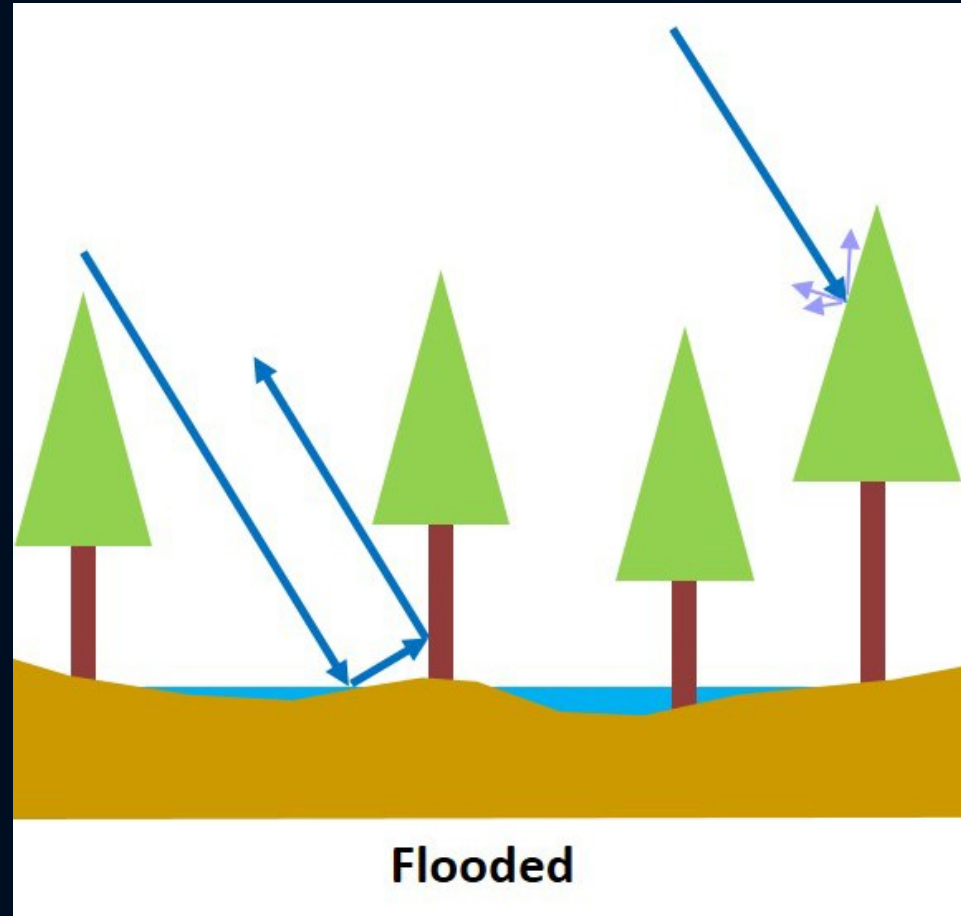
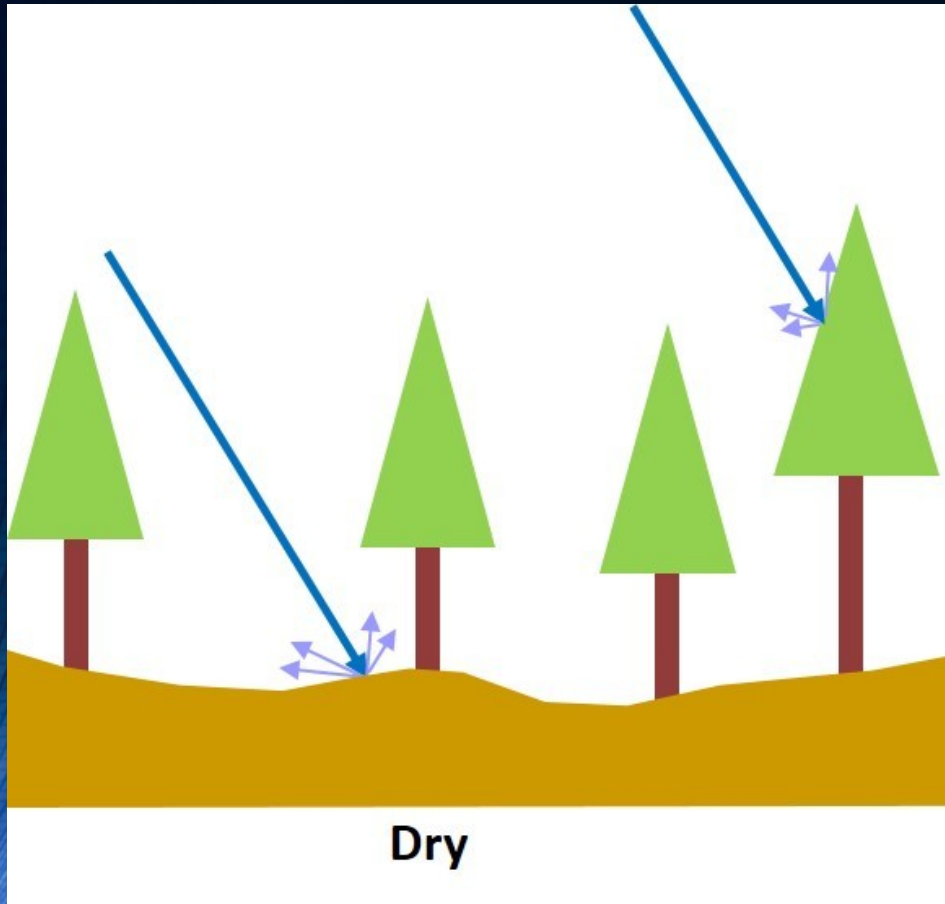


Πηγή: SAREDU

Καταγραφή υδάτινων όγκων

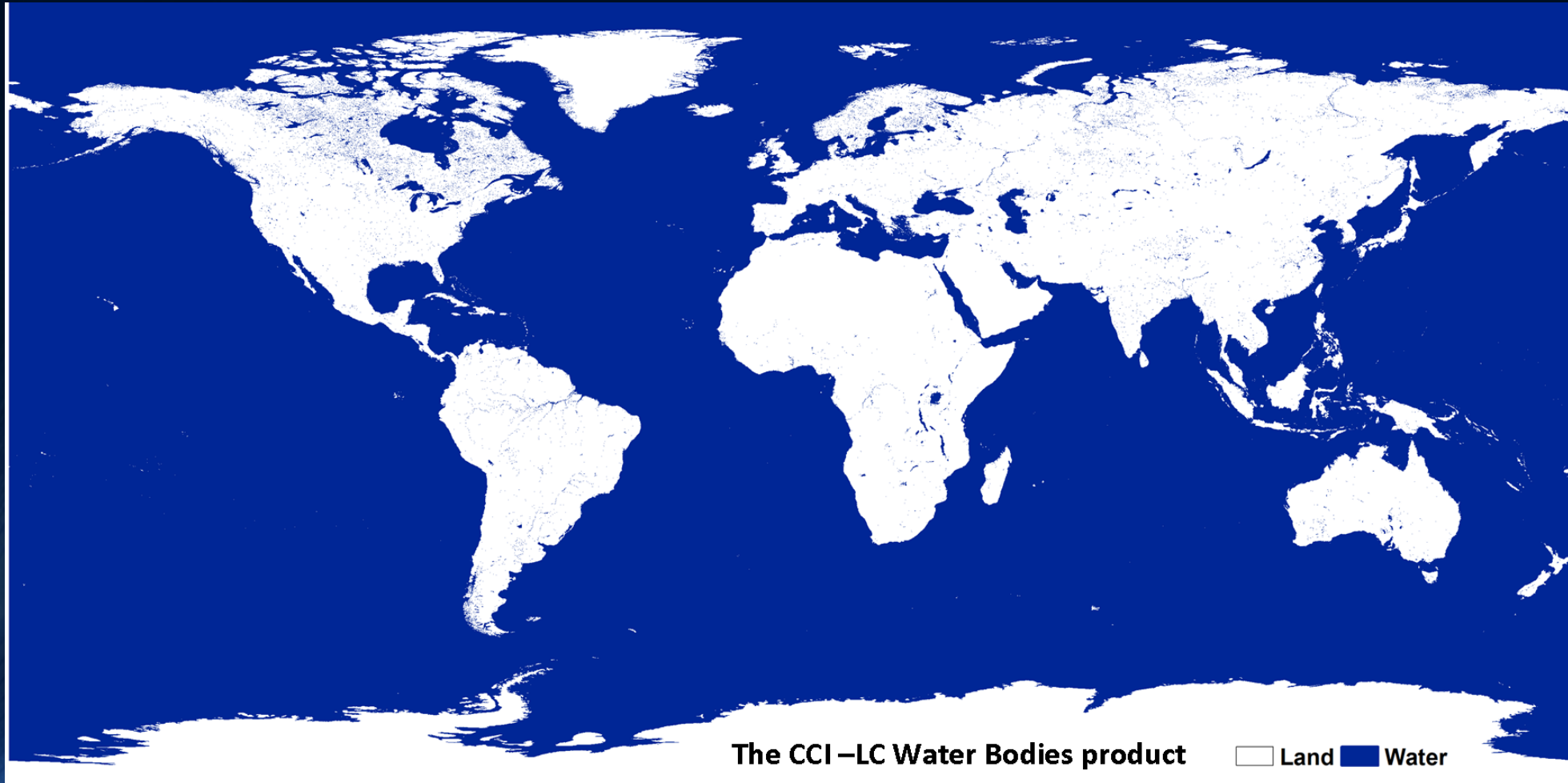


Difference in backscatter mechanisms for open water surfaces and dry land surfaces (after [Solbø & Solheim, 2004](#))

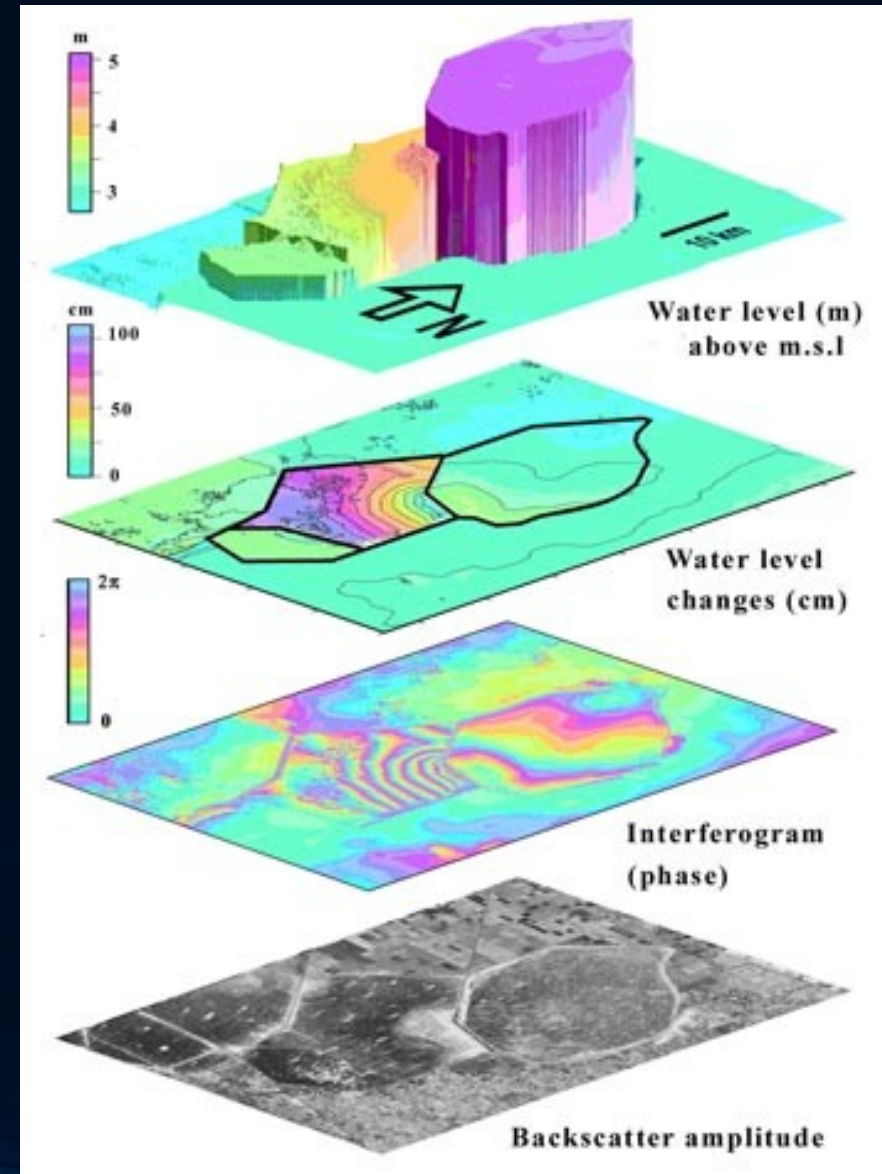


Inundation effects on radar backscatter in a forested wetland (after [Bourgeau-Chavez et al., 2009](#))

Παγκόσμια καταγραφή υδάτινων όγκων

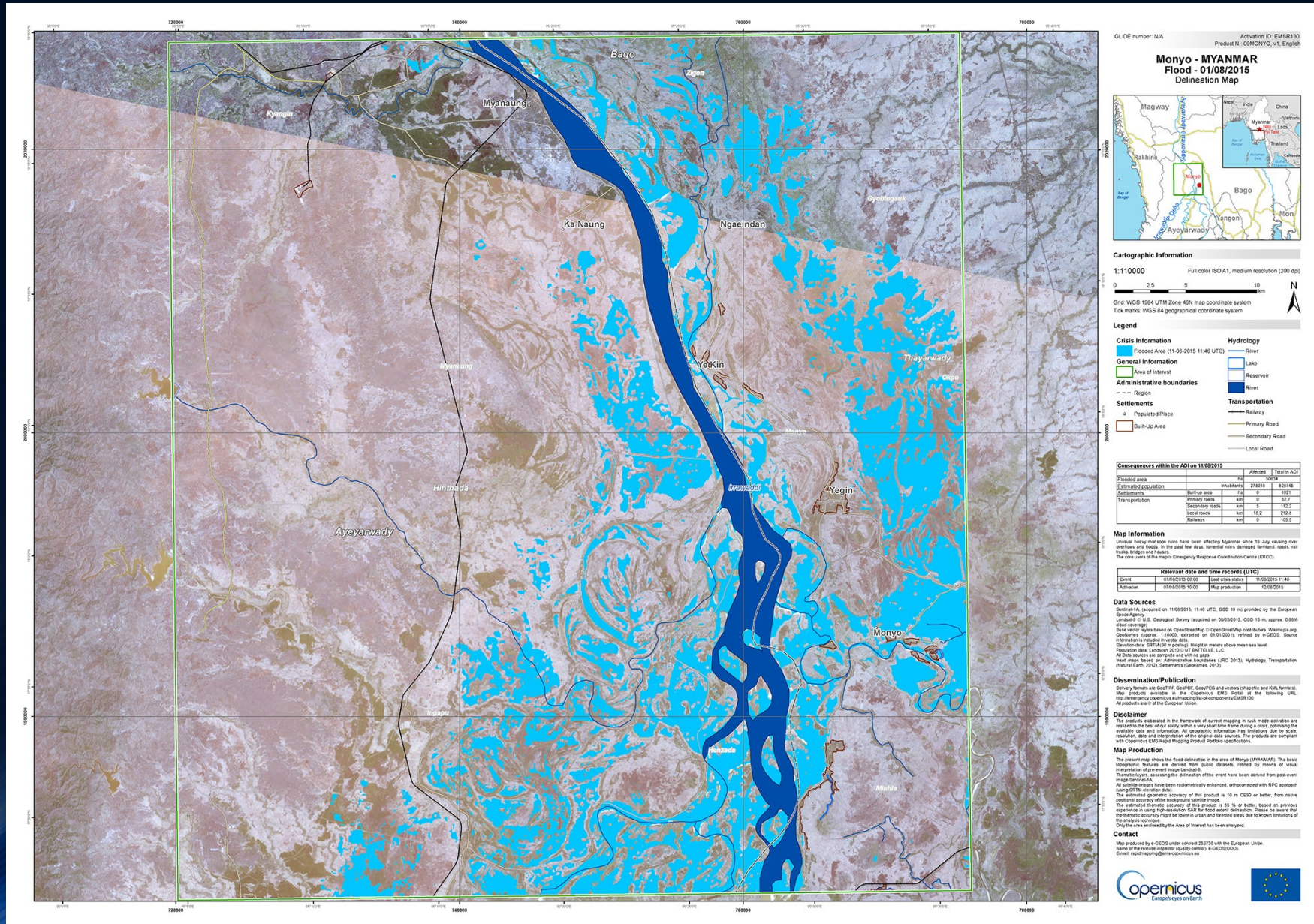


Καταγραφή υγρότοπων



- [Wdowski et al. \(2004\)](#)
- [Wdowski et al. \(2008\)](#)
- [Hong et al. \(2010a\)](#)
- [Hong et al. \(2010b\)](#)
- [Gondwe et al. \(2010\)](#)

Καταγραφή πλημμυρών



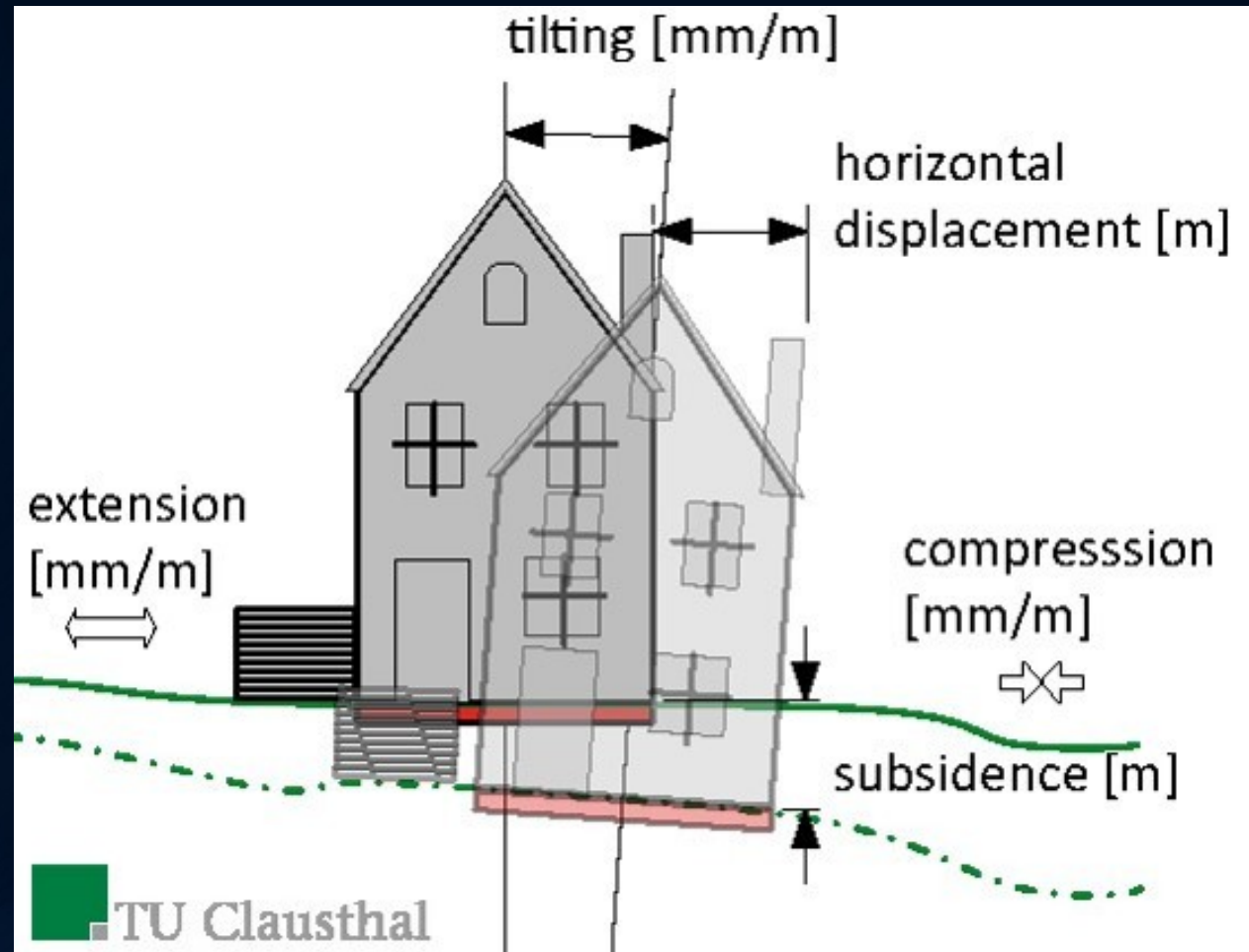
Ωκεανογραφία

Κυριότερες χρήσεις:

- Θαλάσσιες εφαρμογές-καταγραφή των ωκεανών(εντοπισμός πλοίων, ύψος κυμάτων)
- Καταγραφή πάγων
- Καταγραφή ανέμου και κυμάτων στην επιφάνεια της θάλασσας
- Πάγοι-κλιματική αλλαγή
- Ανίχνευση πετρελαιοκηλίδων

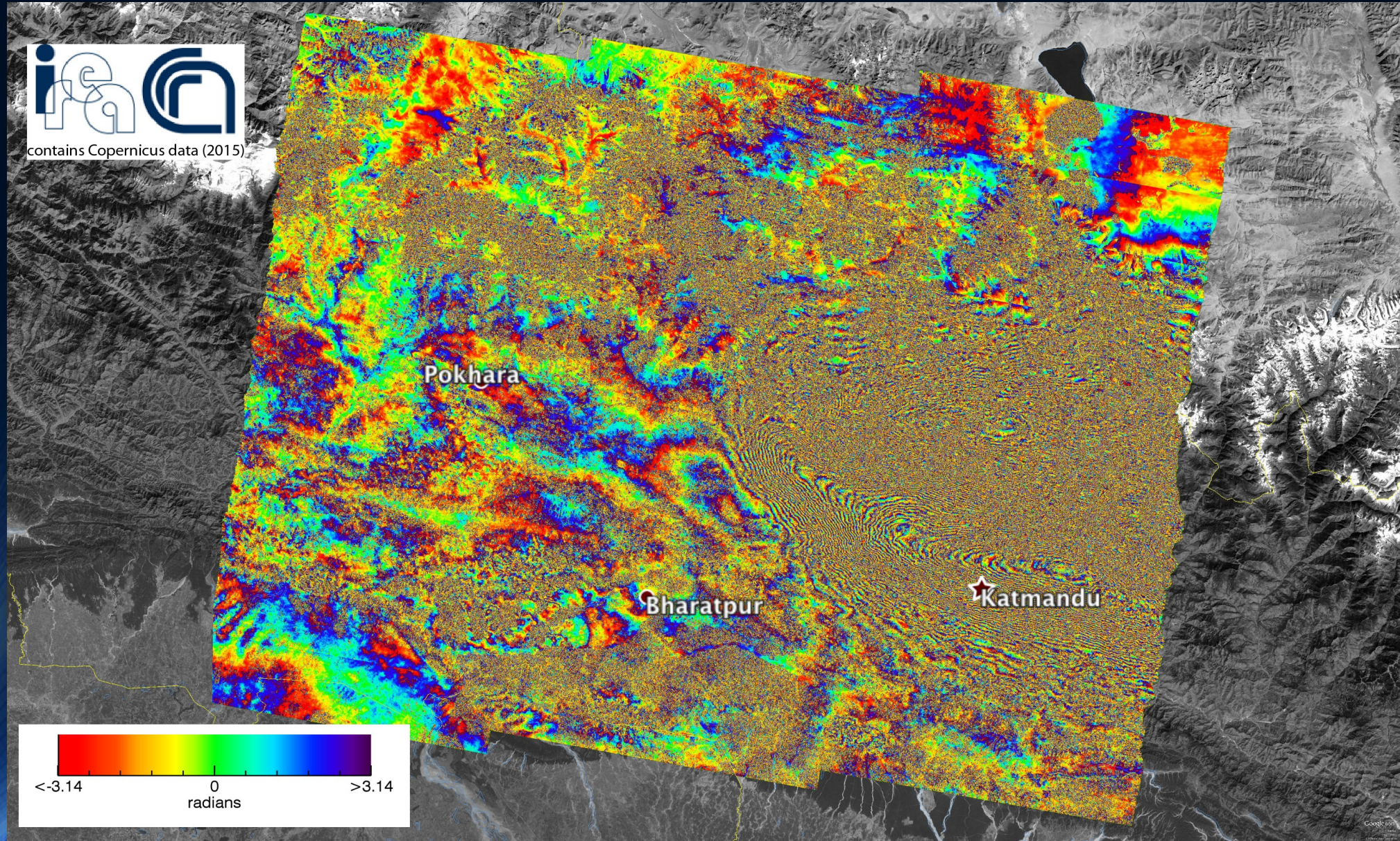
Διαχείριση φυσικών κινδύνων

Καθίζηση



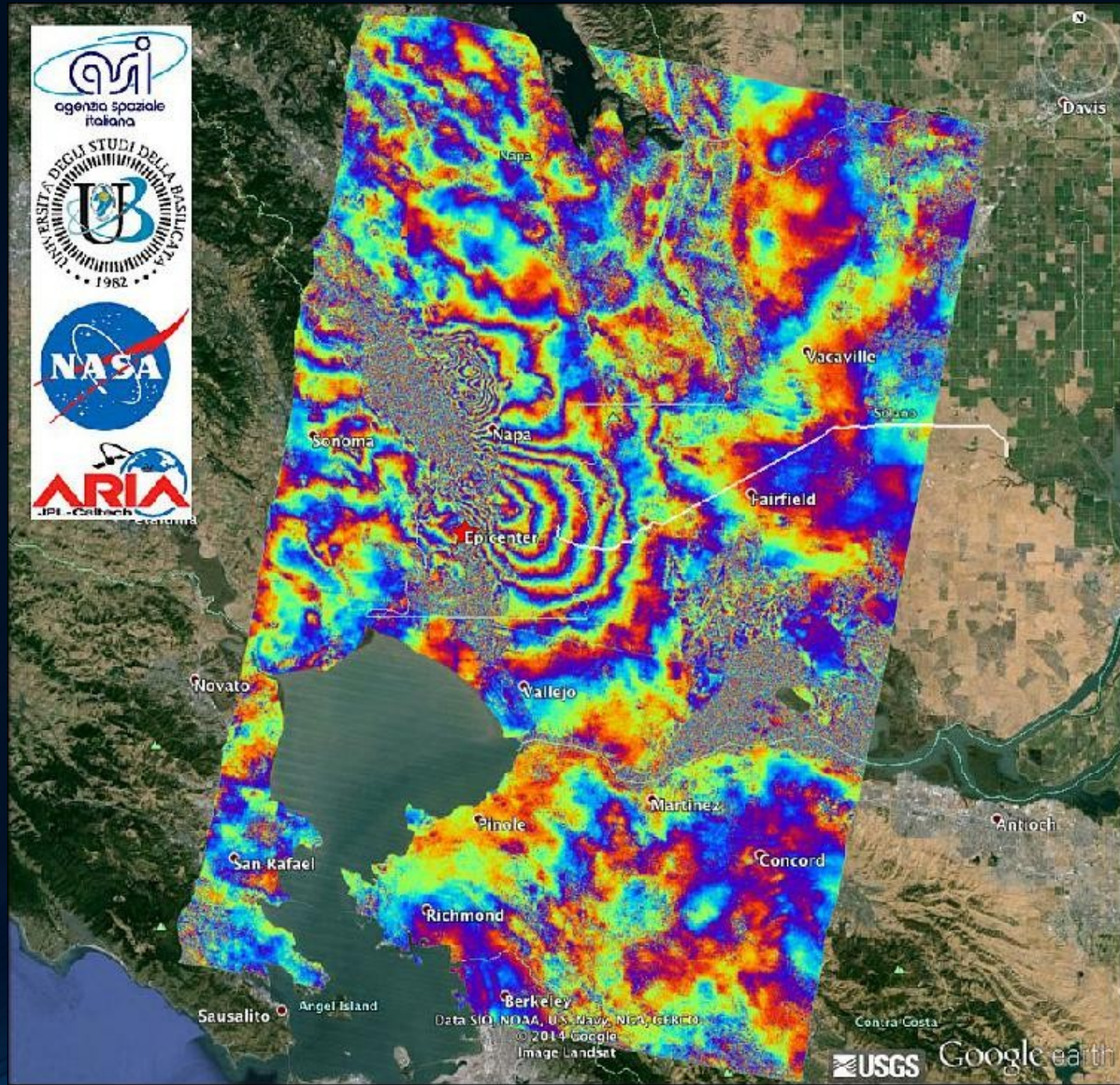
Κατολισθήσεις-Κατάρρευση κτιρίων

Σεισμοί

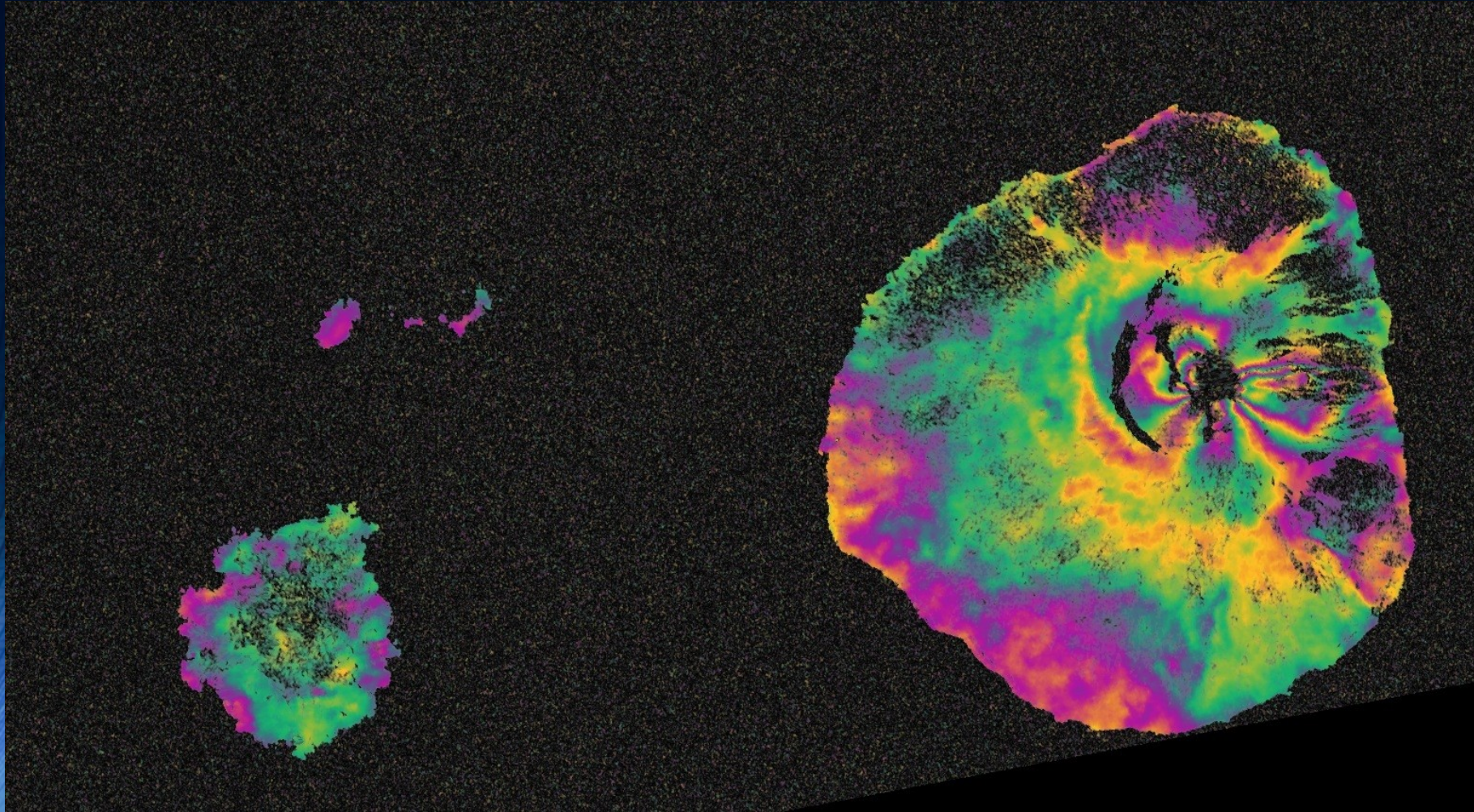




agenzia spaziale italiana

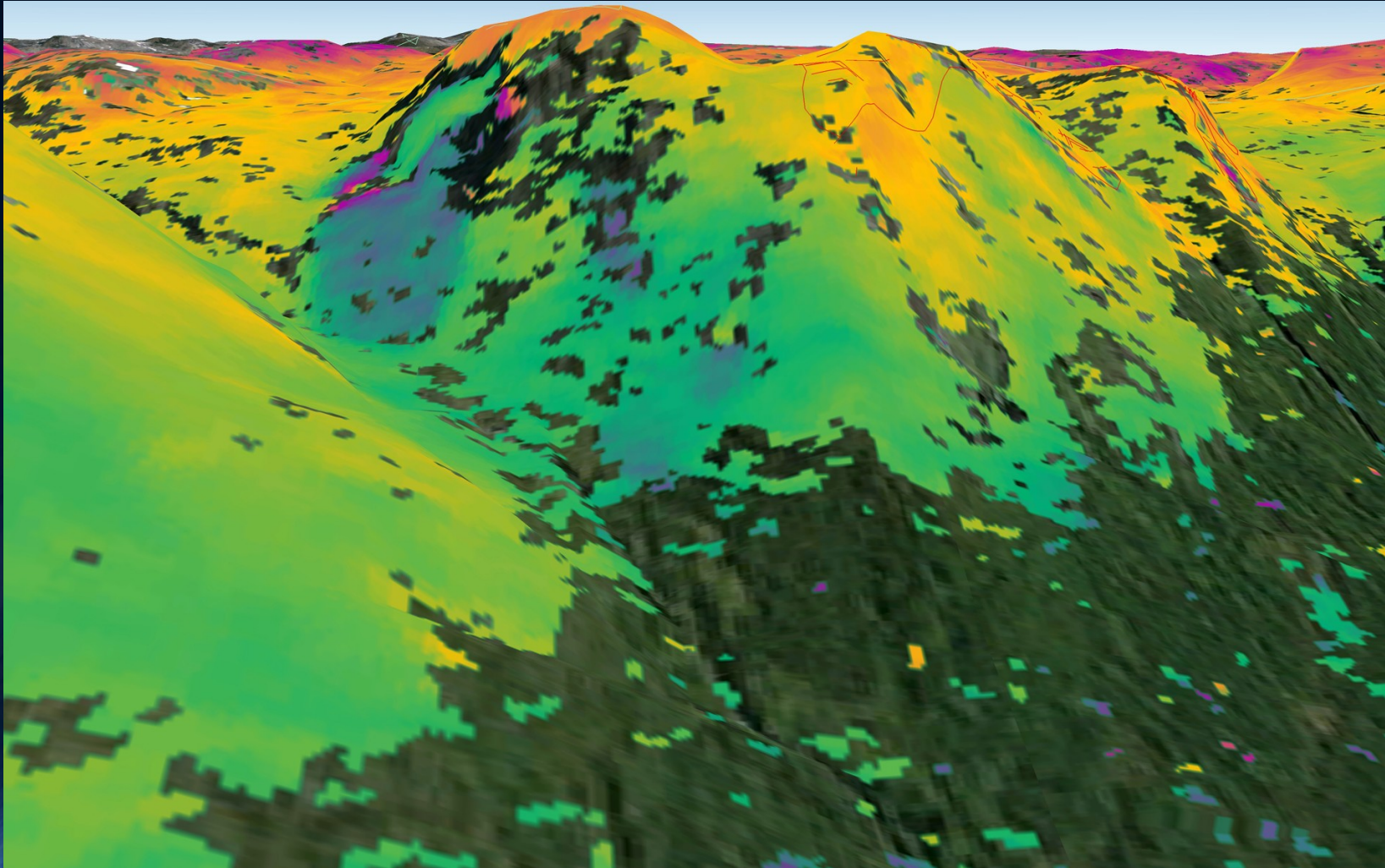


Ηφαίστεια



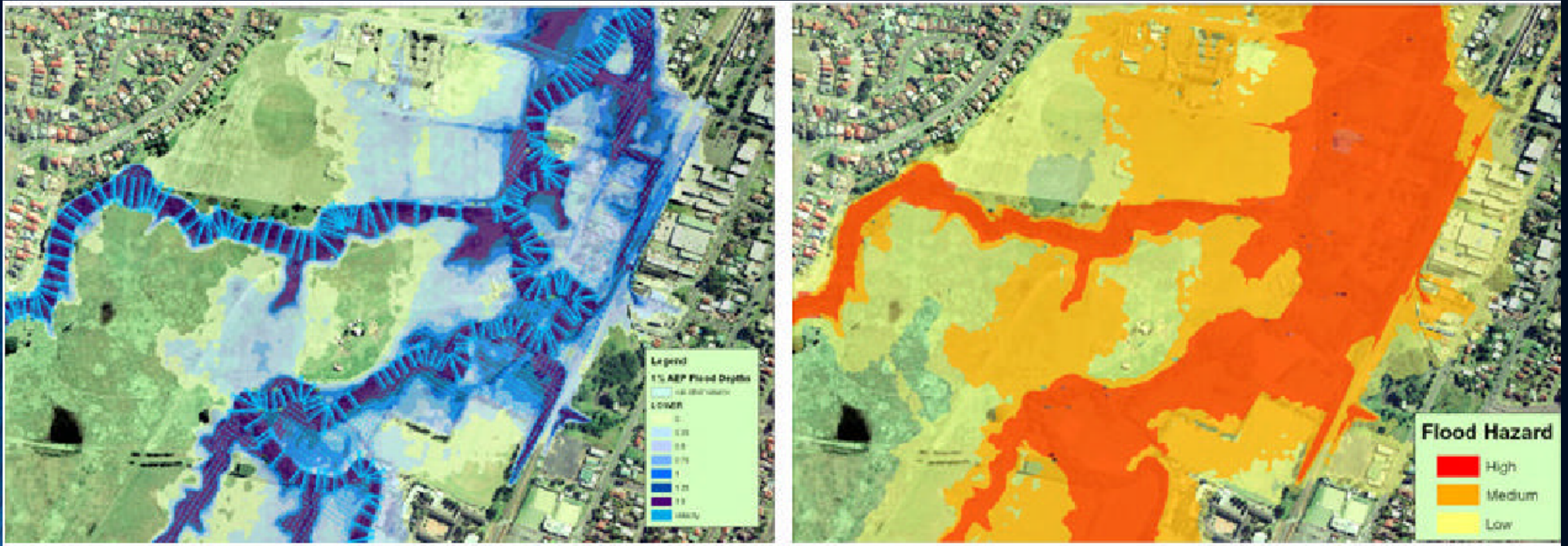
Ηφαίστειο Pico do Fogo – νησί Cape Verde's . Έκρηξη στις 23 Νοεμβρίου 2014. Sentinel-1A εικόνες radar, 3 Νοεμβρίου και 27 Νοεμβρίου 2014, ESA

Κατολισθήσεις



Sentinel-1A εικόνες radar από τις 23 Σεπτεμβρίου και 30 Αυγούστου 2014 . Κατολίσηση στην επικράτεια Κåfjord της Troms στη Νορβηγία. ESA

Πλημμύρες



Airborne laser scanning and radar interferometry for digital topographic modelling and flood risk assessment,
Anthea L. Mitchell, Hsing-chung Chang, Lance Hazell, Anthony K. Milne

Διαφορική συμβολομετρία **VS** Διαχρονική συμβολομετρία

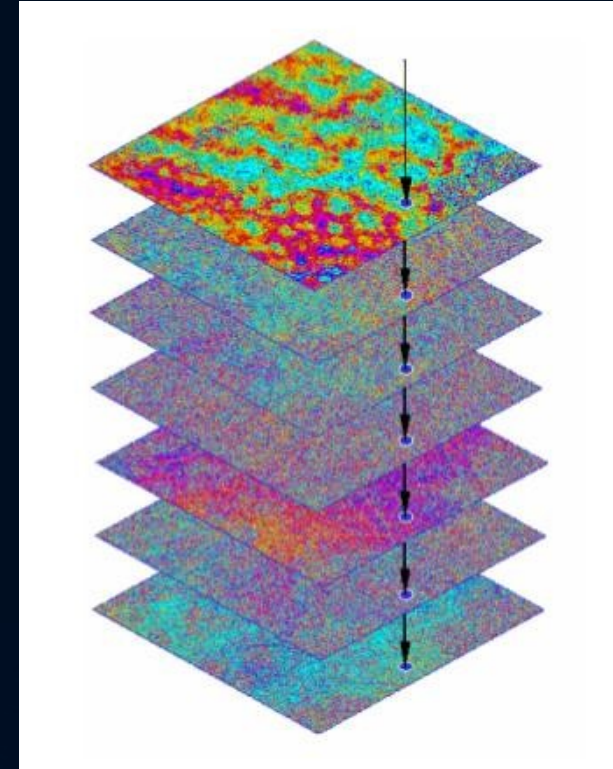
- Εφαρμόζεται σε 2 εικόνες διαφορετικών χρόνων λήψης
- Επεξεργασία σε επίπεδο pixel

Μειονεκτήματα:

- Ατμοσφαιρική επίδραση
- Αποσυσχέτιση της φάσης

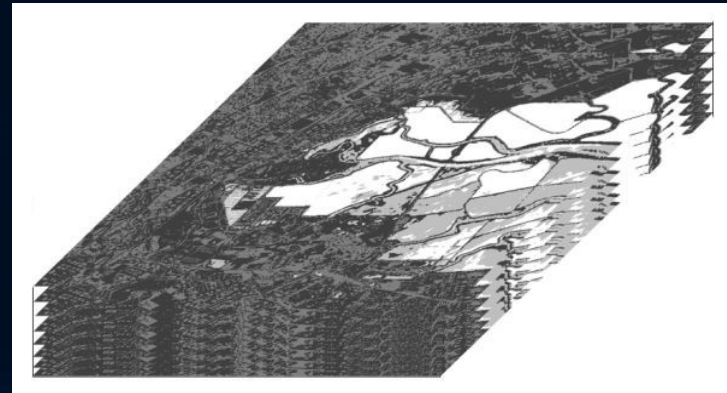
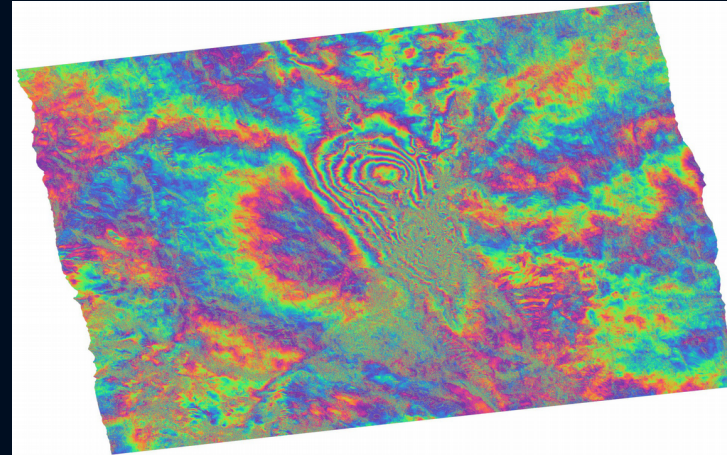
Εύρεση σταθερών στόχων ανεξάρτητων από:

- Γεωμετρία λήψης
- Χρονική αποσυσχέτιση
- Αποσυσχέτιση της φάσης



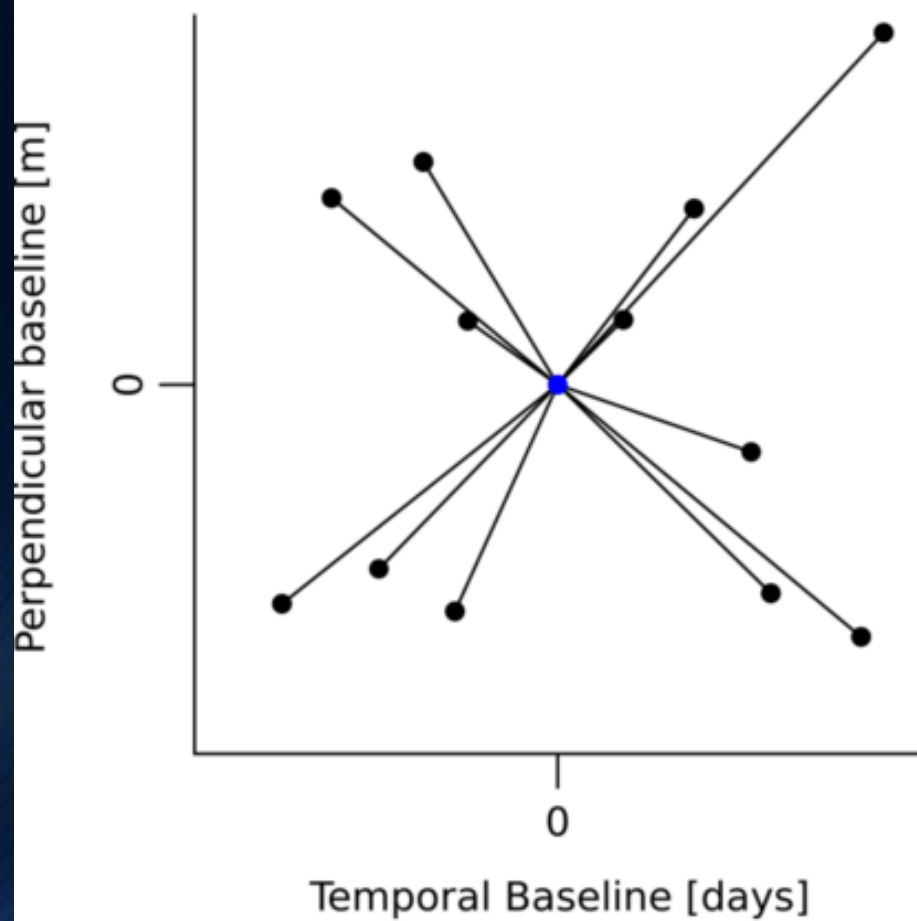
Μελέτη χρονοσειρών

- Μέθοδος σταθερών σκεδαστών (Persistent Scatterer's technique)
- Μέθοδος υποσυνόλων μικρών βάσεων (Small Baseline Subset)

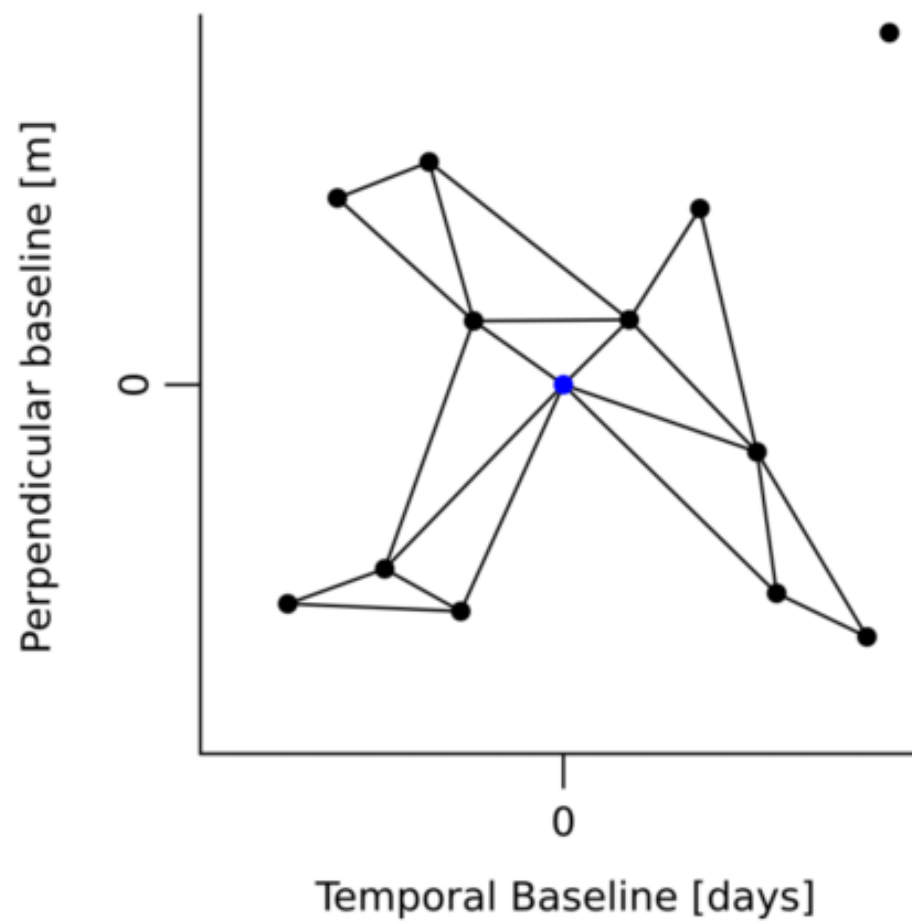


A

Persistent Scatterer Analysis

**B**

Small Baseline Subset Analysis





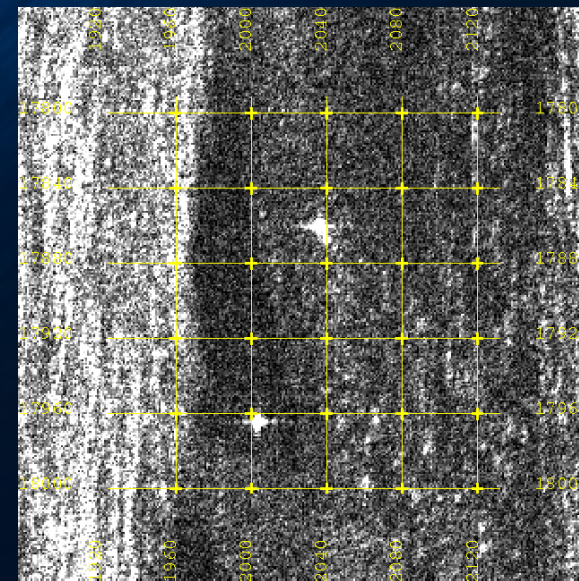
Φυσικά
χαρακτηριστικά

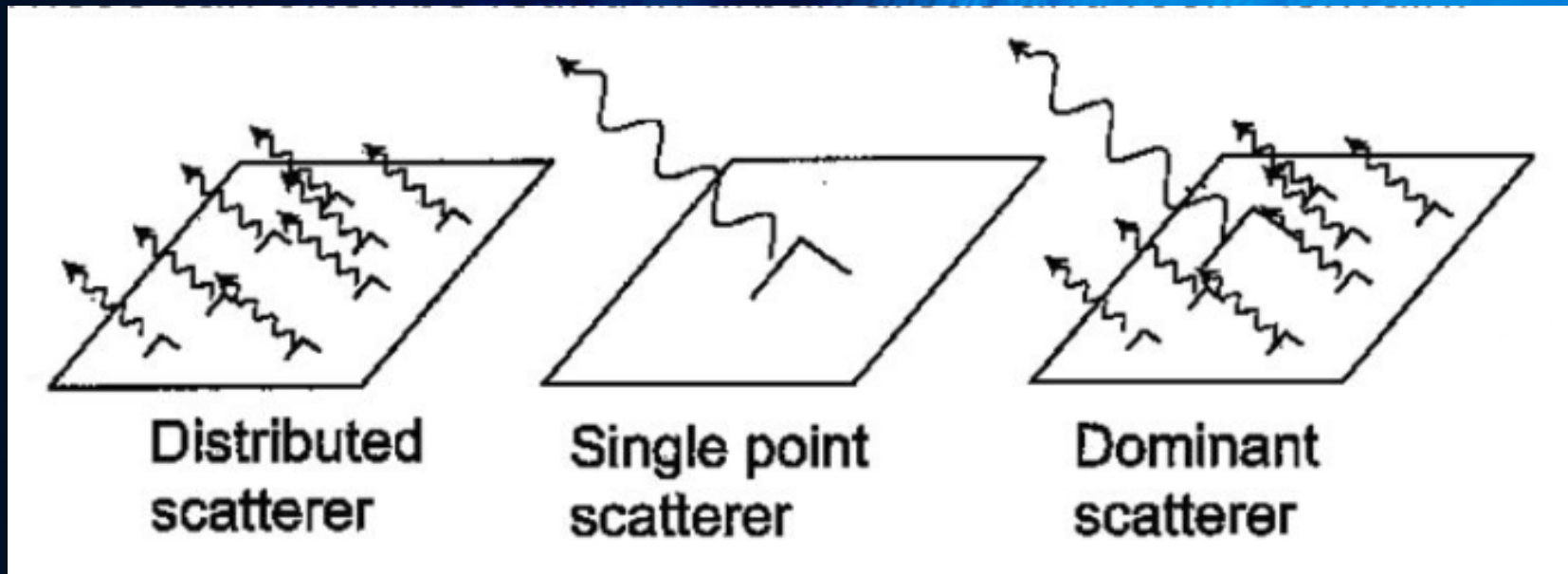


Ανακλαστήρες



Ανθρώπινες
κατασκευές





Οι καλύτεροι σταθεροί σκεδαστές, είναι εκείνοι που εκπέμπουν μεγάλη ακτινοβολία οπισθοσκέδασης και συναντώνται σε πόλεις και βραχώδεις εκτάσεις.

Επιλογή σταθερών σκεδαστών

Αν το εικονοστοιχείο παρουσιάζει σταθερά, υψηλή συσχέτιση(coherence), τότε χαρακτηρίζεται ως σταθερός σκεδαστής. (correlation thresholding)

ή

Αν το εικονοστοιχείο παρουσιάζει σταθερή τιμή έντασης σε πλήθος sar εικόνων, τότε χαρακτηρίζεται ως σταθερός σκεδαστής. (amplitude analysis)

Feretti(2000)

Βελτίωση συμβολογραμμάτων

- Υπολογισμός εκ νέου της φάσης των εικονοστοιχείων, αφού γίνει μετασχηματισμός στη γεωμετρία της εικόνας αναφοράς(master)
- Διόρθωση ατμοσφαιρικών επιδράσεων
- Εντοπισμός νέων σταθερών σκεδαστών συμπεριλαμβάνοντας ανάλυση σταθερής φάσης
- Εκτίμηση ταχυτήτων κατά τη διεύθυνση του δορυφόρου (Line Of Sight) και των σφαλμάτων του DEM , σε περιοχές που η συνοχή φάσης(coherence) είναι μέγιστη.

Προσθήκη διασκορπισμένων σκεδαστών (distributed scatterers)

- Υπολογισμός εκ νέου της φάσης των εικονοστοιχείων, αφού γίνει μετασχηματισμός στη γεωμετρία της εικόνας αναφοράς (master)
- Διόρθωση ατμοσφαιρικών επιδράσεων
- Εντοπισμός νέων σταθερών σκεδαστών συμπεριλαμβάνοντας ανάλυση σταθερής φάσης
- Εκτίμηση ταχυτήτων κατά τη διεύθυνση του δορυφόρου (Line Of Sight) και των σφαλμάτων του DEM, σε περιοχές που η συνοχή φάσης (coherence) είναι μέγιστη.
- Εφαρμογή φίλτρου adaptive στις ομοιογενείς περιοχές

Μέθοδος υποσυνόλων μικρών βάσεων (SBAS)

- Επιλέγονται συμβολογράμματα με μικρή βάση (small baseline) για μείωση της αποσυσχέτισης λόγω θορύβου
- Ορθή σύνδεση συμβολογραμμάτων με μεγάλες βάσεις.
- Για κάθε συνεκτικό εικονοστοιχείο υπολογίζεται η ταχύτητα με τη μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων
- Εφαρμόζεται η ανάλυση ανεξάρτητων συνιστωσών (Singular Value Decomposition)

Μαθηματικό πλαίσιο του αλγορίθμου SBAS

$$\underline{v}^T = \left[v_1 = \frac{\phi(t_1) - \phi(t_0)}{t_1 - t_0}, \dots, v_{M-1} = \frac{\phi(t_{M-1}) - \phi(t_{M-2})}{t_{M-1} - t_{M-2}} \right]$$

Για κάθε
εικονοστοιχείο
υπολογίζεται το
διάνυσμα της
ταχύτητας

$\delta\phi$ = το διάνυσμα της
ξετυλιγμένης
συμβολομετρικής φάσης
 B = πίνακας των συνδυασμών
μικων βάσεων

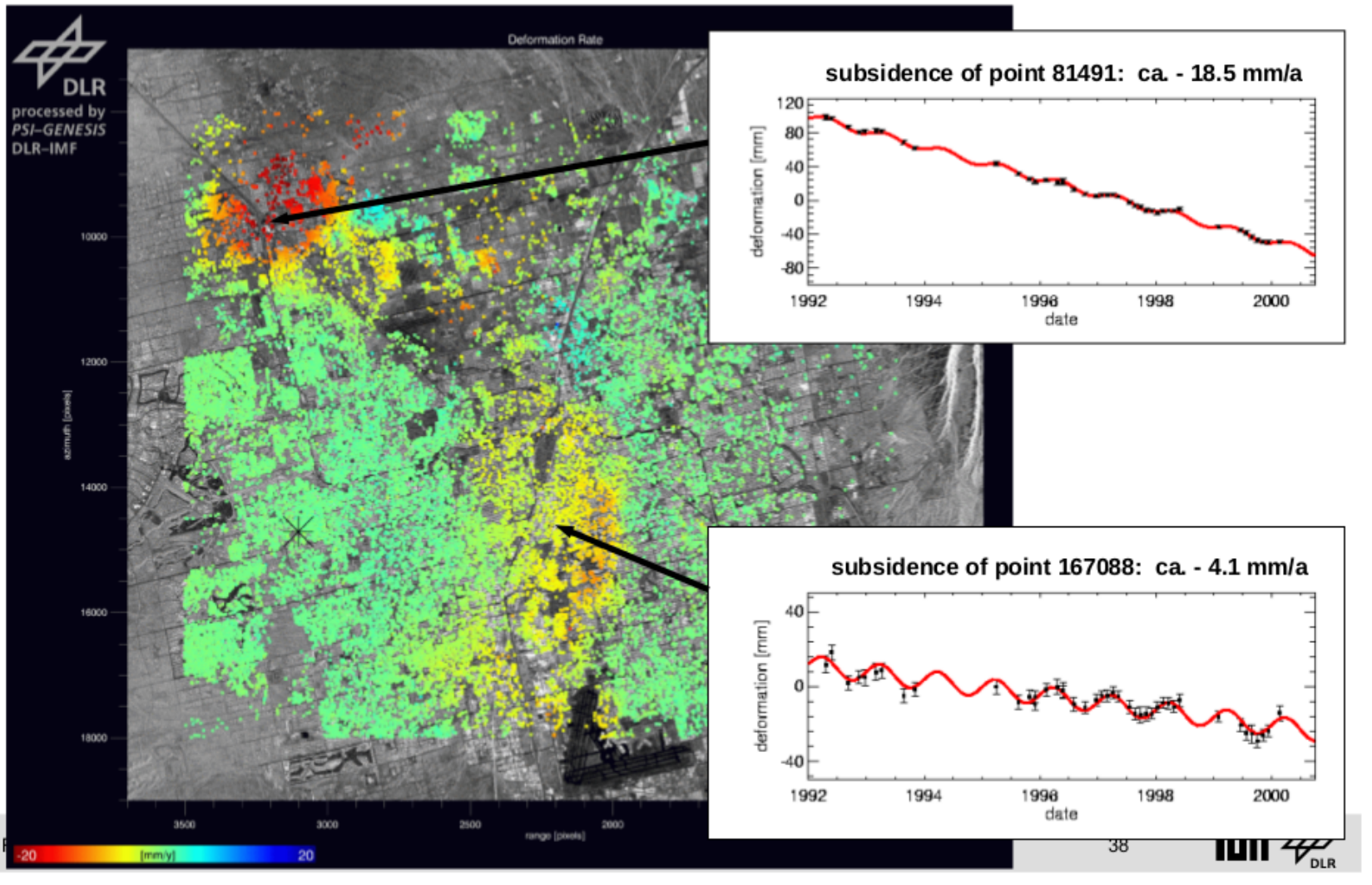
$$Bv = \delta\phi,$$

$$\hat{v} = V \begin{bmatrix} \Sigma^{-1} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} U^T \delta\phi,$$

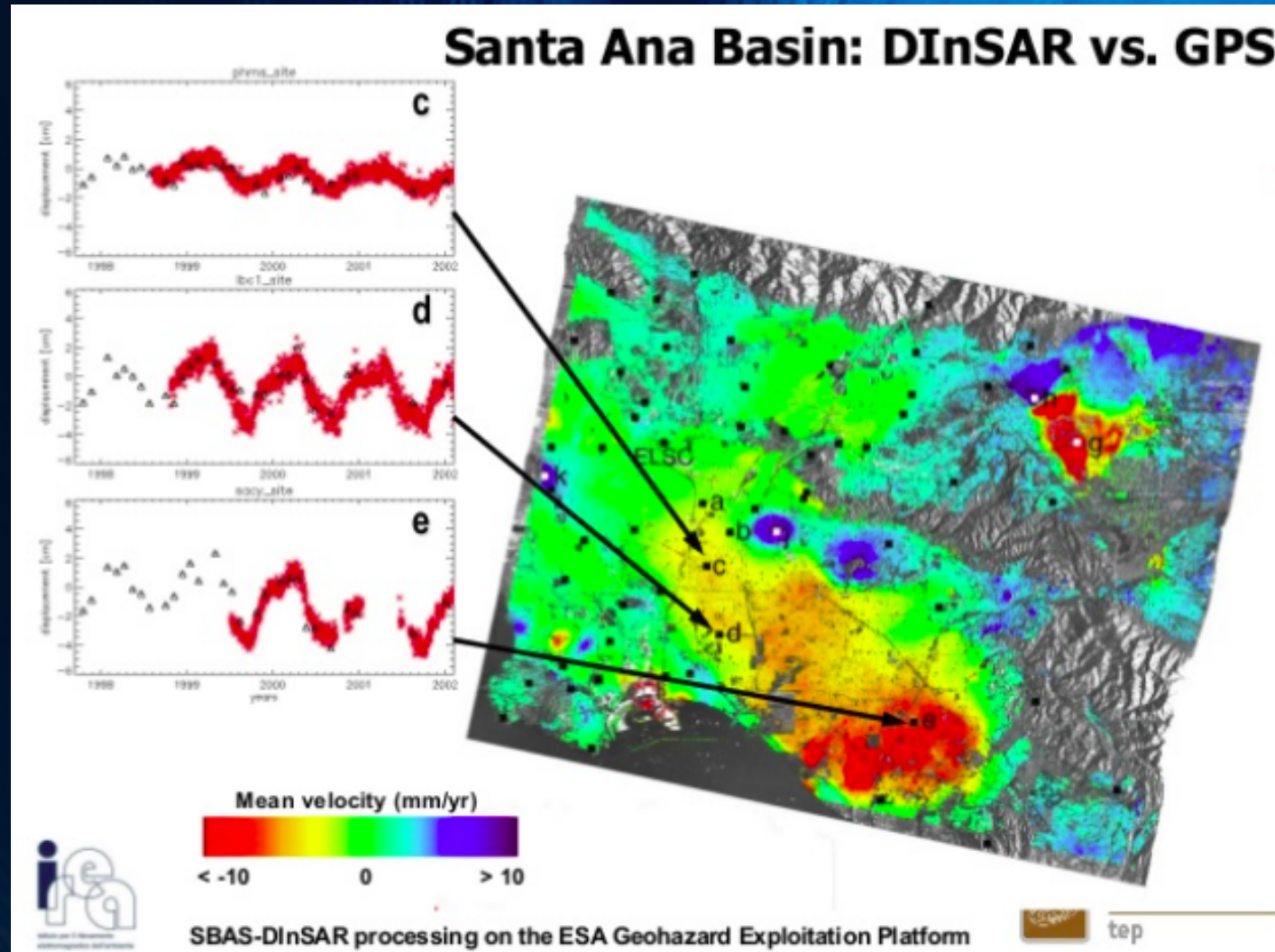
V, Σ, U = οι
παράγοντες
του B

Μελέτη καθίζησης με τη μέθοδο των σταθερών σκεδαστών

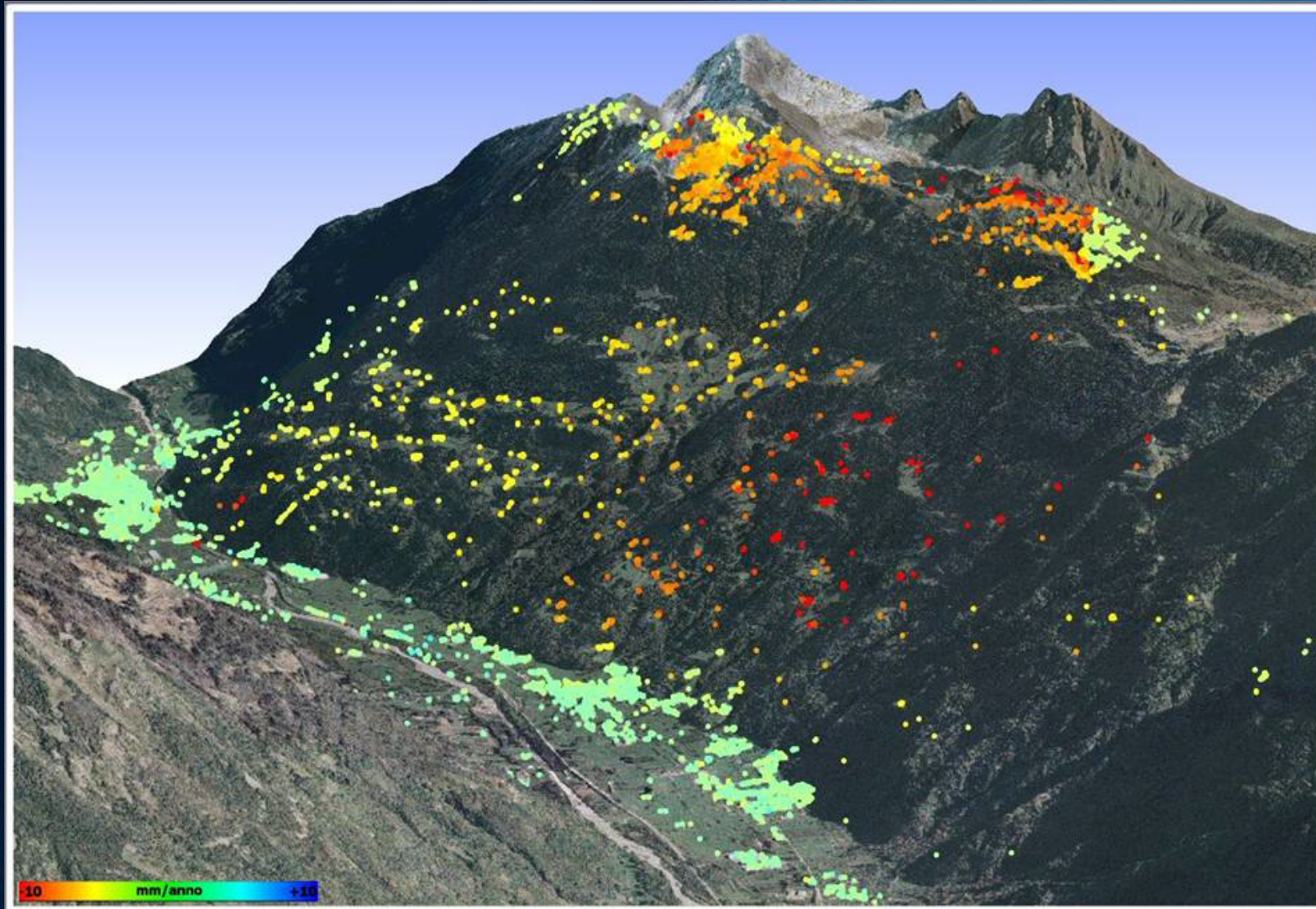
Las Vegas
(1992-
2001)



Μελέτη καθίζησης με τη μέθοδο των υποσυνόλων μικρών βάσεων

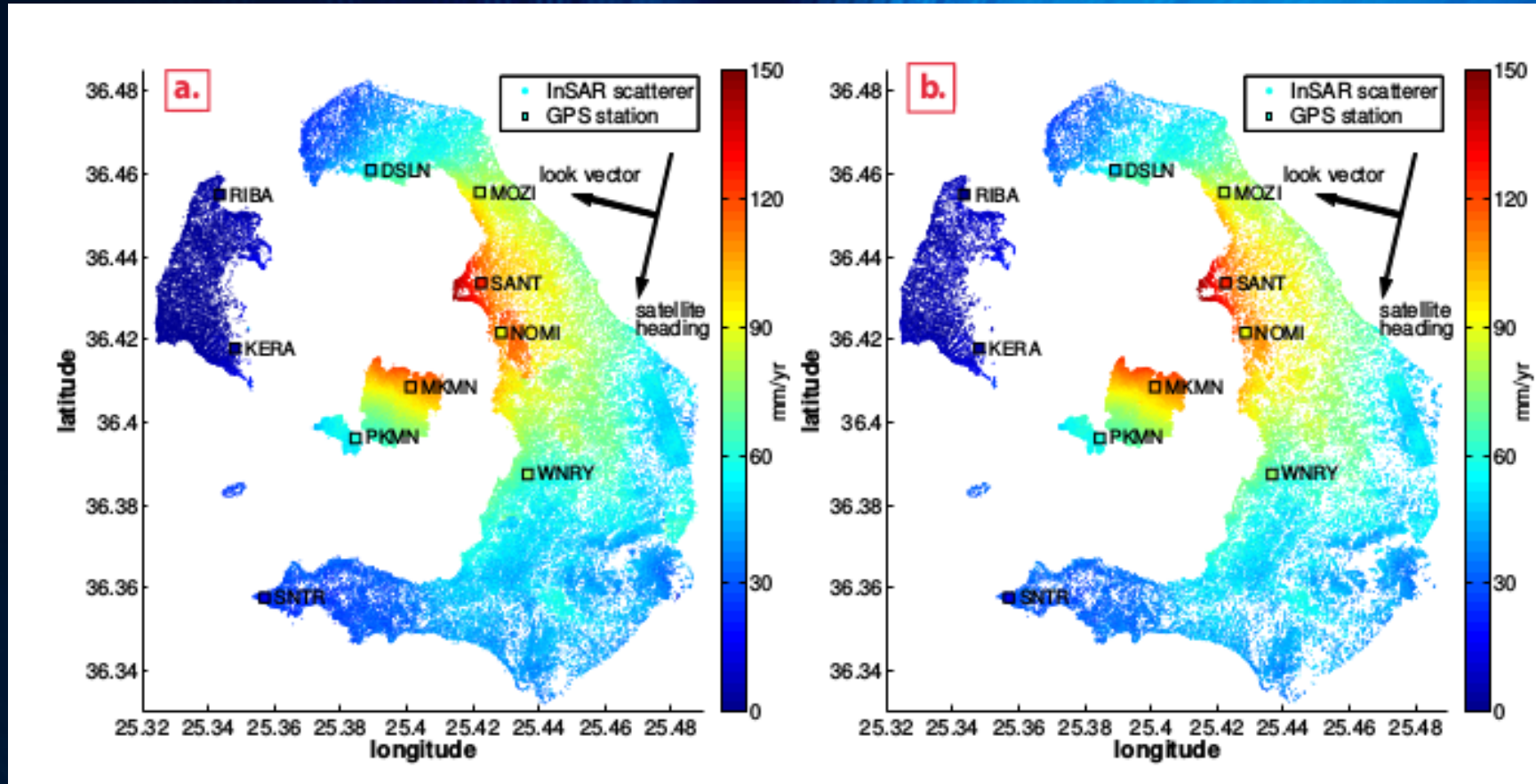


Μελέτη κατολισθήσεων με τη μέθοδο PS



Science, 25-Jun-2004, Vol. 304:
G. Hilley, R. Burgmann, A. Ferretti, F. Novali, F. Rocca
“Dynamics of Slow Moving Landslides from PS analysis”

Συνδυασμός PS-SBAS



Πηγή: Διδακτορική διατριβή Ι. Παπουτσή,
Radar Interferometry for Monitoring Crustal Deformation -
Geodetic Applications in Greece

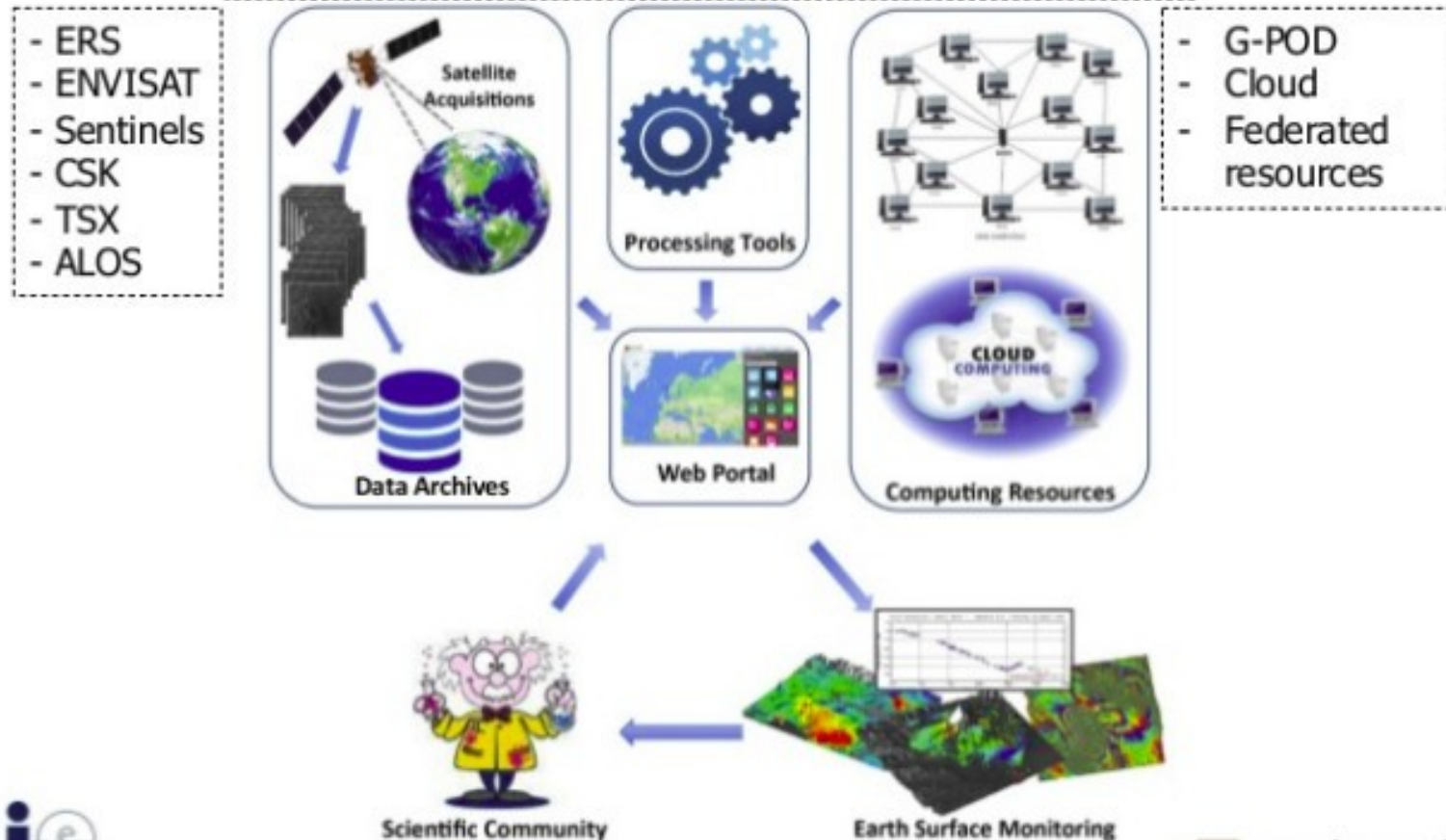
Thematic Exploitation Platforms (TEPs)



- Πλατφόρμες που διευκολύνουν τη χρήση και την επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων SAR
- Πλήθος λογισμικών για επεξεργασία δεδομένων SAR
- Εργαλεία συνεργασίας (ανοιχτές δημοσιεύσεις, κοινωνική δικτύωση)

ESA Geohazard Exploitation Platform (GEP)

SBAS, NSBAS, ROI_PAC, StaMPS, DIAPASON, DORIS, ...



SBAS-DInSAR processing on the ESA Geohazard Exploitation Platform

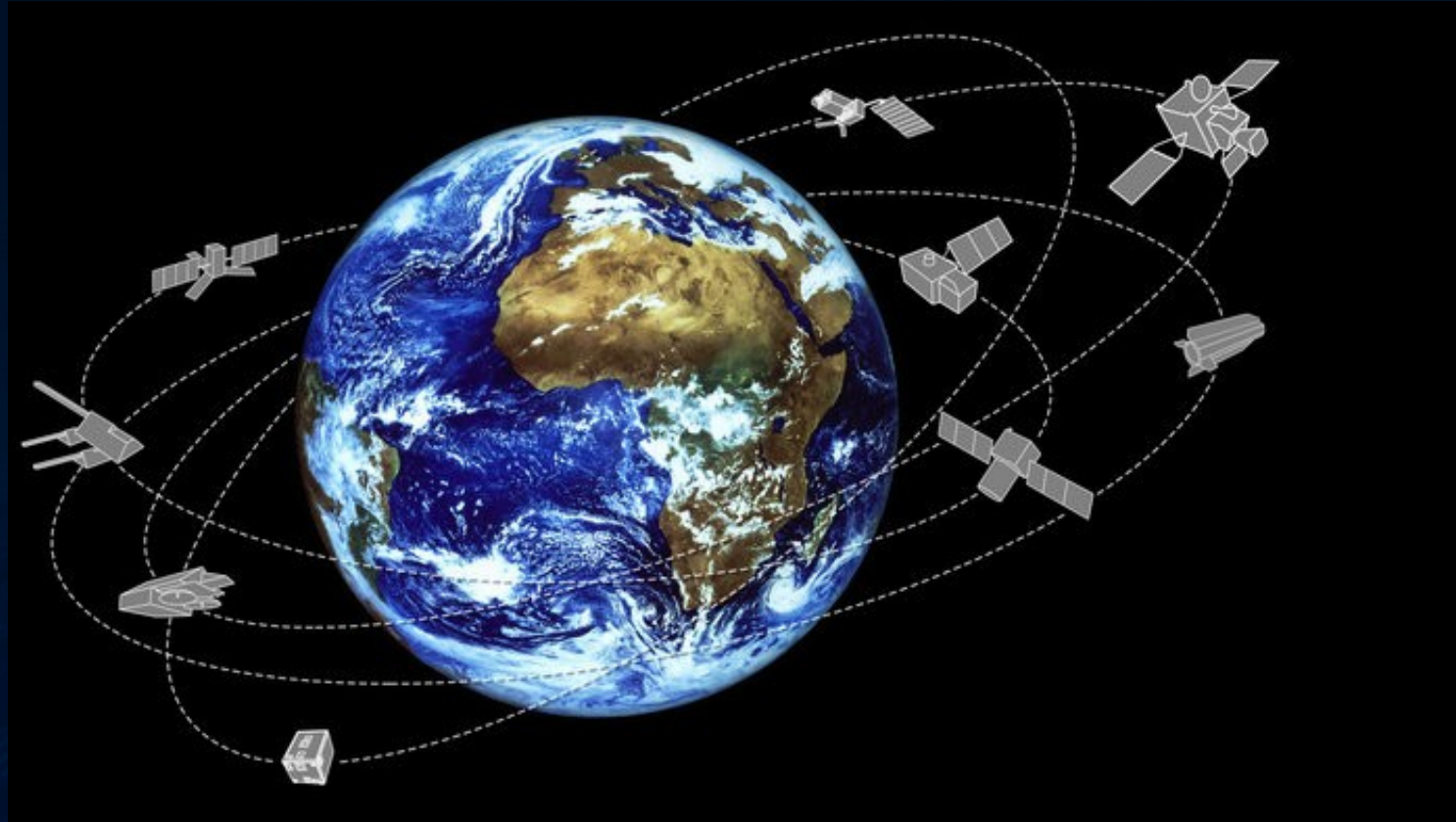


geohazards
tep

Συνοψίζοντας:

- Η διαφορική συμβολομετρία είναι πολύτιμο εργαλείο στη μελέτη της παραμόρφωσης της Γης
- Περιορισμοί της διαφορικής συμβολομετρίας:
- Χρονική και γεωμετρική αποσυσχέτιση
- Λάθη του ξετυλίγματος της φάσης
- Ατμοσφαιρικές επιδράσεις
- Η μέθοδος PS εκμεταλλεύεται την υψηλή χρονική συνοχή σκεδαστών σε σύνολο 50-100 συμβολογραμμάτων (stacks)

- Η μέθοδος PS υπολογίζει την αργή και σε βάθος χρόνου παραμόρφωση, σε κλίμακα mm.
- Η μέθοδος SBAS χρησιμοποιεί συμβολογράμματα μικρών βάσεων, ώστε να περιορίσει το επίπεδο αποσυσχέτισης (θορύβου) και να μεγιστοποιήσει το δείγμα των εικονοστοιχείων που θα ερευνηθούν
- Και οι δύο μέθοδοι αποδίδουν παραπλήσια παραμόρφωση σε περιοχές υψηλής συνοχής φάσης.



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!