

Estudi de Subsidiències mitjançant tècniques DInSAR





Missions SAR: Passat i present.

Activitats DInSAR ICC. Resultats LR vs. HR.

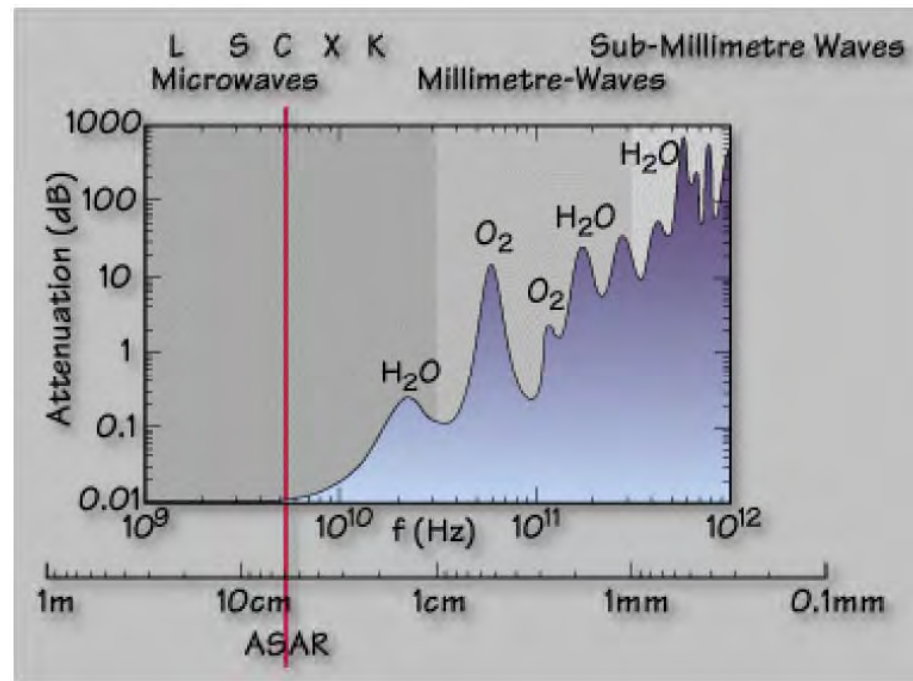
Missions SAR: Futur (proper).

Preguntes Obertes (To be continued...)



SAR: Synthetic Aperture Radar

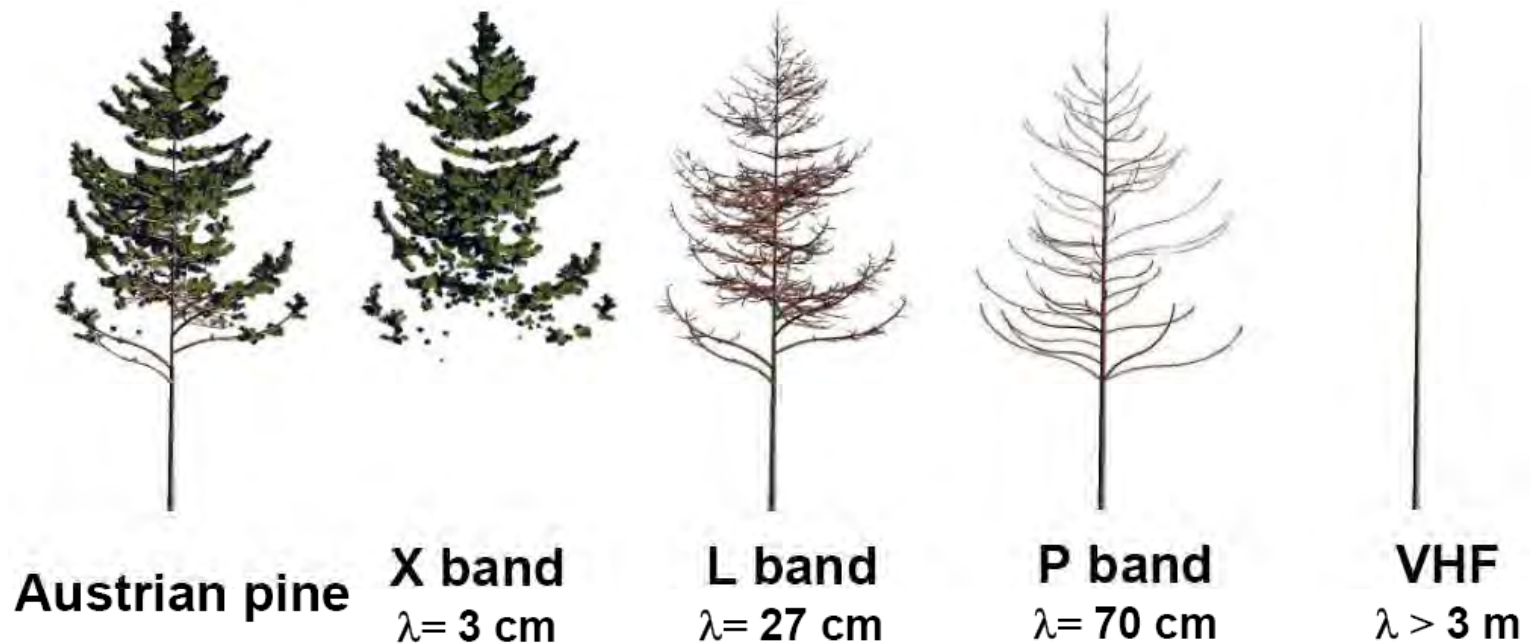
Sensor actiu! té la seva propia font d'iluminació. Transmissió d'un paquet d'ones electromagnètiques (microones, λ [cm]) i recepció de la part d'aquest paquet retrodispersada a l'escena il·luminada. La longitud d'ona determina la sensibilitat a l'objecte d'estudi ($\lambda/2$).





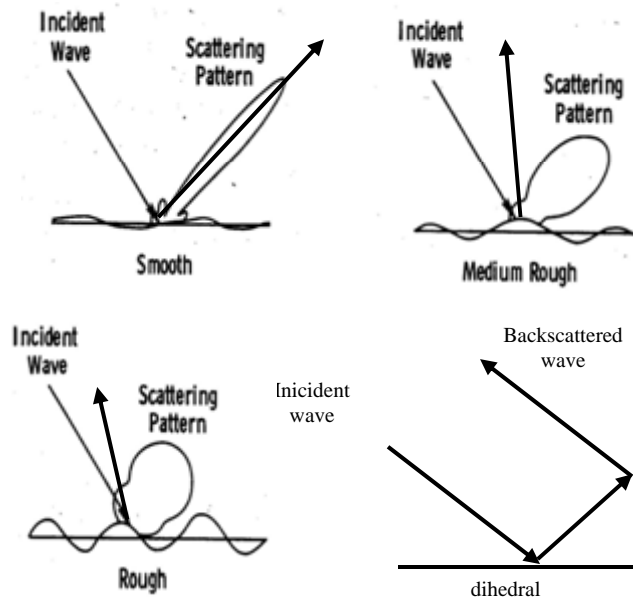
SAR: Synthetic Aperture Radar

Sensor actiu! té la seva propia font d'iluminació. Transmissió d'un paquet d'ones electromagnètiques (microones, λ [cm]) i recepció de la part d'aquest paquet retrodispersada a l'escena il·luminada. La longitud d'ona determina la sensibilitat a l'objecte d'estudi ($\lambda/2$).





Balanc de la **energia** transmesa i retrodispersada a l'escena rebuda per la mateixa antena.



Fase (distancia range r)

$$\phi = -\frac{4\pi}{\lambda} \cdot r + \phi_{scattering}$$

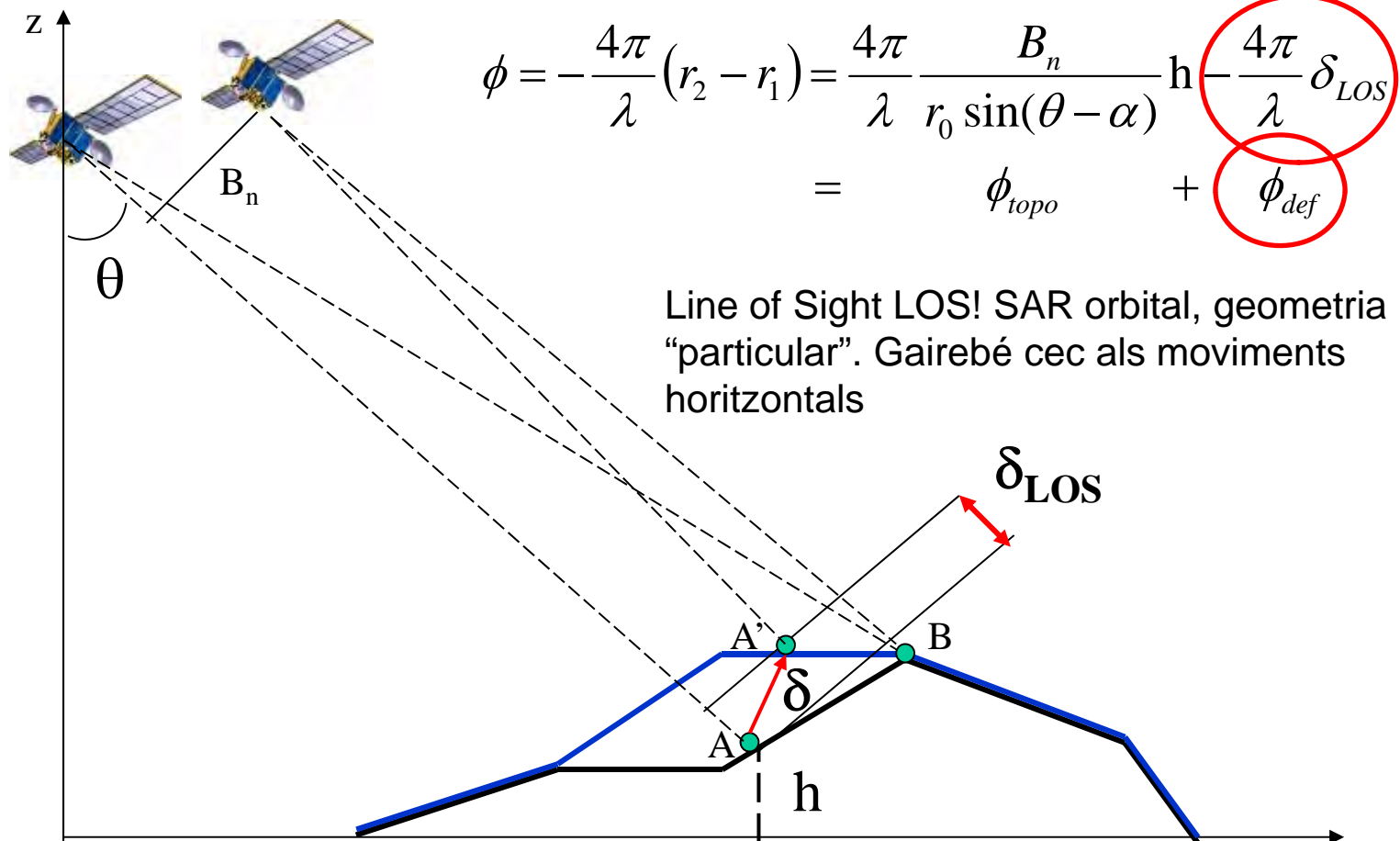
range
azimut

Imatge d'amplitud (RCS)





Dos adquisicions diferents instants (previ i posterior al moviment) des de posicions diferents. La fase es sensible a la topografia (InSAR) i al desplaçament (DInSAR).



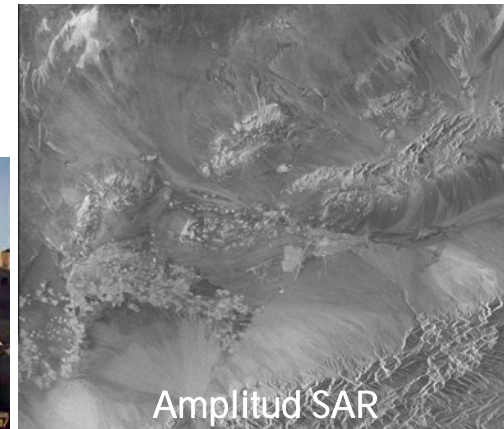


Exemple de processat DInSAR

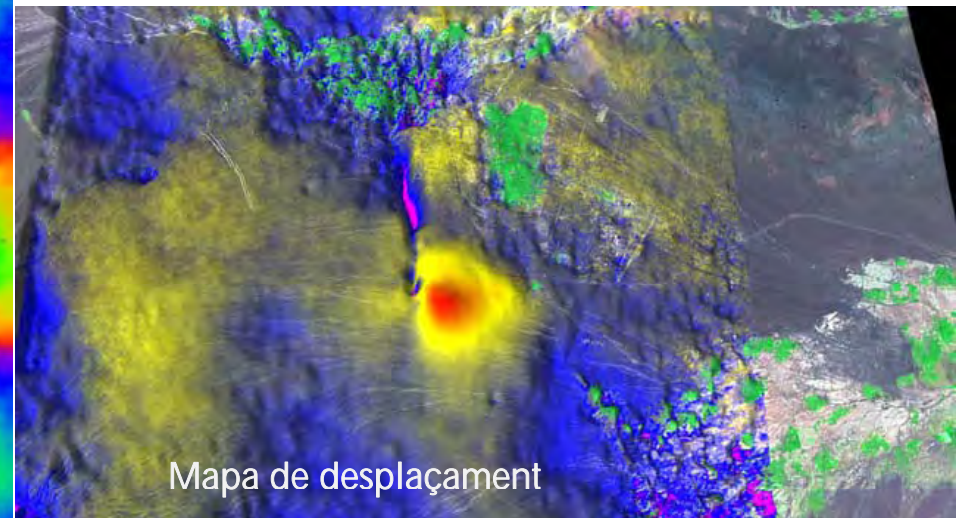
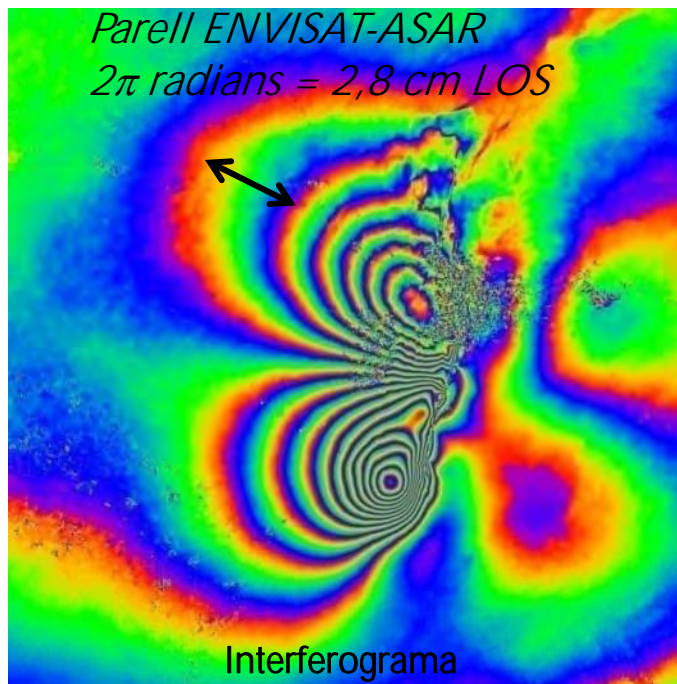


26 Desembre 2003

$M_w=6.5$



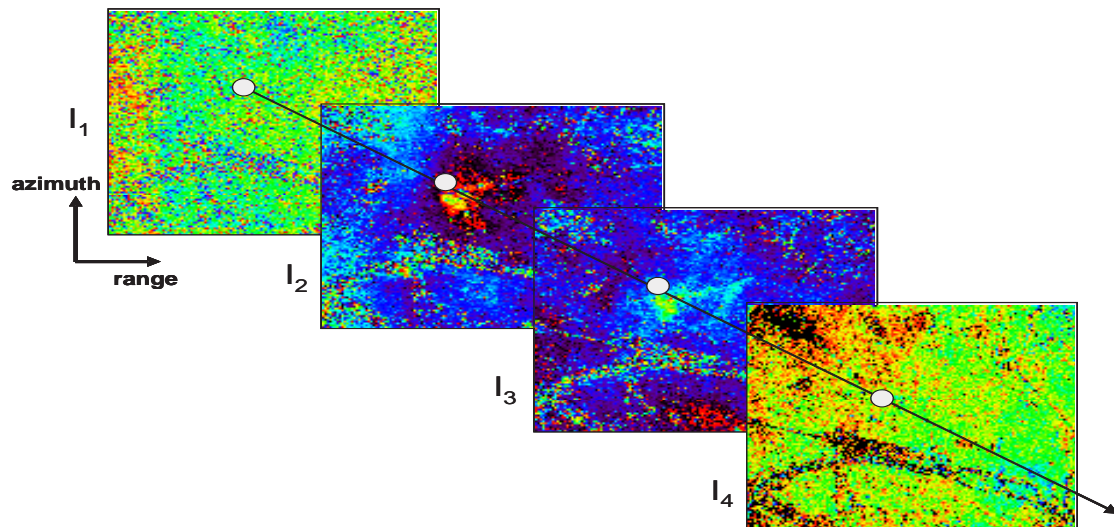
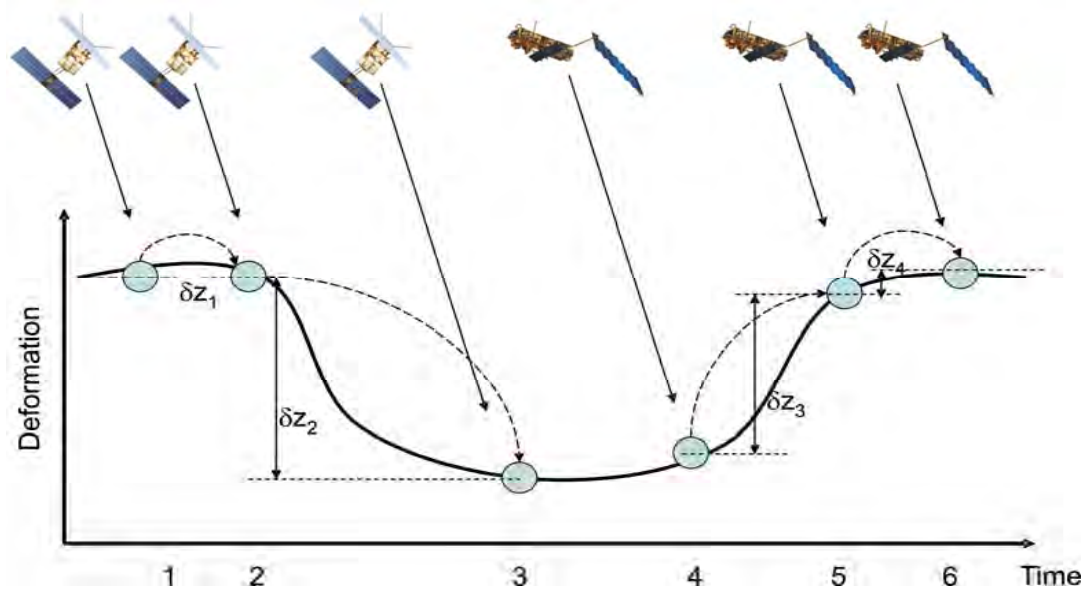
Amplitud SAR



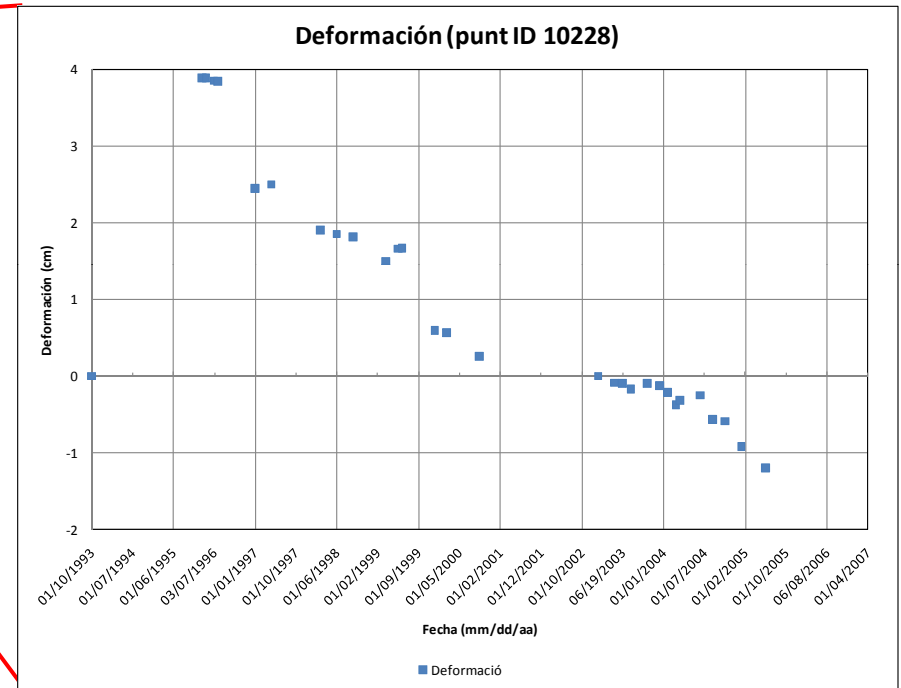
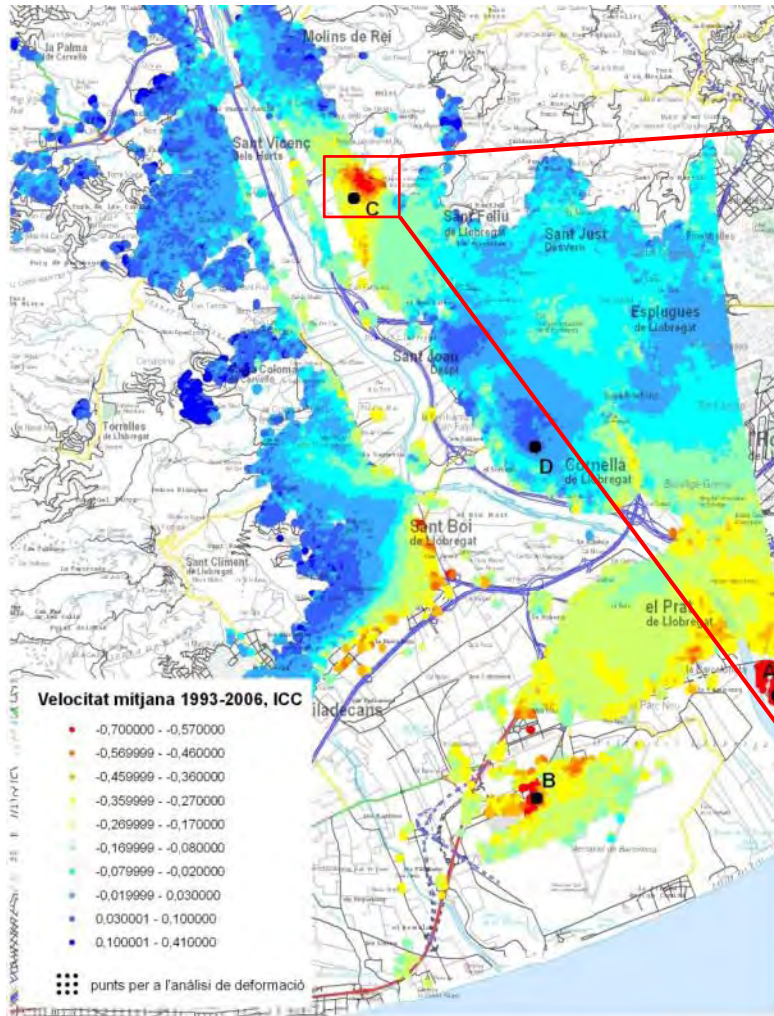
Mapa de desplaçament



Persistent Scatterers InSAR PSI



- Adquisicions temporals.
- Accés a increments de la deformació.
- Processat conjunt.
- Evolució temporal de la deformació.

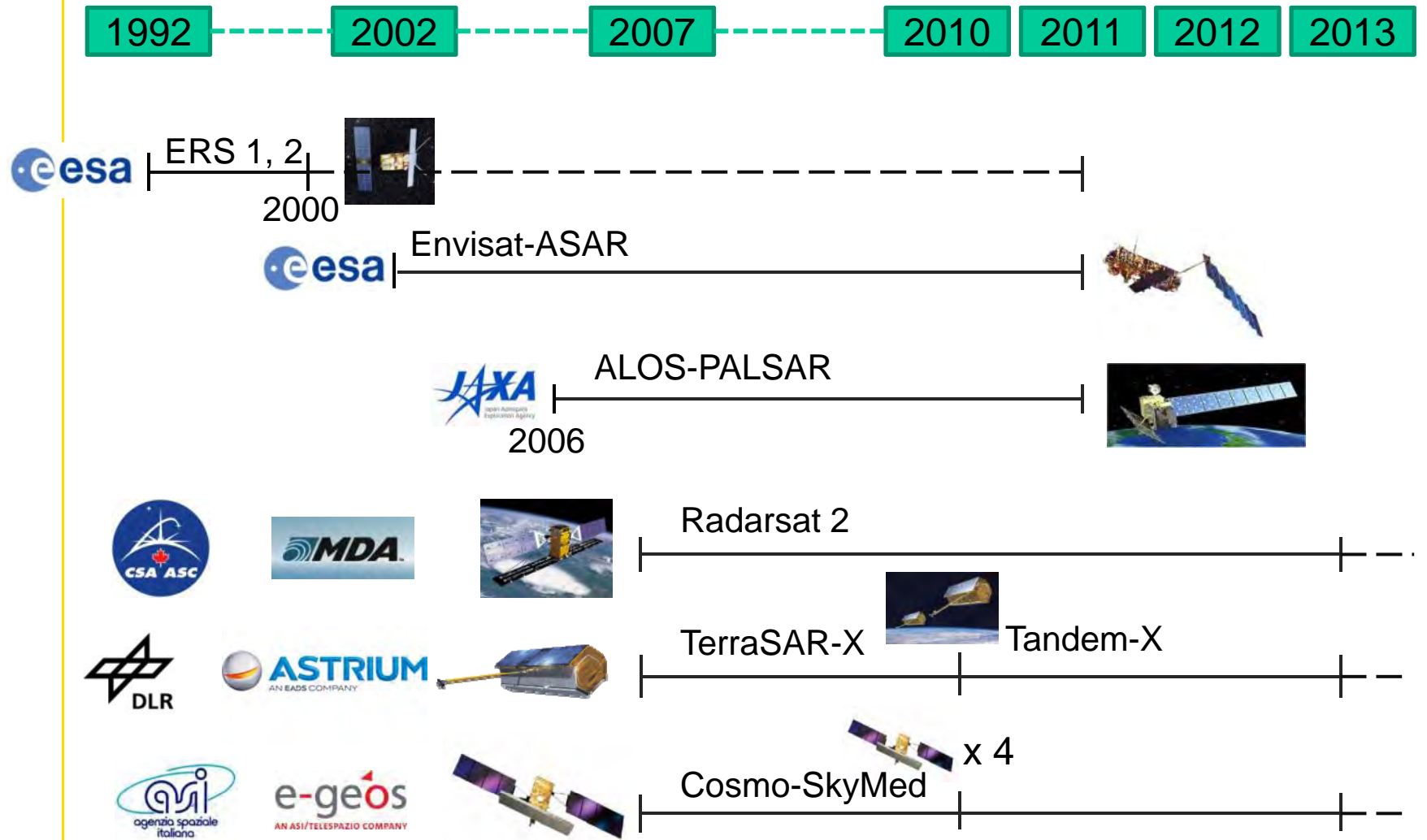




- Cobertura espacial extensa vs. mesures puntuals.
- Cost econòmic: imatges + processat vs. campanyes de mesures.
- Resolució espacial de l'ordre del metre. Precisions subcentimètriques.
- Mesures temporals freqüents.
- Possibilitat de moure's a l'eix temporal: arxiu.



Sensors ob italians SAR Passat Present





Sensor	Banda	Res. rg x az (m)	Petjada (rg km x az km)	T revisita (dies)	Land cover
ERS/ASAR (IM)	C ($\lambda = 5.6$ cm)	9.0 x 6.0	100 x 100	35	Urbana, vegetació baixa
ALOS- PALSAR (FBS)	($\lambda = 23.6$ cm)	5.0 x 4.5	70 x 70	46	Urban, veg. intermitja
Radarsat-2 (Fine)	C ($\lambda = 5.6$ cm)	4.7 x 5.1	50 x 50	22	Urbana, veg. baixa
<i>TerraSAR- X (SM)</i>	<i>X ($\lambda = 3.1$ cm)</i>	<i>1.0 x 3.3</i>	<i>30 x 50</i>	<i>11</i>	<i>Urbana</i>
<i>Cosmo- Skymed (HIMAGE)</i>	<i>X ($\lambda = 3.1$ cm)</i>	<i>1.0 x 3.0</i>	<i>40 x 40</i>	<i>1/3/4/7/8/9/1 3/16</i>	<i>Urbana</i>



	ERS/Envisat	Alos-PalSAR	Radarsat-2
Preu/imatge	500 €	500 €	3600 €

Programació	TX		CSK	
Preu/imatge	3720 €		3600 €	

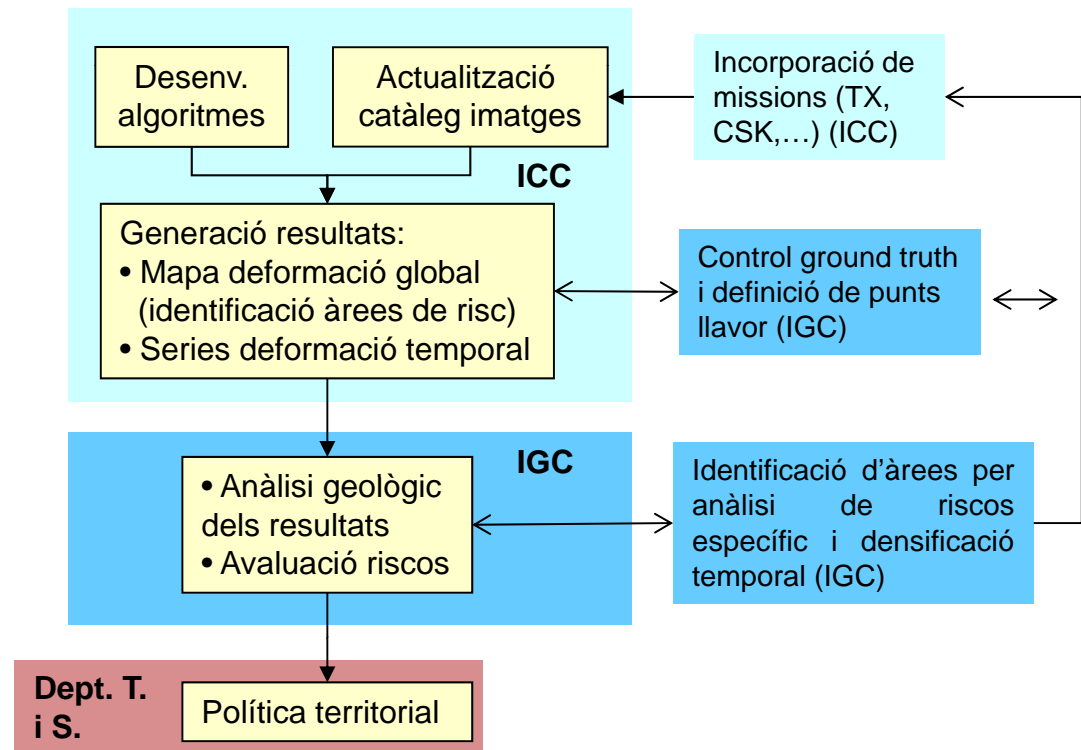
Arxiu	TX < 5	TX ≥ 5	CSK < 15	CSK ≥ 15
Preu/imatge	1875 €	2000 €	1800 €	1080 €

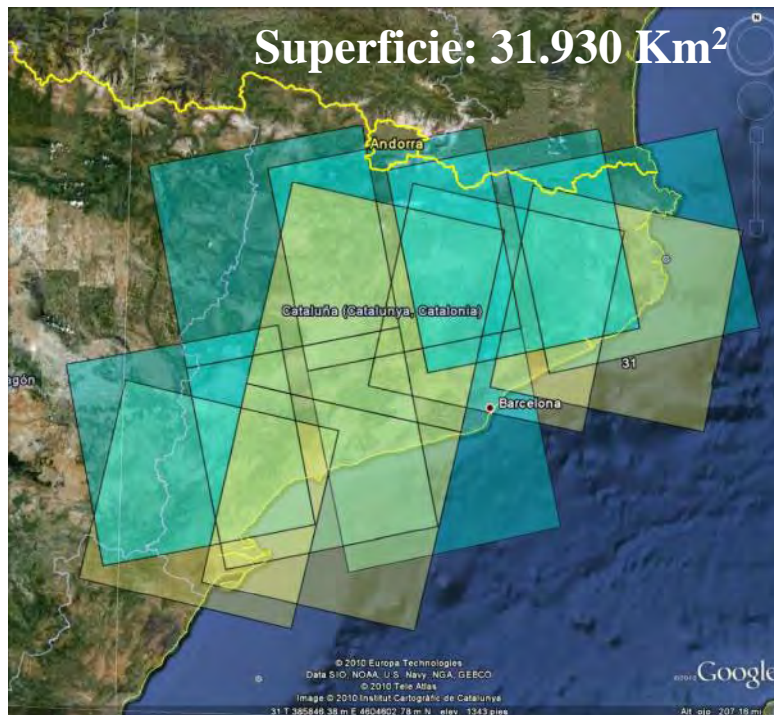
- Un ordre de magnitud!!!
- Possibilitat de programar les adquisicions.
- Parli amb el seu proveïdor!!!



Projecte ICC-IGC Mapa de Subsídències de Catalunya:

- **Detecció** de nous moviments.
- **Caracterizació** dels moviments.
- **Predicció** dels efectes provocats per aquestes deformacions (risc).
- **Avaluació** efectivitat de les mesures de correcció.

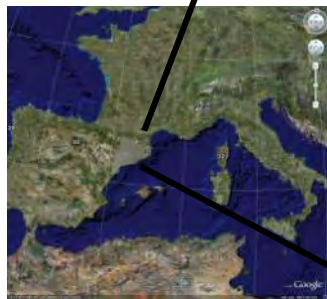
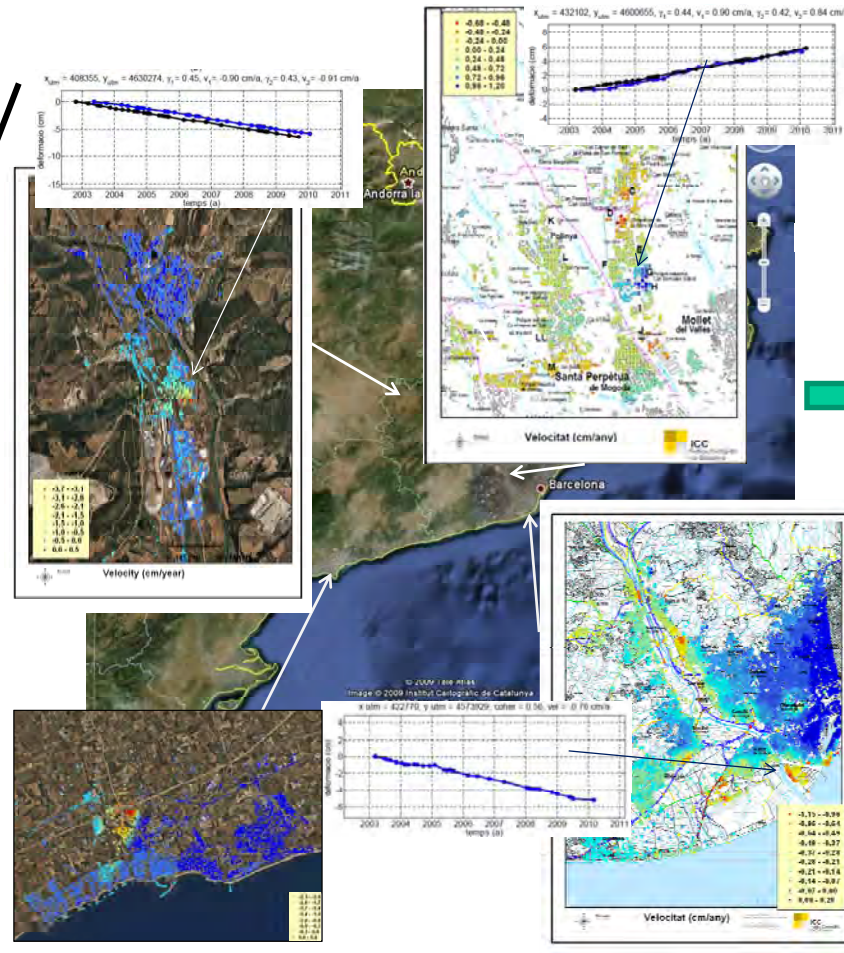
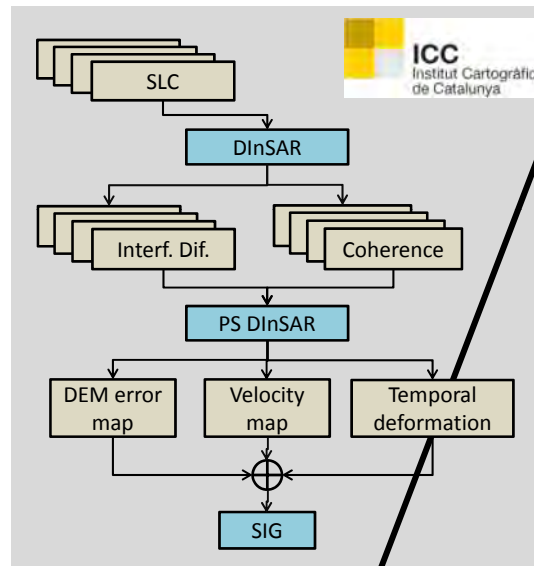




- Cobertura ERS-Envisat: 7 fr. asc., 5 fr. desc. ~100x100 km
- Cobertura ALOS-PALSAR (banda L) i incorporació noves missions TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed (banda X).
- Actualització de las adquisicions: arxiu, programació.
 - ✓ Pressupost.
 - ✓ Densificació de las àrees seleccionades per l'IGC.



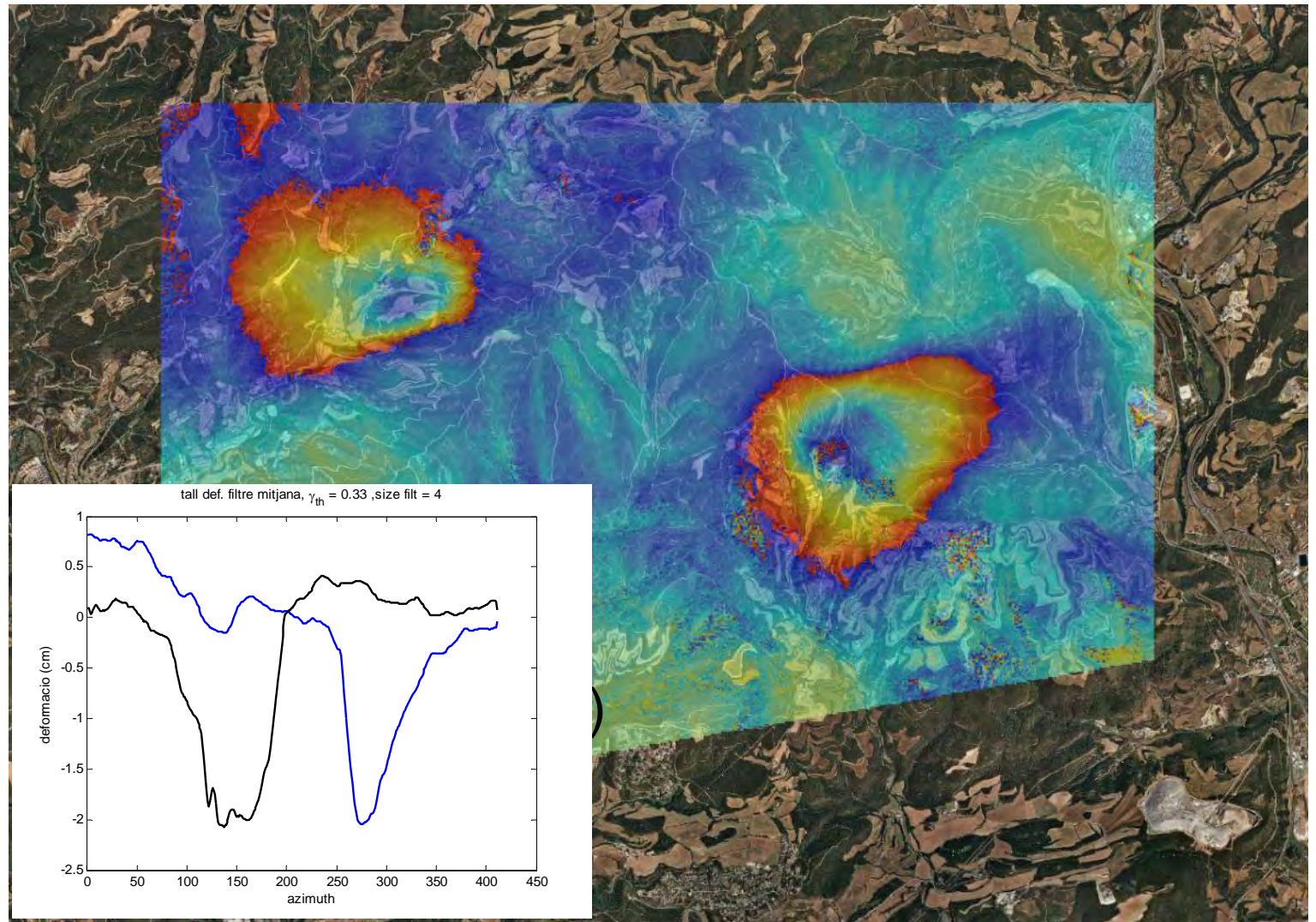
Els resultats PSI (ICC) es transfereixen a l'IGC per la seva avaluació.





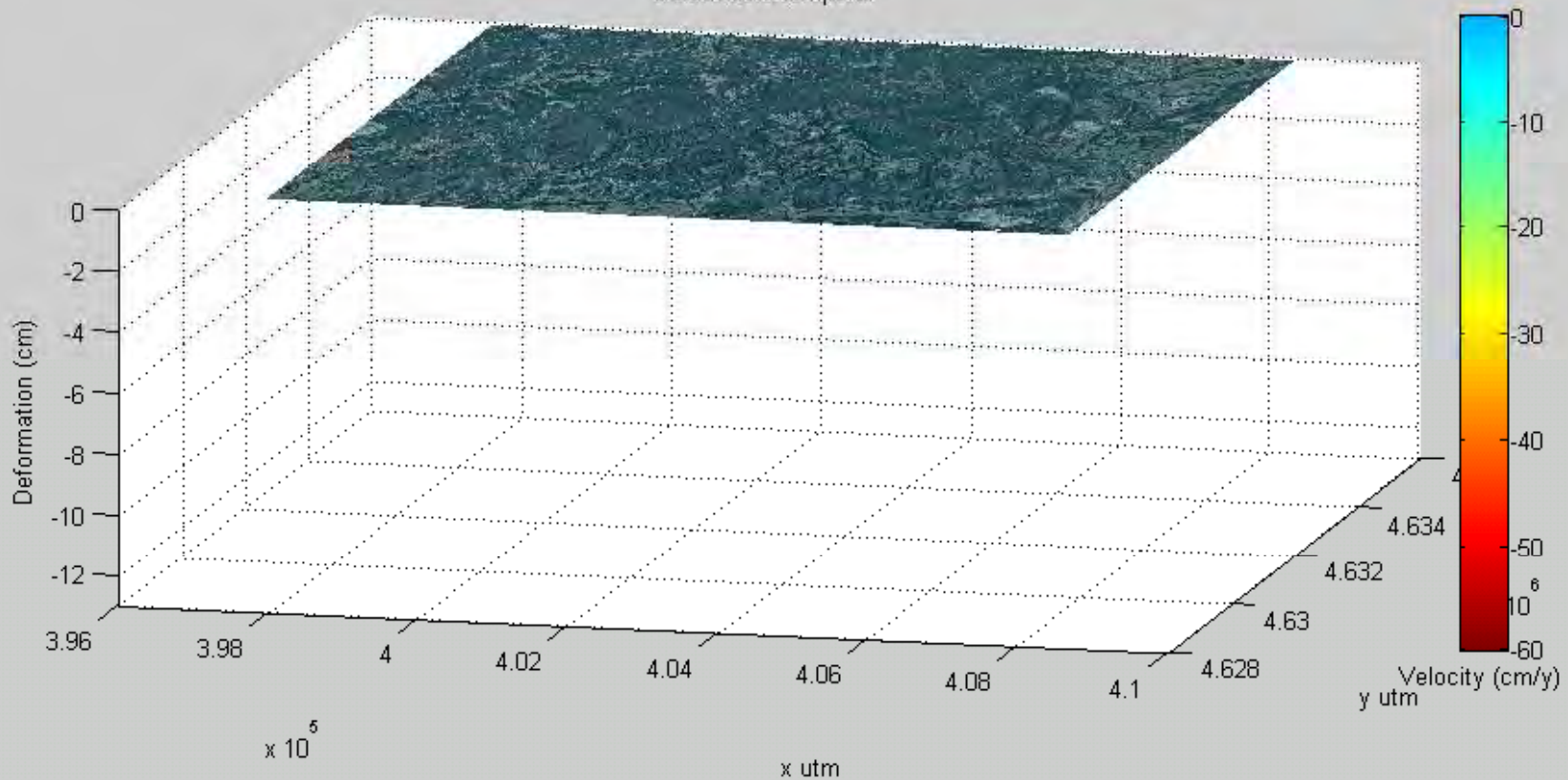
Casos d'estudi del projecte (LR-HR):

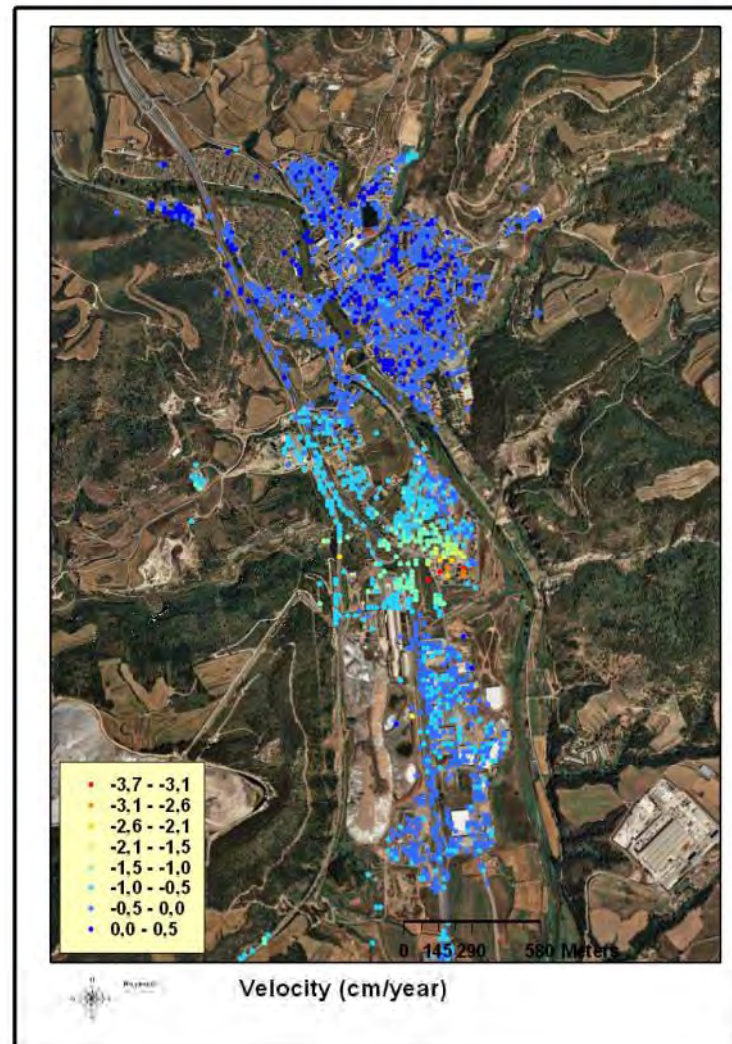
- 1 interferograma → DInSAR → mapa de deformacions.
- Conjunt d'interferogrames → PSI → mapa velocitat, series temporals de deformació.





Deformacio temporal

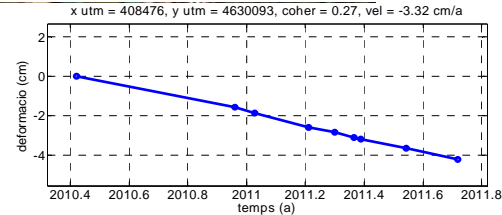
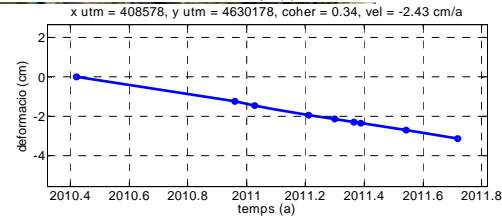
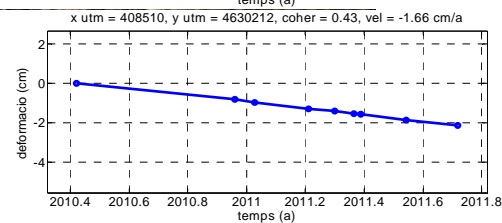
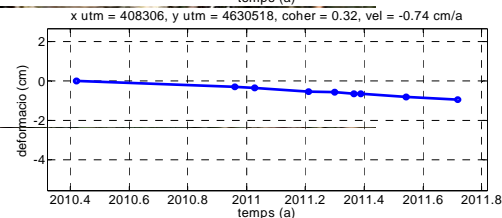
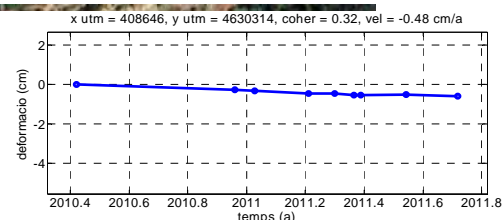
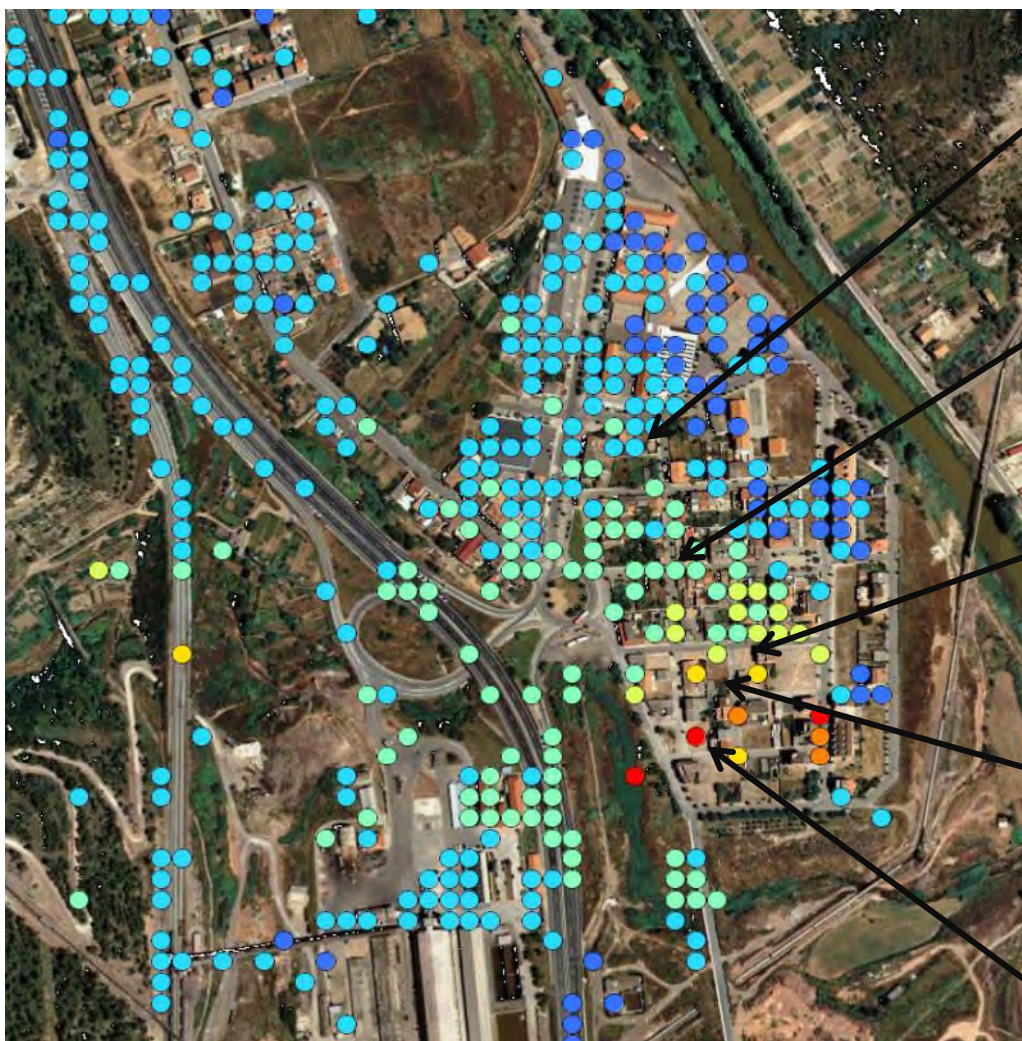


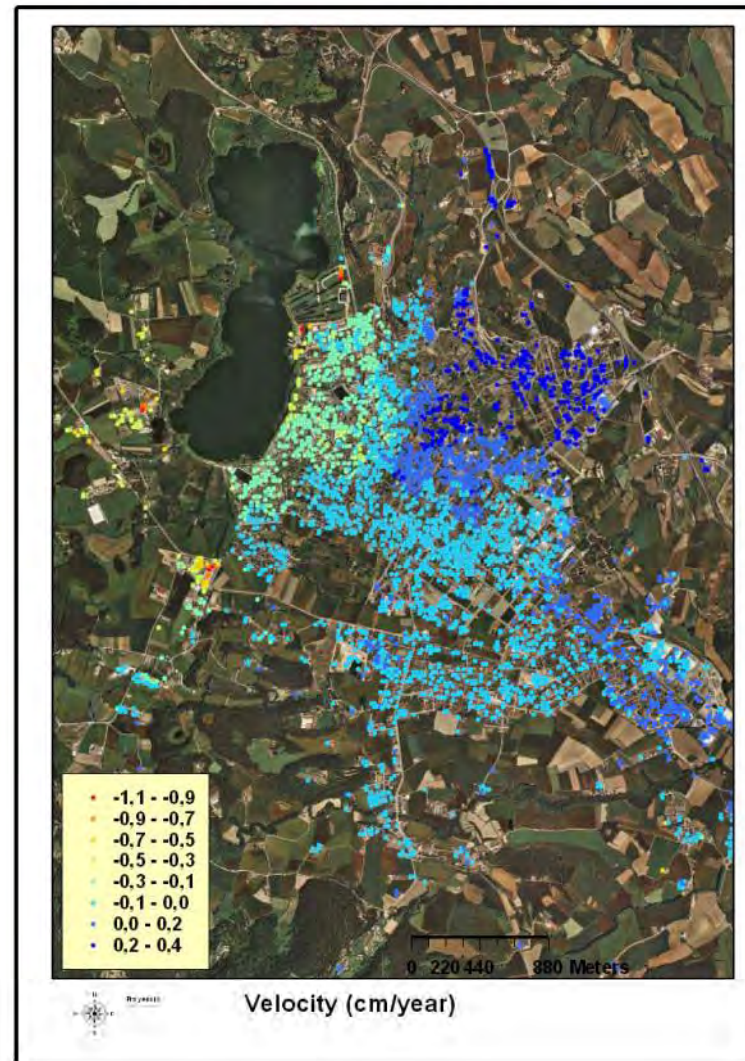


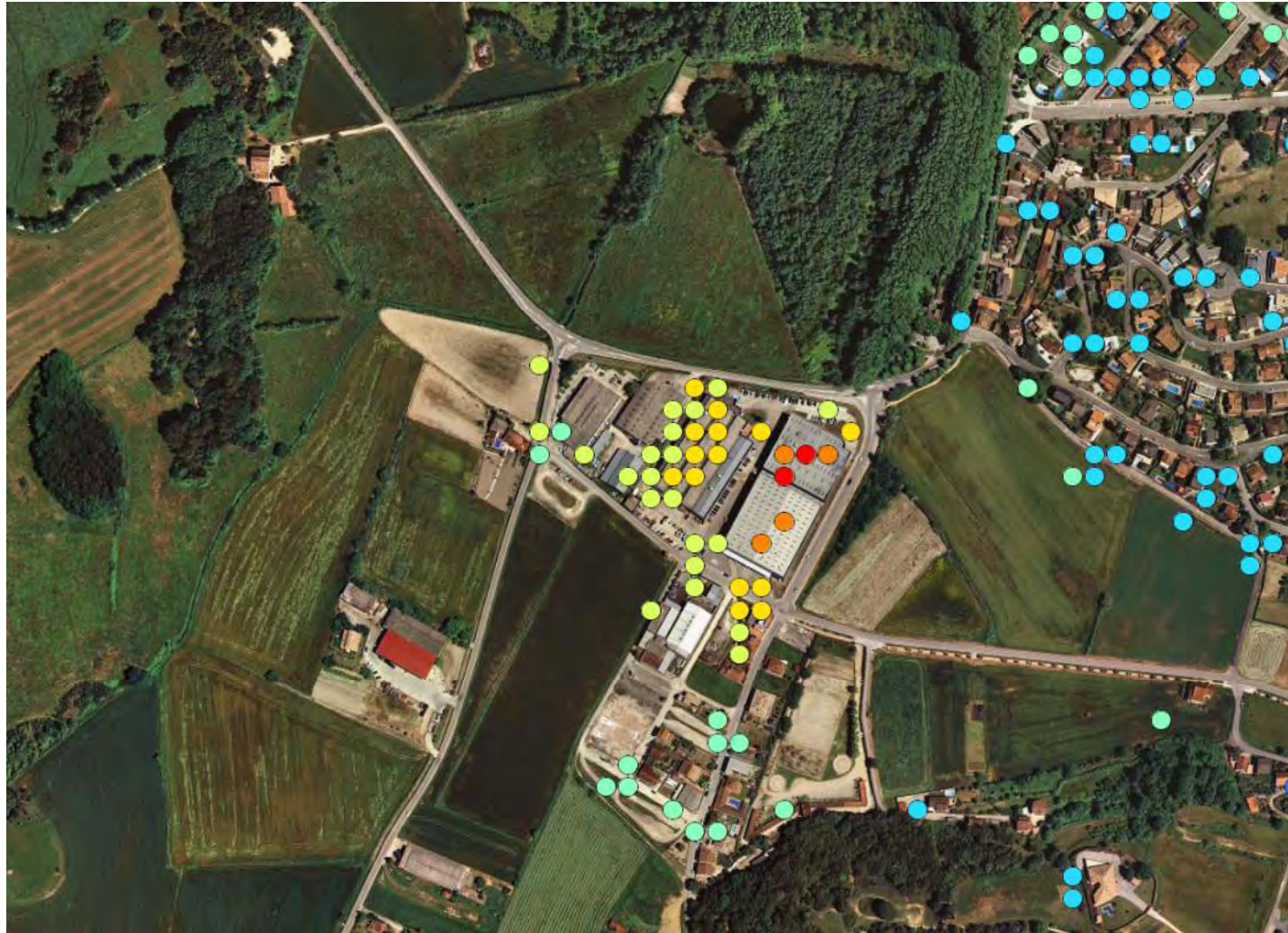
- Gradient espacial de deformació gran, el promitjat pot causar una sotsestimació de la seva magnitud.
- LR vs. HR:
 - Increment de punts útils (factor 4). Millora de la estimació del patró de deformació.
 - Identificació de moviment en estructures.

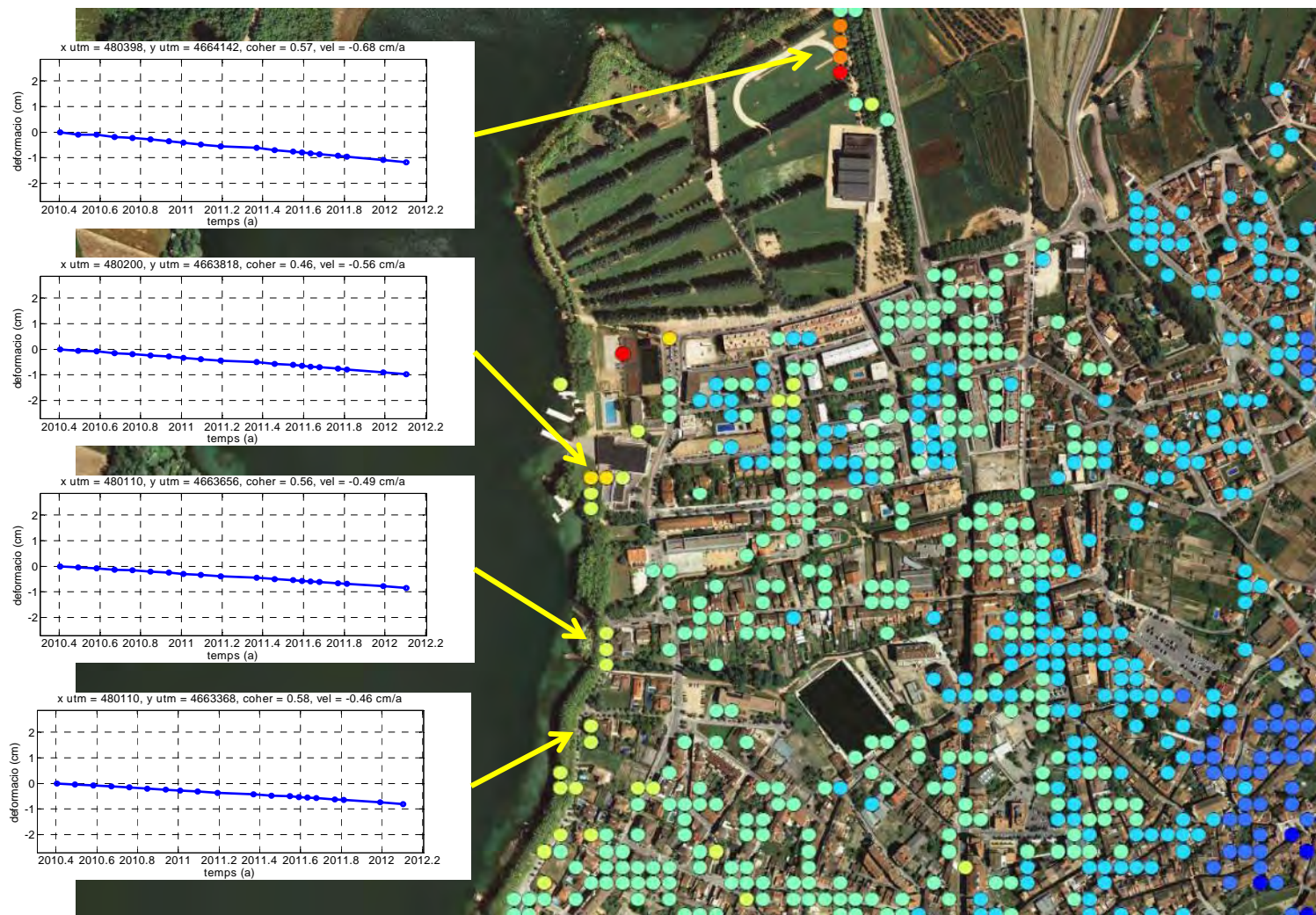


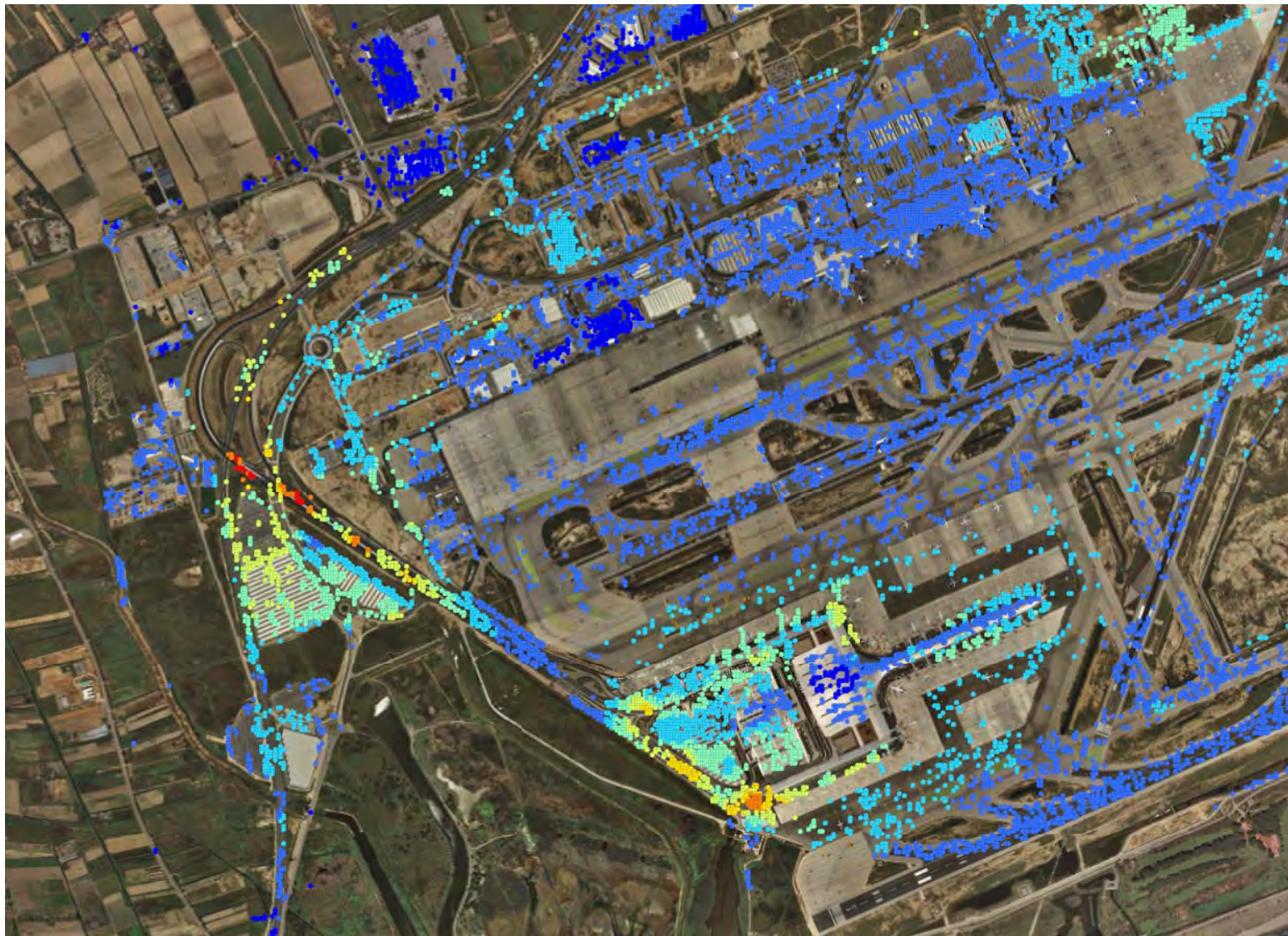
Persistent Scatterers Interferometry







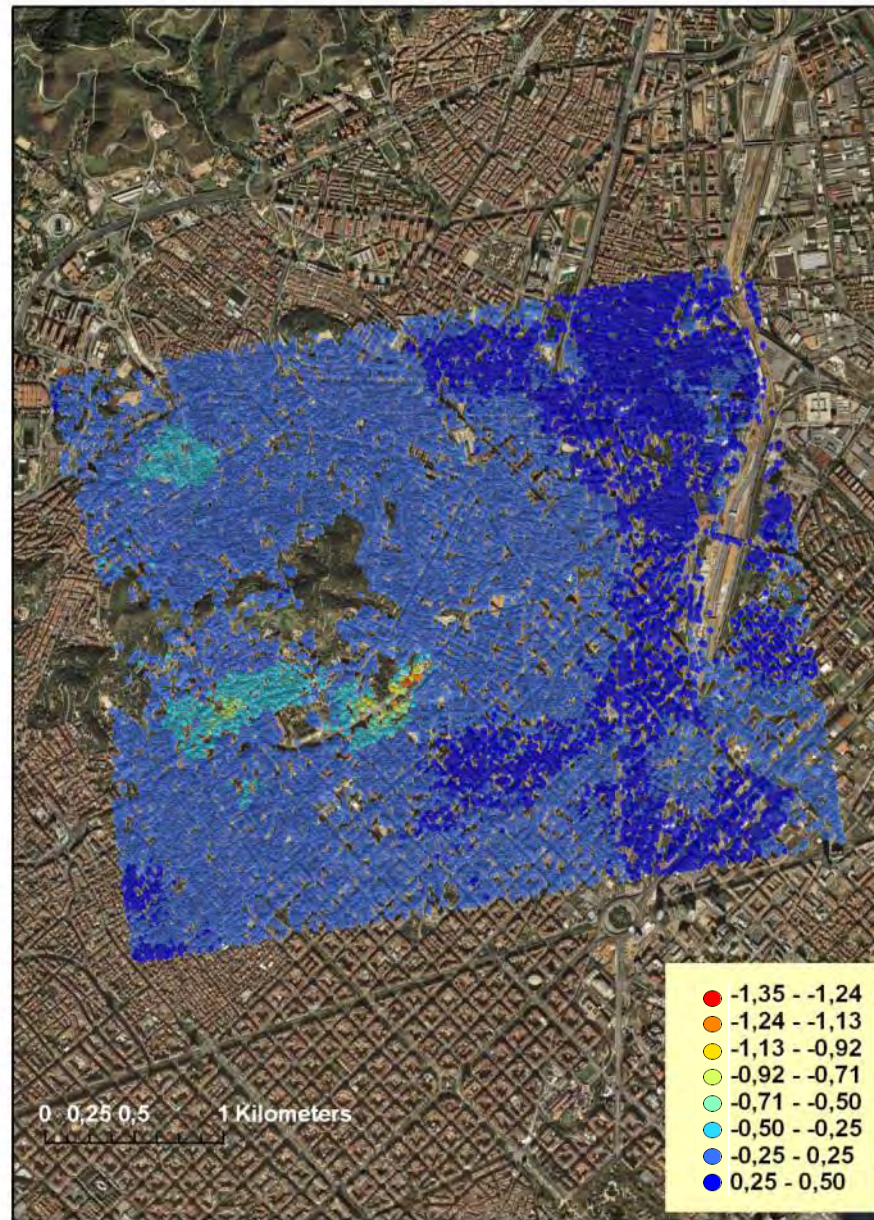




Estudi de Subsidiències mitjançant tècniques DInSAR. ICC 25/04/2013



Velocitat (cm/any)

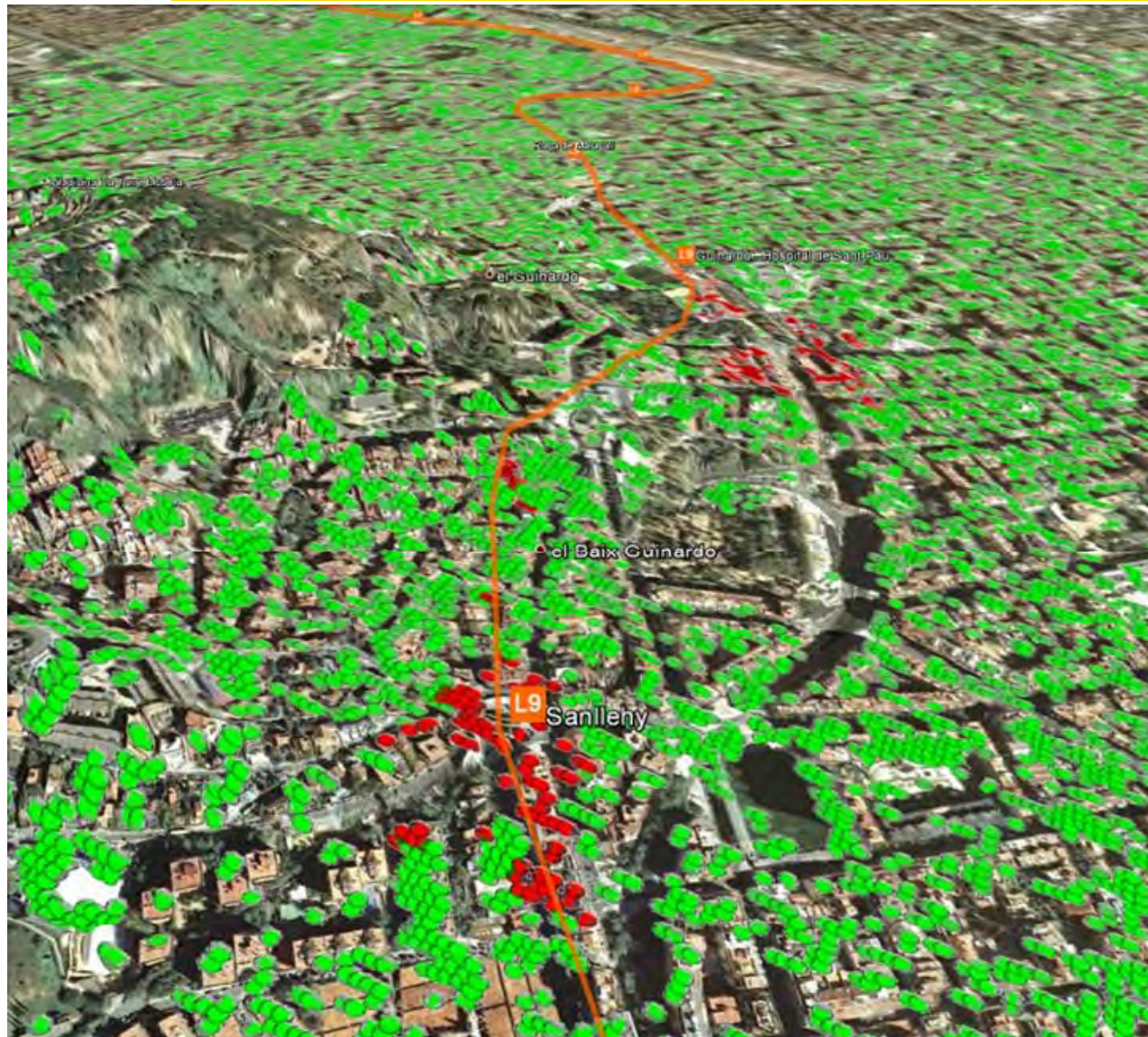


Velocitat (cm/any)





Estudi de Subsidiències mitjançant tècniques DInSAR. ICC 25/04/2013

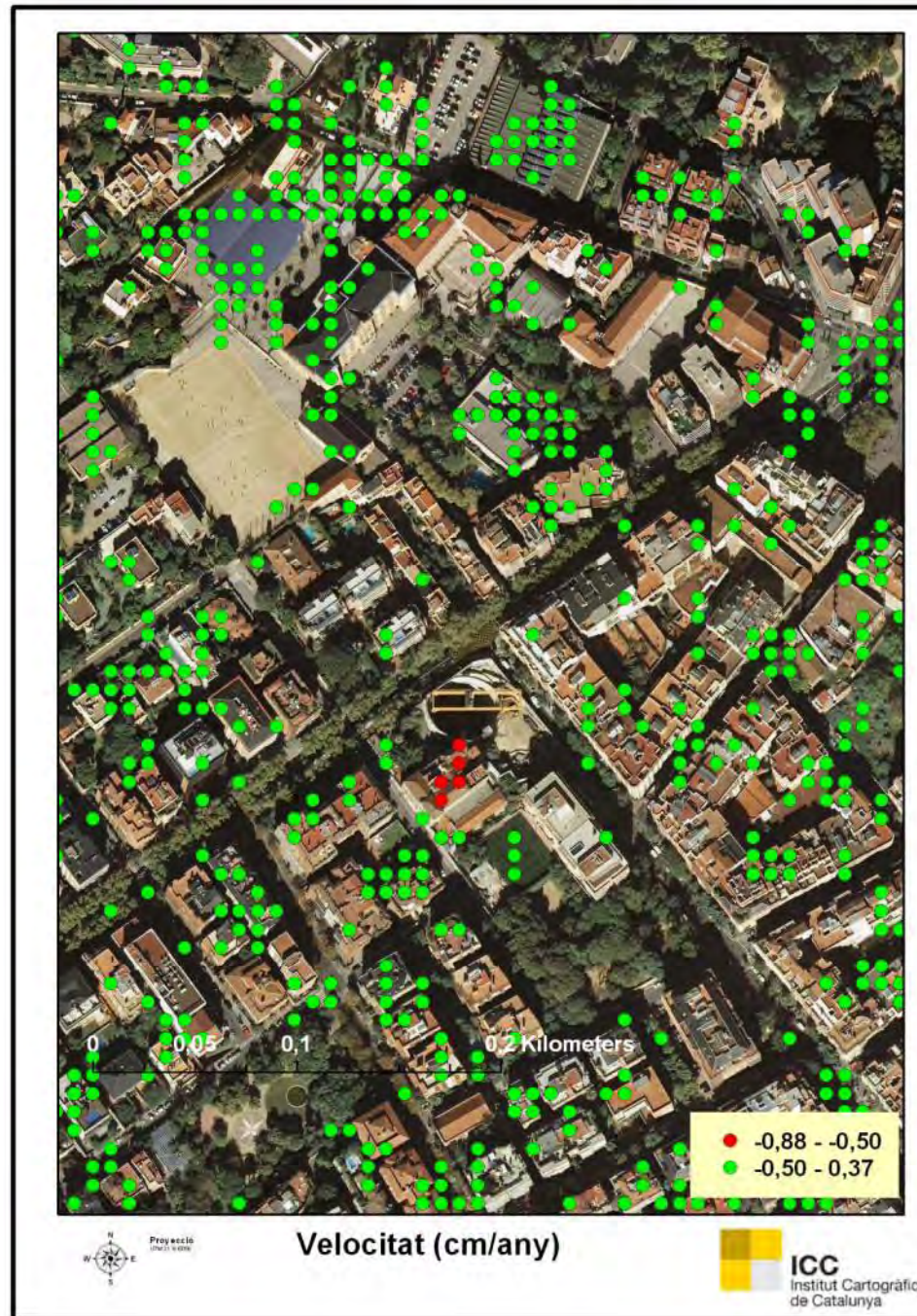


Estudi de Subsidiències mitjançant tècniques DInSAR. ICC 25/04/2013



ICC
Institut Cartogràfic
de Catalunya

Barcelona

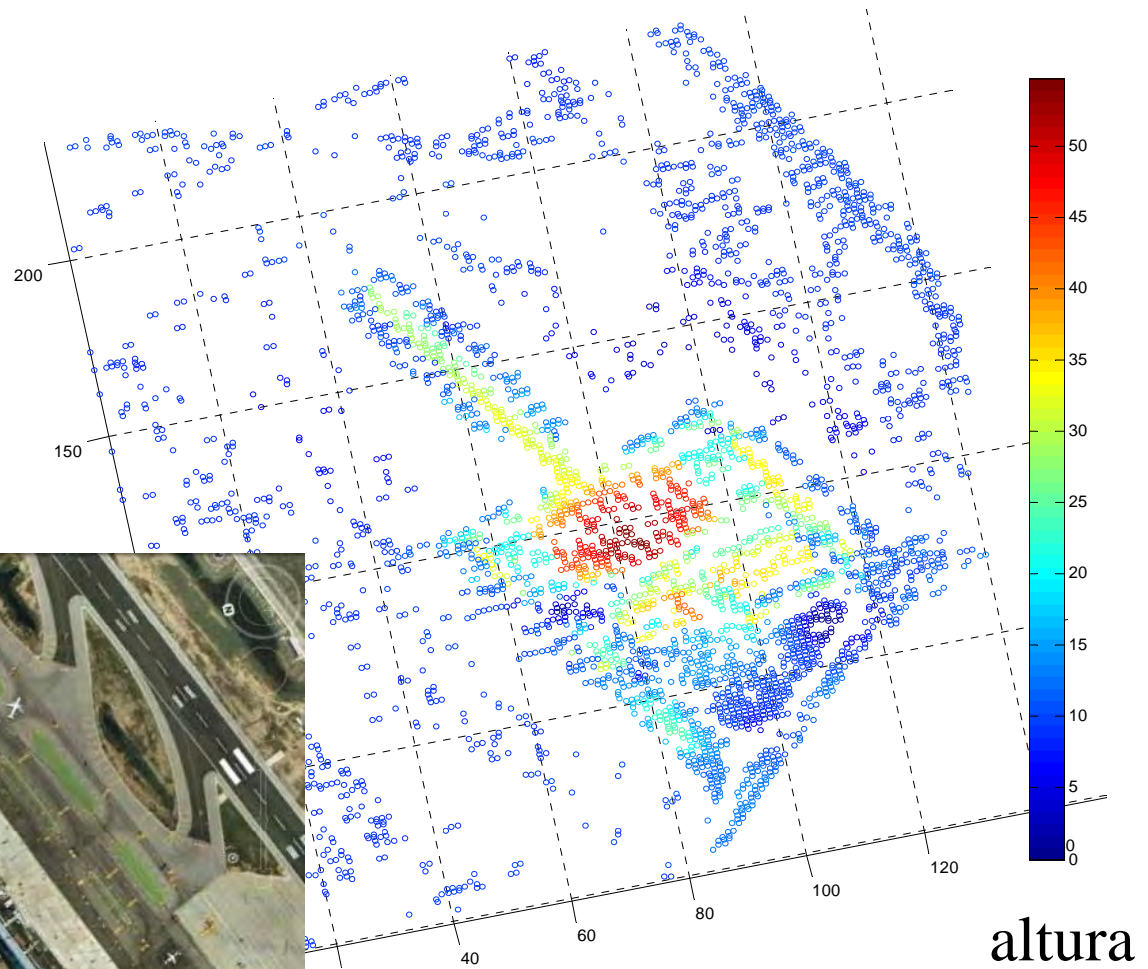




Estudi de Subsidiències mitjançant tècniques DInSAR. ICC 25/04/2013

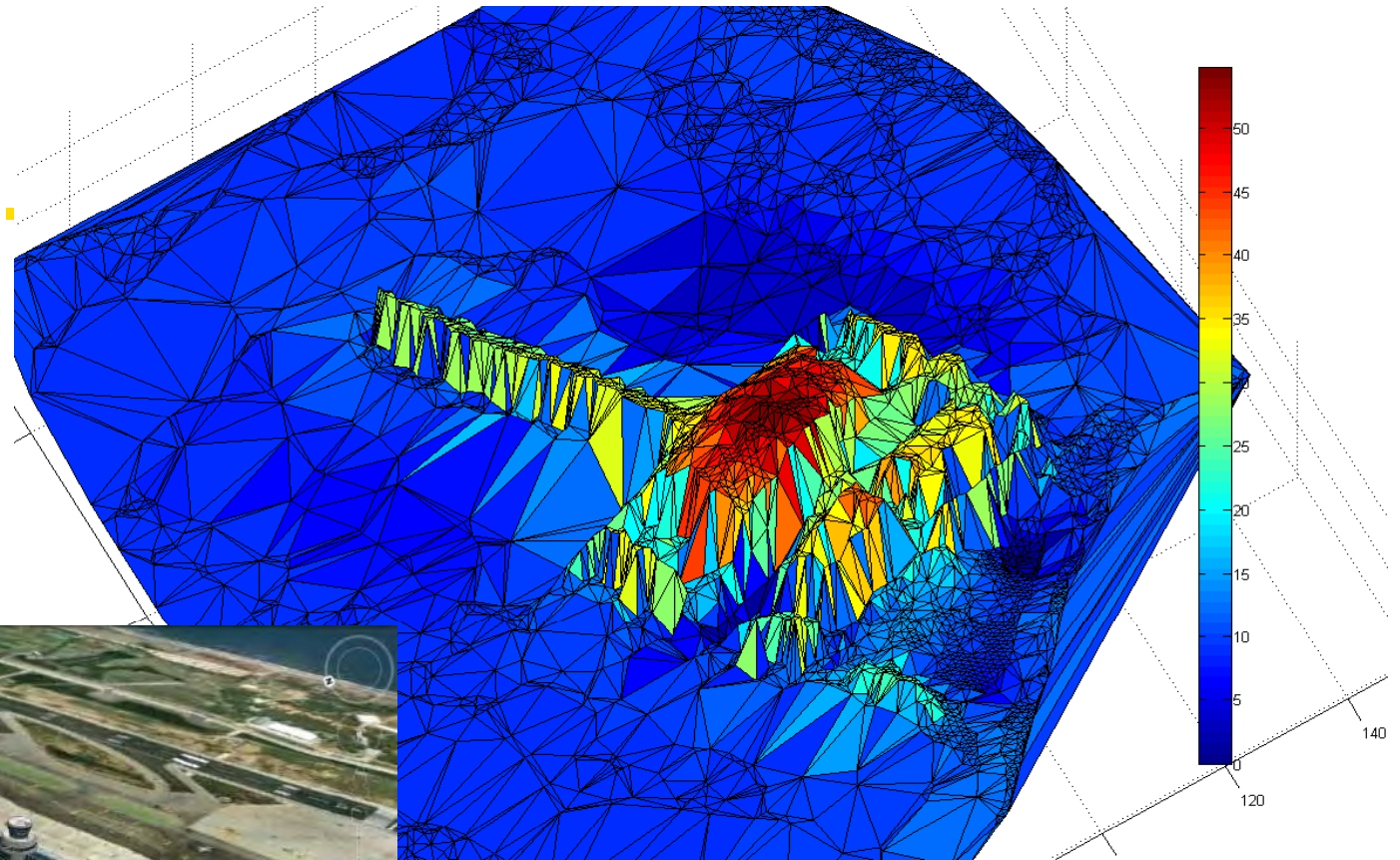


ICC
Institut Cartogràfic
de Catalunya





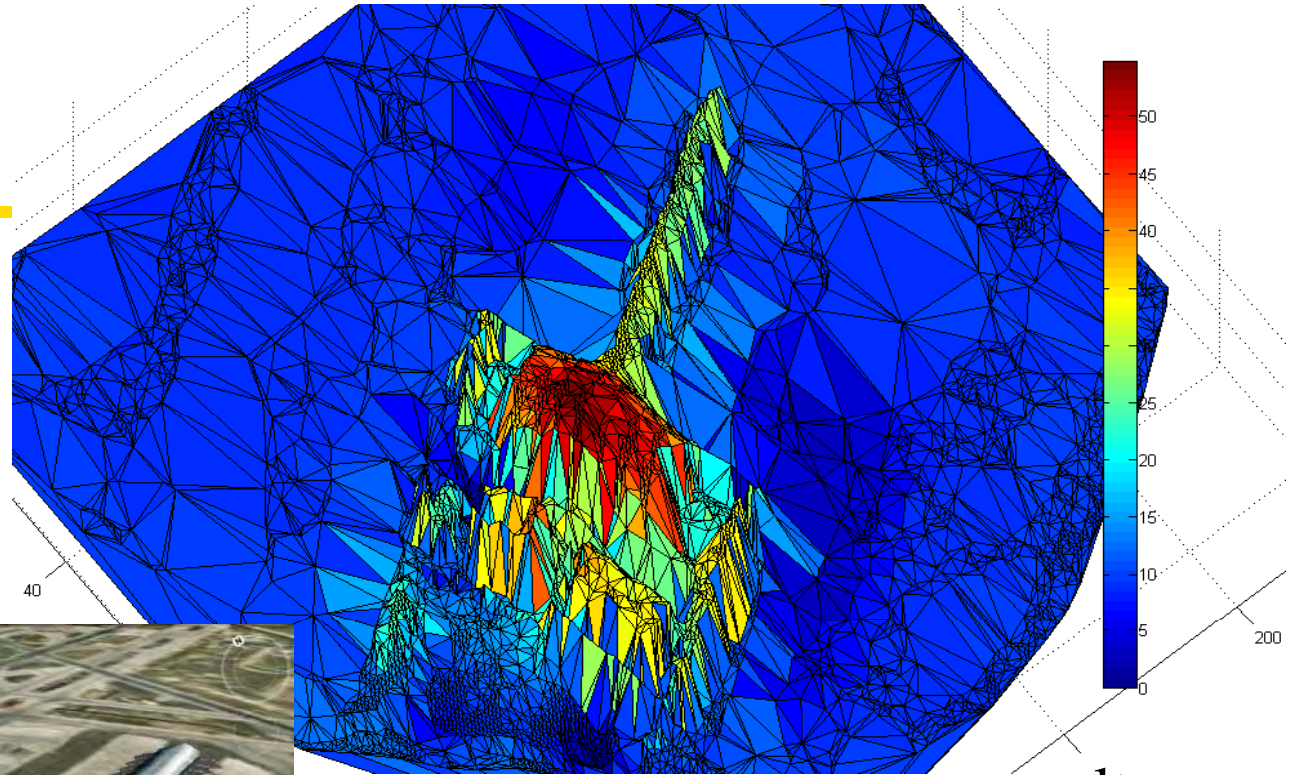
ICC
Institut Cartogràfic
de Catalunya



altura



ICC
Institut Cartogràfic
de Catalunya



çant tècniques DInSAR. ICC 25/04/2013



Missions SAR: Passat i present.

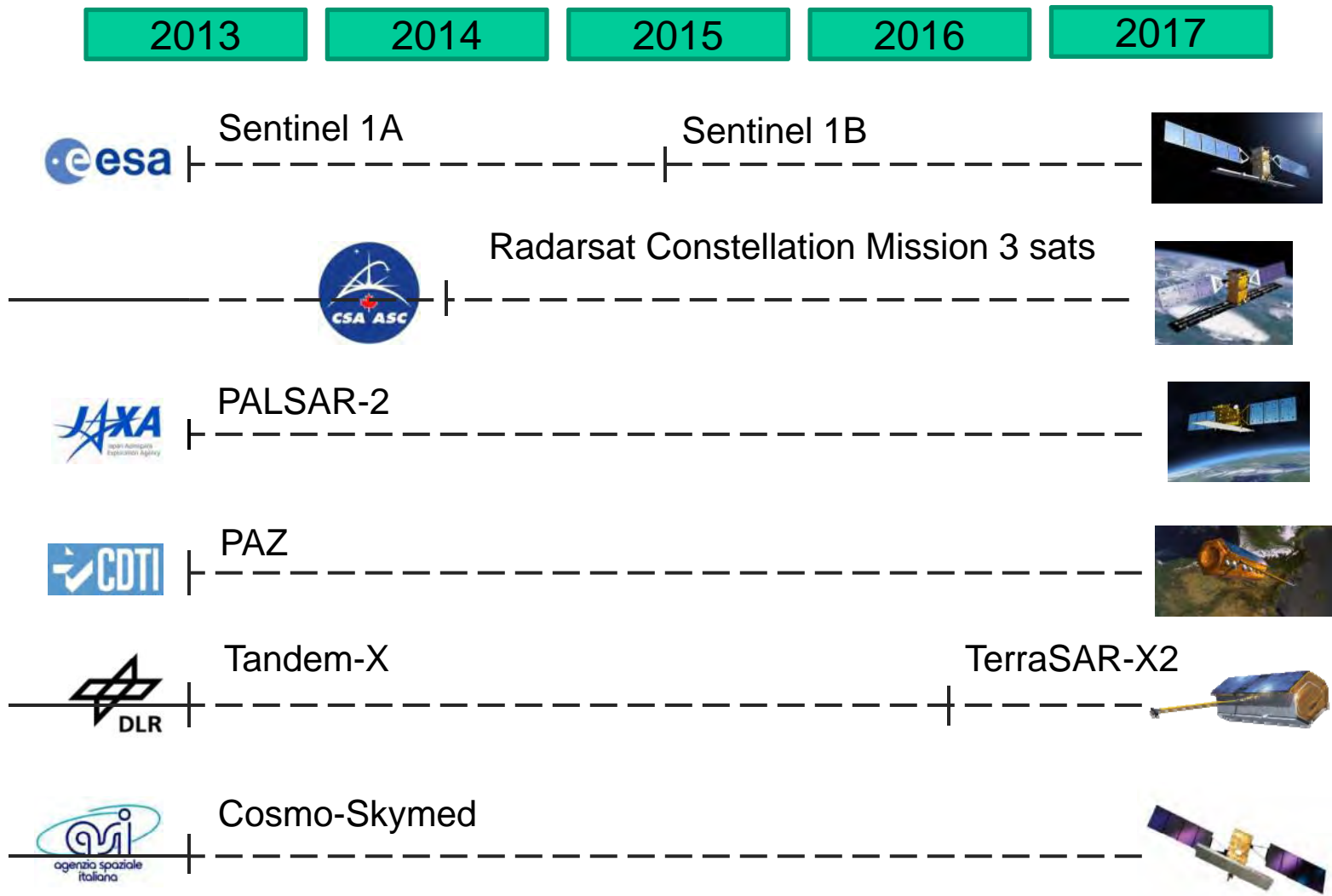
Activitats DInSAR ICC. Resultats LR vs. HR.

Missions SAR: Futur (proper).

Preguntes Obertes (To be continued...).



Sensors ob italians SAR Passat Present

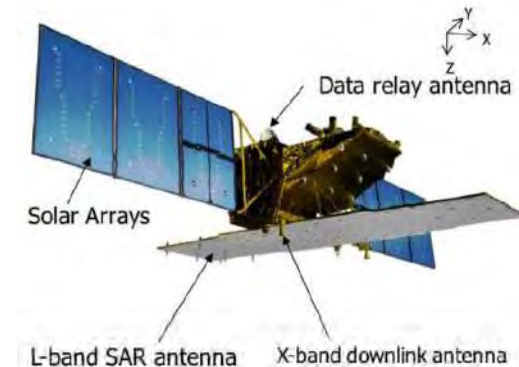




- Geometria i mode d'adquisició configurable.
- Mesures contínues (vibracions).
- Més barat que un satèl·lit.

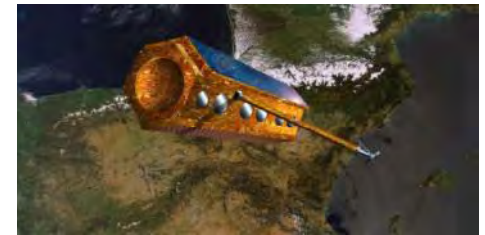


- JAXA. 2013. Temps de vida (5-7 anys).
 - Banda L, 14 dies, Spotlight (25 km @ 1m) Scansar (350 km @ 60m), Stripmap (50 km @ 3m).
 - POLARIMÈTRIC
 - Announcement of opportunity: ICC + (IGC)
- ✓ PALSAR-2 Polarimetric Data for Temporal Change Detection and Surface Deformation Monitoring



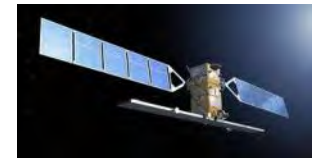


- Missió dual Ministeri de defensa d'Espanya + Civil. 2013
- Programa Nacional de Observación de la Tierra por Satélite PNOTS (+ Ingenio)
- Hisdesat propietària, operadora i explotadora.
- Segment terreny INTA: Indra
- Banda X, 11 dies, Spotlight (10 X 5 km @1m) Scansar (100 km @ 15m), Stripmap (30 km @ 3m)
- Constelació amb TerraSAR-X i Tandem-X. 5.5 dies revisita
- Explotació científica INTA, convocatòria
- Política de adquisicions? Zona de risc sísmic?





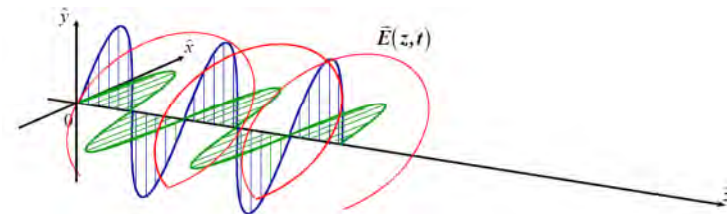
- ESA, programa europeu GMES-COPERNICUS
- Cobertura sistemàtica que compleixi els requeriments a grans escales (gel, mar, mapeig superficial, moviments del terreny) i assegurar la resposta del sistema davant de crisis.
- Banda C, freqüència de Radarsat-2 (tornem a canviar la de Envisat). 1AA mitjans de 2013 i 1B 24 mesos més tard.
- Mode prioritari: Interferometric WS. Polarització VV i VH.
- Adquisicions sistemàtiques, 14 dies. Accés fàcil a dades gratuïtes!



Mission/mode	Azimuth resolution (m)	Ground range resolution (m)	No. of looks (N)	NESZ (dB)	Swath width (km)	Performance indicator	
						Absolute	Relative to ERS
Sentinel-1/ Interferometric Wide-swath	20	5	1	-22	250	2300	4.4
Sentinel-1/ Strip Map	5	5	1	-22	80	1472	2.8
Sentinel-1/ Extra Wide-swath	40	20	1	-22	400	1301	2.5
Envisat/ASAR wide swath	150	150	11.5	-23.5	400	937	1.8
Envisat/image	5	20	1	-22	80	736	1.4
ERS-2/image	5	20	1	-20	80	526	1.0

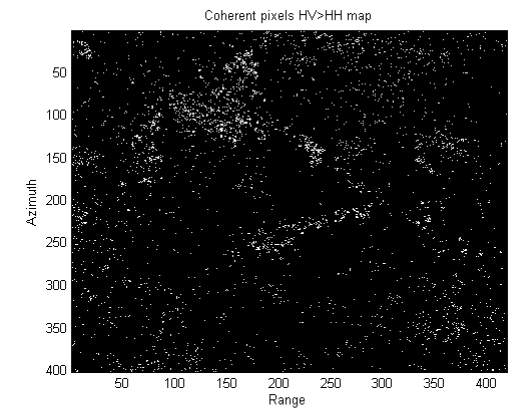
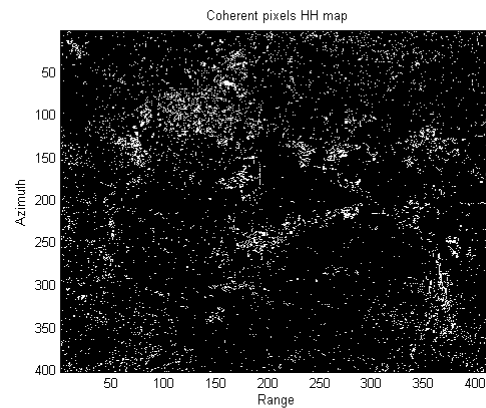
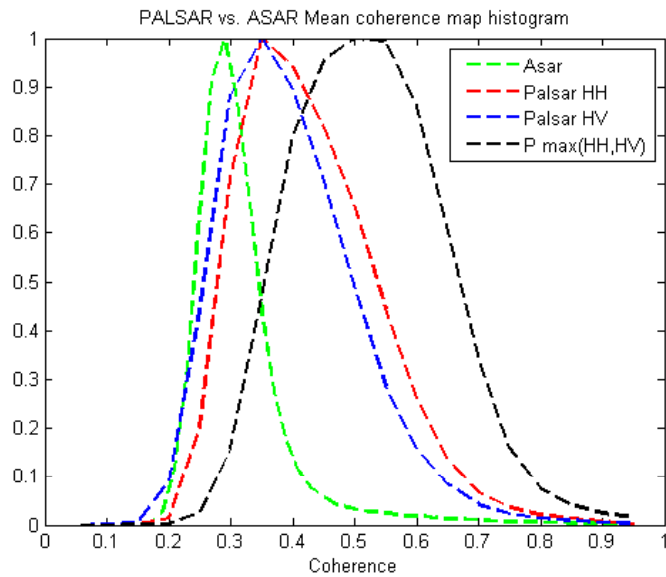
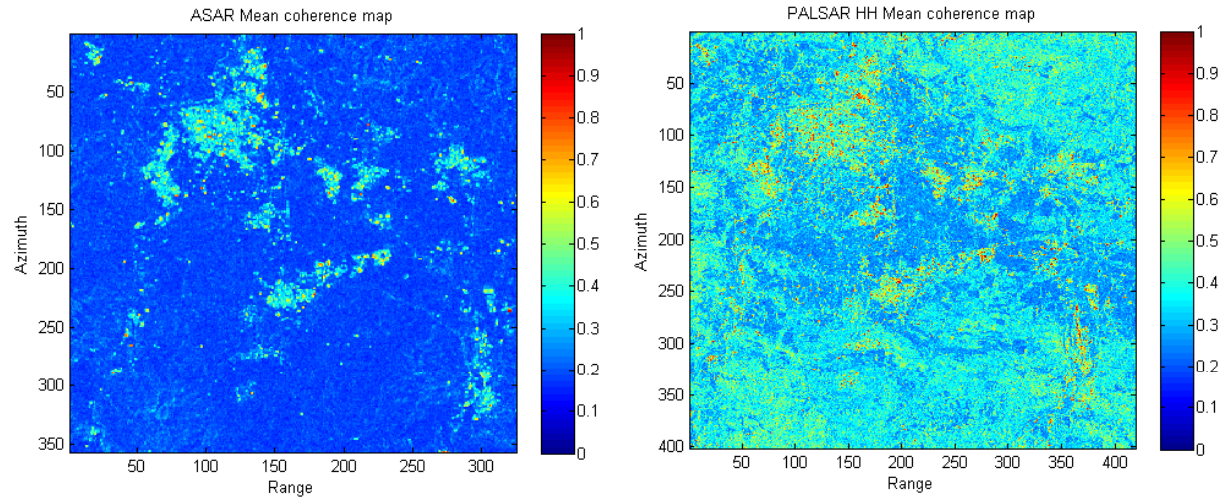


- Nombre de punts útils en zona vegetada
 $L > C > X$
- Detectabilitat de moviment (sensibilitat a magnituds més petites)
 $X > C > L$
- Problemes de desenrotllat (a igualtat de diferencia temporal)
 $X > C > L$
- Dades polarimètriques:
Tx → H V
Rx → H V
S → HH HV VH VV



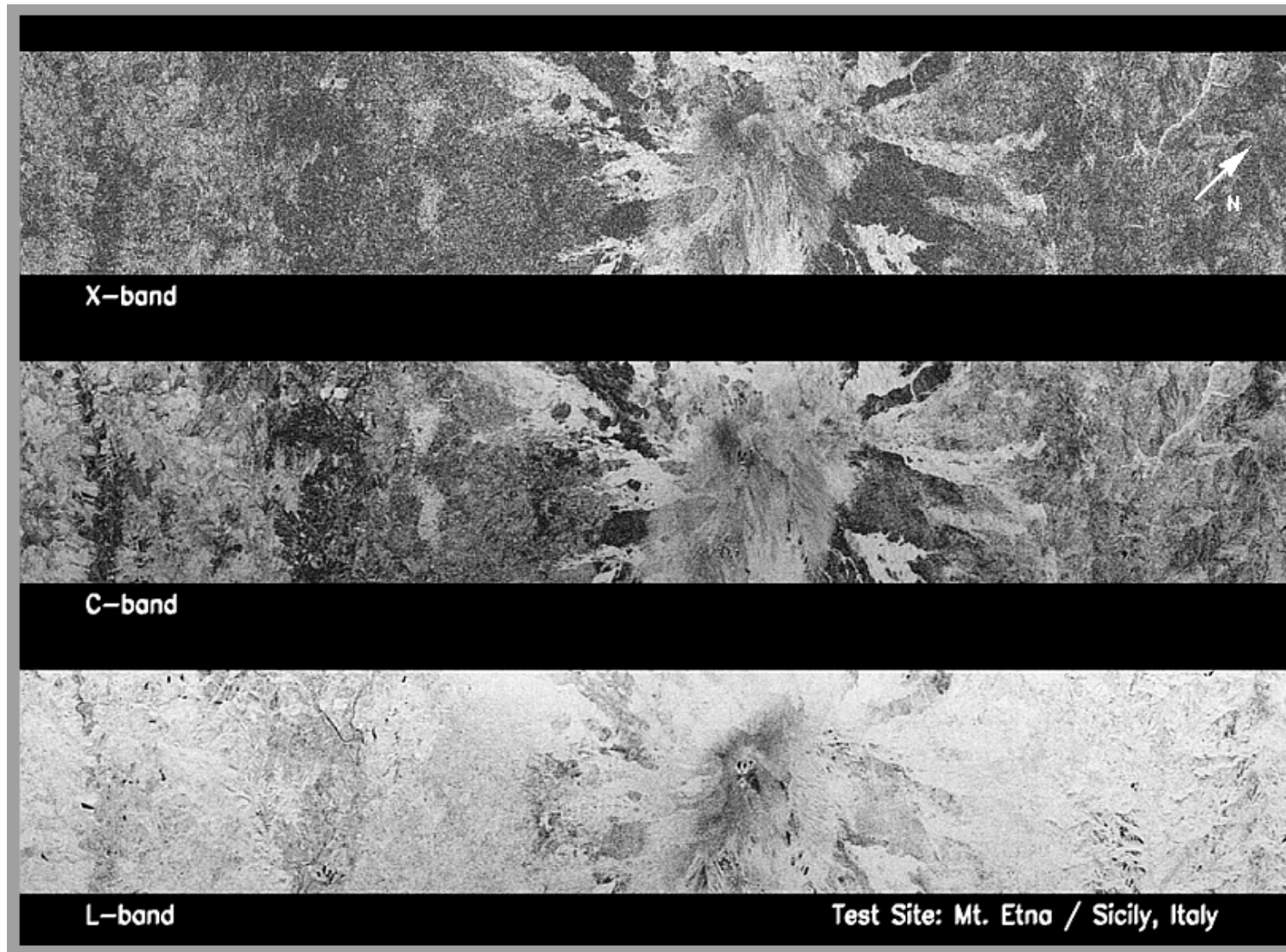


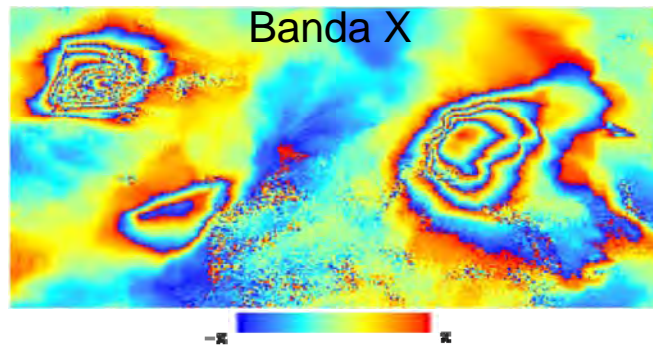
Combinació de bandes + Polarimetria





- Hi ha una comunitat d'usuaris al nostre entorn identificada?
 - *Monitorització de deformacions en estructures. Component de dilatació tèrmica.*
 - *Captura i emmagatzematge de CO₂.*
 - ...
- Per on aniran els trets..? Arxiu + HR? Sentinel?
- Possibilitats d'exploració de dades PAZ?

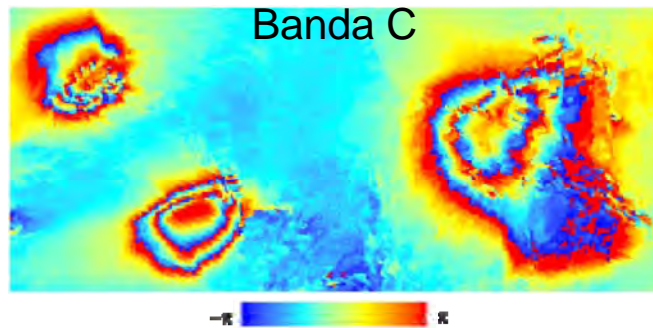




$$\lambda = 3.1cm$$

$$\delta_{2\pi} = 1.55cm$$

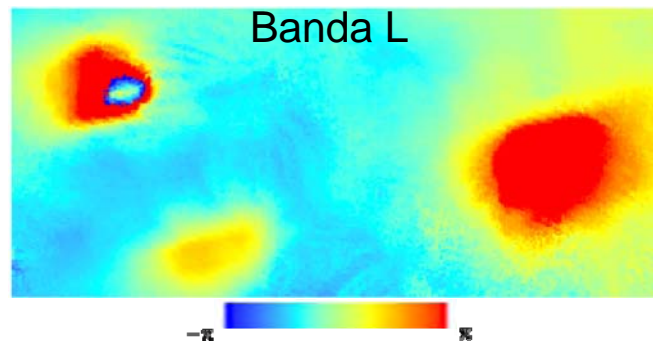
- Moviment molt ràpid, excés de franges, problemes de desenrotllat...



$$\lambda = 5.6cm$$

$$\delta_{2\pi} = 2.8cm$$

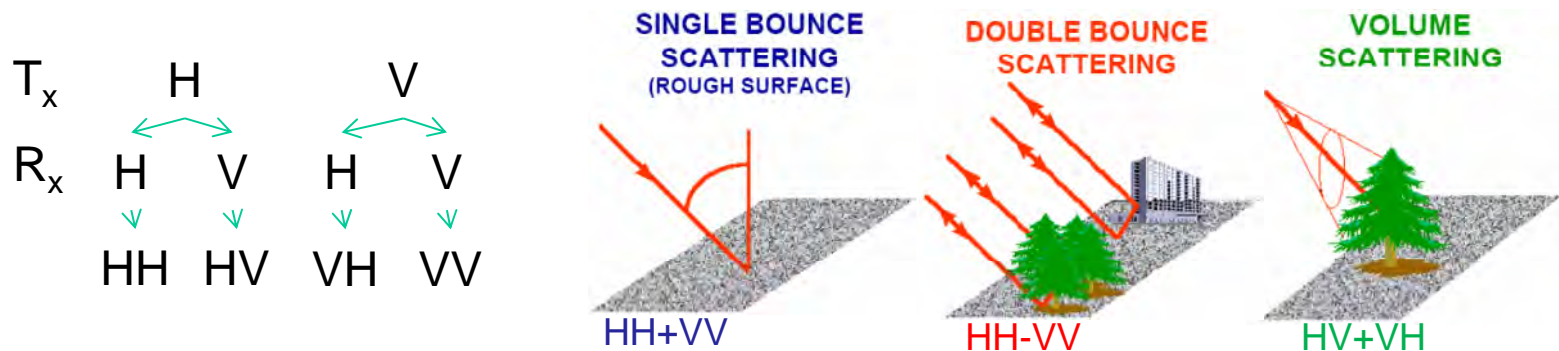
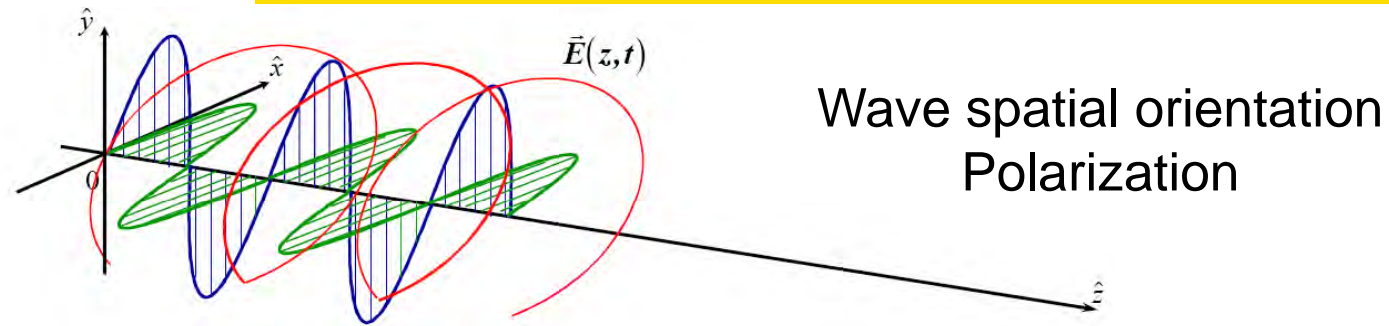
- Moviment lent, franja por sota del nivell de soroll...



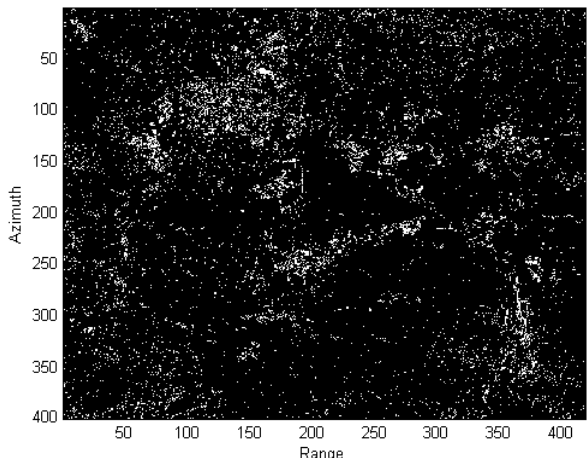
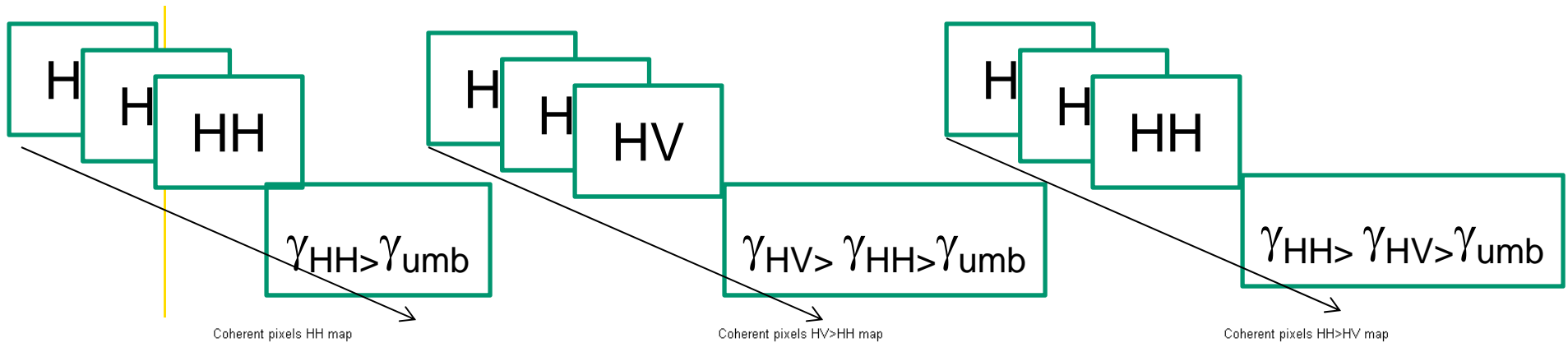
$$\lambda = 23.6cm$$

$$\delta_{2\pi} = 11.8cm$$

- Combinació de dades, millora de la estimació del camp de velocitats.

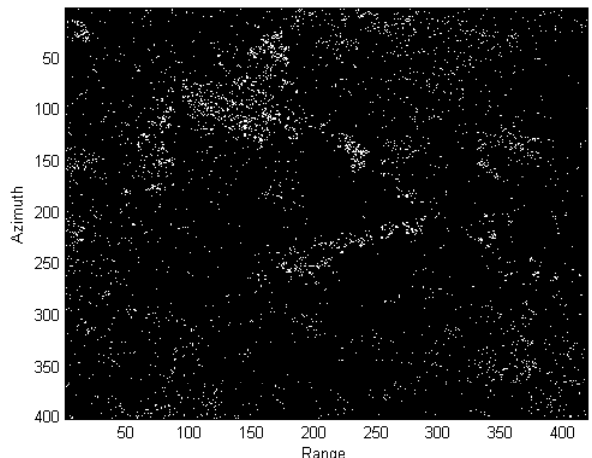


- En funció de la estructura del blanc, el senyal útil es localitza en un determinat canal polarimètric.
- Si se'n disposa de diversos canals es pot seleccionar el que aportí més informació coherent → augment de punts seleccionats i de la seva qualitat.



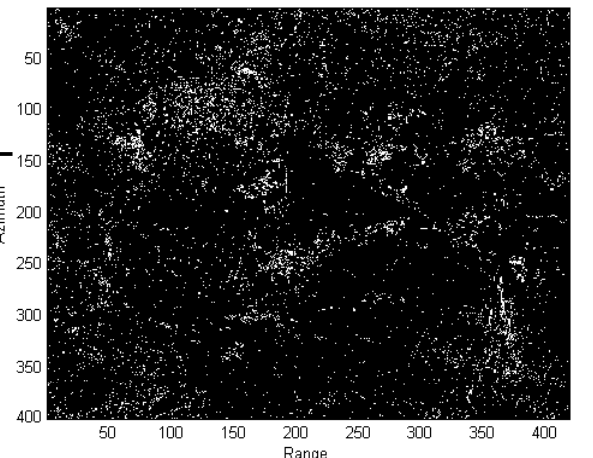
10169 píxels

<



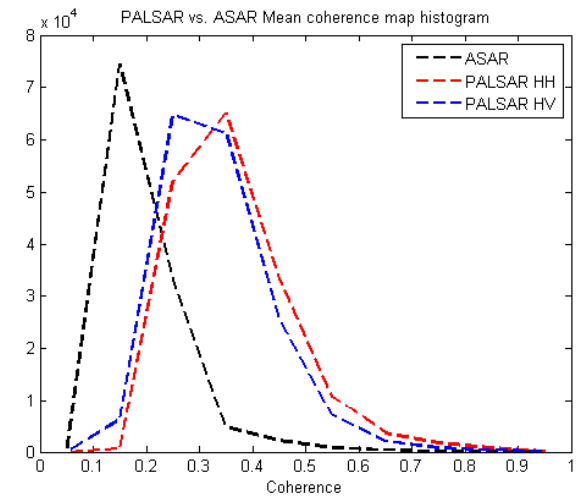
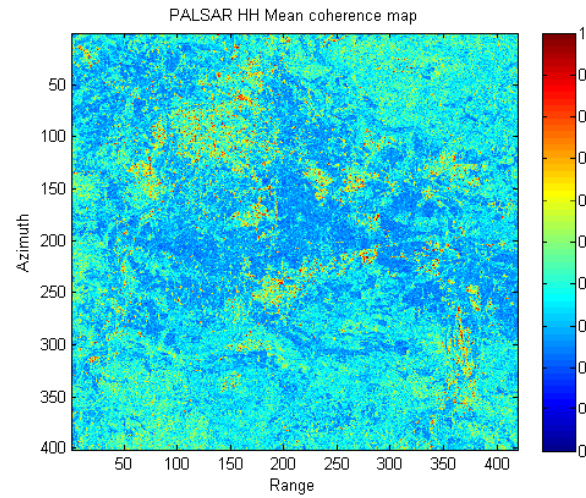
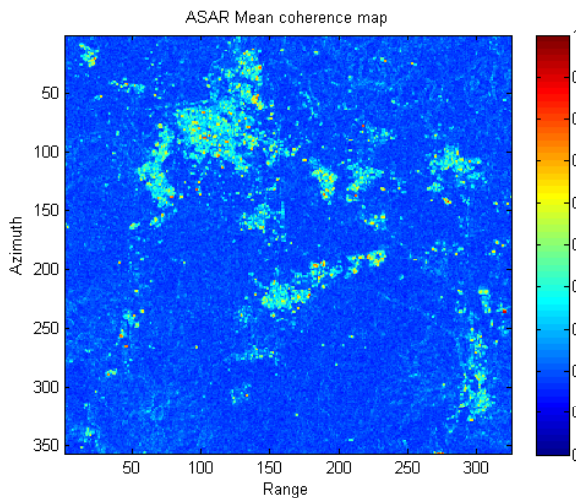
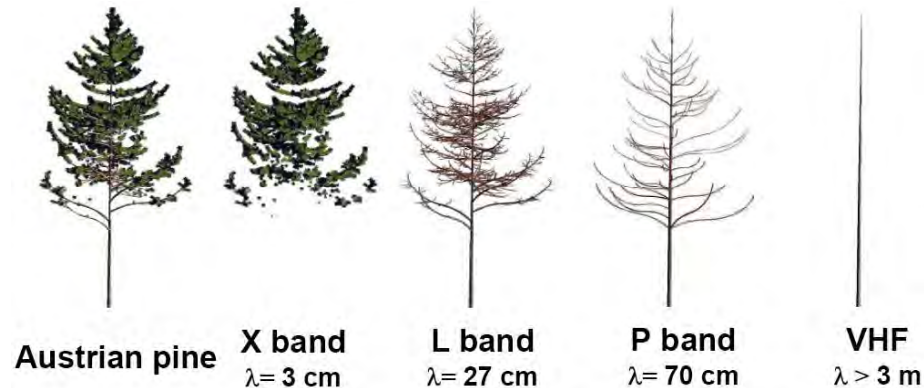
4666 píxels

+

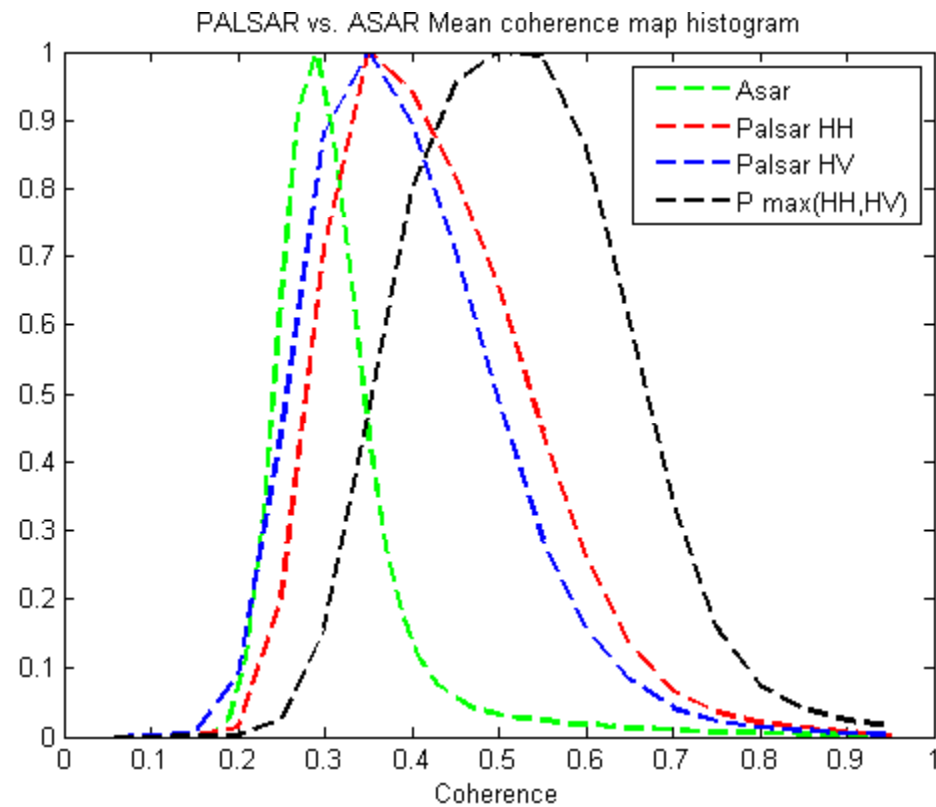


9078 píxels

- El nombre de punts útils augmenta al fer servir dos canals polarimètrics.

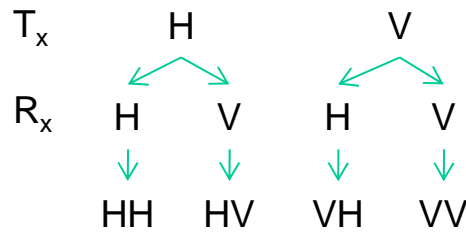


- L band: canopy penetration, brings coherent information in rural areas.
- Different band and polarimetric channel: different behaviour, complementary data.

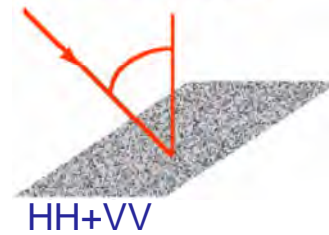




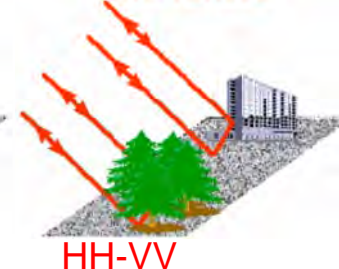
Polarimetry for deformation applications



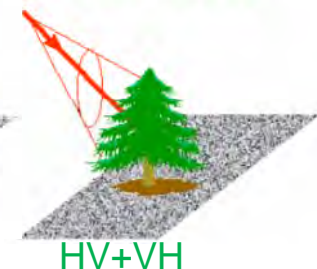
SINGLE BOUNCE SCATTERING (ROUGH SURFACE)



DOUBLE BOUNCE SCATTERING



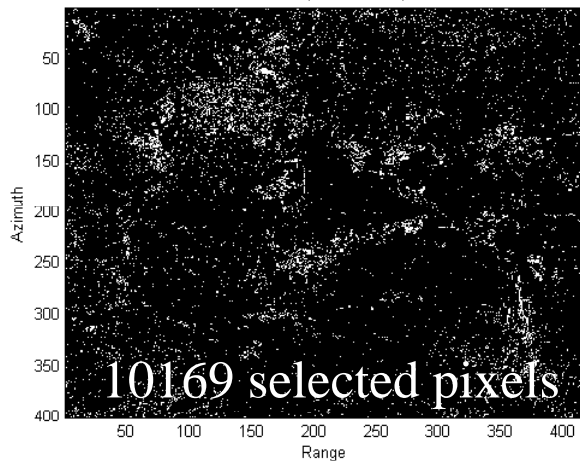
VOLUME SCATTERING



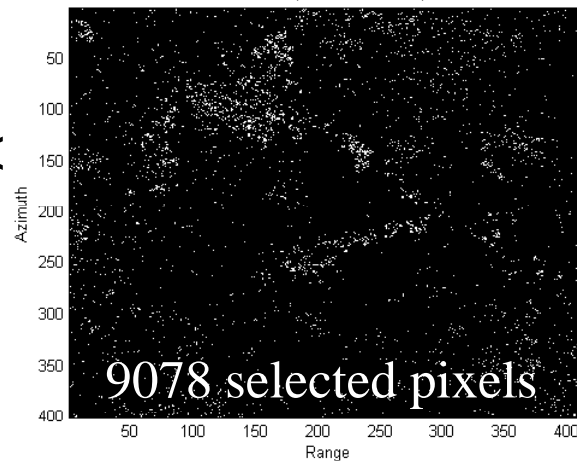
Coherent pixels HH map

Coherent pixels HV>HH map

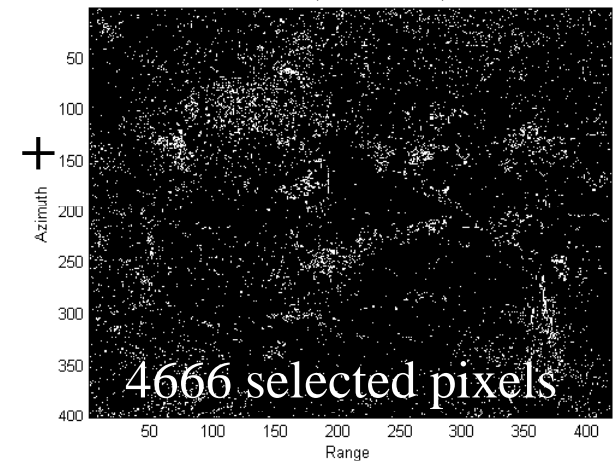
Coherent pixels HH>HV map



<



+



- Polarimetric data fusion: combination strategies show the benefit of using polarimetry to select more and more quality pixels.
- Band and polarization integration in the same dataset.



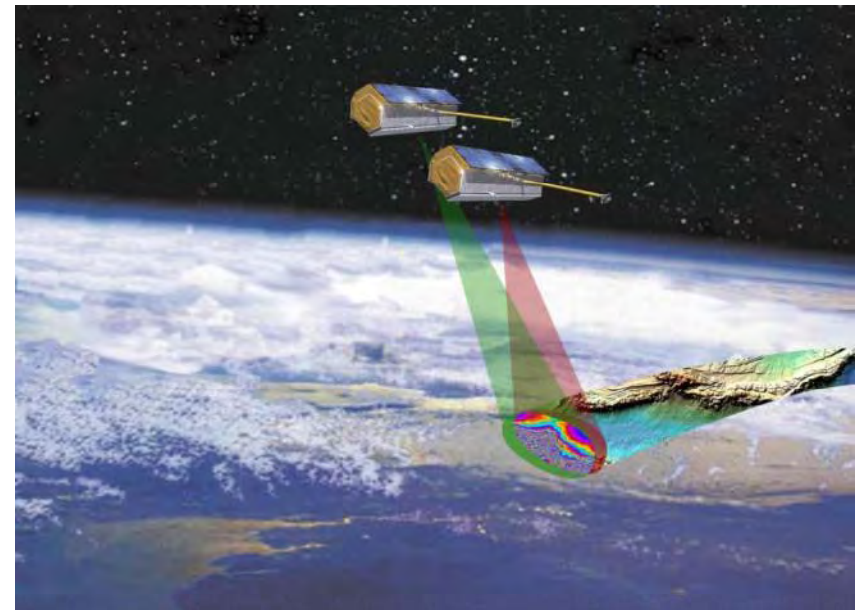
Pocos kilómetros hasta 200 metros

Cobertura global

Calidad Precisión vertical: Superior a 2m (relativa) / 10m (absoluta)

Paso de malla: ~ 12 m x 12 m

TerraSAR-X 2 (2016)





Resolució range:

$$\Delta r = \frac{c}{2\Delta f}$$

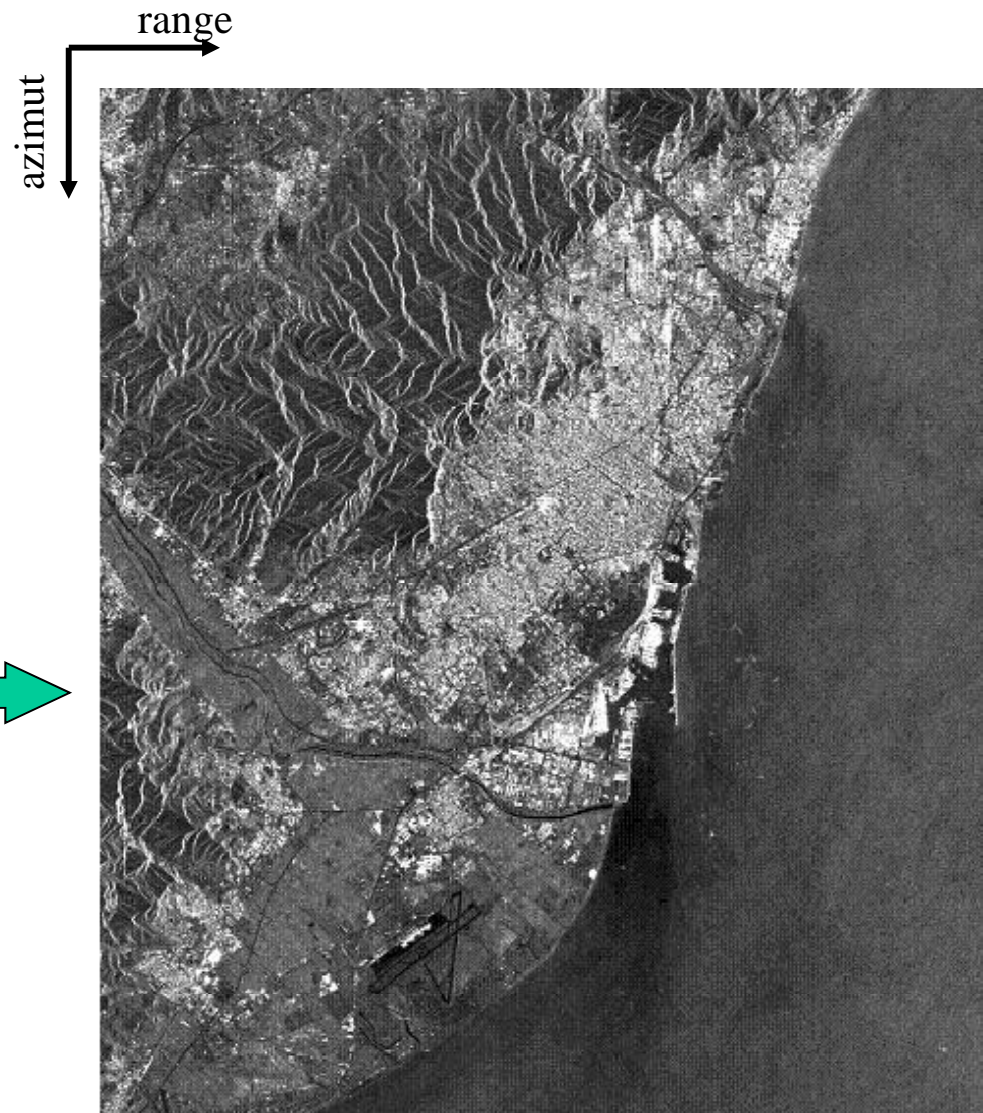
Resolució azimuth

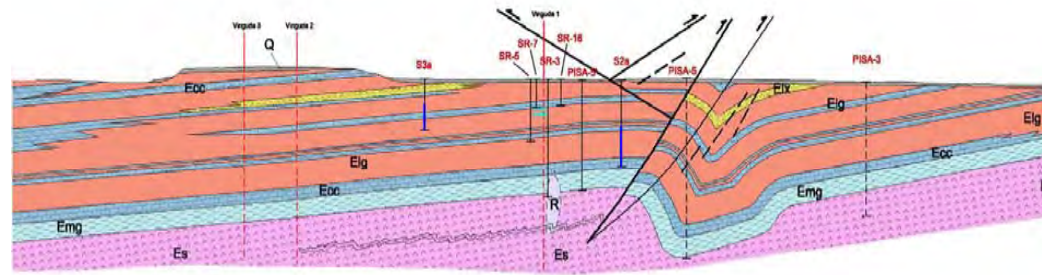
$$\Delta x = L/2$$

Imatge SAR:

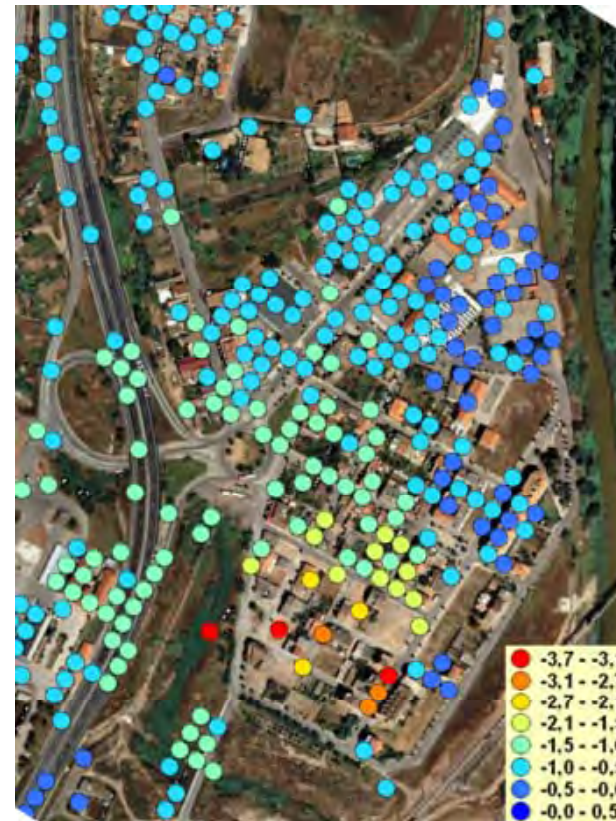
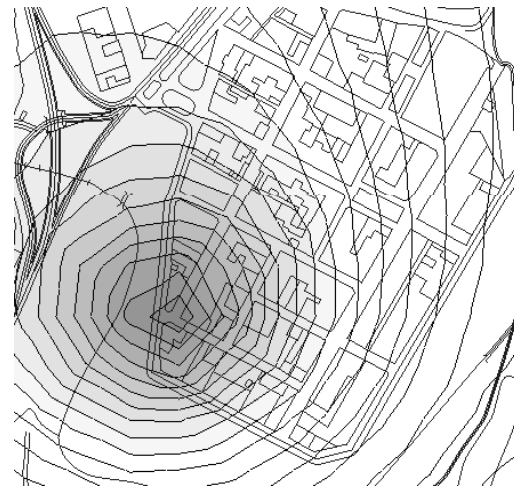
- **Amplitud (RCS)** 
- **Fase** (distancia range r)

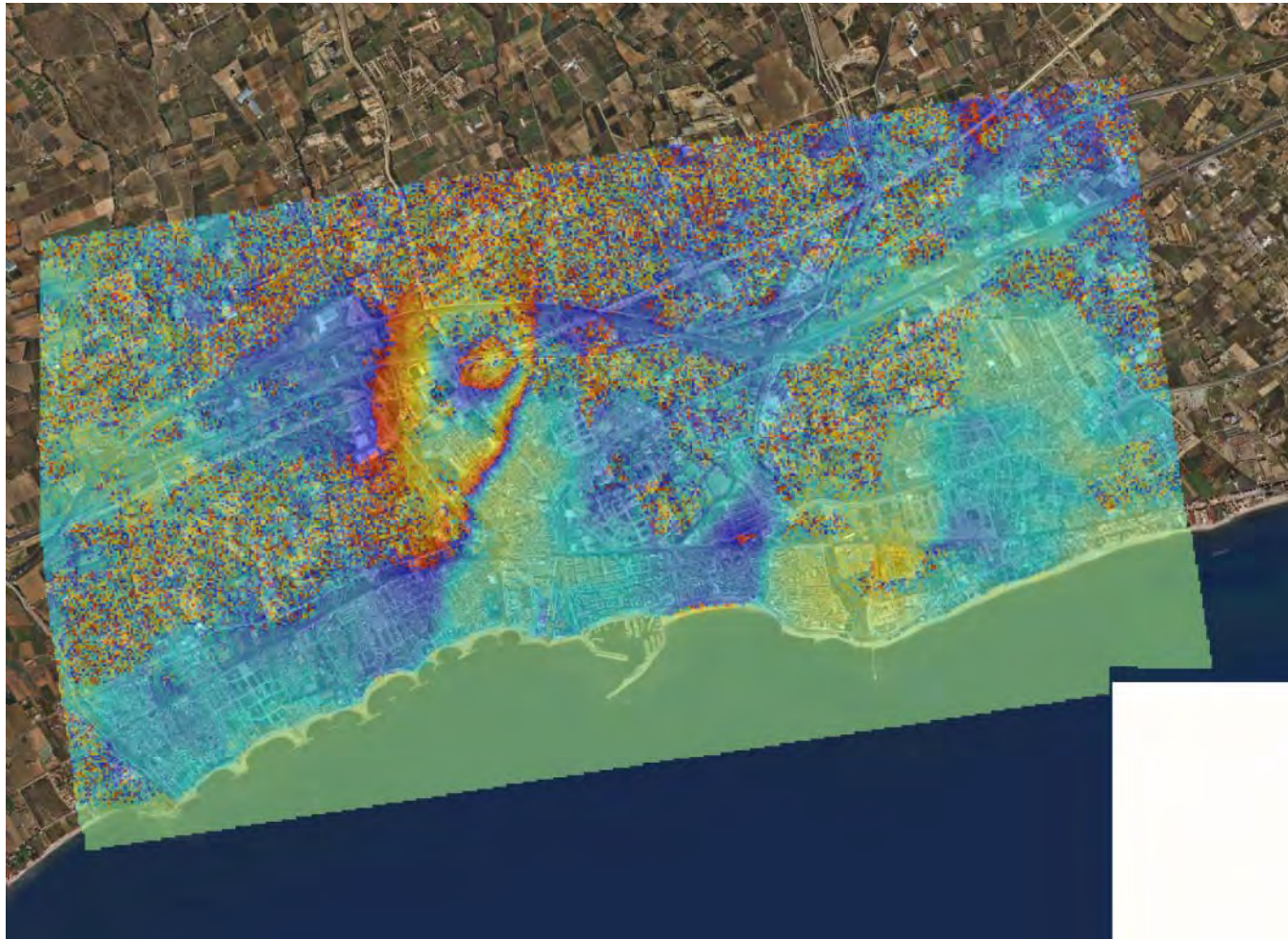
$$\phi = -\frac{4\pi}{\lambda} \cdot r + \phi_{scattering}$$





- Geological conditions of the La Estacion neighborhood in Sallent, R indicates the great cavity under it.
- Cone subsidence model and PS-DInSAR linear velocity map (cm/y) with Cosmo-Skymed data.

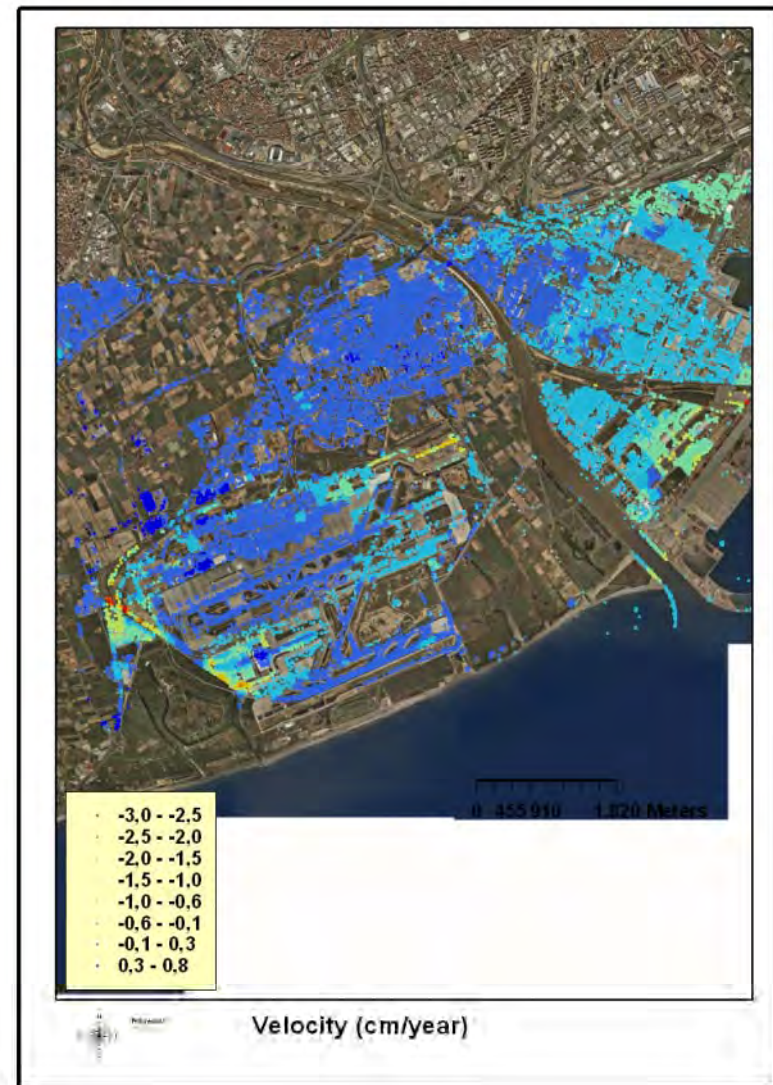
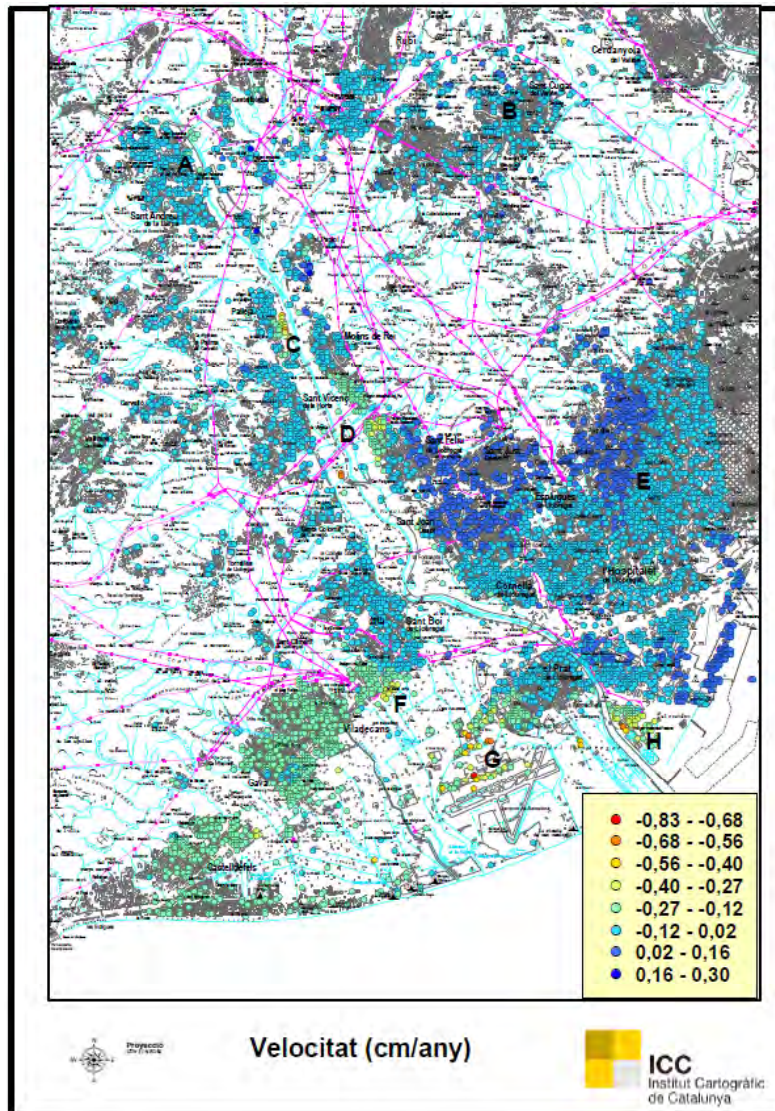




High resolution/wavelength sensitivity allows to detect high spatial deformation gradients

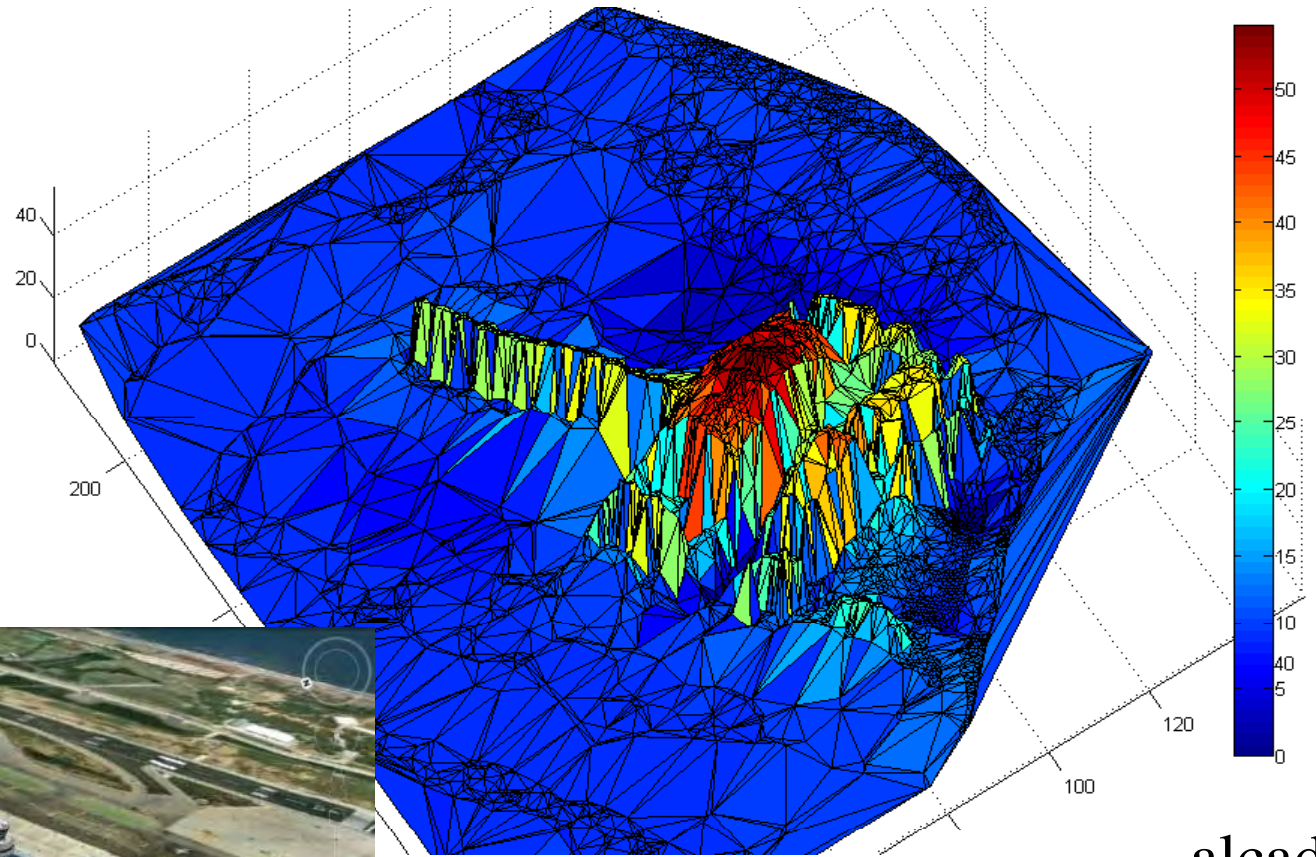


Barcelona , High resolution





ICC
Institut Cartogràfic
de Catalunya

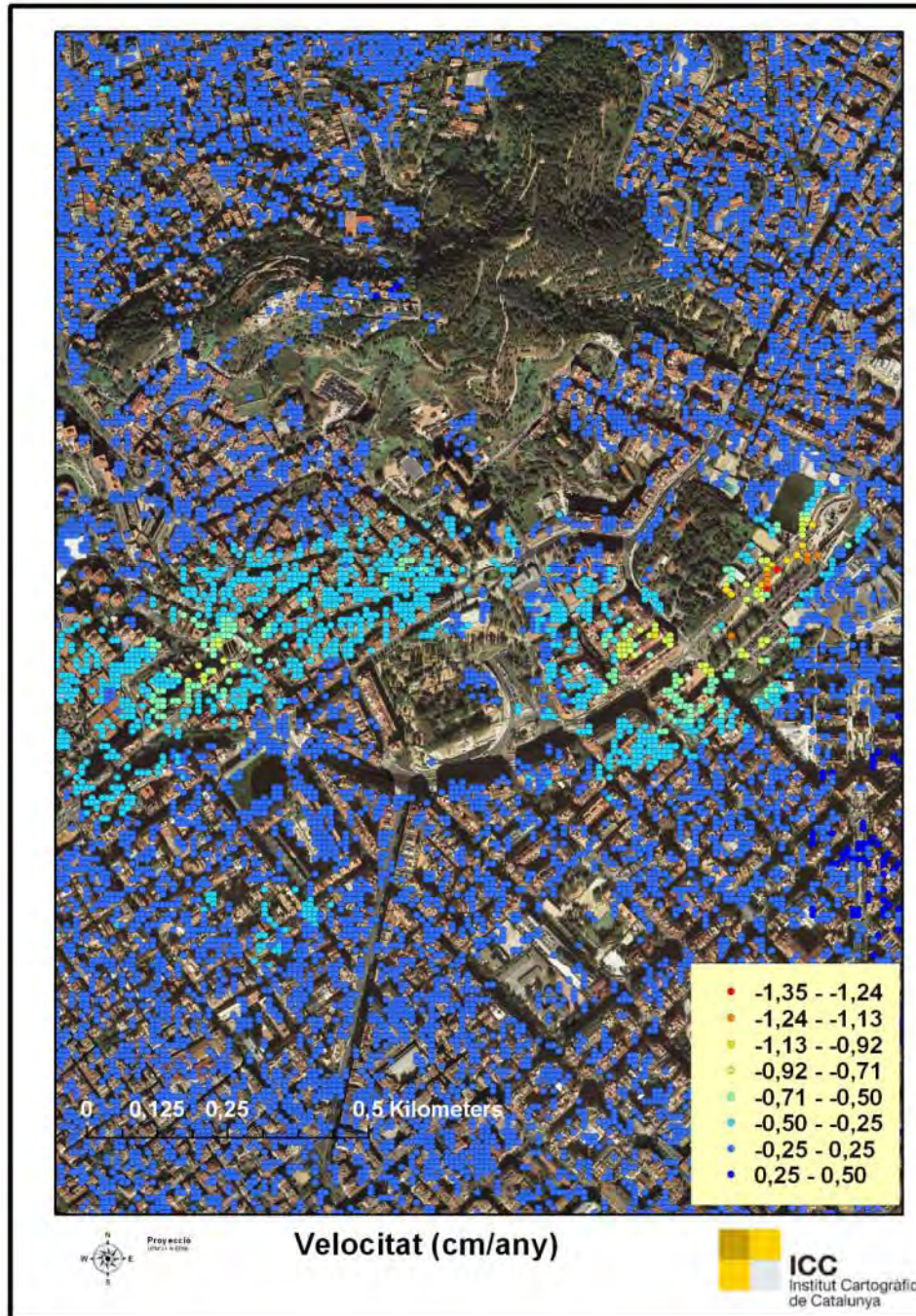


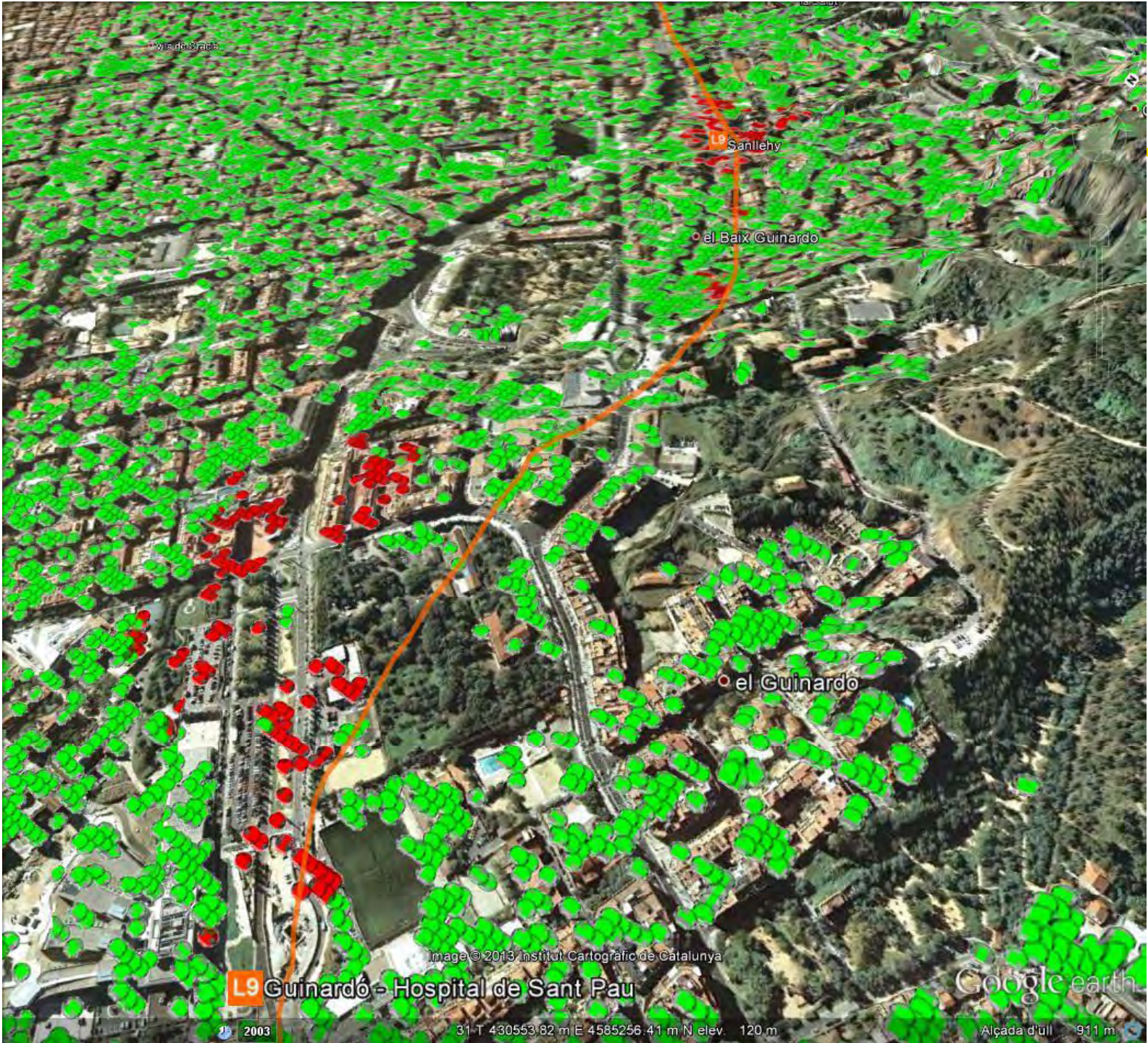
alçada





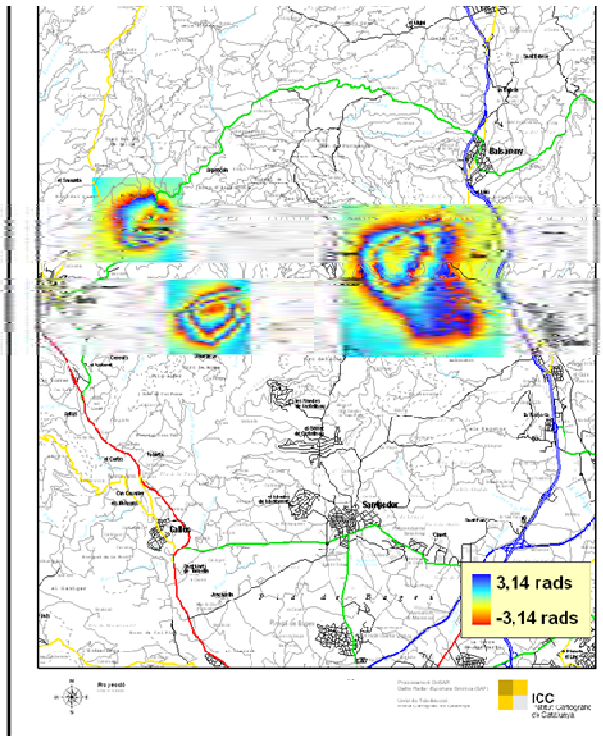
ICC
Institut Cartogràfic
de Catalunya



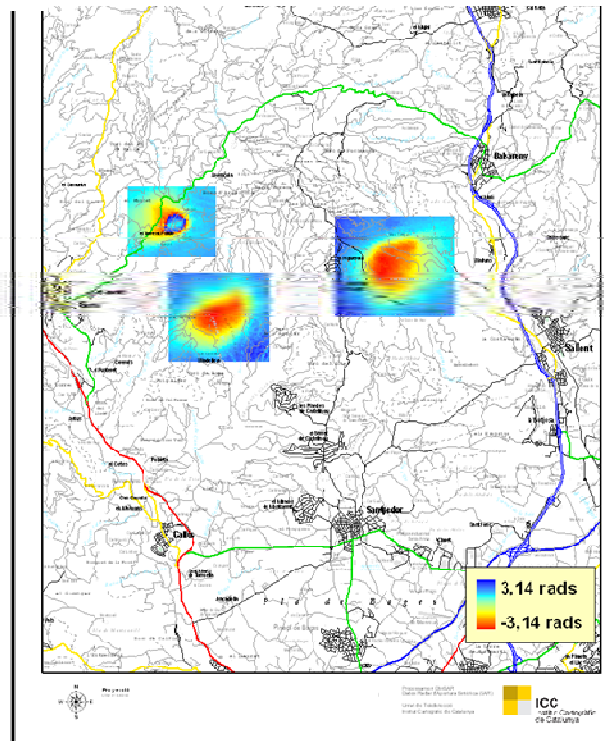




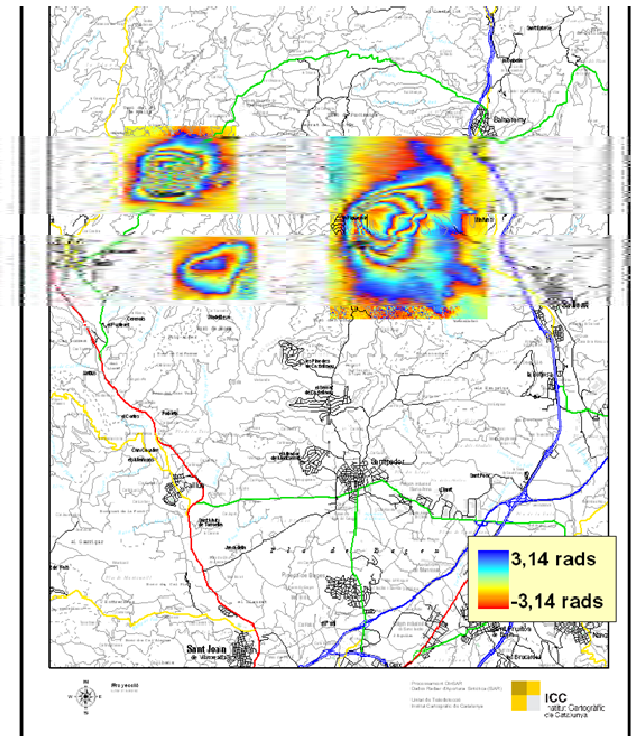
C-band
Envisat, Radarsat-2



L-band
ALOS-PALSAR



X-band
TerrasarX, Cosmo-Skymed



- Lower freq. = more penetration: increasement of coherence.
- Freq. determines movement sensitivity.
- Spatial and temporal (revisit time) resolution improvement.
- Polarimetric capabilities.

