



Caracterització de la subsidència al Delta de l'Ebre

Jornada : "La lluita contra el canvi climàtic al Delta de l'Ebre: mesures d'adaptació i mitigació"

Projecte: EBRO-ADMICLIM (LIFE 13 ENV/ES/001182)



Determinar la taxa actual de subsidència

Composició i distribució dels materials que l'afavoreixen

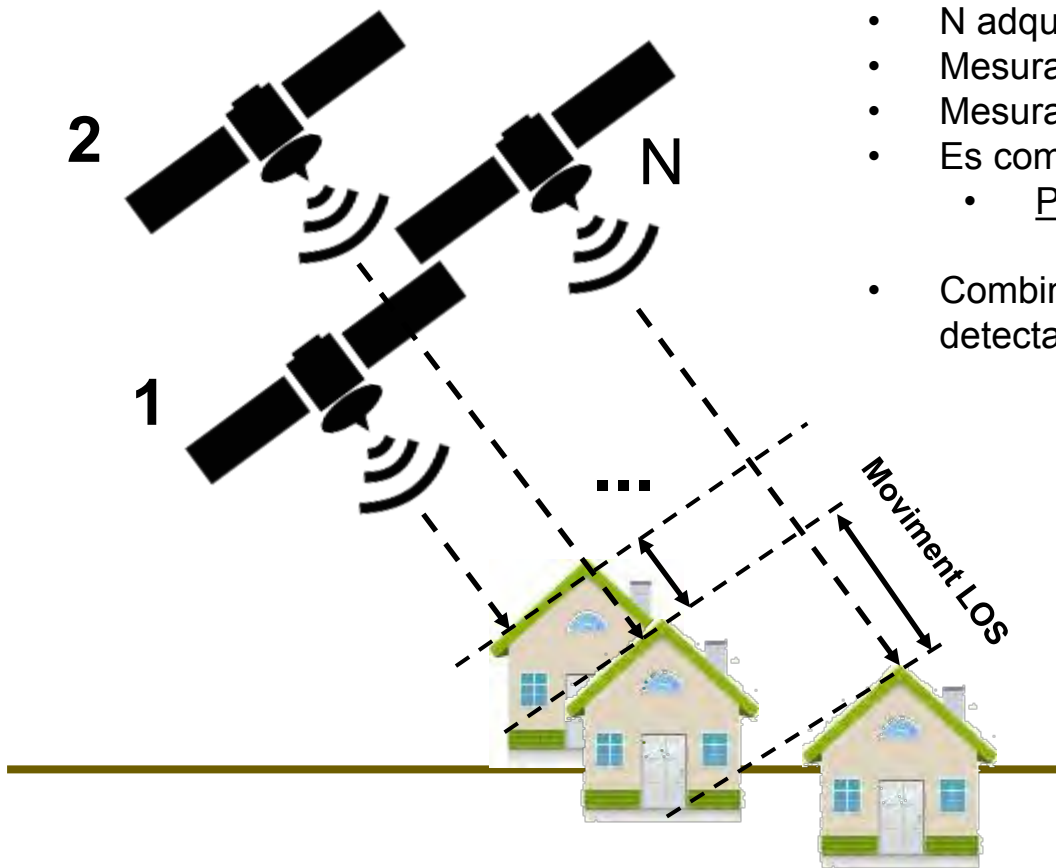
- Les tècniques interferomètriques no han detectat patrons de moviment de gran extensió ni intensitat. La subsidència natural al delta es pot estimar entre **1 i 3 mm/any**.
- La caracterització geològica, geofísica i geotècnica ha permès definir un model geològic del delta de l'Ebre i estimar la subsidència.
- La integració de la de informació ha permès elaborar un mapa de **zonificació de la subsidència** al delta.

Cal continuar la monitorització i estudi geològic del delta

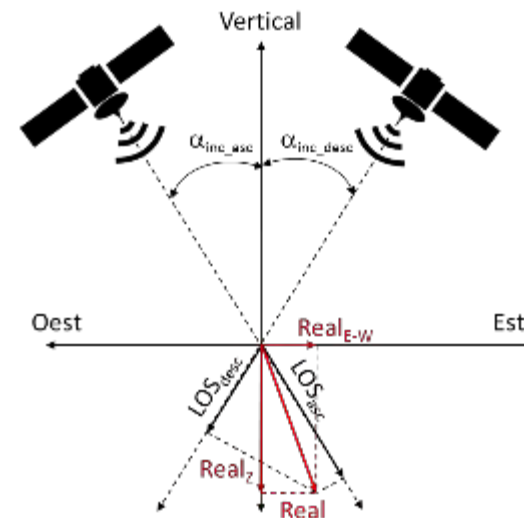
Taxa de subsidència: mesures amb interferometria radar



Taxa de subsidència: mesures amb interferometria radar



- N adquisicions de satèl·lit radar distribuïdes en el temps
- Mesura **MOVIMENT** en la direcció LOS. Coherència.
- Mesura de sèries **temporals**
- Es compensen els artefactes atmosfèrics
 - Precisió mil·limètrica
 - Banda C ~ 3 mm/any
- Combinació d'òrbites ascendent i descendent per detectar moviment vertical i horitzontal



Taxa de subsidència: mesures amb interferometria radar

- Mesures històriques i actualitzades amb satèl·lits en banda C (ERS, ENVISAT i SENTINEL-1A/B)
- En general es detecten moviments de superfície inferiors als **3 mm/any**

Llegenda

Velocitat (mm/any)



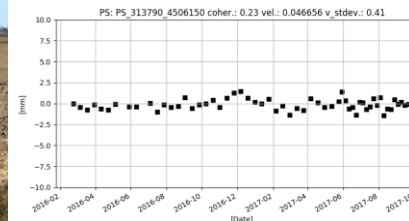
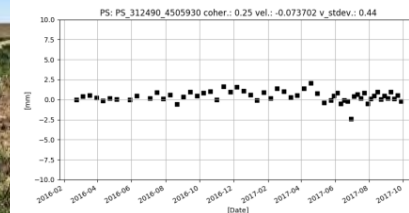
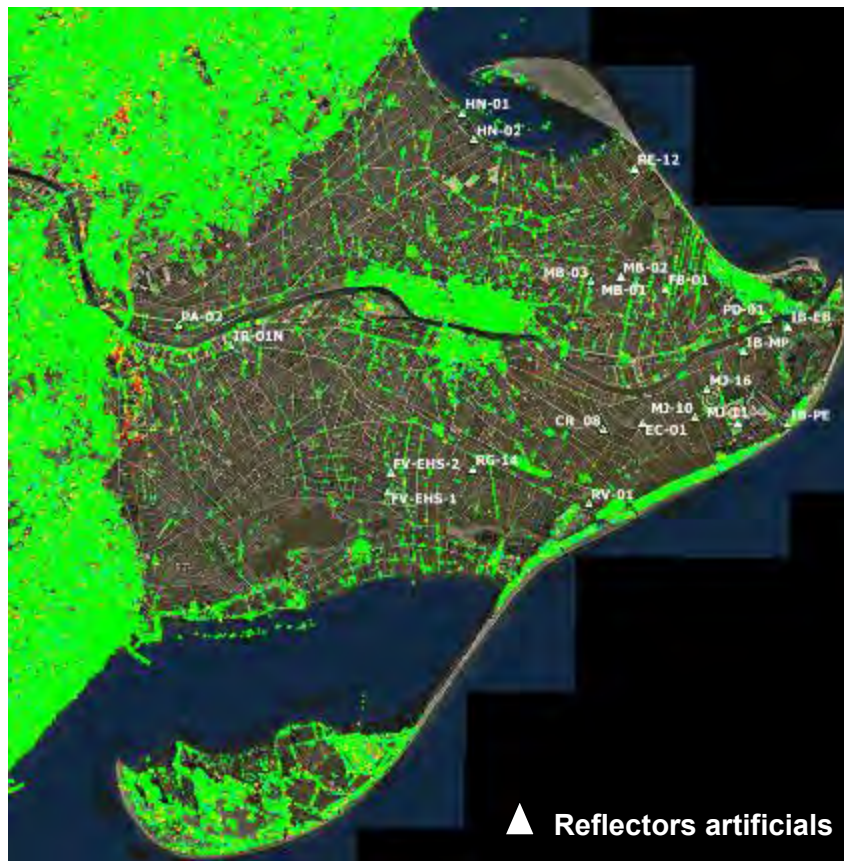
ERS-ENVISAT 1992-2010 (195 i)



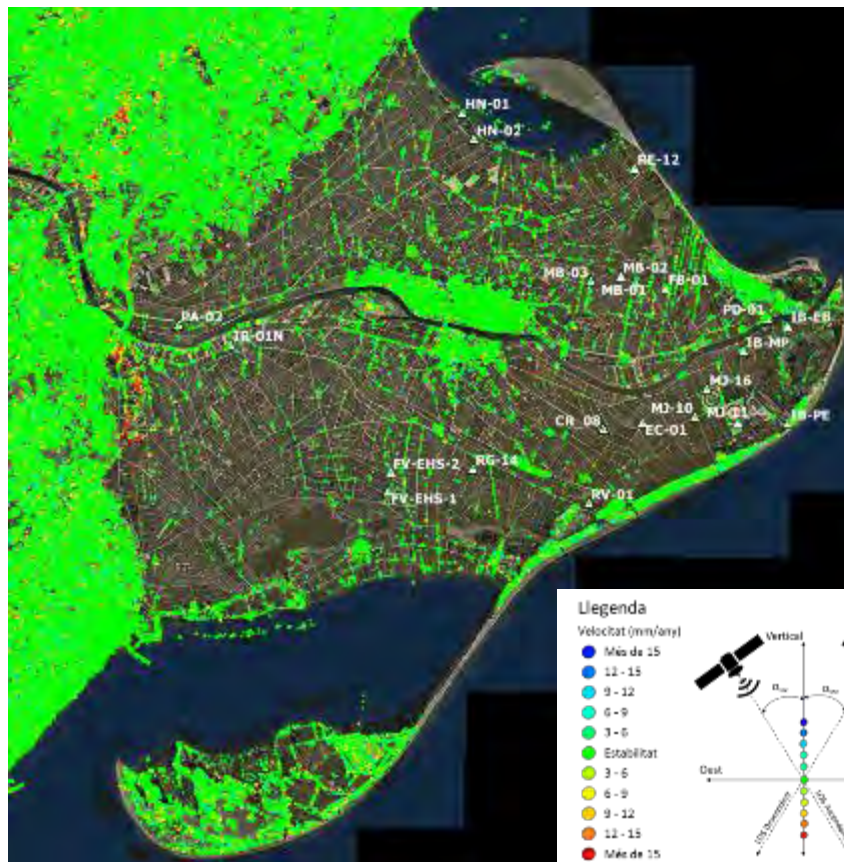
SENTINEL-1A/B 2015-2017 (183 i)

Taxa de subsidència: mesures amb interferometria radar

- Instal·lació de 22 reflectors artificials
- Assegurar punts de mesura de bona qualitat en zones d'alta decorrelació temporal

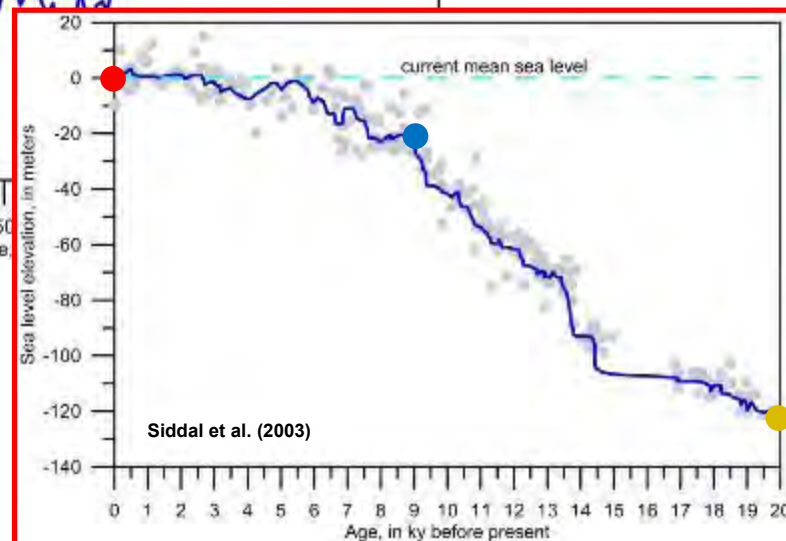
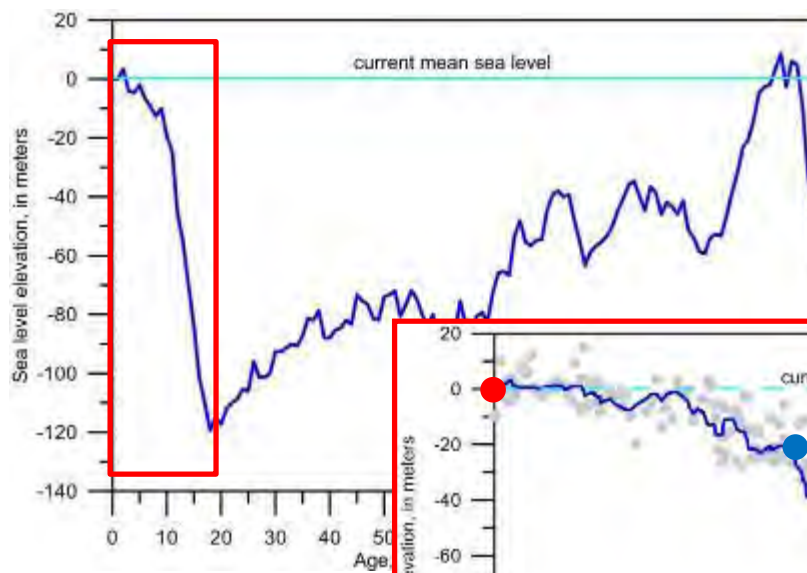
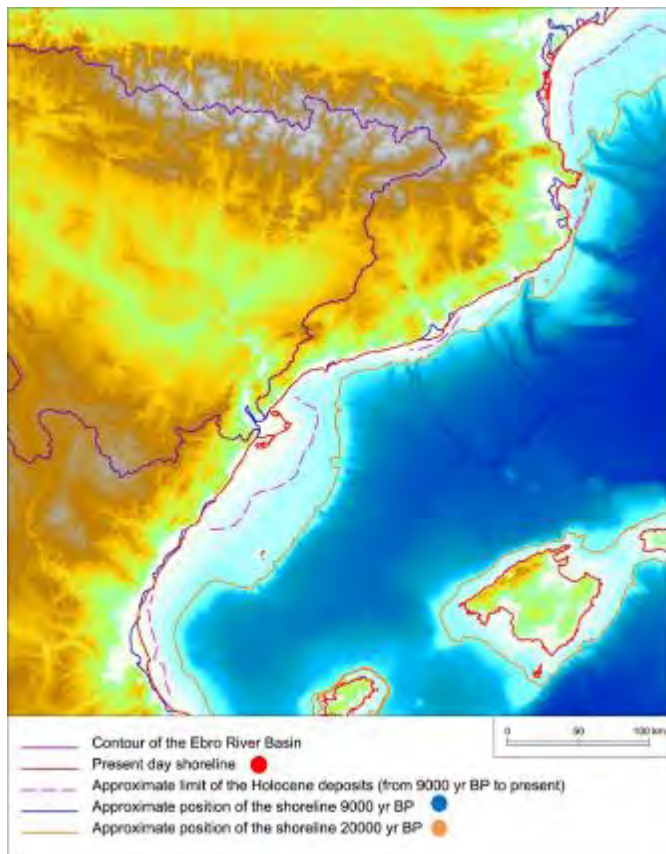


Taxa de subsidència: mesures amb interferometria radar

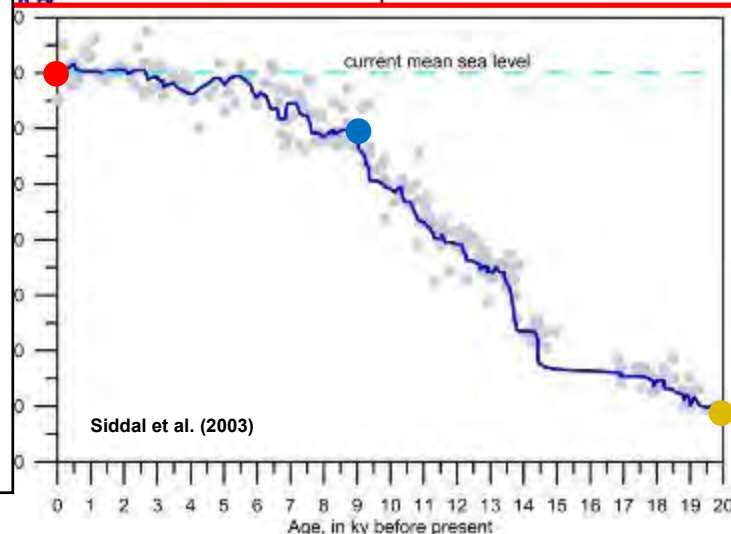
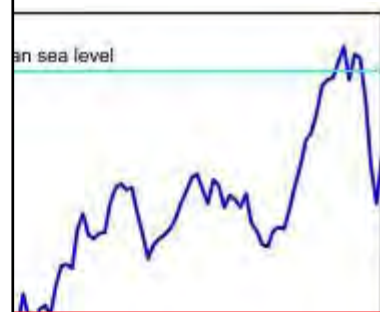
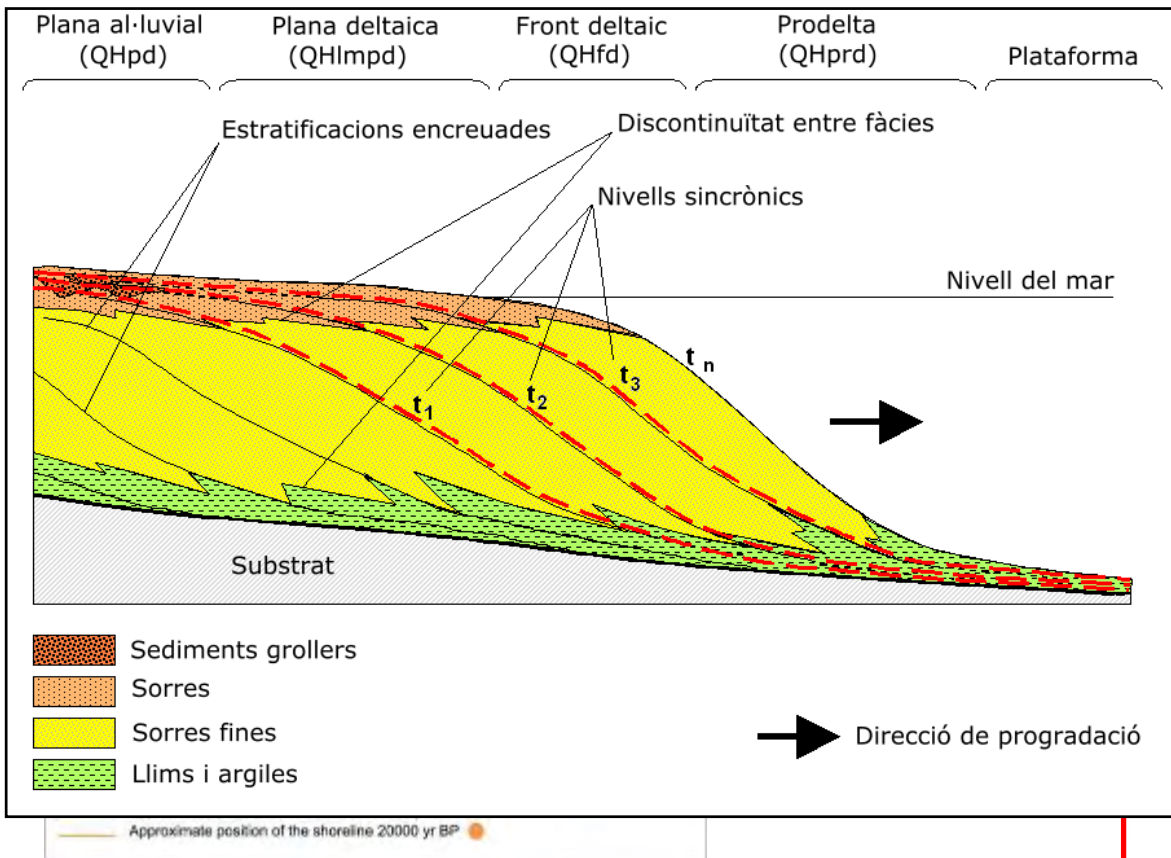


- No s'han detectat patrons de moviment de gran extensió ni intensitat amb les mesures SENTINEL-1
- Es detecten algunes zones afectades localment per moviments més elevats (alguns mm/any)
- Degut a la precisió de mesura del sistema radar, es **necessita** un període més llarg de mesura per detectar velocitats de moviment per sota dels 3 mm/any

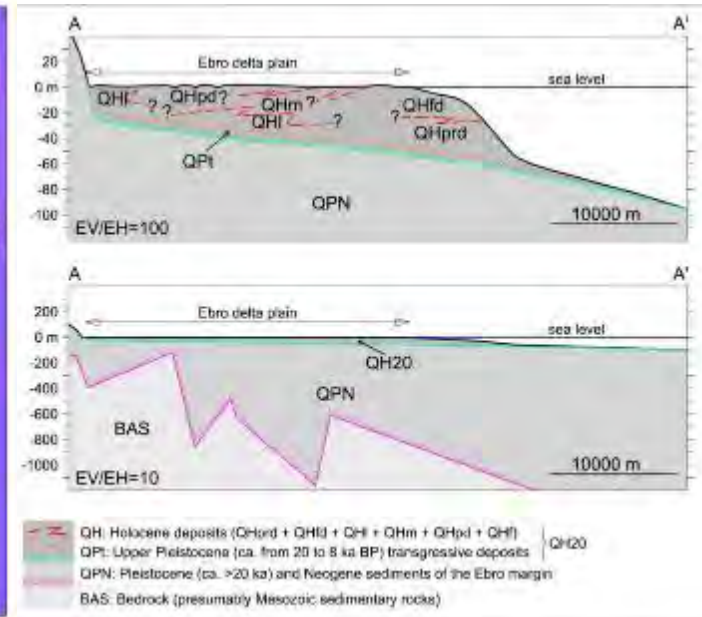
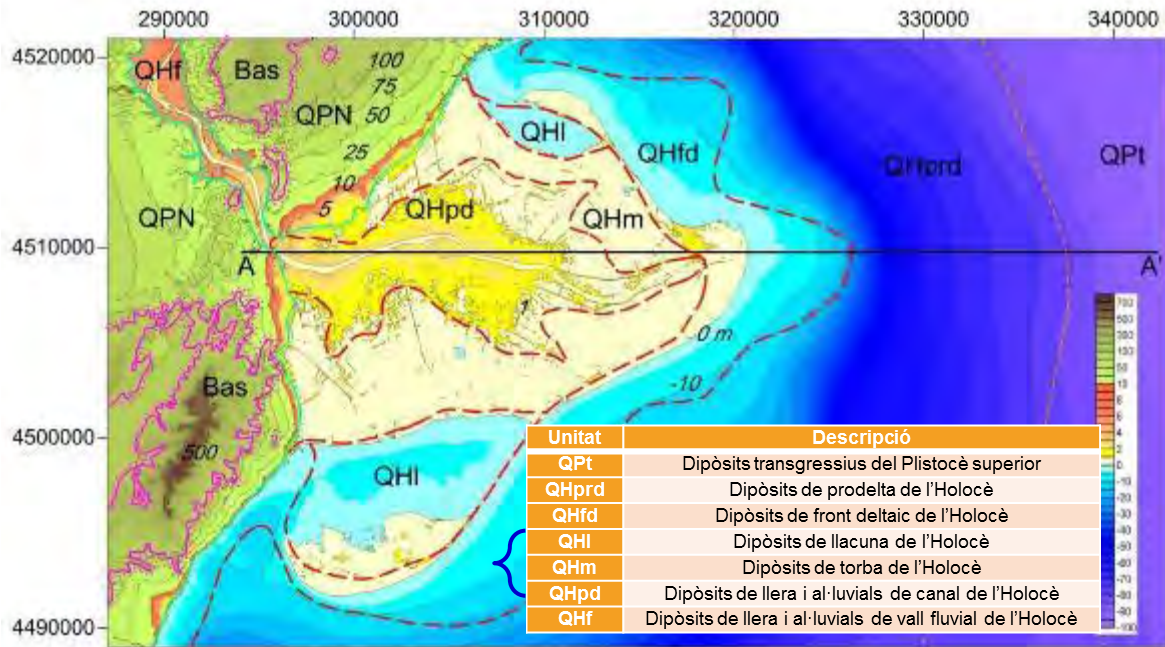
El delta de l'Ebre: evolució del nivell del mar i la línia de costa des de fa ~120,000 anys



El delta de l'Ebre: evolució del nivell del mar i la línia de costa des de fa ~120,000 anys

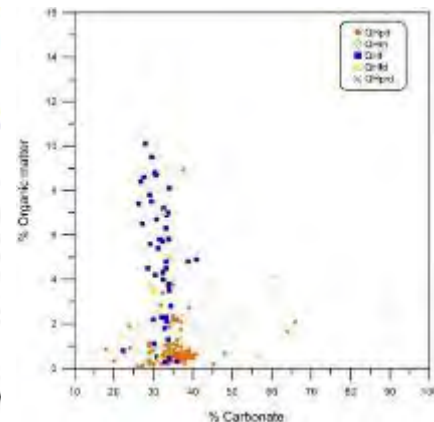
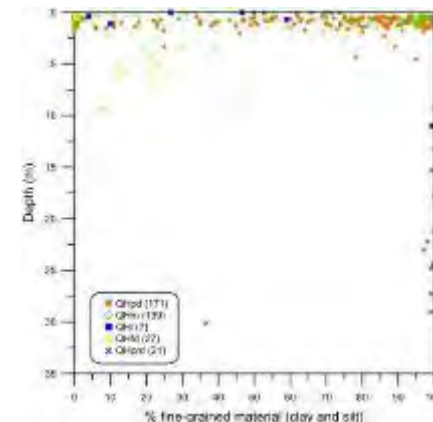
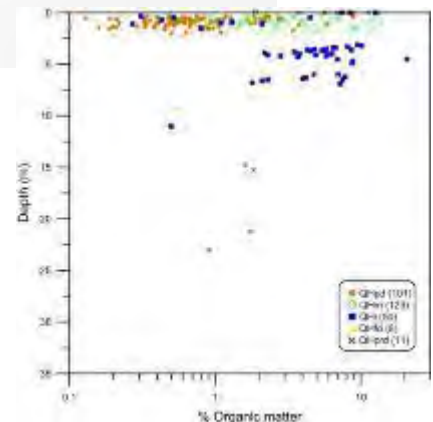
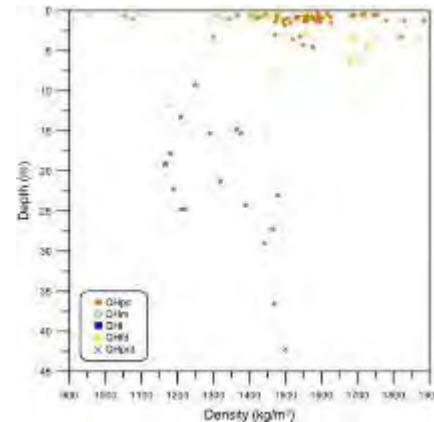
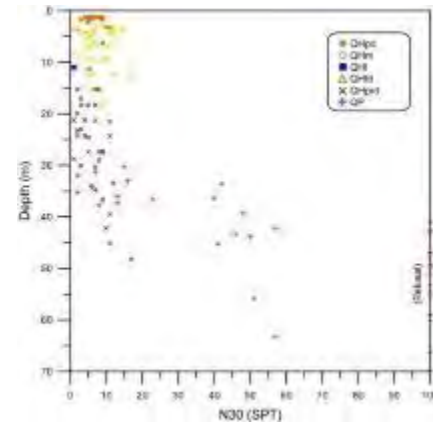
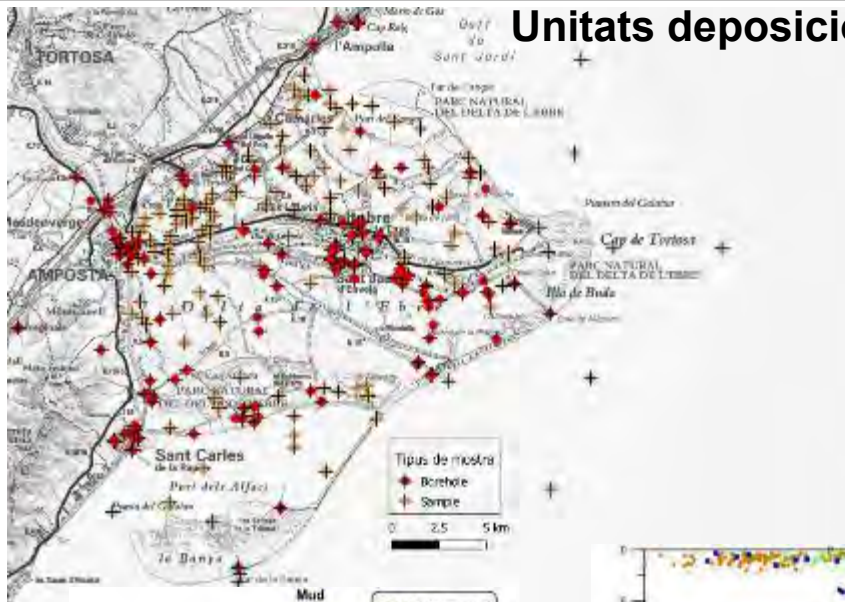


Unitats deposicionals del delta: ambients sedimentaris

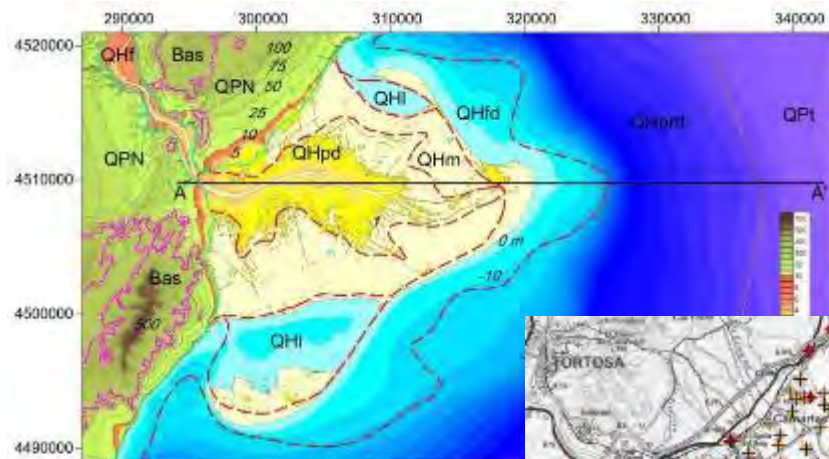


- Gradational boundaries between Holocene units (QHprd, QHfd, QHI, QHm, QHpd, QHf)
- Boundary between the prograding Holocene sedimentary prism and the Upper Pleistocene transgressive deposits QPt
- Unconformity boundary between the Holocene and the Neogene-Pleistocene (QPN) sediments in the onshore
- Unconformity boundary between the Mesozoic basement (Bas) and the Neogene-Quaternary deposits (QPN)

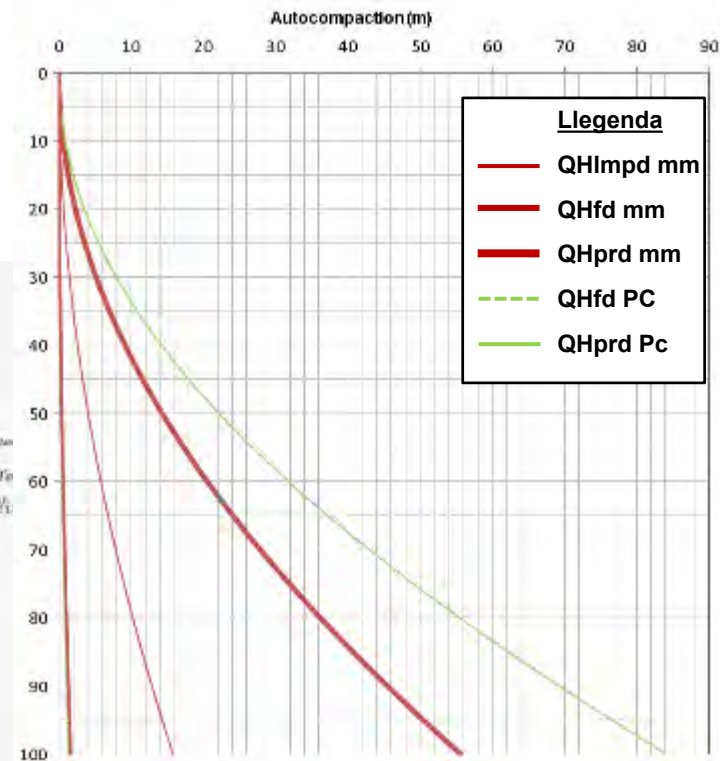
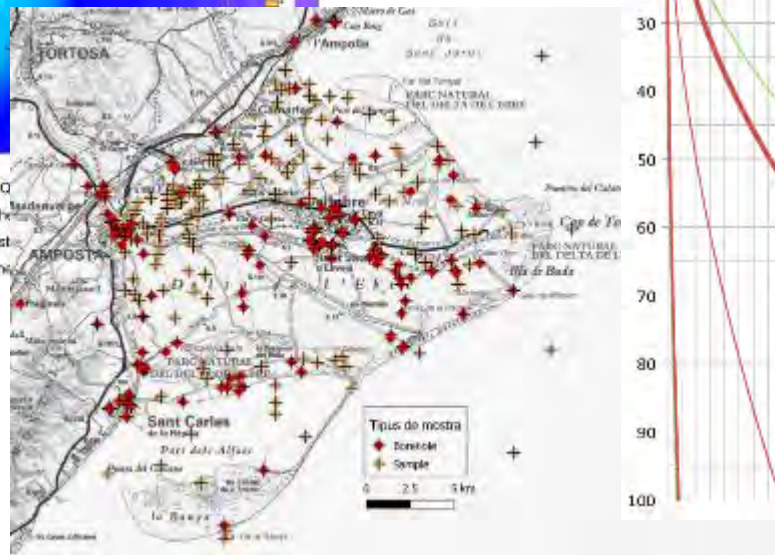
Unitats deposicionals a la plana deltaica: caracterització geotècnica



Compactació natural potencial de la columna sedimentària



- Gradational boundaries between Holocene units (QHfnd, QHfd, QHI, Q)
- Boundary between the prograding Holocene sedimentary prism and the
- Unconformity boundary between the Holocene and the Neogene-Pleist.
- Unconformity boundary between the Mesozoic basement (Bas) and the

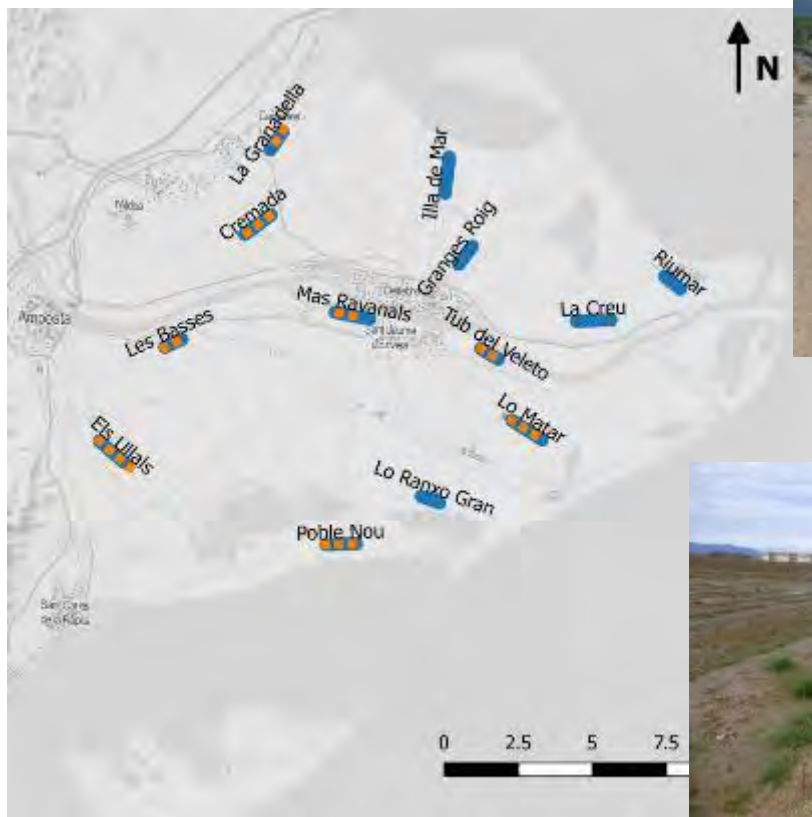


- Llegenda**
- QHImpd mm
 - QHfd mm
 - QHprd mm
 - - - QHfd PC
 - QHprd Pc

Unitats deposicionals: caracterització geofísica (campanyes anuals 2015, 2016, 2017)

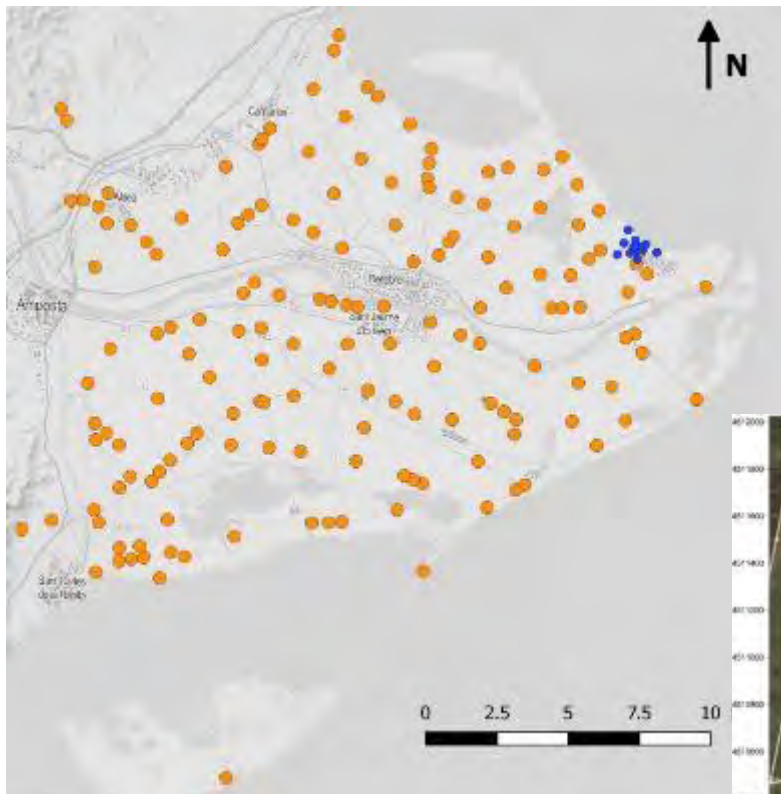
Objectiu	ERT	Mètodes sísmics	H/V	ARRAY	Diagrafies	Seismic Reflection (deep)	MT
Base dels dipòsits holocens de maresme, llacuna i fluvials (QHImpd)	X	X			X	X	
Sostre dels dipòsits Holocens de prodelta (QHpd)	X	X			X		
Base dels dipòsits transgressius fins del Pleistocè superior (Qpf)	X	X	X	X	X	X	
Delimitació de sostre del basament (BAS)			X	X		X	X
Intrusió salina	X				X		
Campanyes realitzades					3		
Numero de mesures	8		162	3	5	7	3
Quilometres	8,5	12					

Prospecció Geofísica: Tomografia elèctrica i mètodes sísmics

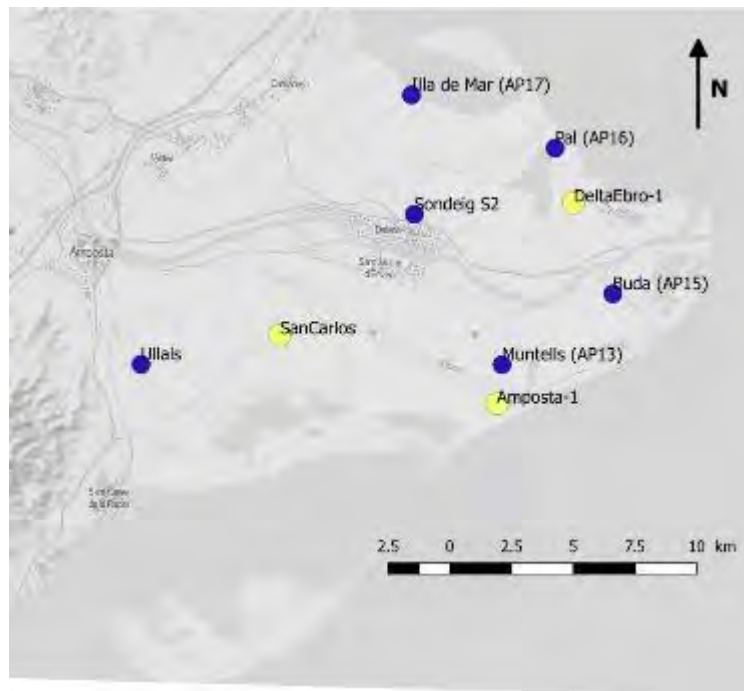


Perfils de tomografia elèctrica (ERT, en taronja) i de sísmica (blau)

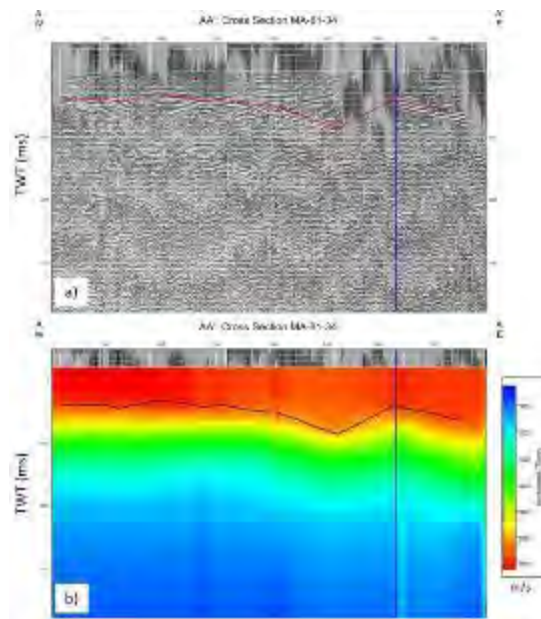
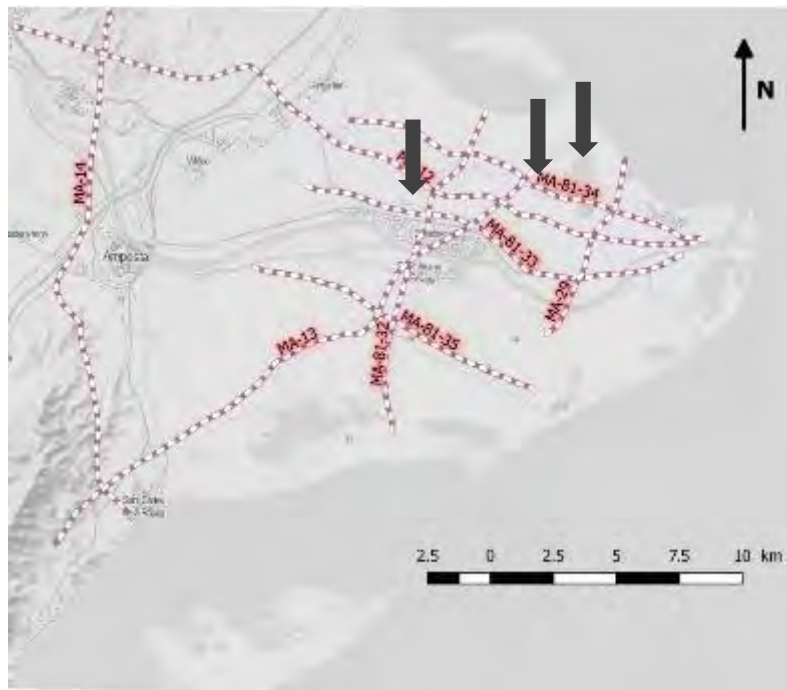
Prospecció Geofísica: H/V i Array (soroll sísmic)



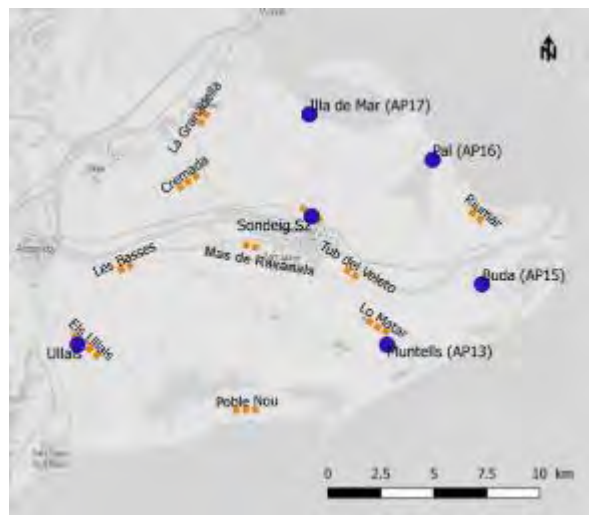
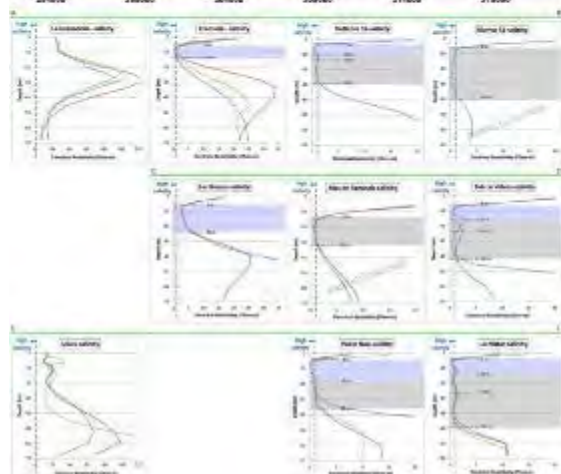
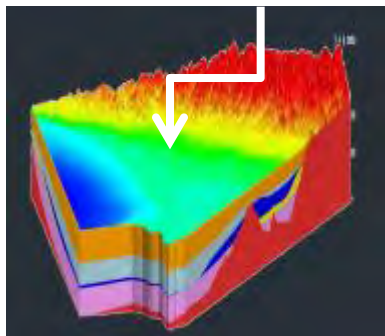
Prospecció Geofísica: diagrafies



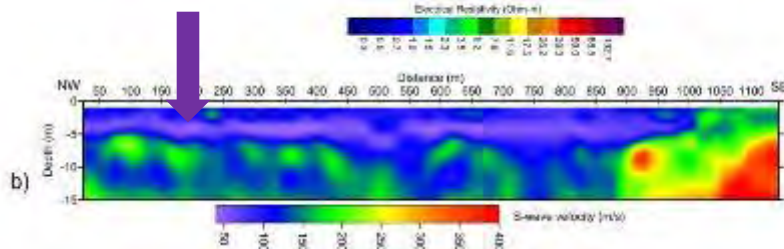
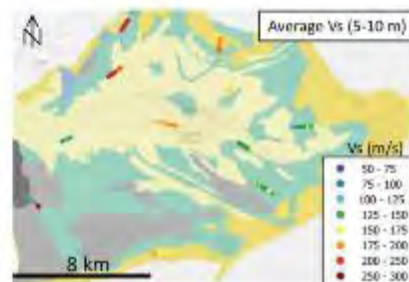
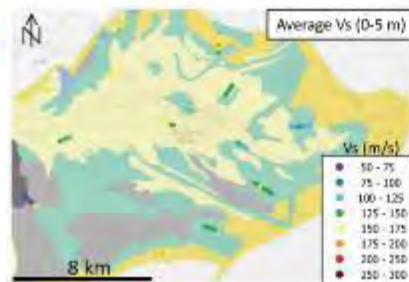
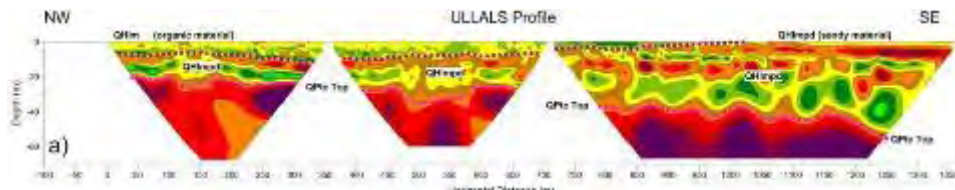
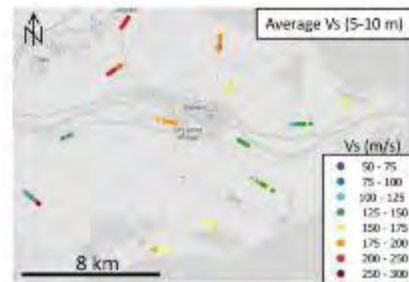
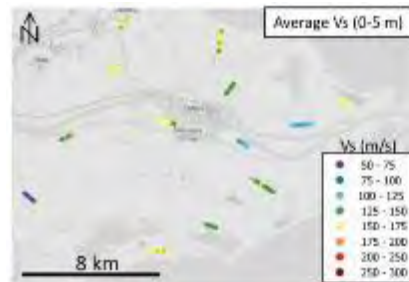
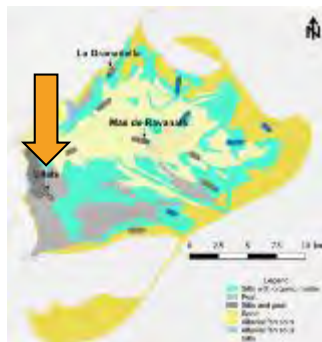
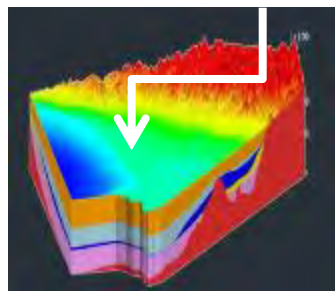
Prospecció Geofísica: Re processat de dades sísmiques i MT



Prospecció Geofísica: qualitat de l'aigua (intrusió salina)

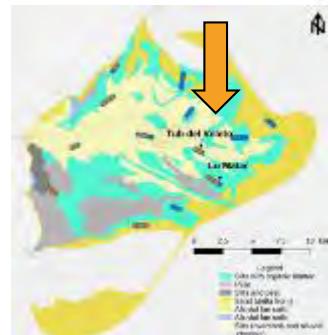
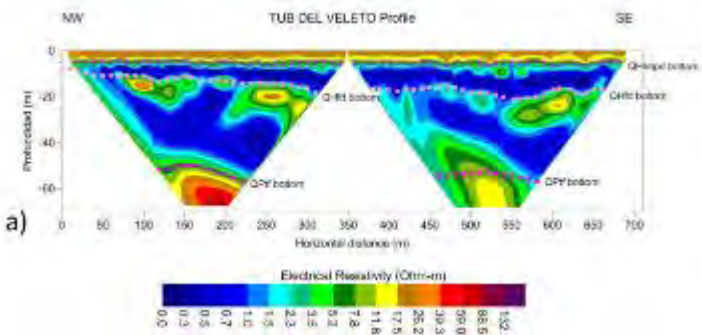
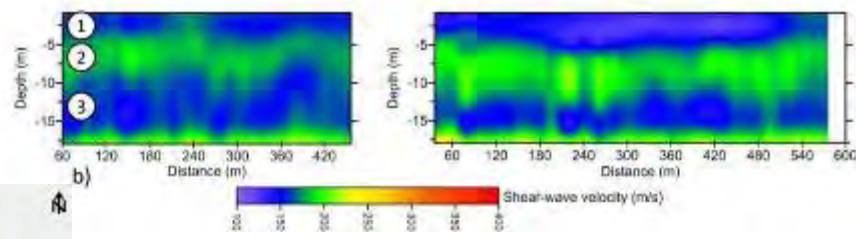
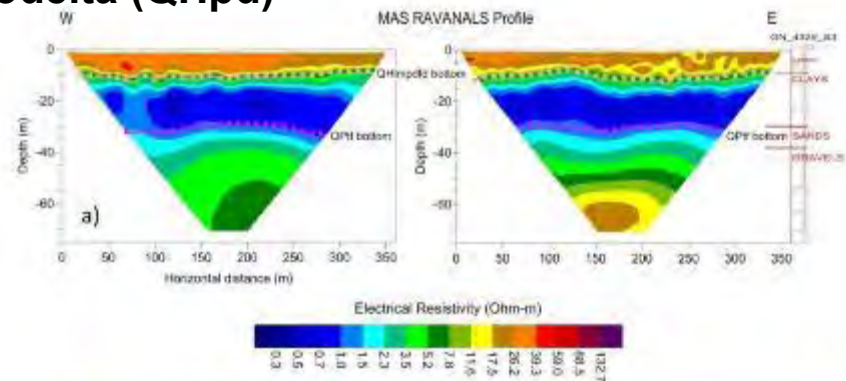
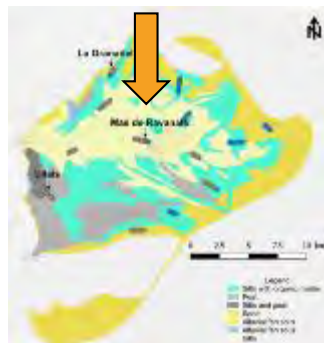
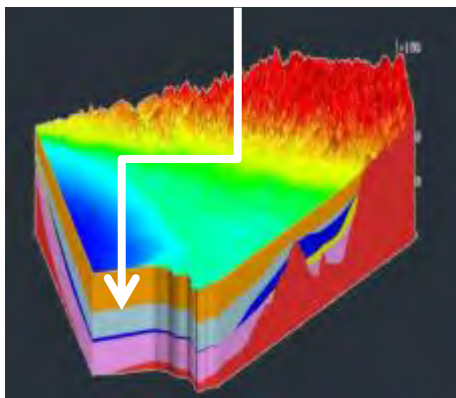


Prospecció Geofísica: caracterització de sediments superficials (10/15 m)

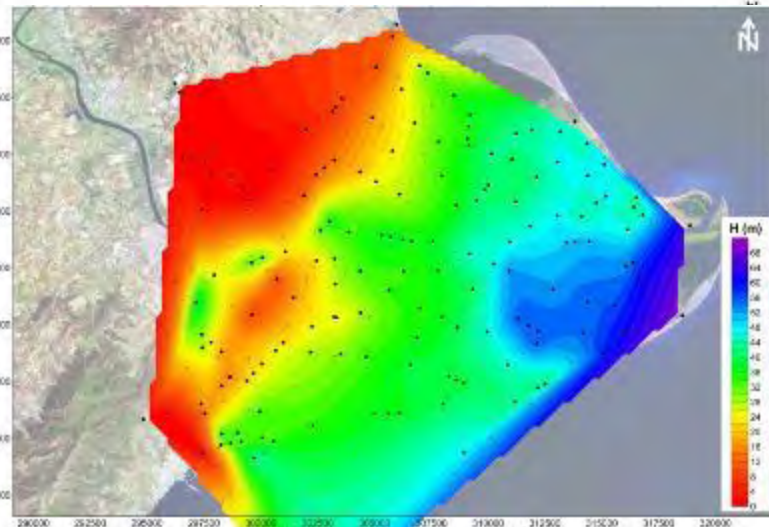
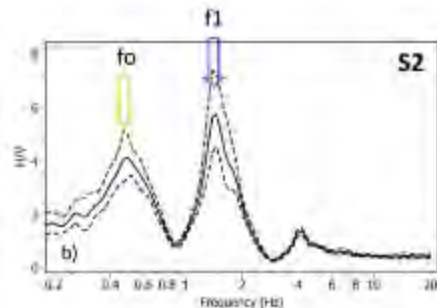
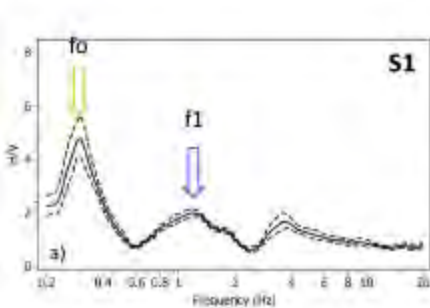
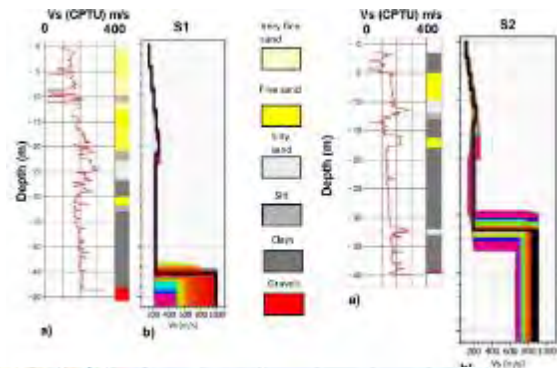
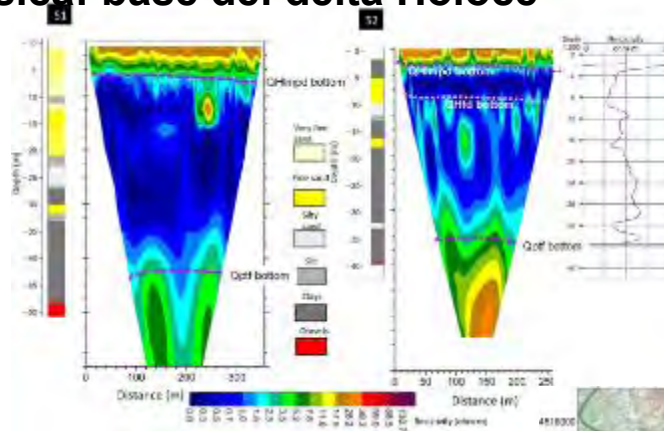
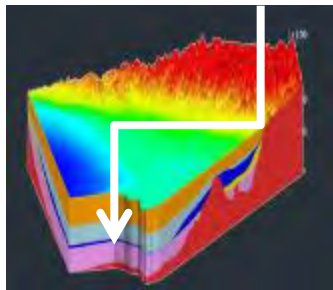


Velocitats molt baixes per la matèria orgànica

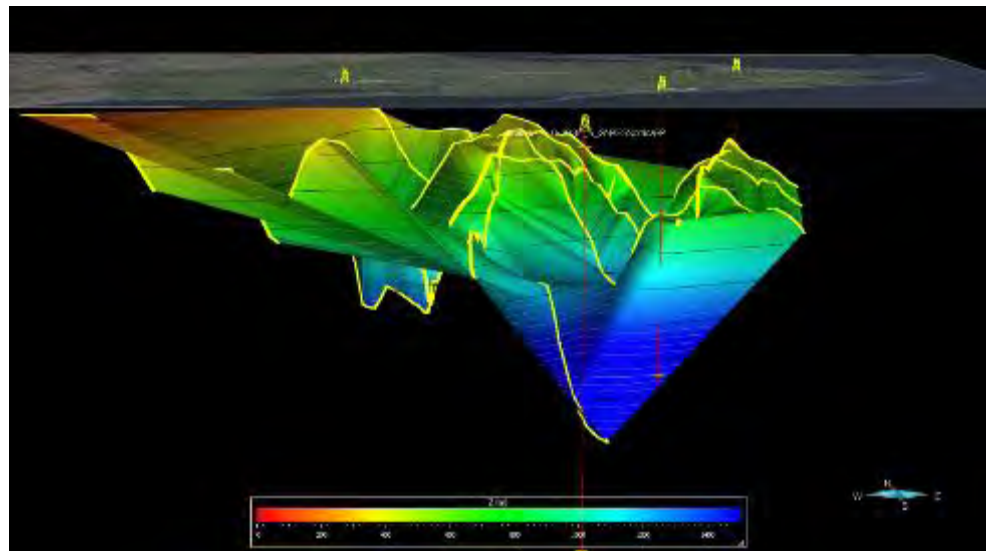
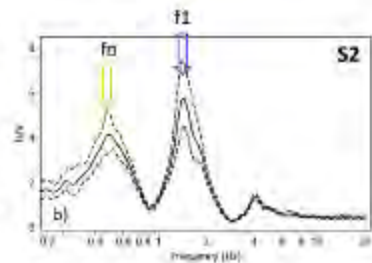
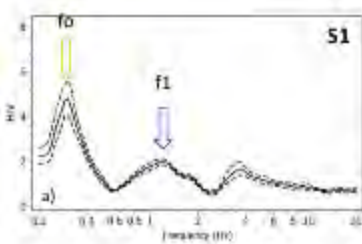
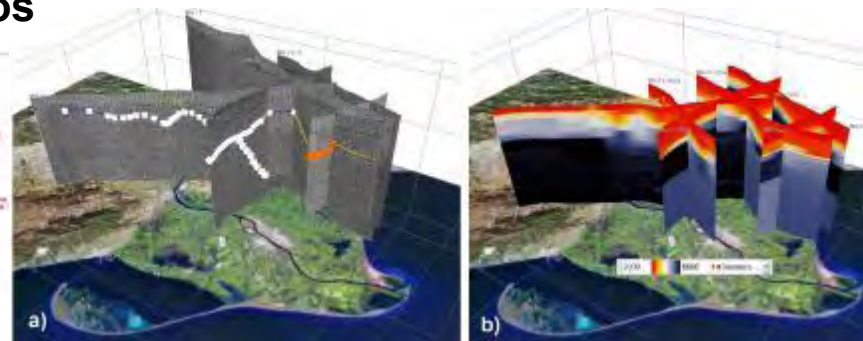
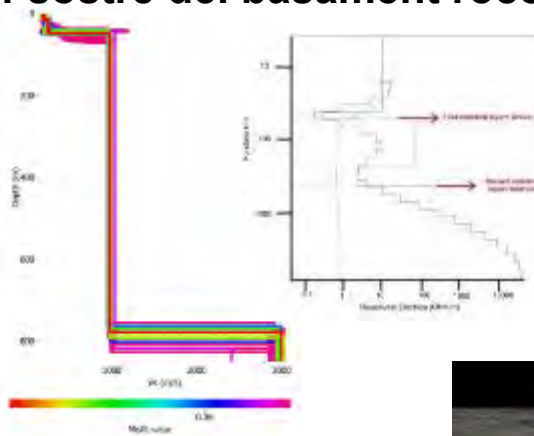
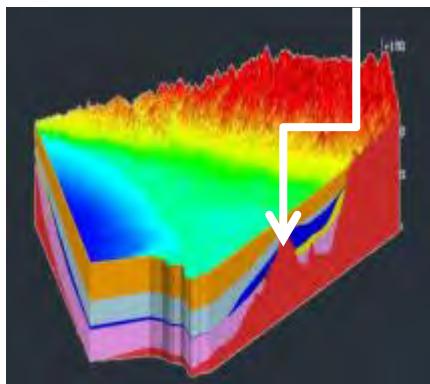
Prospecció Geofísica: sostre de les argiles del prodelta (QHpd)



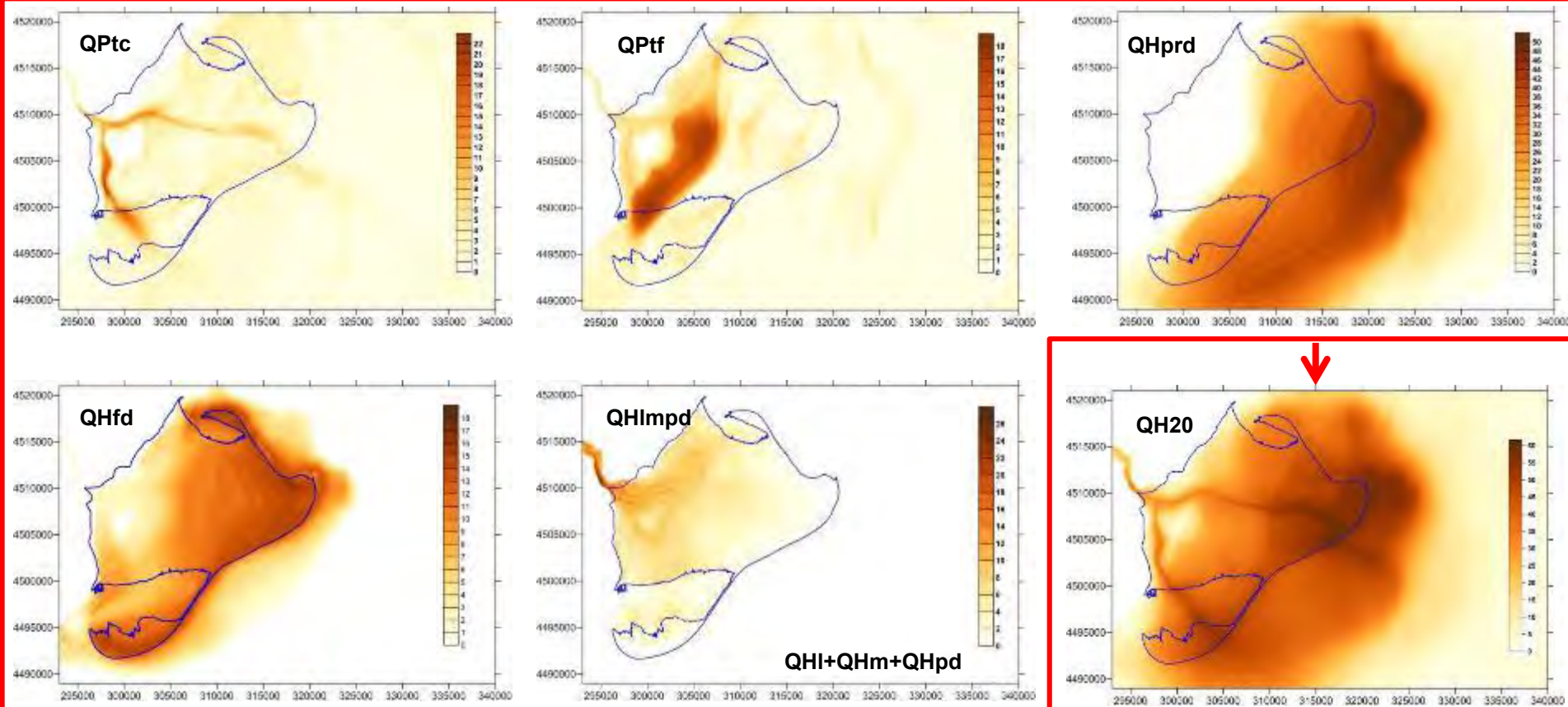
Prospecció Geofísica: base del delta Holocè



Prospecció Geofísica: sostre del basament rocós



Gruixos d'unitats deltaiques sedimentades des de l'últim màxim glacial (~20.000 anys BP.)



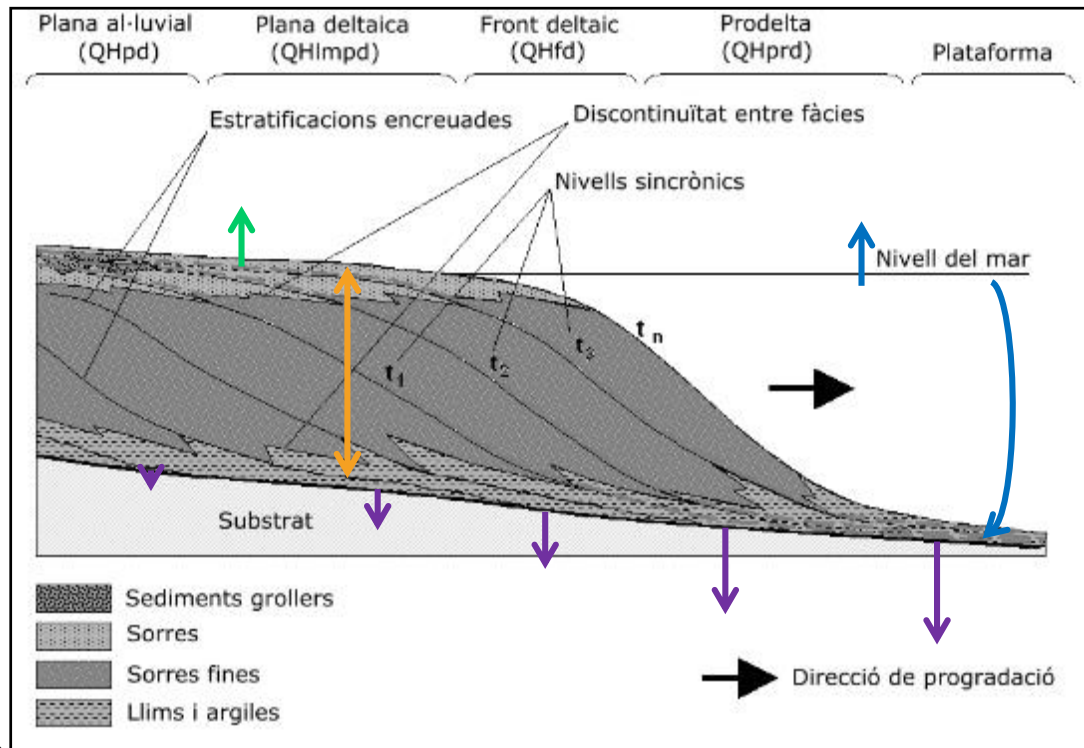
Càlcul de de Subsidiència

$$\Delta S = A - C_N - M_{SL} - M_T$$

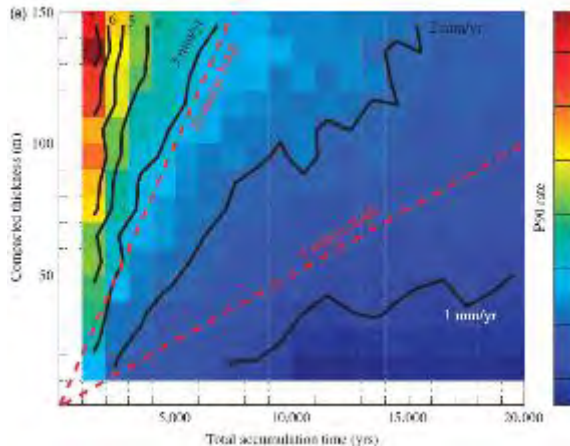
On:

- **A** és la Agradació per acumulació de sediments del riu. En el Delta de l'Ebre ~0
- **C_N** és la compactació natural del sediments del delta
- **M_{SL}** és l'efecte de flexió de la sobrecàrrega de la pujada del nivell del mar
- **M_T** és l'efecte és el basculament del substrat per efectes tectònics

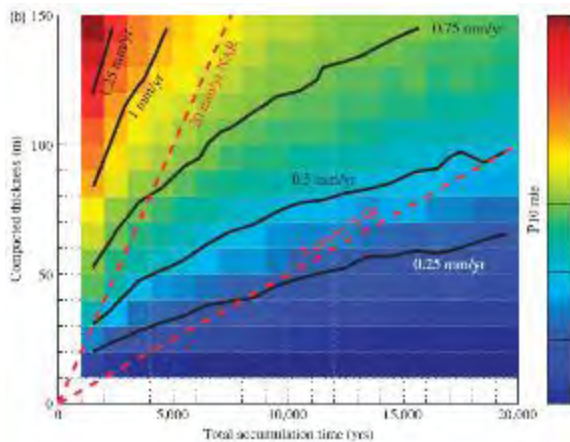
Modificat de Syvitski et al.(2009)



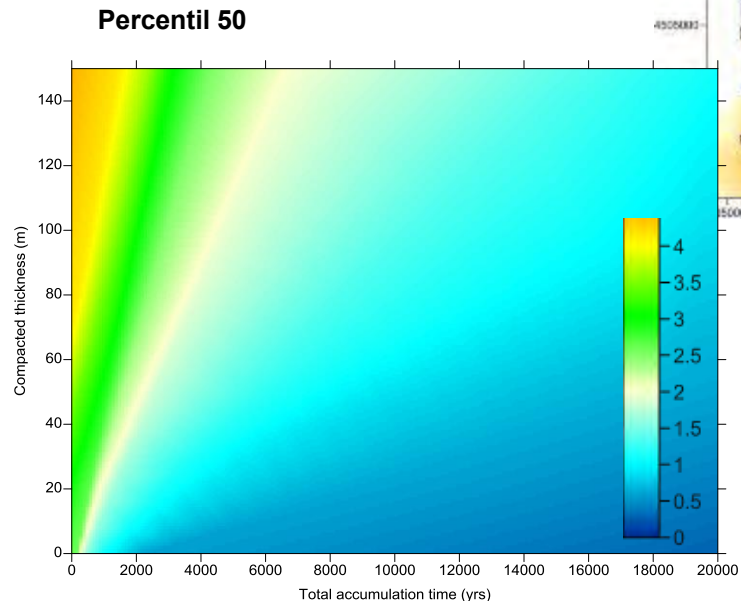
Model teòric de compactació natural de la columna sedimentària



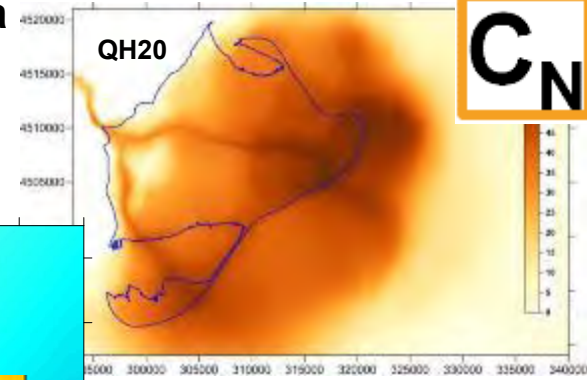
Percentil 90



Percentil 10

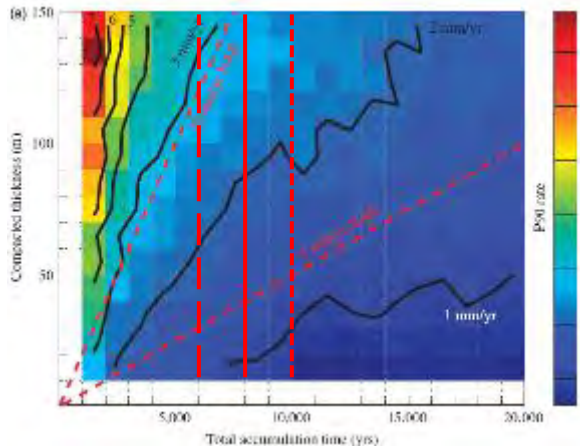


Percentil 50

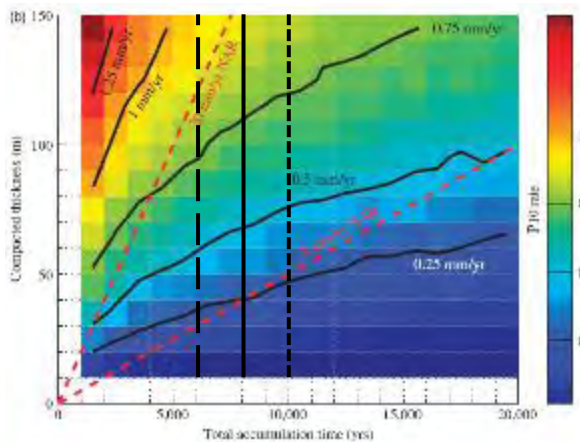


Metodologia adaptada de Meckel (2007)

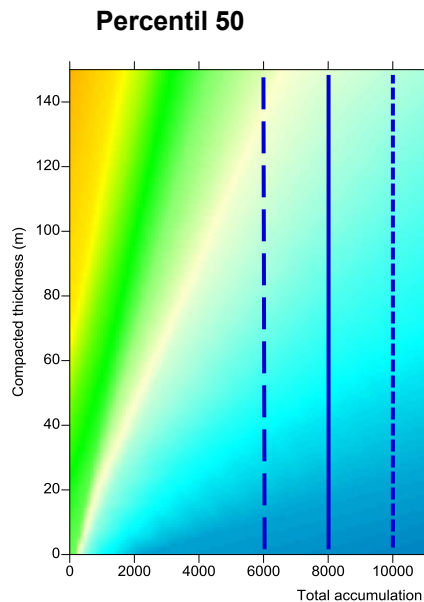
Model de compactació natural de la columna sedimentària



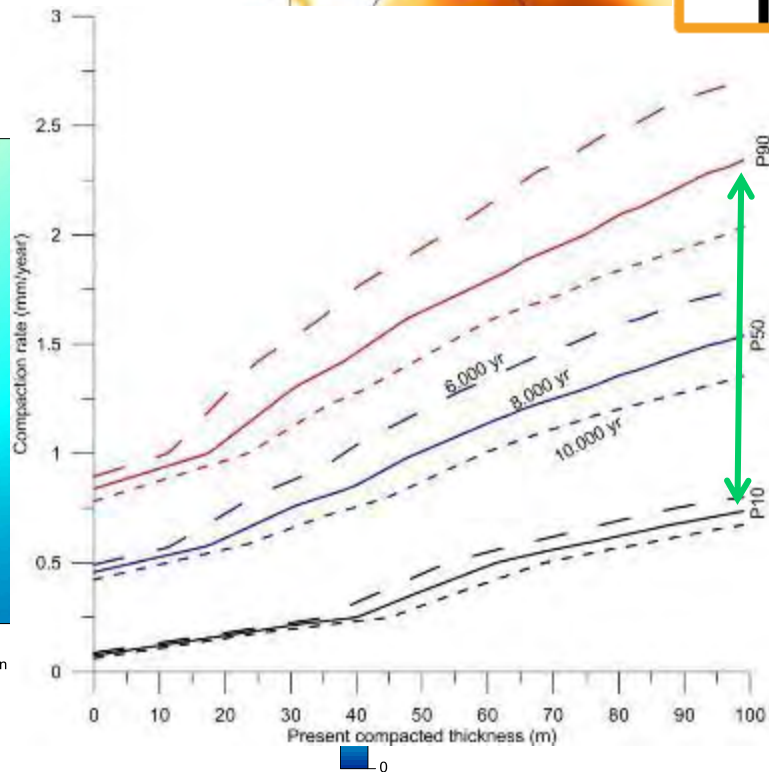
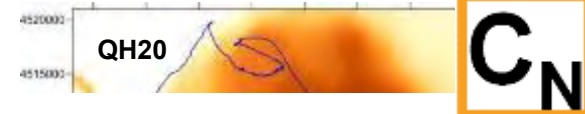
Percentil 90



Percentil 10



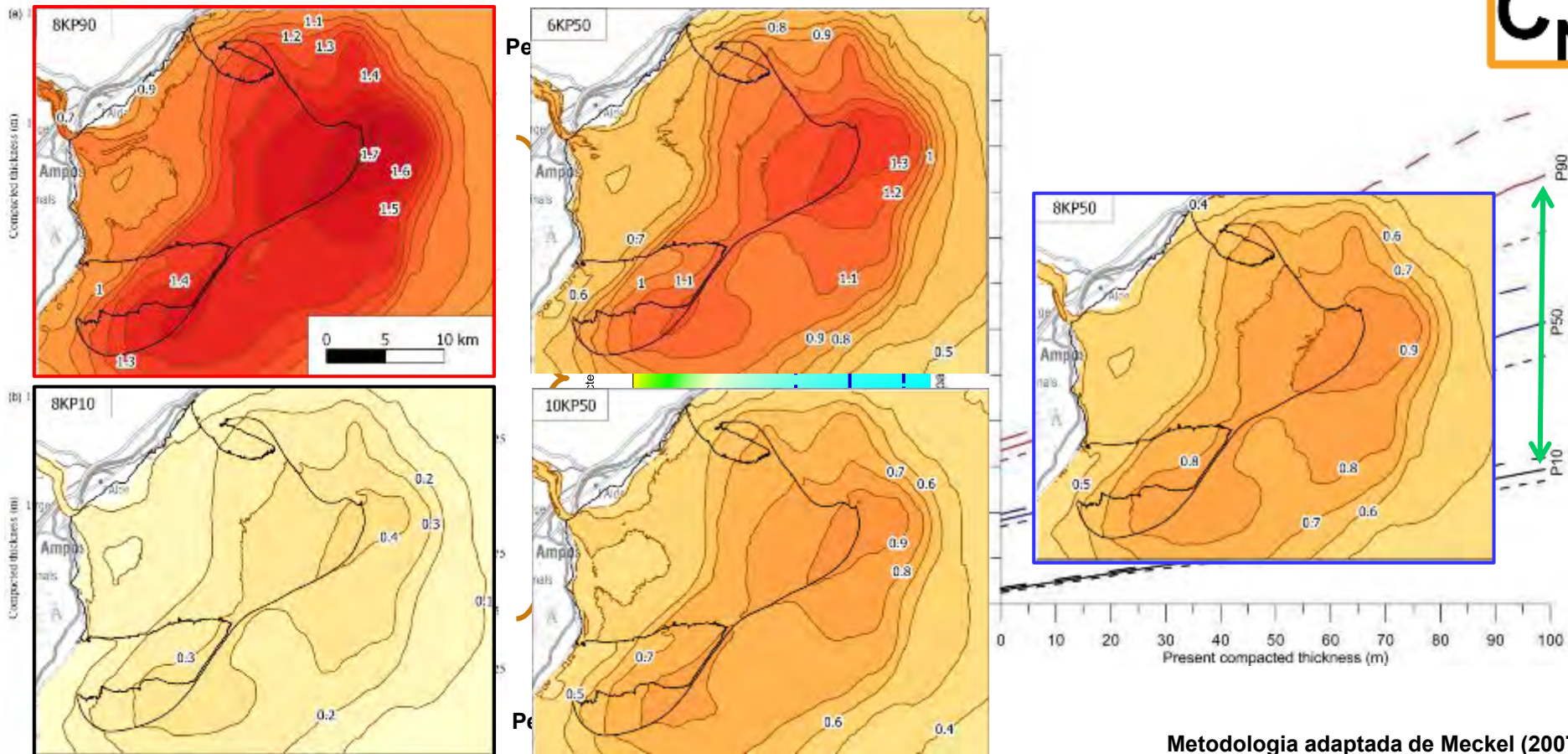
Percentil 50



Metodologia adaptada de Meckel (2007)



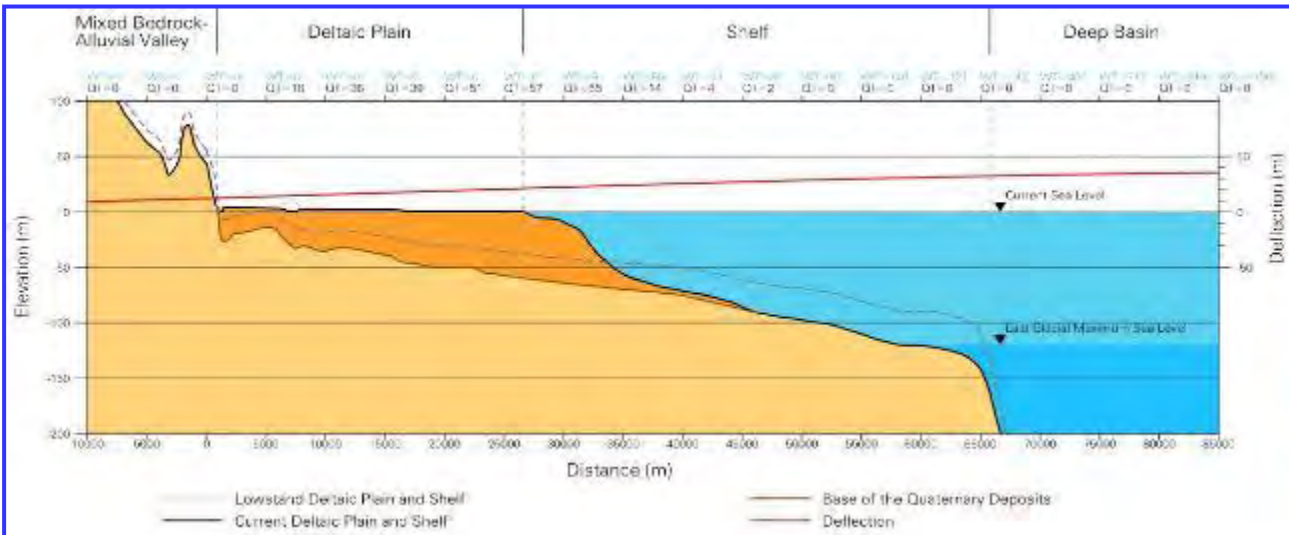
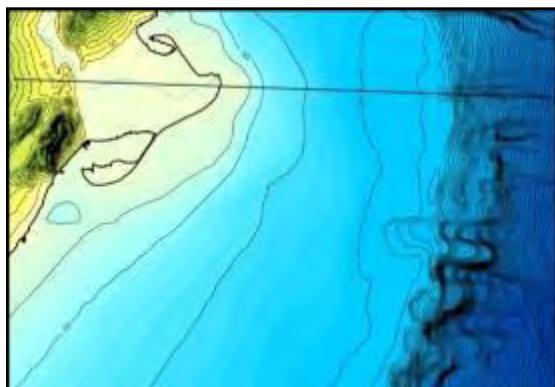
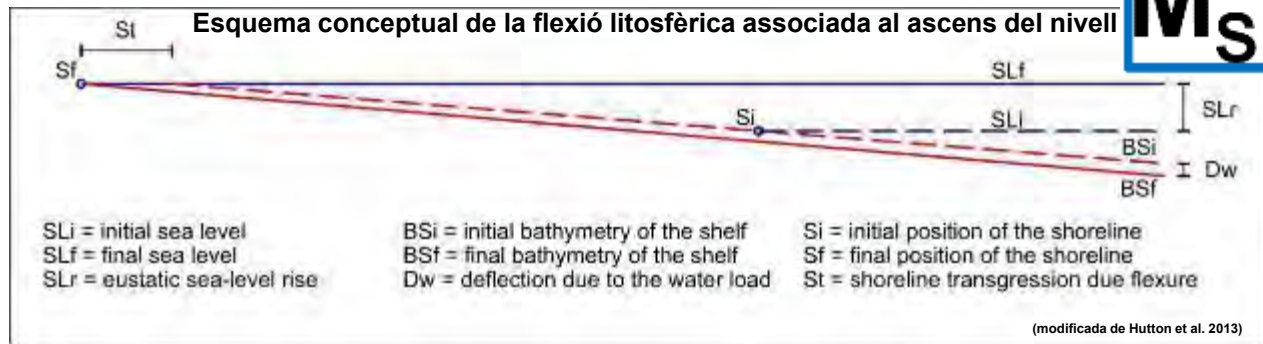
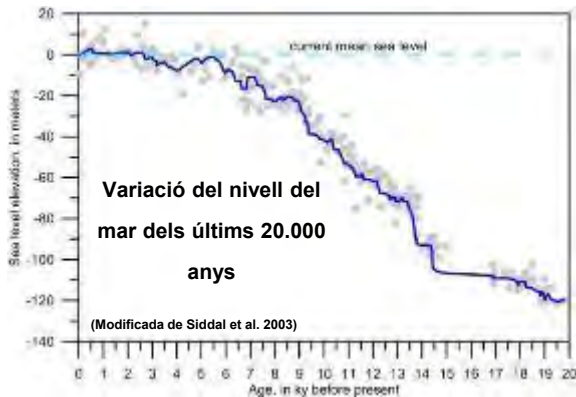
Model de compactació natural de la columna sedimentària



Metodologia adaptada de Meckel (2007)

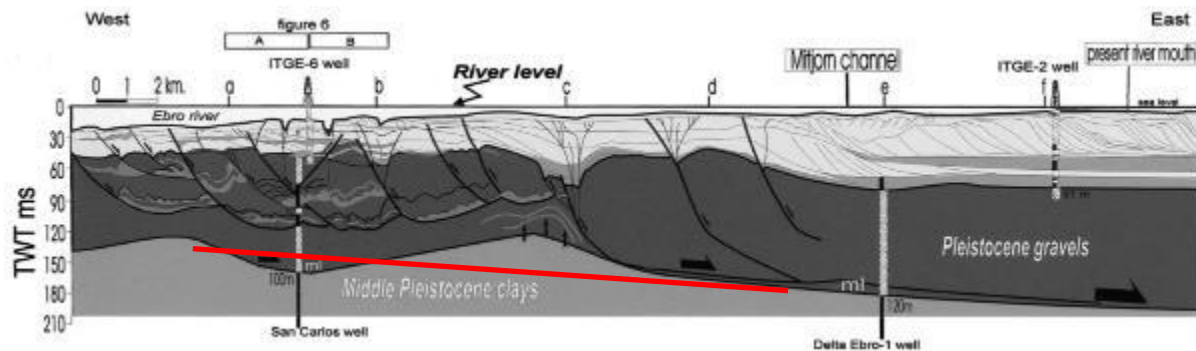
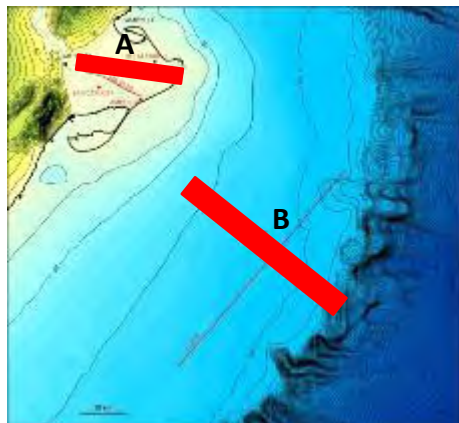


Model de Flexió deguda a la càrrega d'aigua i sediments dels últims 20000 anys



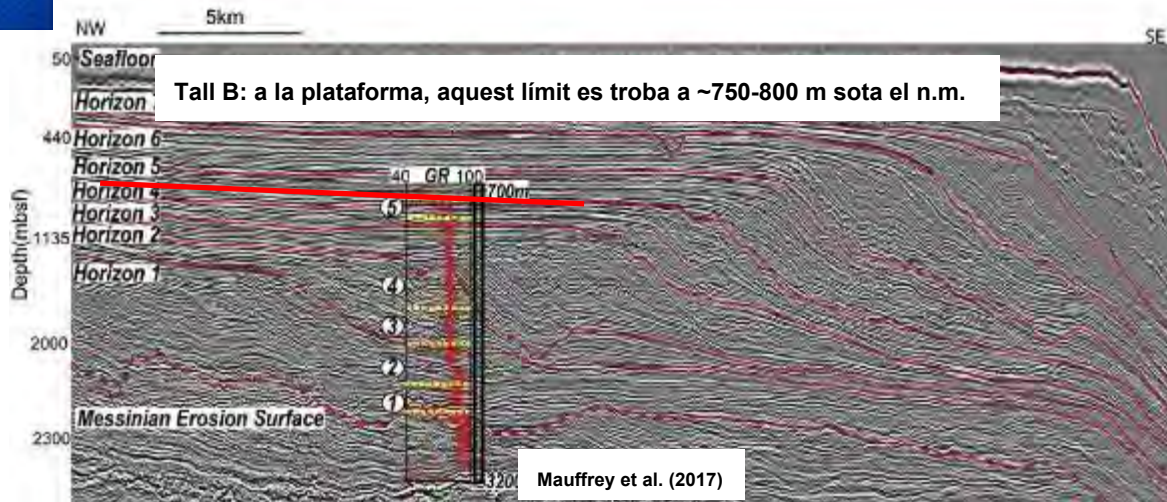
Càlcul realitzat mitjançant el programa Flex2D (Cardozo,2018)

Model de basculament regional del marge del Ebre durant el Plioquaternari



Maestro et al. (2002)

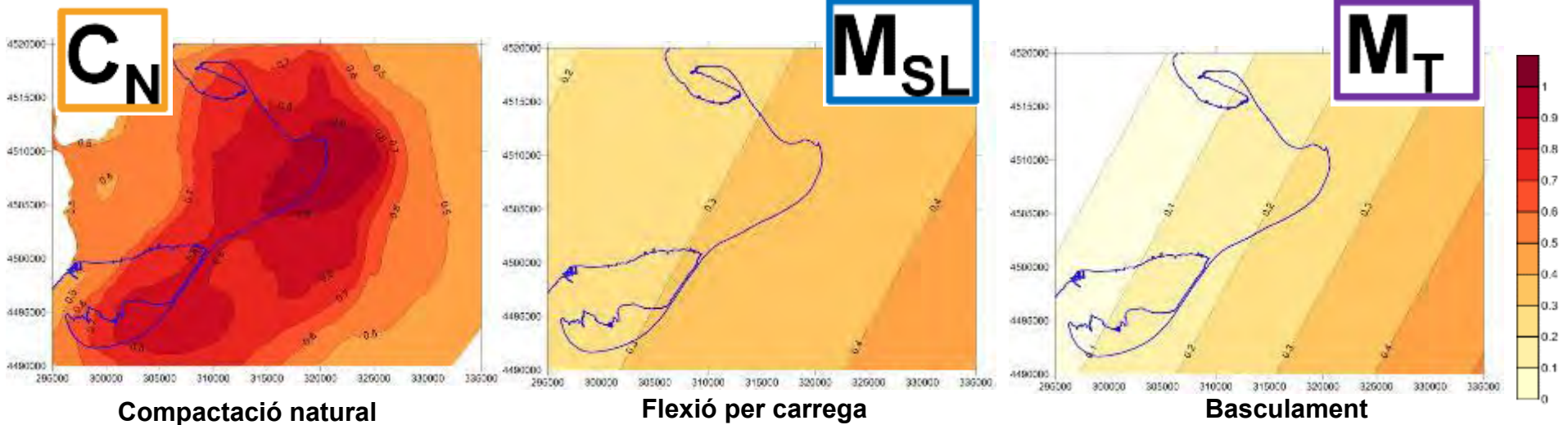
Tall A: a la plana deltaica, el límit de la transició pliocena es troba a ~100-120 m sota el n.m.



Tall B: a la plataforma, aquest límit es troba a ~750-800 m sota el n.m.

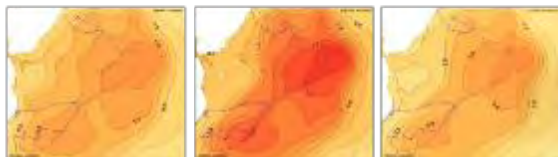
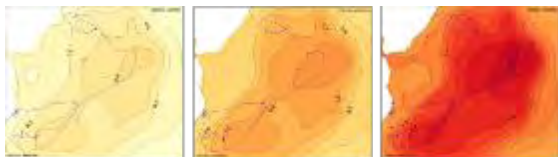
Mauffrey et al. (2017)

Subsidència: factors quantificables



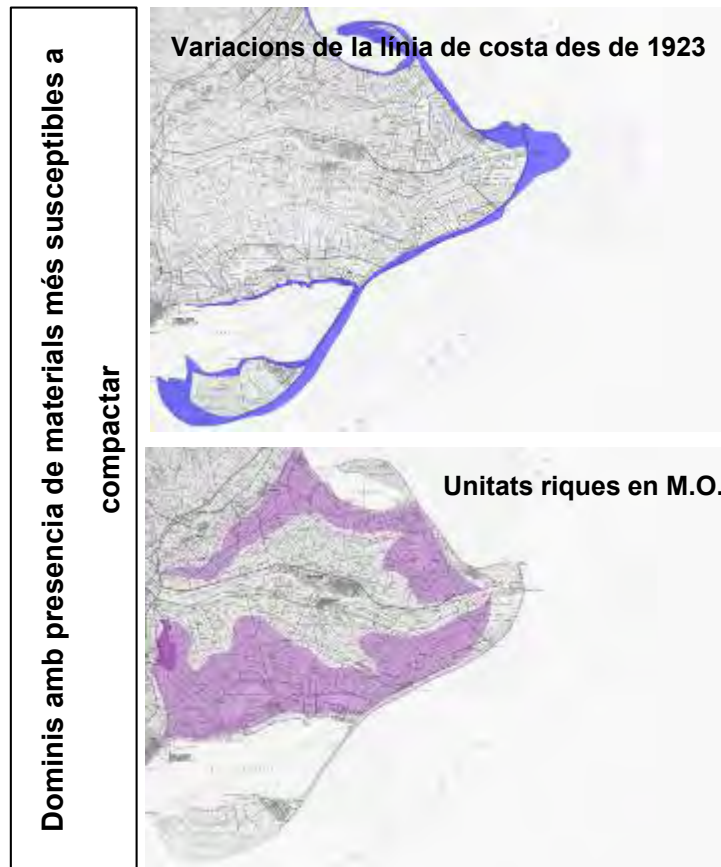
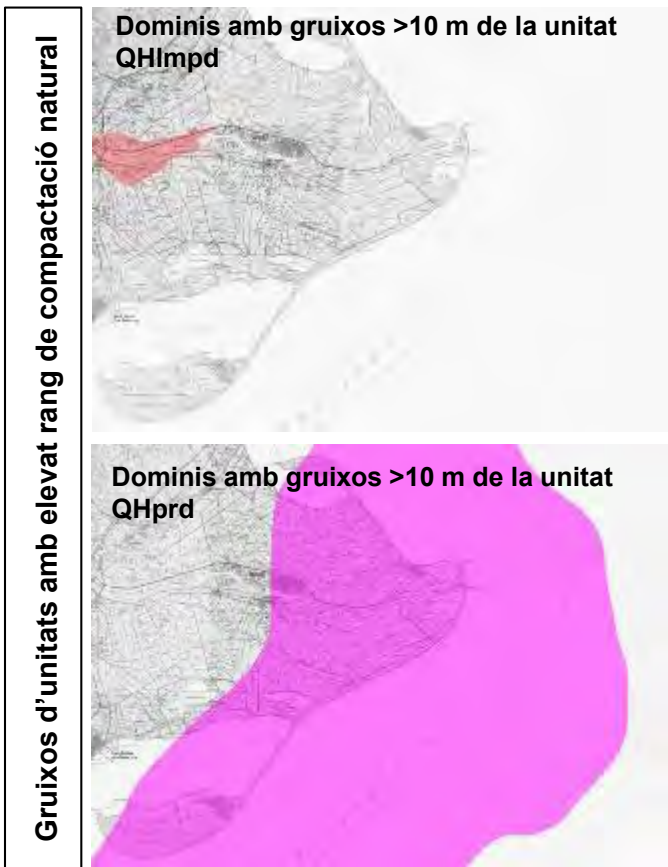
±0.1 mm/any

±0.05 mm/any

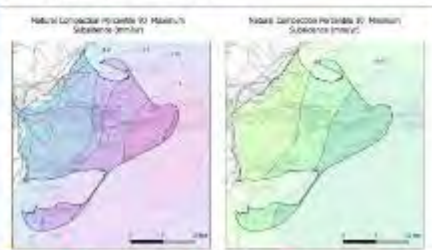
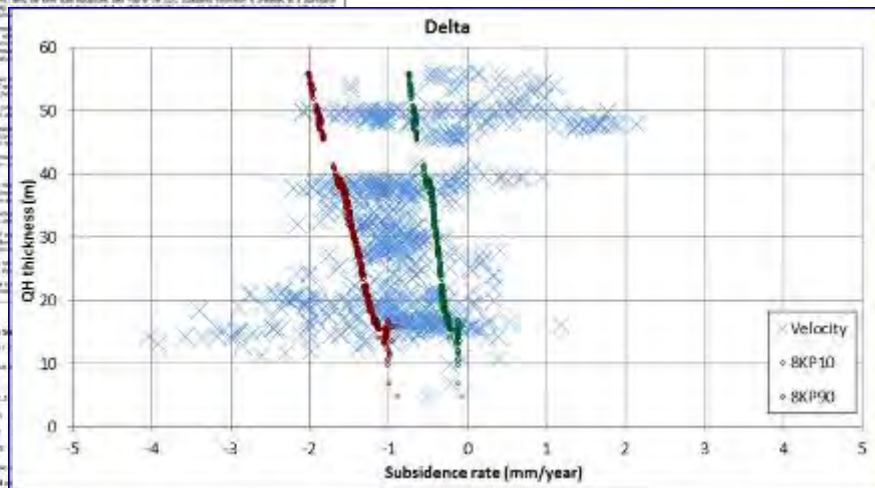
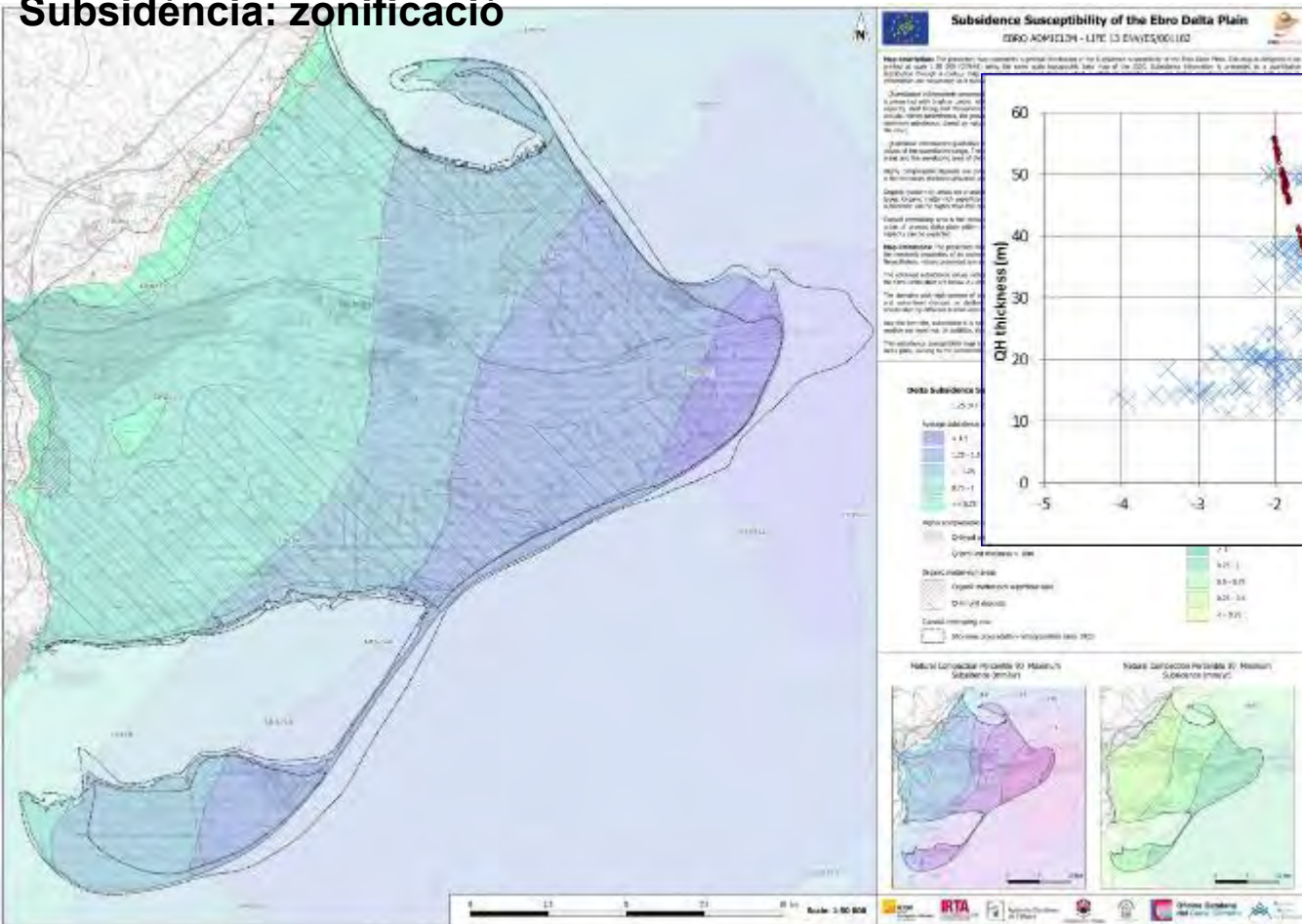


Variable en funció del tipus del material i la taxa de sedimentació

Subsidència: factors qualitatius, dominis amb major susceptibilitat a subsidir



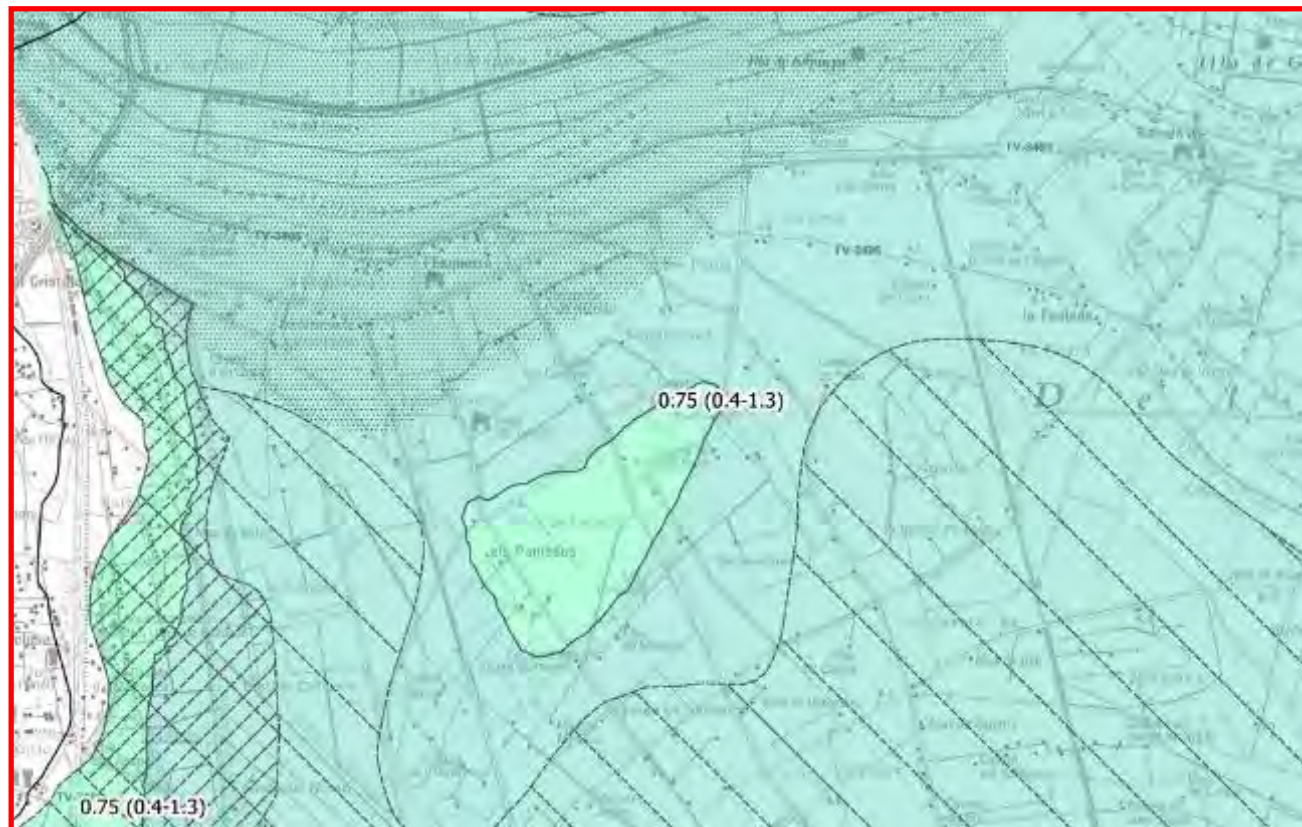
Subsidència: zonificació



Subsidència: zonificació



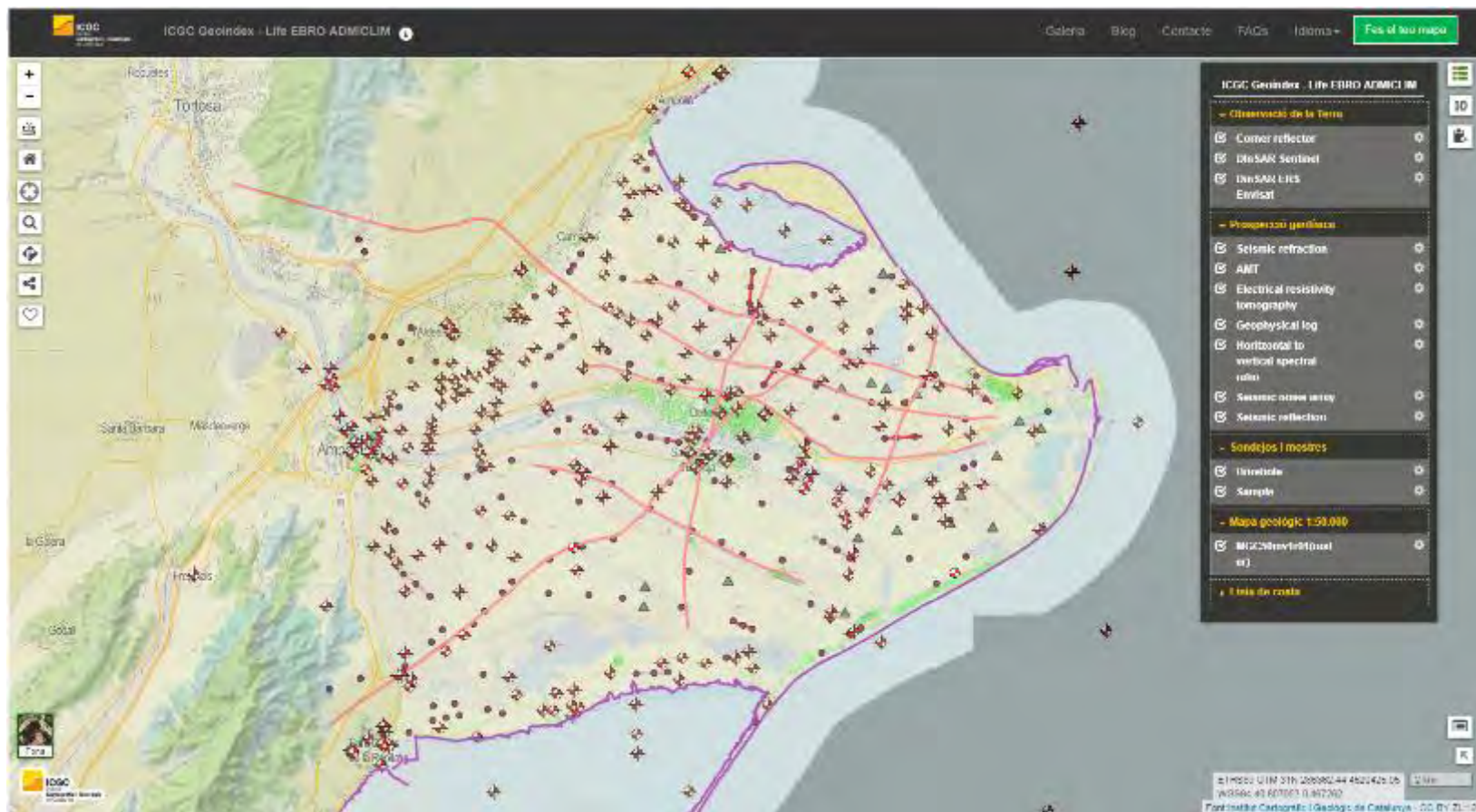
Subsidència: zonificació



Subsidència: zonificació



Accés informació: <http://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Eines/Visualitzadors-Geoindex/Geoindex-Projecte-Life-EBRO-ADMICLIM>



- Les tècniques interferomètriques no han detectat patrons de moviment de gran extensió ni intensitat. La subsidència natural al delta es pot estimar entre **1 i 3** mm/any. Es detecten moviments locals de magnitud superior.
- La caracterització geològica, geofísica i geotècnica del **prisma holocè** del delta de l'Ebre ha permès definir un model geològic i estimar la **subsidència** per la compactació natural dels sediments, per la càrrega dels últims 20.000 anys i pel basculament regional del marge de l'Ebre durant el Quaternari.
- A partir de la integració del conjunt de la informació s'ha elaborat un mapa de **zonificació de la subsidència** actual al delta. Aquest mapa pot ser una eina útil per la planificació ambiental i urbanística del delta.

Cal continuar la monitorització i estudi geològic del Delta

Cal aprofundir en el coneixement del delta Holocè i es necessari, a causa de la seva dinàmica, mantenir la monitorització de la subsidència i de l'evolució geomorfològica del front litoral, badies i llacunes.

Gràcies per la seva atenció

Fernando Pérez	Miquel Vilà
Òscar Mora	Roser Pi
Luca Pipia	Xavier Rodríguez
Anna Gabàs	Neus Querol
Albert Macau	
Fabian Bellmunt	I equip ICGC
Beatriz Benjumea	

Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya

Parc de Montjuïc,
E-08038 Barcelona

41°22'12" N, 2°09'20" E (ETRS89)

 www.icgc.cat

 icgc@icgc.cat

 twitter.com/ICGCat

 facebook.com/ICGCat

Tel. (+34) 93 567 15 00

Fax (+34) 93 567 15 67