

# Estudi multidisciplinari del litoral per a l'avaluació de recursos hídrics subterranis estratègics i la millora dels ecosistemes costaners

Document síntesi tasques realitzades

*Abril 2023*



*Realitzat per:*



# Índex

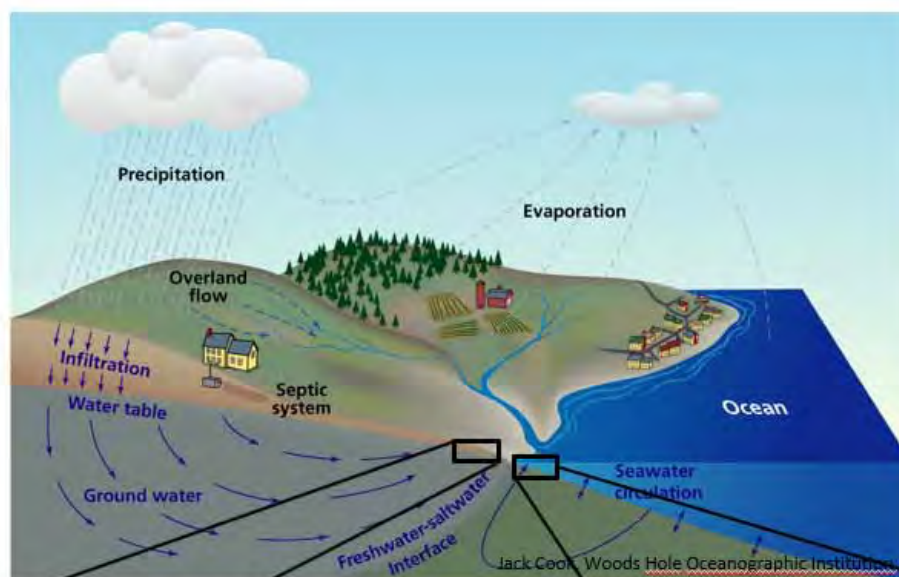
## Motivació i introducció

### Projecte TerraMar

- ★ Tomografia elèctrica marina contínua (TEM-C)
- ★ PT 1. Gestió de projecte i coordinació amb l'Agència Catalana de l'Aigua
- ★ PT 3. Quantificació de la descarrega d'aigua subterrània al mar i les seves implicacions.
- ★ PT 4. Caracterització de la dinàmica de l'aqüífer costaner a l'emplaçament de MEDSITRAES
- ★ PT 5. Quantificació de processos biogeoquímics en aqüífers costaners
- ★ PT 6. Descàrrega d'aigua subterrània al mar i avaluació de recursos hídrics estratègics a escala regional
- ★ PT 7. Difusió i divulgació dels resultats

# Motivació i context del treball: aqüífers costaners

Els aqüífers litorals, on viu gran part de la població mundial (i de Catalunya), són un recurs hídric estratègic per dos motius: (1) com a font d'aigua per abastament; i (2) la seva descàrrega és essencial per als ecosistemes costaners.



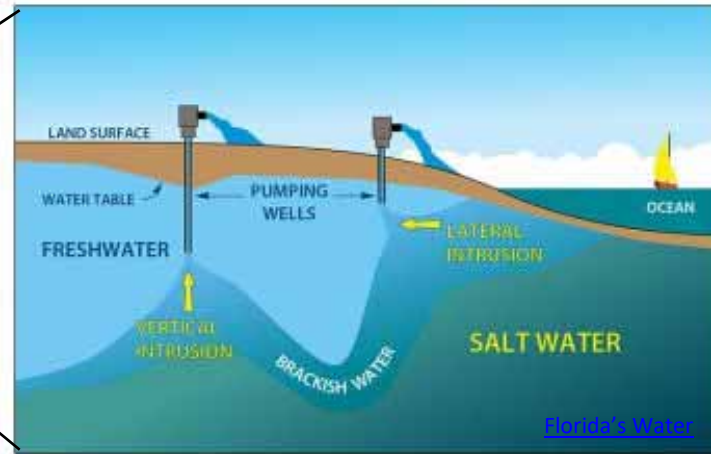
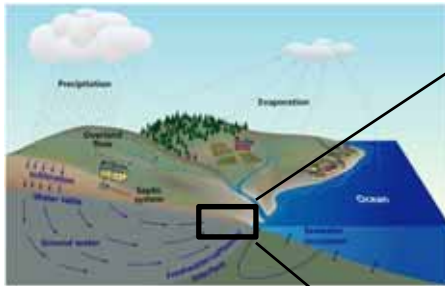
Recursos hídrics



Descàrrega aigua subterrània



# IS, el gran problema gestión de RRHH costaners



E. Bocanegra et al [2010]. 51 coastal aquifer management *Hydrogeology Journal* 18 (1)



Werner AD (2010). *Hydrogeology Journal* 18 (1): 281-285.

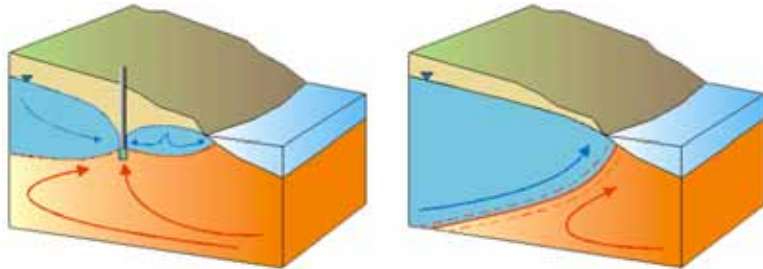


The Center of Advanced Materials for the Purifica

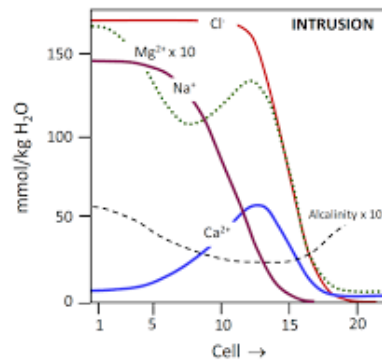
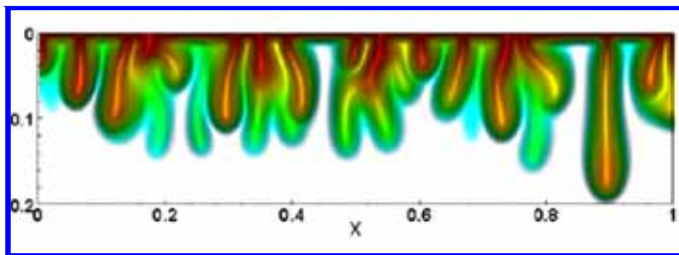


# La IS s'estudia des de múltiples perspectives

Entendre-la en 3D - Dinàmica

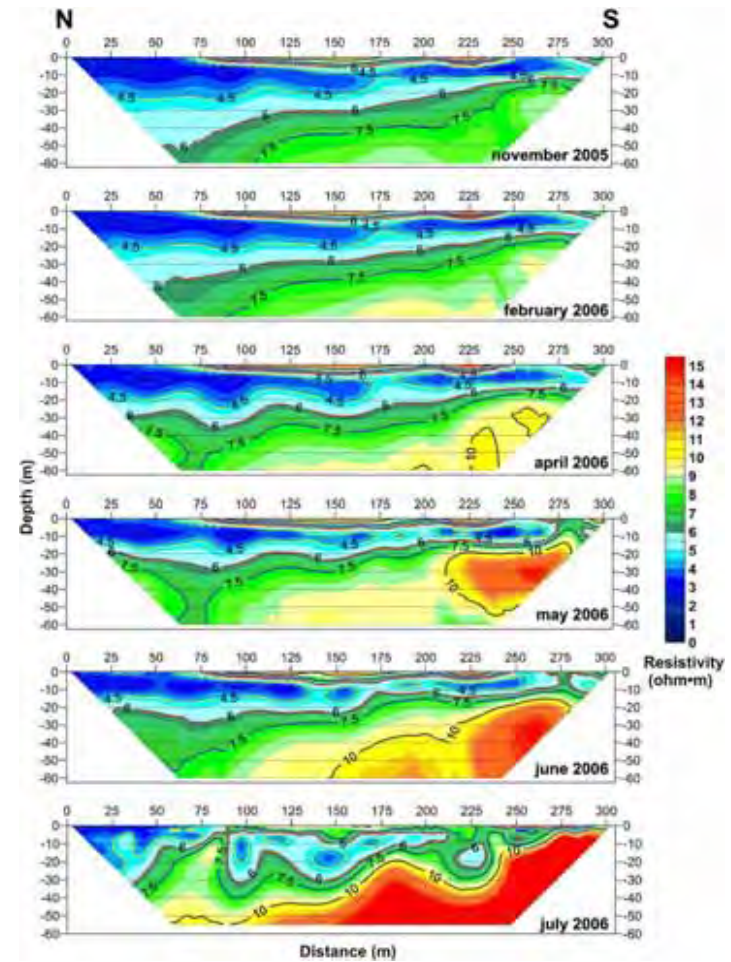


Depèn de la densitat- Camp i laboratori



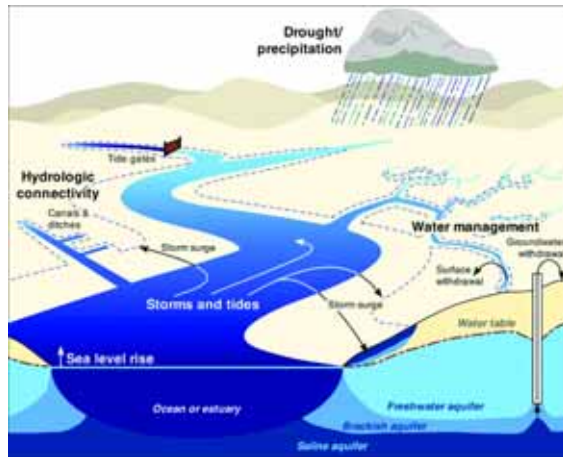
Hidrogeoquímica- Reaccions  
– Processos

Caracterització

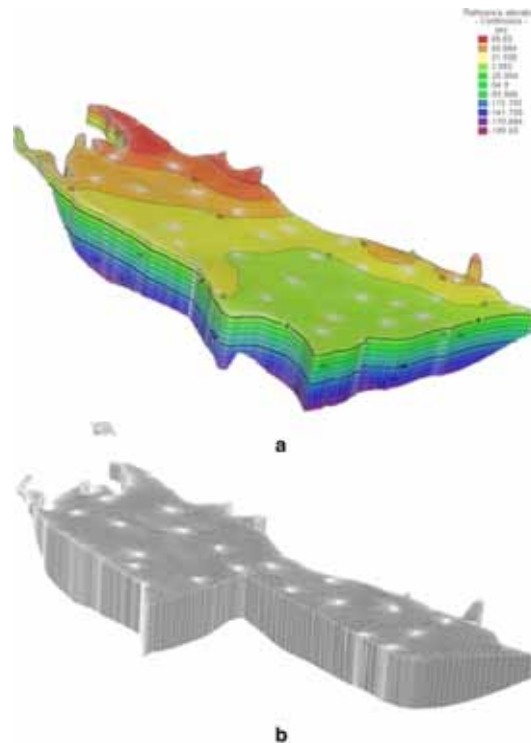


# La IS s'estudia per a la millora gestió RRHH

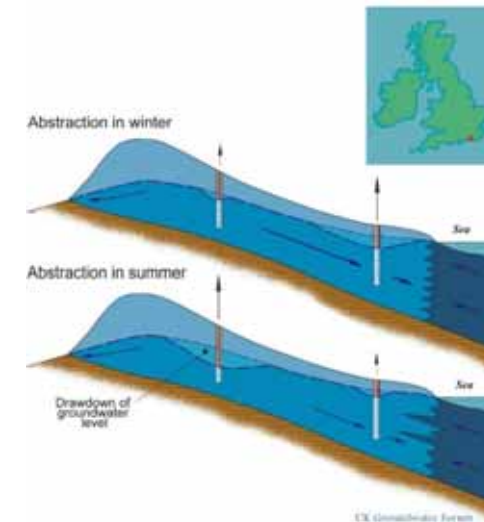
Impactes que se' deriven a la zona costanera



Com modelitzar-la i predir-la

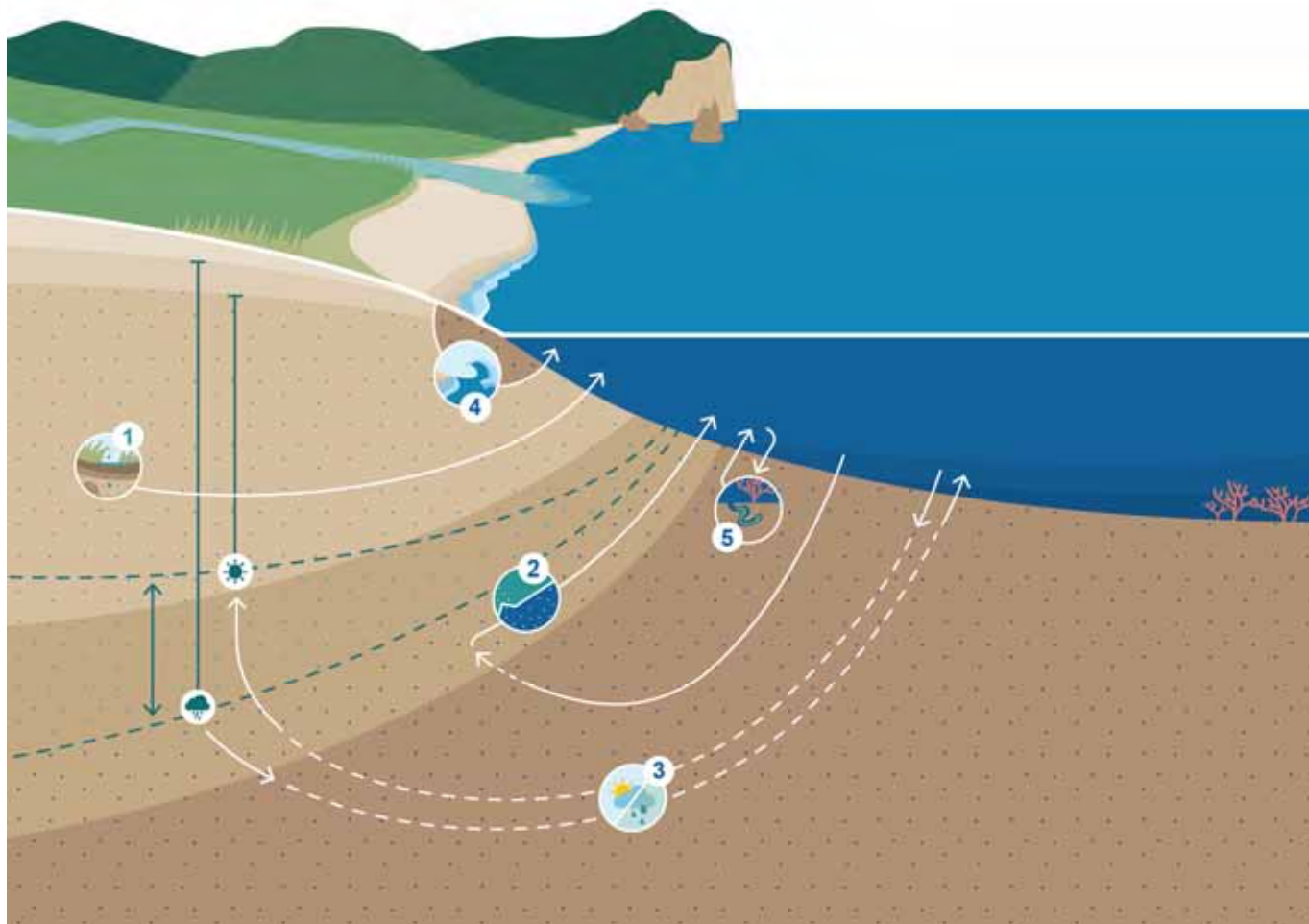


Com la gestionem



# Descàrrega d'aigua subterrània al mar (SGD)

*“Tota l'aigua que descarrega al mar a través dels marges continentals, independentment de la composició o de la força motriu” (Burnett et al., 2003)*



**Aigua dolça + aigua de mar recirculada:**  
Les dues fraccions són fonts de nutrients i altera compostos al mar

*Garcia-Orellana et al, 2021*

# Importància de la SGD

## **IMPORTÀNCIA HIDROLÒGICA** (*SGD dolça*)

- Balanços hidrològics aqüífers costaners
- Funcionament sistemes costaners salobres (zones humides, llacunes, etc.)

## **IMPORTÀNCIA ECOLÒGICA** (*SGD dolça + SGD recirculada*)

- Font de nutrients, metalls i altres compostos dissolts al mar
- Impacte en ecosistemes marins
- Paper en cicles oceànics de determinats compostos (p.ex. Si, Nd, Sr)



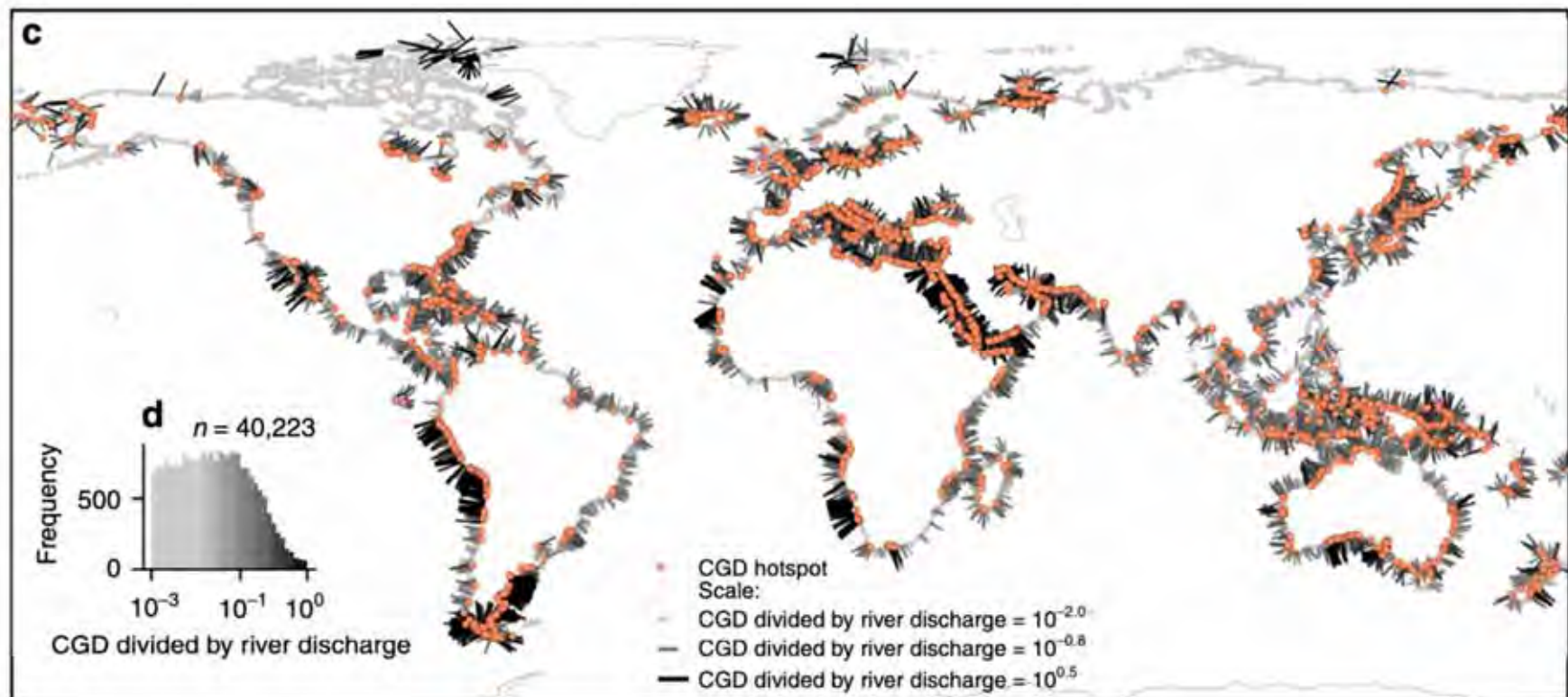
*Cala d'Alcalfar (Menorca)*

# Descàrrega d'aigua subterrània al mar (SGD)

## SGD: ESTUDIS A NIVELL MUNDIAL

### Quantificació SGD dolça: escala local

- Model hidrogeològic global



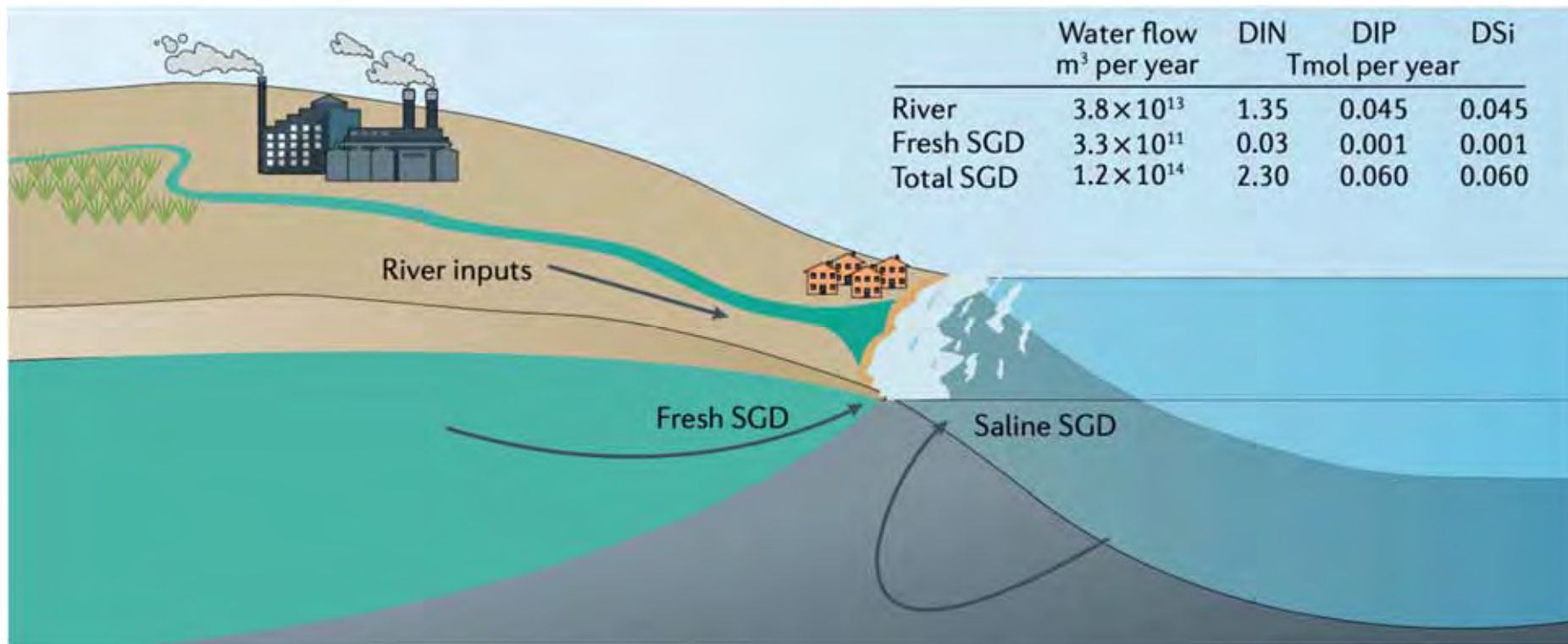
Comparativa rius i SGD dolça

*Luijendijk et al., 2020*

# Descàrrega d'aigua subterrània al mar (SGD)

## SGD: ESTUDIS A NIVELL MUNDIAL

### Quantificació SGD: global



*Santos et al., 2021*

# IS /Recursos hídricos ↔ SGD

## Oceanografía

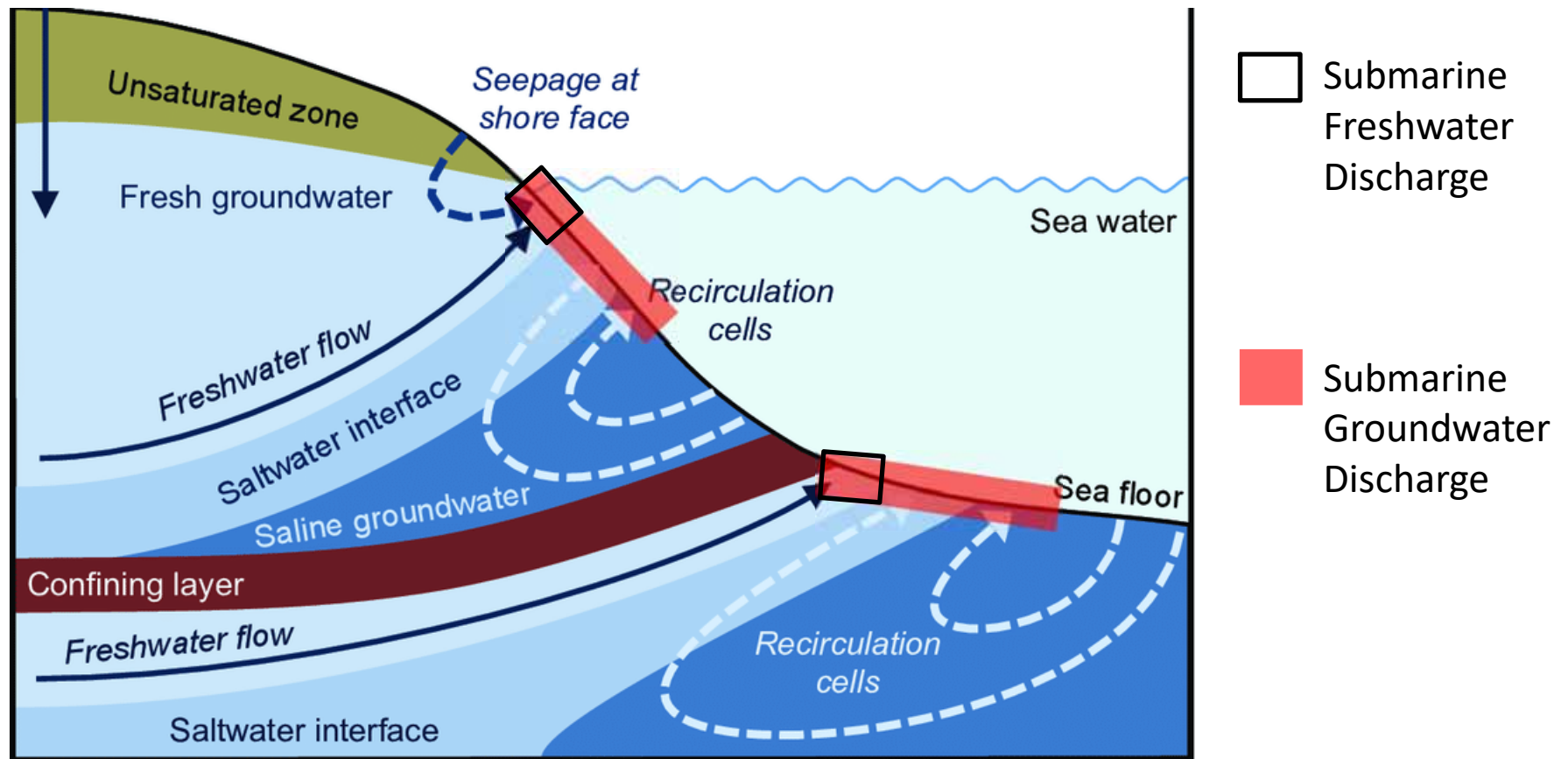


## Hidrogeología- hidrología



# Dinàmica complexa que afecta a la IS i la DAS

La IS i la SGD tenen lloc al mateix temps, estan interrelacionades, son dinàmiques i hi tenen lloc múltiples processos (bio)geoquímics



# Equip de treball

## **Universitat Politècnica de Catalunya - GHS**

Albert Folch (Coordinador)

Emilio Custodio

Daniel Fernández

Xavi Sánchez-Vila

José Tur

Sonia Jou

Alejandro Adán

*Jesús Carrera*

## **Universitat Autònoma de Barcelona - GRAB**

Jordi Garcia-Orellana

Valentí Rodellas

Marc Diego

## ***Universitat de Barcelona - Geomodels***

Juanjo Ledo

Alex Marcuello

Pilar Queralt

Hidrogeologia i hidrologia subterrània des de múltiples perspectives

Processos biogeoquímics ambientals mitjançant isòtops zona interacció terra-oceà

Mètodes geofísics aplicats a diferents problemes geològics i ambientals

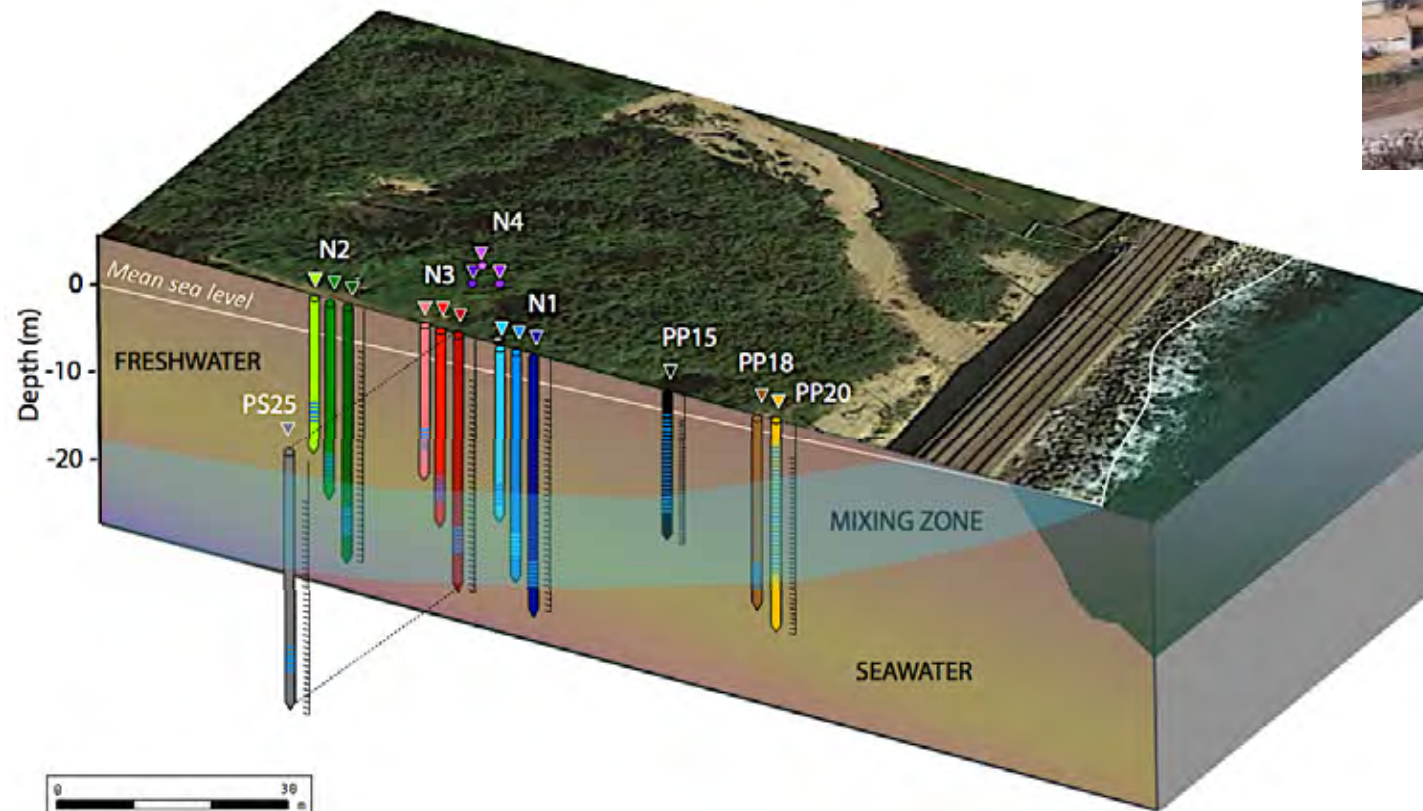
# Projecte MEDISTRAES (Finançament estat estatal 2014-2022)

*MEzcla y DISpersión en el TRAnsporte de Energía y Solutos*

*Combinació de l'enfoc hidrgeològic i oceanogràfic en l'estudi d'aqüífers costaners mitjançant diversos mètodes geofísics i "tradicionals"*



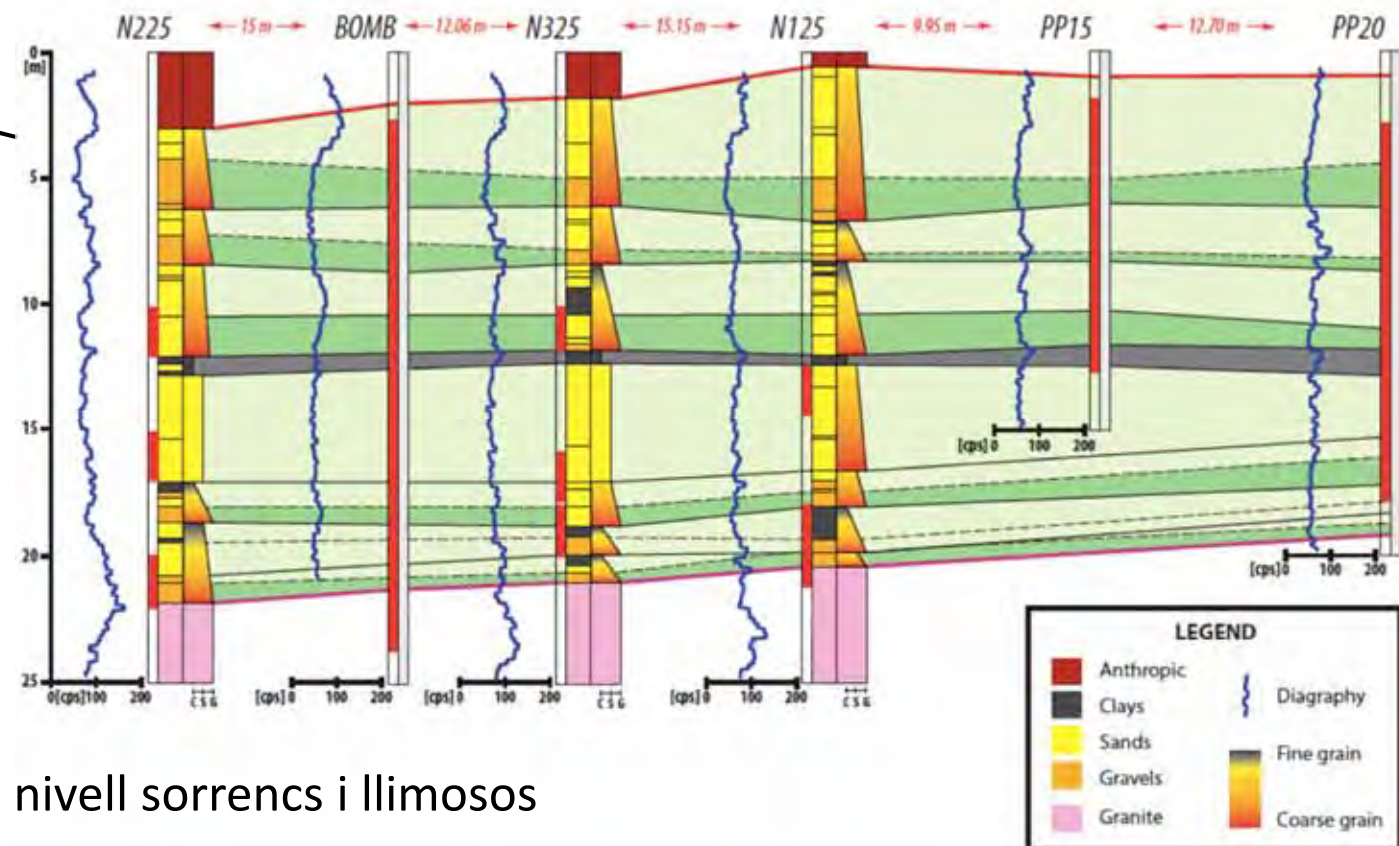
Site experimental  
Riera d'Argentona



# Geologia del site MEDISTRAES



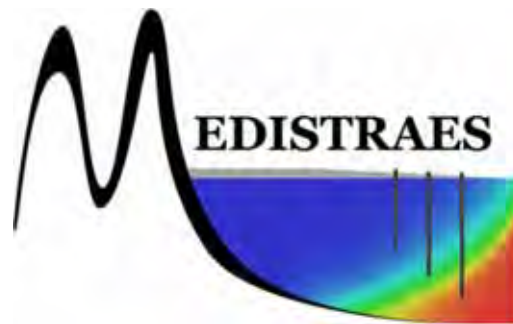
Secció perpendicular al mar



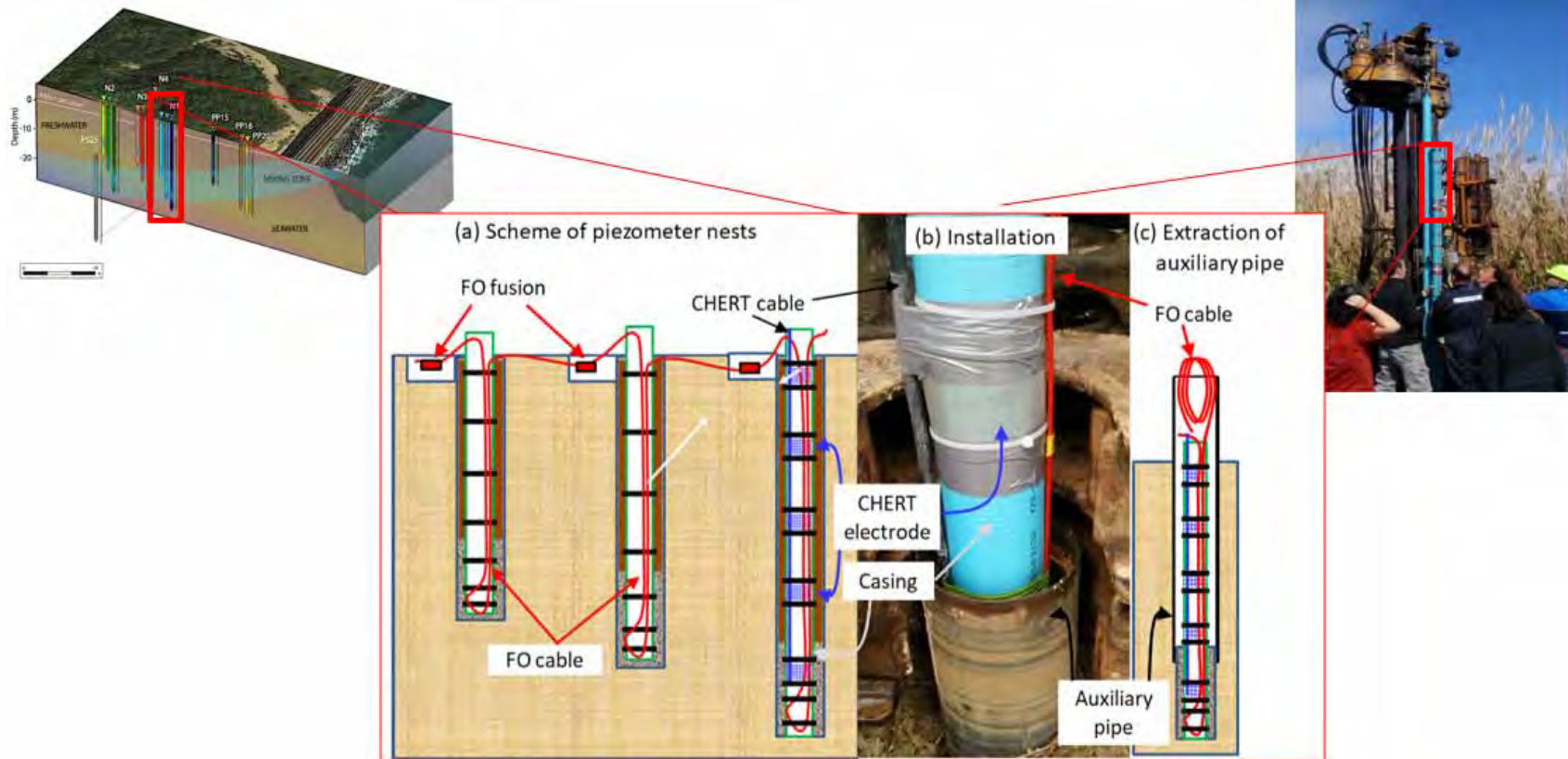
- Alternança de nivell sorrencs i llimosos
- Varies illes de sondejos on cada sondeig está ranurat a diferents profunditats.

# Diversos methodologies aplicades i combinades

- **Cross Hole Electrical Resistivity Tomography (CHERT)**
- **Fiber Optic Distributed Temperature Sensing (FO-DTS)**
- Seguiment contínu de nivell, conductivitat i temperatura
- Hidroquímica
- Isòtops de Ra i Rn
- Altres...



# Instal·lació: Fiber optic DTS i Cross Hole ERT



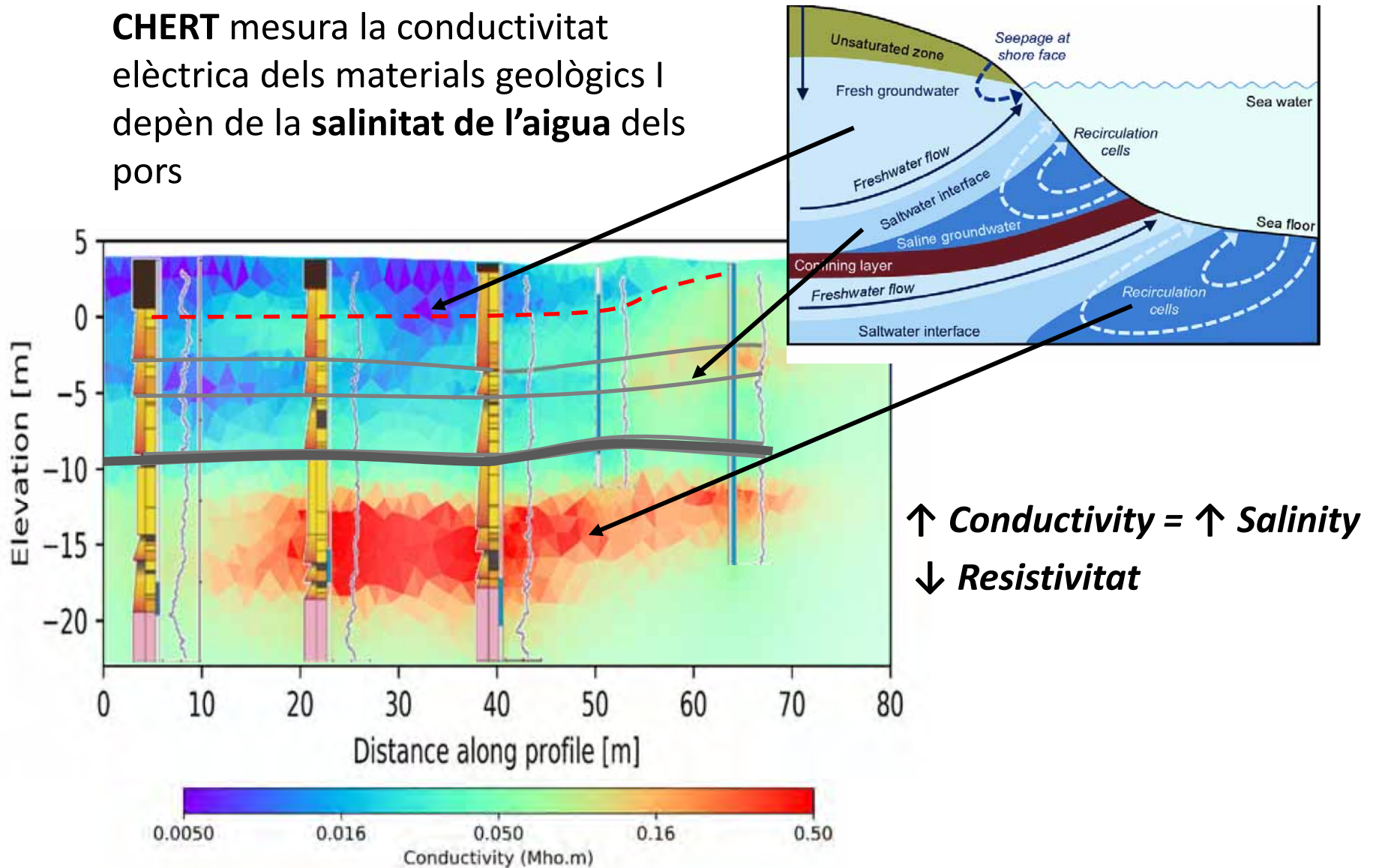
Hem mogut els electrodes a les zones d'interès

- FO-DTS → en contacte amb la matriu de l'aquífer
- CHERT → al voltant del piezòmetre més profund de cada illa

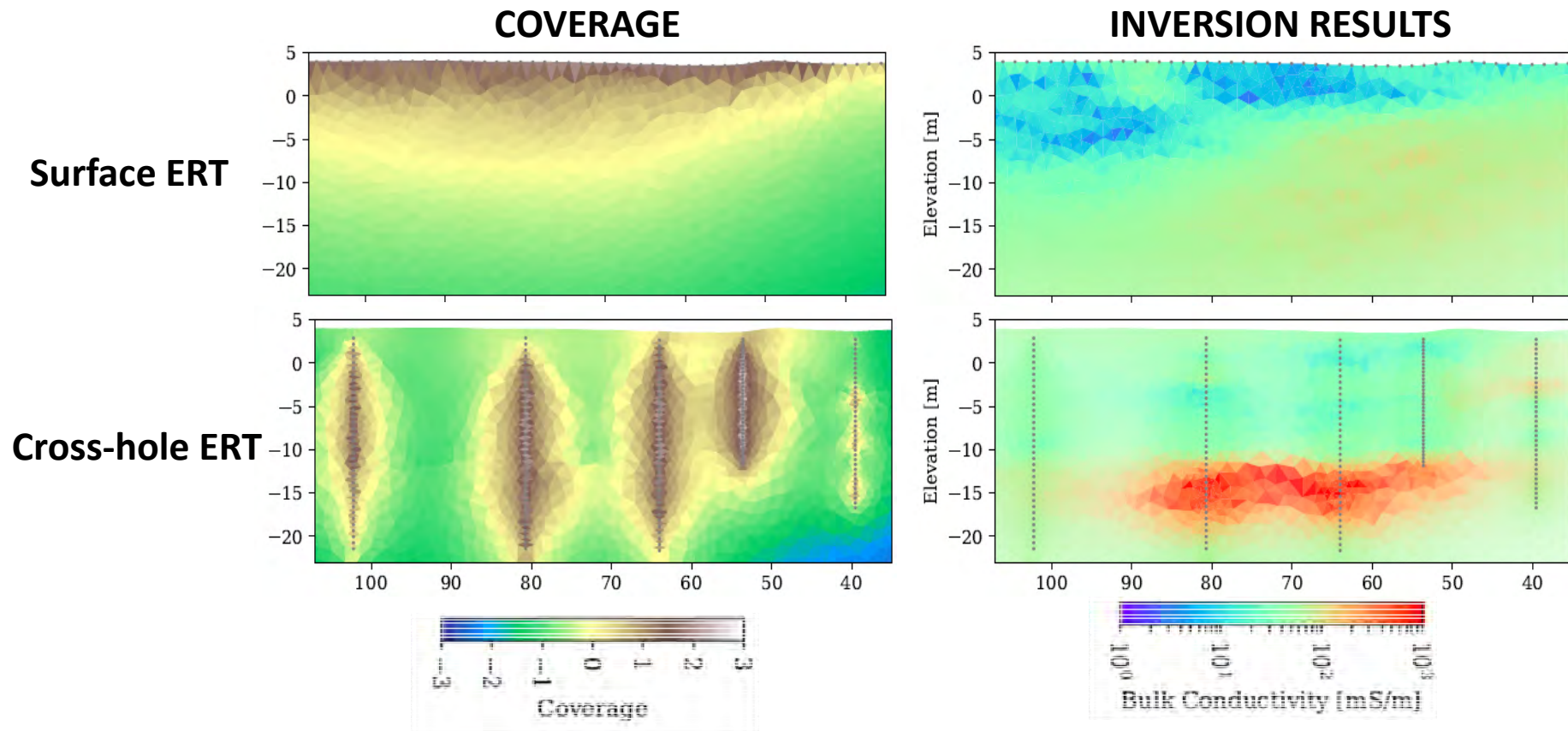
**Folch et al. 2020** Combining Fiber Optic (FO-DTS), Cross Hole ERT and time lapse induction logging to characterize and monitor a coastal aquifer. *Journal of Hydrology* 588

# CHERT permet una gran resolució espacial

**CHERT** mesura la conductivitat elèctrica dels materials geològics i depèn de la **salinitat de l'aigua dels pors**



# CHERT: Cross Hole ERT instead of Surface ERT

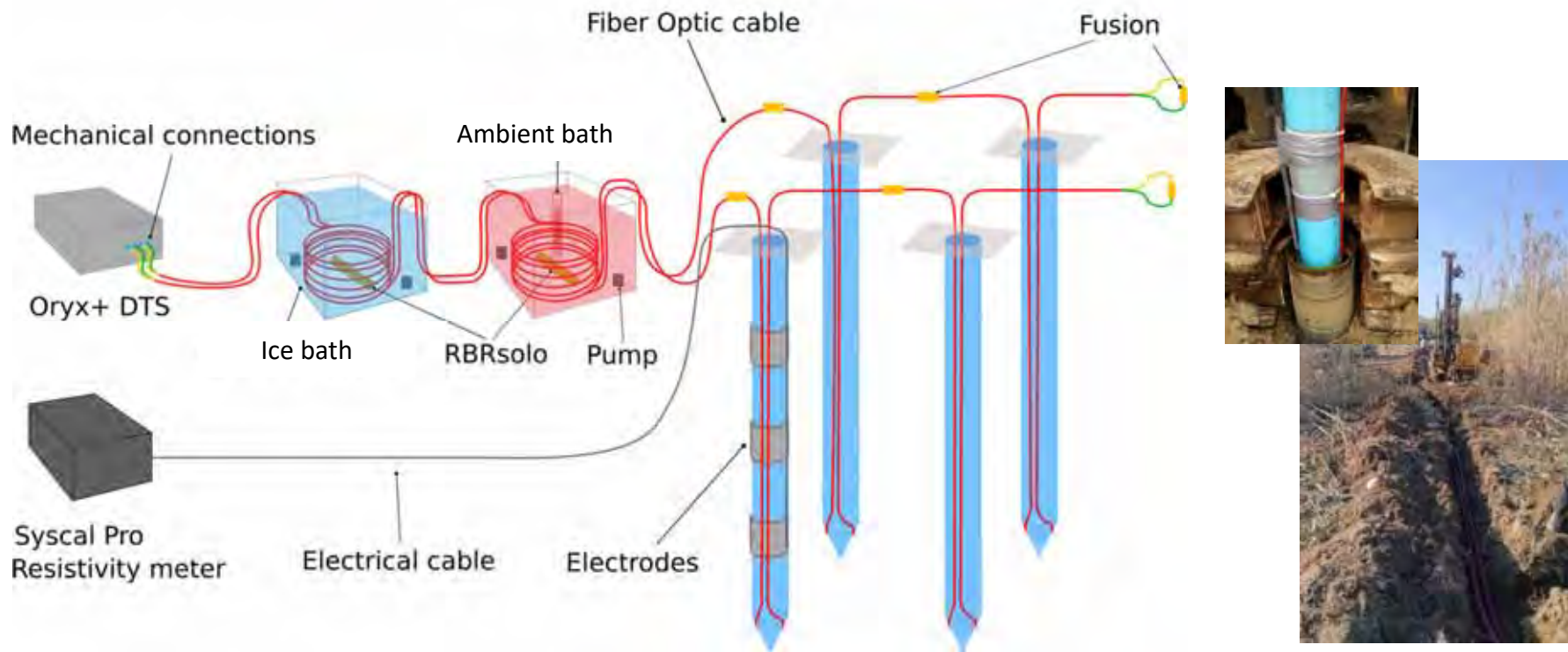


Both surveys performed on the same day

*Palacios et al 2020.* Time-lapse cross-hole electrical resistivity tomography (CHERT) for monitoring seawater intrusion dynamics in a Mediterranean aquifer. *Hydrology and Earth Systems Sciences*, 24.

# FO-DTS

## Distributed Temperature Sensing with Fiber Optic

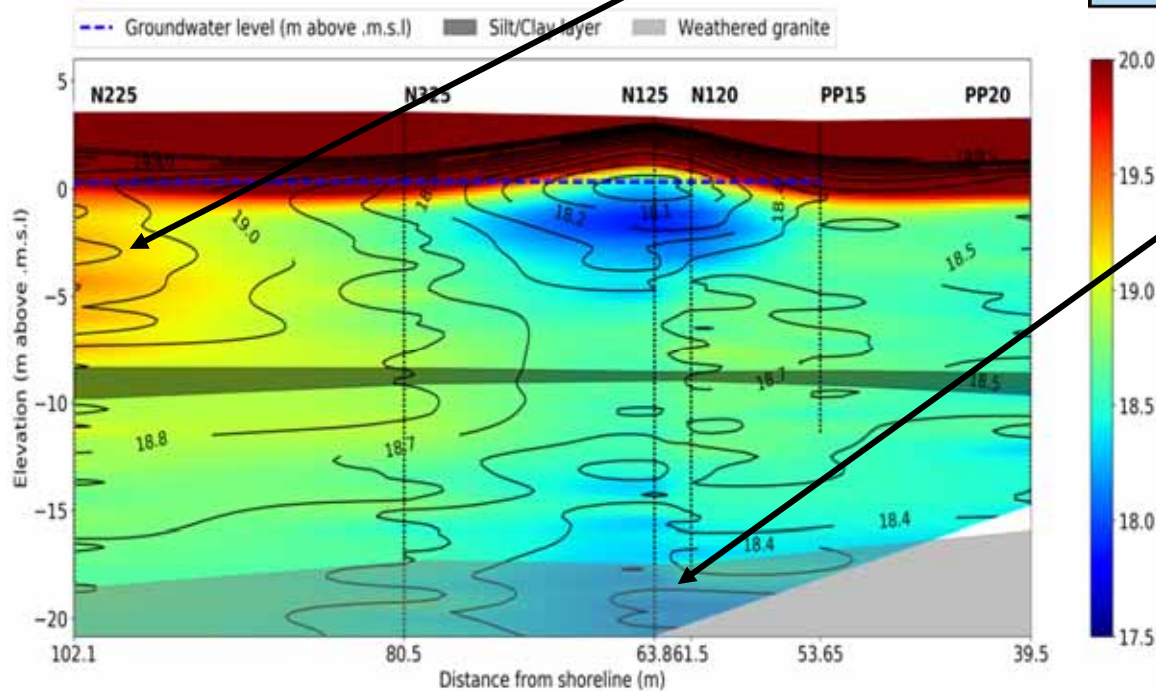
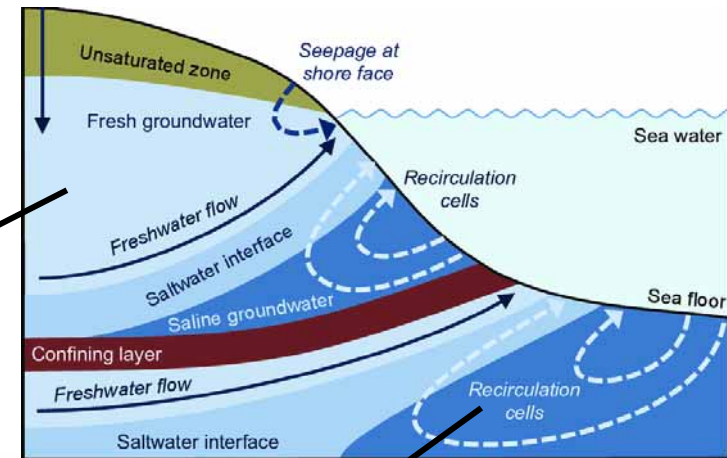


- Alta resolució temporal (10 segons) i espacial (fins a 0,25 m)
- 1500 m d cable cobrint tots els piezòmetres

**Laura del Val, PhD Dissertation.** Advancing in the characterization of coastal aquifers: A multimethodological approach based on Fiber Optic Distributed Temperature Sensing.

# FO-DTS passiva

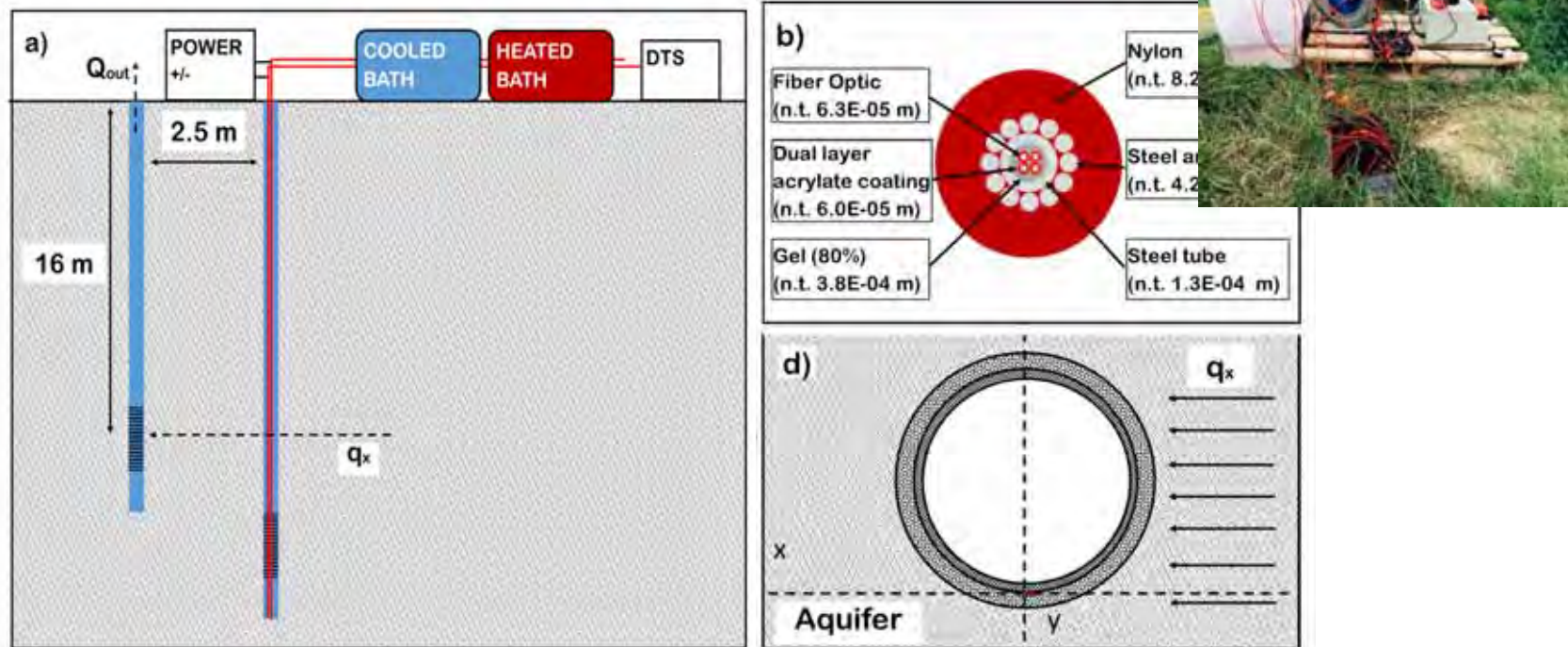
Temperatura com a traçador passiu de la intrusió



L'aigua de mar i l'aigua de l'aquífer tenen temperatures diferents al llarg de l'any

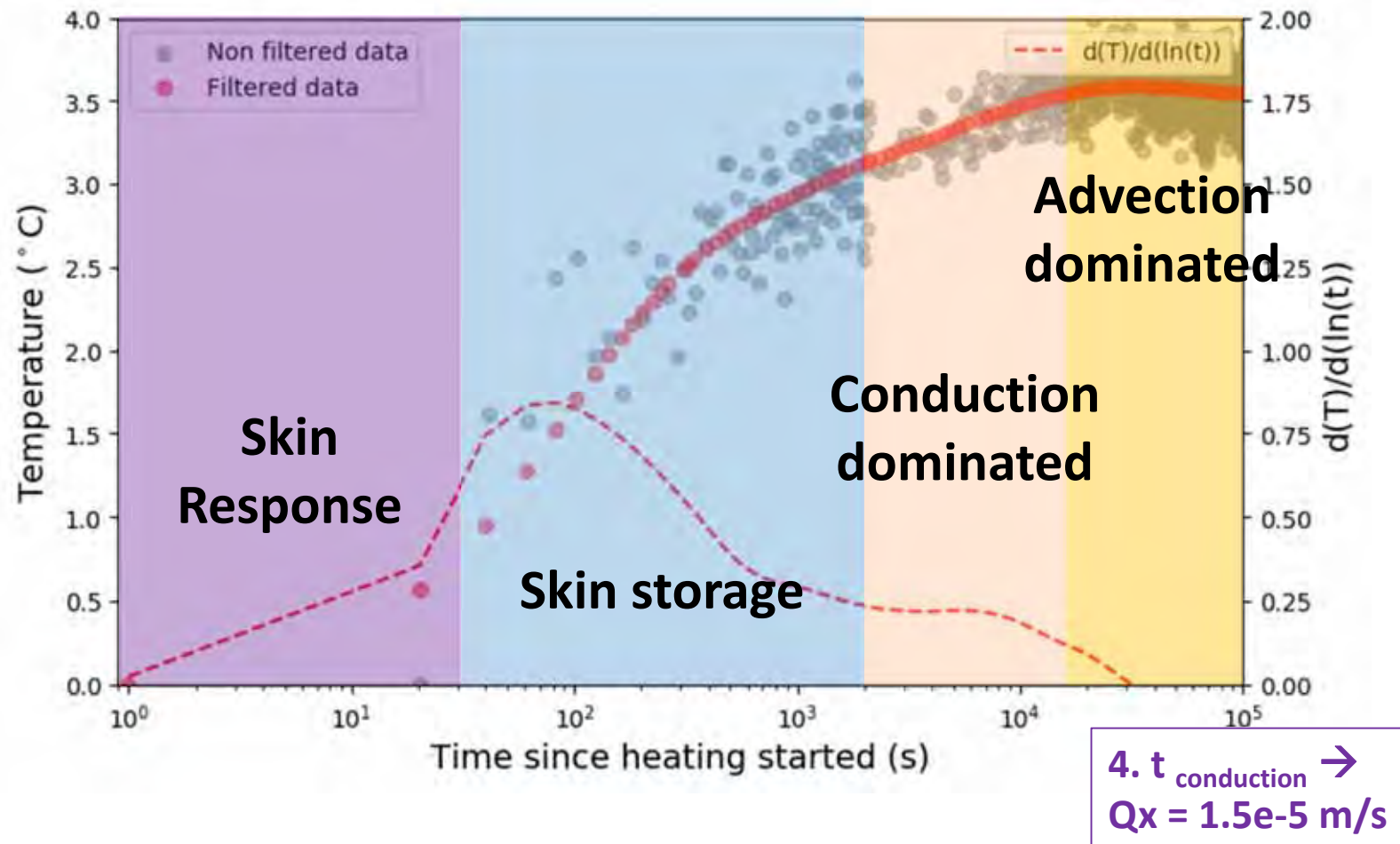
# FO-DTS: monitoreig actiu

- Calentant el cable podem estimar el flux d'aigua subterrània



**Del Val et al. 2021** Heat Dissipation Test with Fiber-Optic Distributed Temperature Sensing to estimate Groundwater flux. *Water Resources Research*

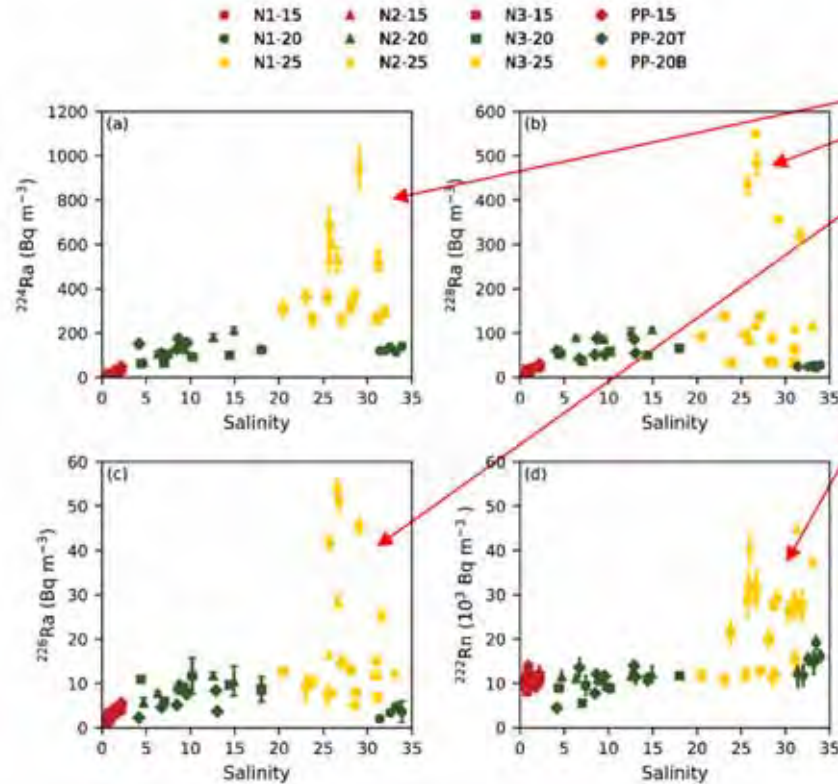
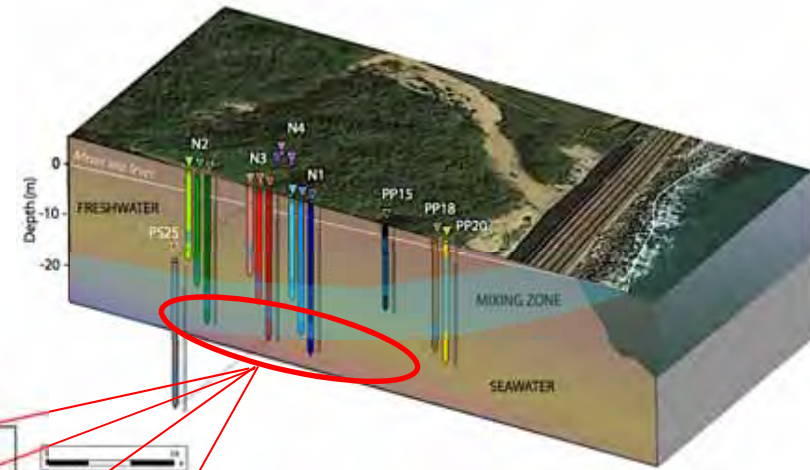
# FO-DTS active: similar a un assaig de bombeig



Del Val et al. (2021) Heat Dissipation Test with Fiber-Optic Distributed Temperature Sensing to estimate Groundwater flux. *Water Resources Research*

# Isòtops de Ra i Rn

- El isòtops de Ra augmenten amb la salinitat per intercanvi catiònic



- Tot i així les concentracions de Ra son més elevades a la part profunda (canvi matriu geològica)
- Tendència més clara amb el Rn (gas noble)

# Estudi multidisciplinari del litoral per a l'avaluació de recursos hídrics subterranis estratègics i la millora dels ecosistemes costaners *(ara si)*



*Realitzat per:*



# Objectius del projecte Terramar

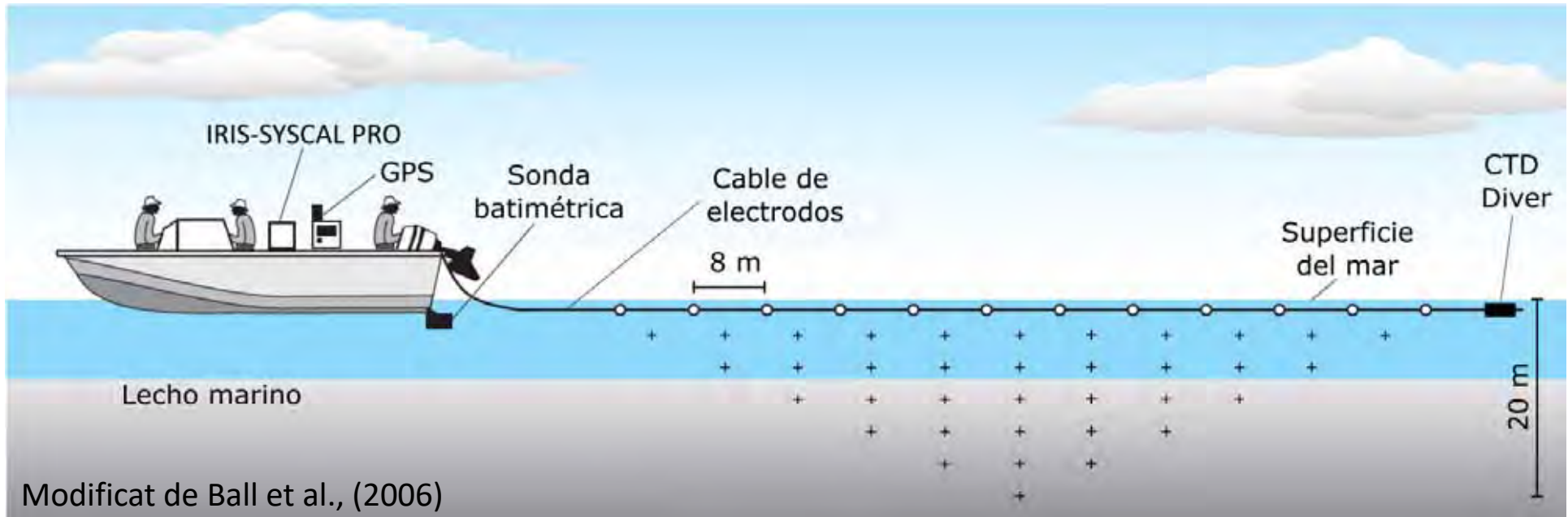
Desenvolupar **coneixement i eines** per a la futura caracterització, seguiment i **control de la intrusió** i dels processos de **descàrrega d'aigua subterrània** al mar



Metodologia de caracterització de la intrusió marina i la descàrrega submarina de nutrients combinant **tecnologies emergents com la tomografia elèctrica marina contínua (TEM-C) amb mètodes hidrogeològics i oceanogràfics**, aprofitant l'experiència dels projectes previs.

- 1) **Caracteritzar i quantificar els processos de mescla** que tenen lloc als aqüífers litorals al·luvials, així com els **cicles biogeoquímics** que regulen la transferència de compostos dissolts al mar – Combinació de múltiples metodologies tradicionals i novedoses
- 2) **Validació de la TEM-C com a mètode de cribratge de baix cost per a identificar zones de descàrrega** d'aigua subterrània dolça al mar, amb implicacions per als ecosistemes costaners, i valorant els **potencials recursos hídrics** subterranis estratègics (*Nivells aqüífers més profunds*).

# Tomografia elèctrica marina continua (TEM-C)



Llei d'Archie

$$\rho = \rho_w \phi^{-m}$$

Variable      Constant

$\rho$ , resistivitat del medi

$\rho_w$ , resistivitat del aigua

$\phi^{-m}$ , factor de formació

Com varia la resistivitat del medi?

**La variació de la resistivitat es pot atribuir als canvis de salinitat de l'aigua que satura els porus de la roca/sediment.**

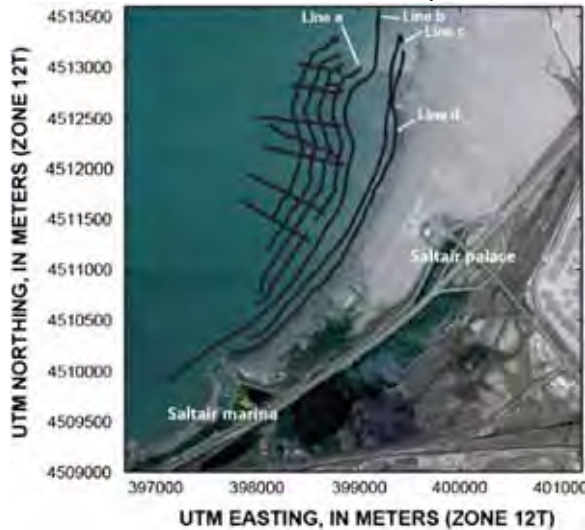
# Perquè a Catalunya?



- Aquesta metodologia es pot aplicar al llarg de la costa catalana (20-25 m de profunditat)
- La TEM-C permet evaluar la SGD d'aqüífers profunds (fluxos regionals) difícilment evaluables des de terra.

# Aplicacions de la TEM-C en altres part del món

Great Salt Lake, Utah (Anderson et al., 2014)



## Llacs

Avaluar la importància potencial de la descàrrega d'aigua subterrània com a font de seleni (Se).

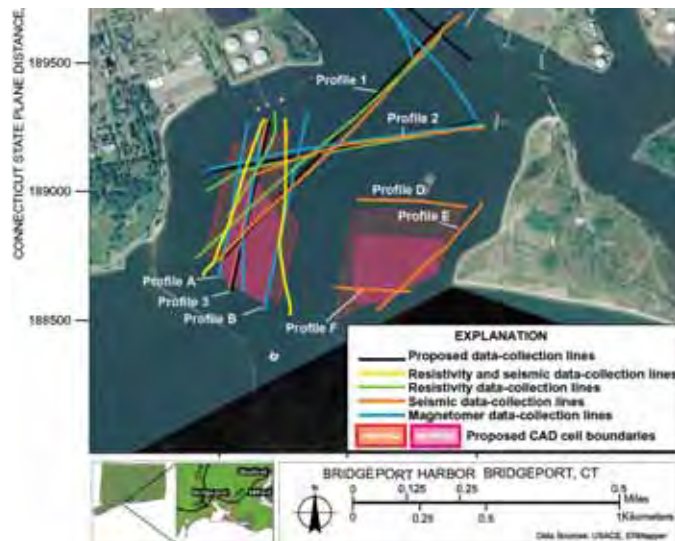
Great Miami River, Ohio (Sheets and Dumouchelle, 2009)



## Rius

Caracteritzar els materials del subsòl.

Bridgeport Harbor, Connecticut (Johnson and White, 2007)



## Ports

Geometria i la composició dels materials del subsòl (argila, sorra, roca) per facilitar el dragatge.

De Panne, Belgium (Paepen et al. 2020)

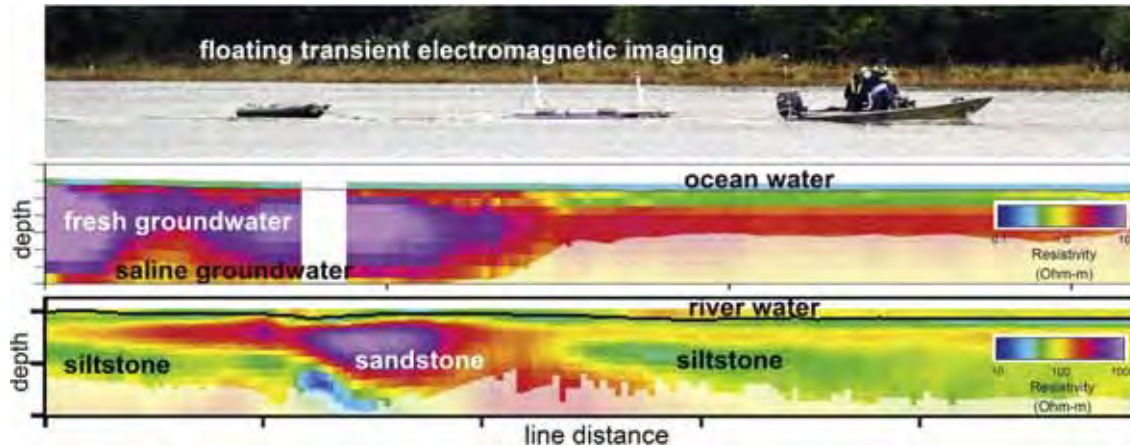


## Costa

Detectar zones de descàrrega d'aigua subterrània submarina dolça (FSGD).

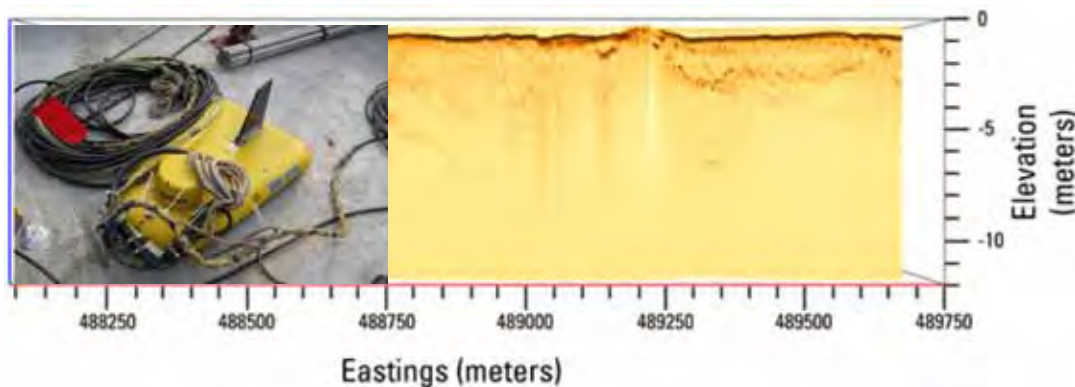
# Altres mètodes aplicats en entorns aquàtics

## Floating transient electromagnetic methodology (Lane et al. 2020)



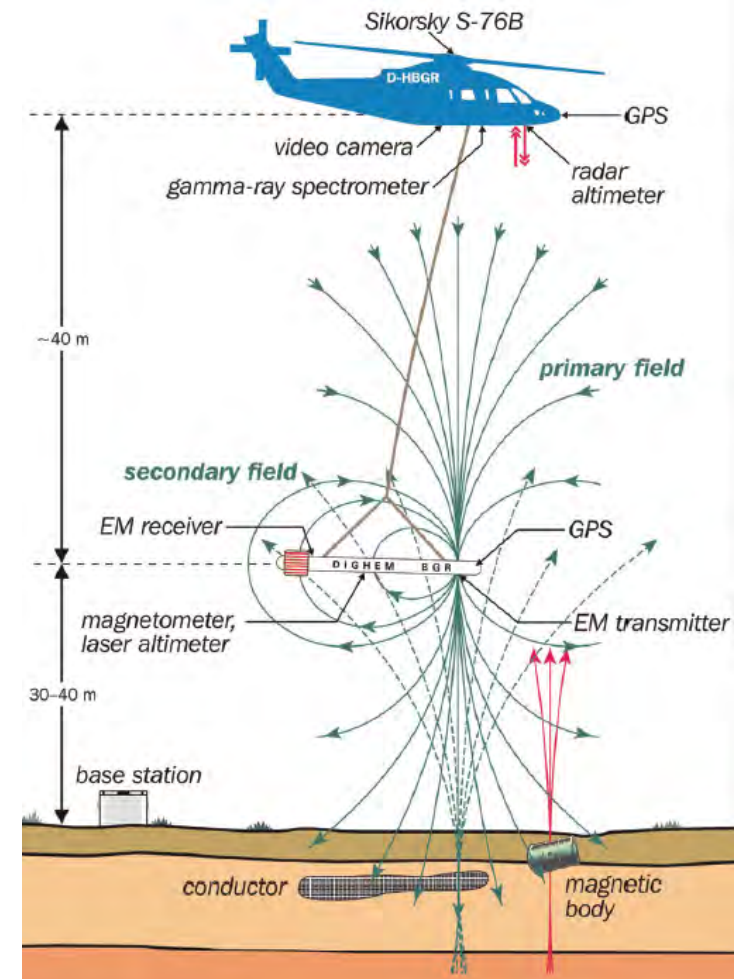
Caracterització hidrogeològica subjacent a rius i estuaris.

## Chirp Seismic-Reflection (Cross et al., 2014)



Identificar estructures sedimentàries submarines.

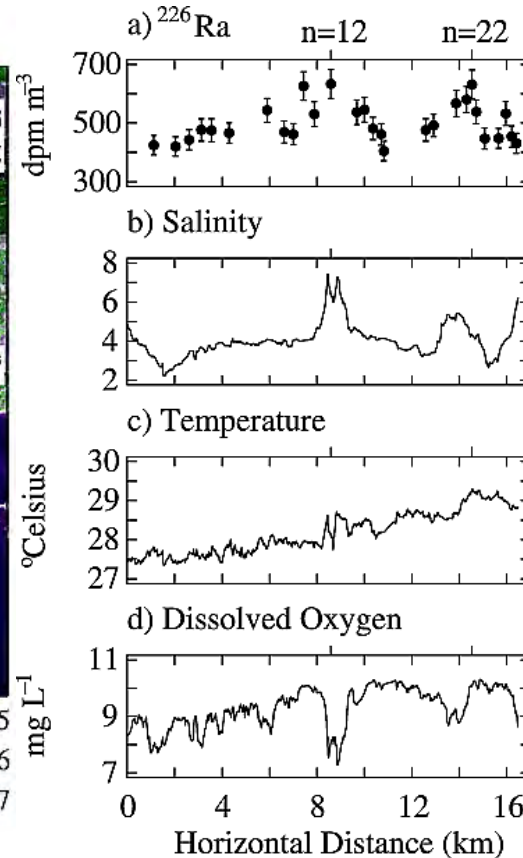
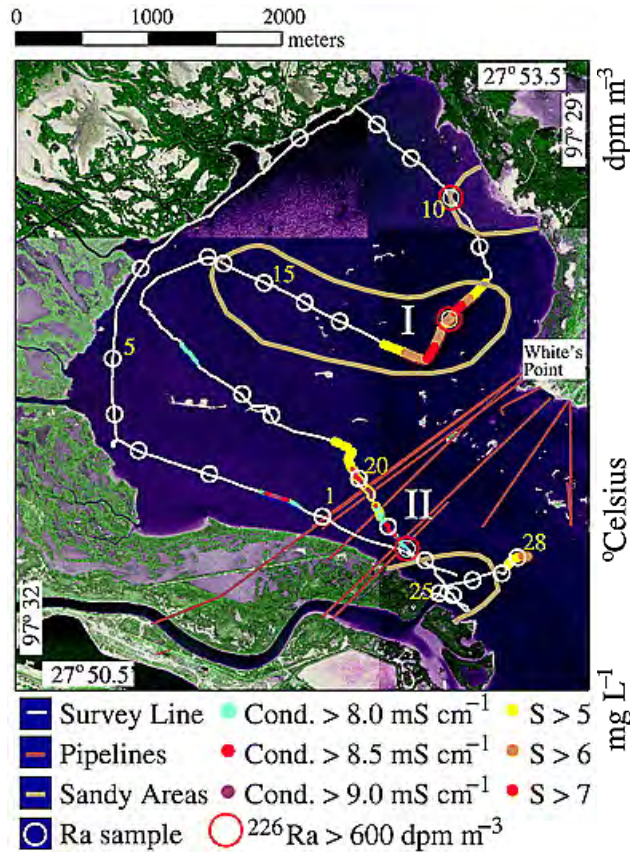
## Airborne electromagnetic (Siemon et al. 2009)



Exploració d'aigües subterrànies a gran escala.

# Combinació de mètodes geofísics i geoquímics

Nueces Bay, Texas (Breier et al. 2005)



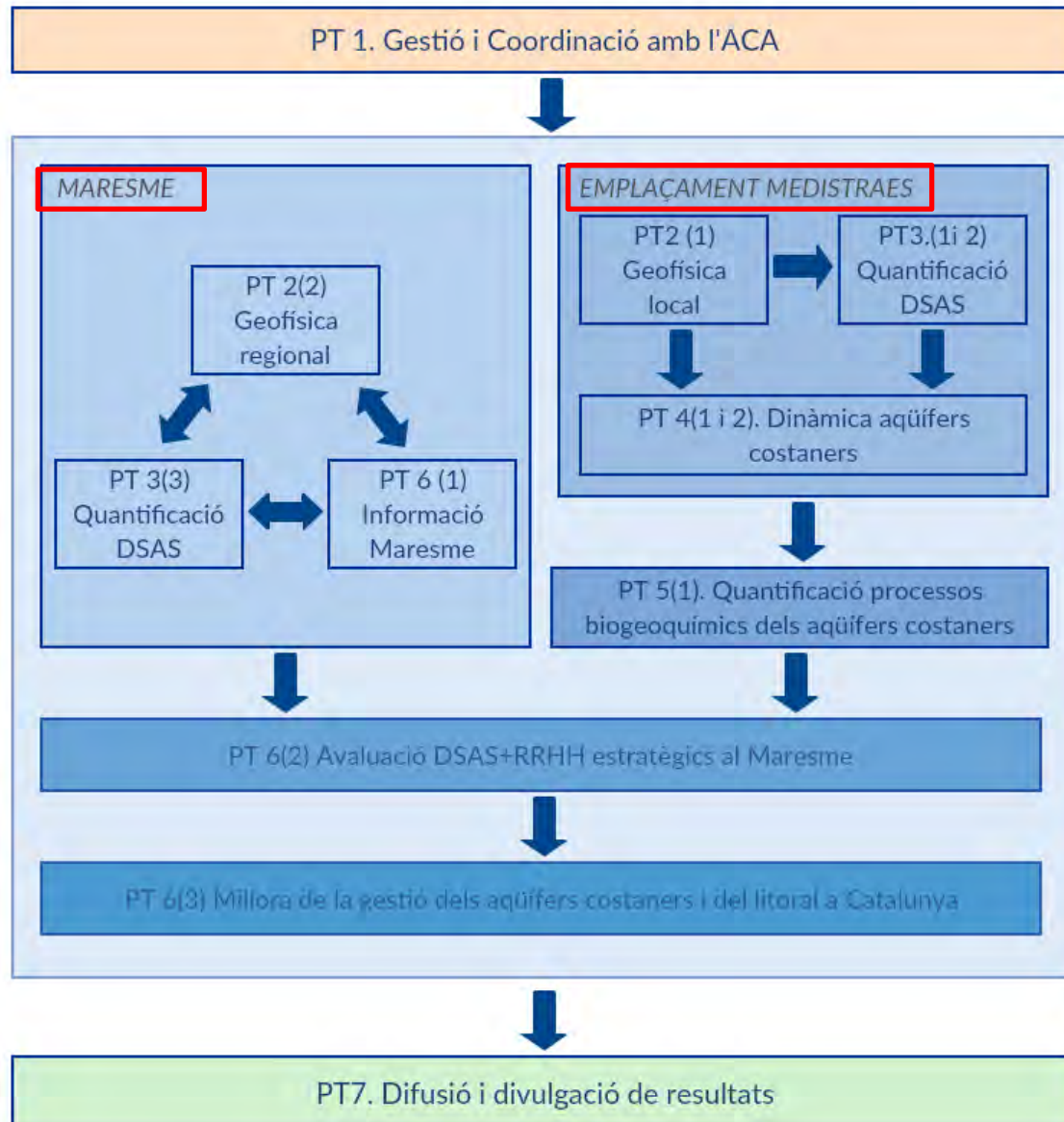
Perfils de resistivitat continua amb mesures de salinitat, temperatura i oxigen dissolt de l'aigua superficial i mesures puntuals d'isòtops de Ra dissolt per identificar la descàrrega submarina.

Santa Barbara, California (Swarzenski and Izbicki, 2009)

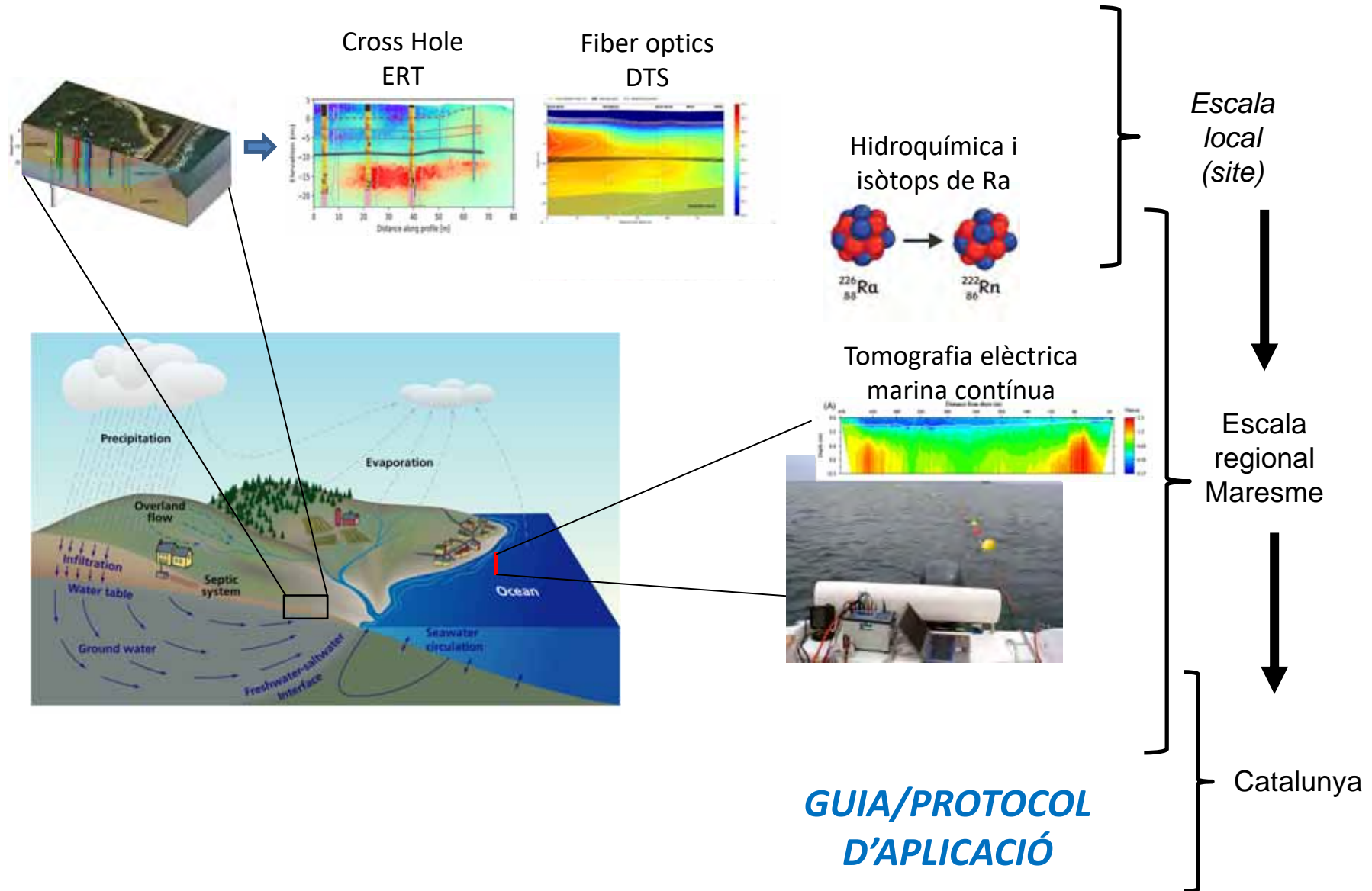


<sup>222</sup>Rn and <sup>223,224,226,228</sup>Ra, filtradors electromagnètics i resistivitat elèctrica per estudiar la dinàmica de les aigües subterrànies costaneres.

# Paquets de treball projecte Terramar



# Estructura del projecte Terrmar



# Cronograma

2on informe  
seguiment

		Any 1			Any 2			Any 3		
Coordinació PT 1	Totes les tasques									
PT.2 Geofísica Marna	Tasca 2.1. Tomografia elèctrica marina de l'emplaçament de Medistraes									
	Tasca 2.2. Tomografia elèctrica marina a la costa del Maresme									
PT3. Descarrega d'aigua subterrània al mar	Tasca 3.1 Instal·lació de seepage meters i piezòmetres mar									
	Tasca 3.2 Mostreig campanya de mar MEDSTRAES									
	Tasca 3.3 Mostreig Ra als diferents hotspots del Maresme per quantificar SGD									
PT4. Dinàmica intrusió salina i modelització	Tasca 4.1 Mostreig piezòmetres site MEDISTRAES									
	Tasca 4.2 Actualització model de transport conservatiu del site MEDISTRAES amb densitat variable incloent zona SGD									
PT5. Quantificació de processos biogeoquímics	Tasca 5.1. Model de transport reactiu									
PT6. DSAS i recursos hídrics estratègics a escala regional.	Tasca 6.1. Interpretació dades xarxa de control ACA Maresme									
	Tasca 6.1. Elaboració model conceptual del funcionament de la SWI i de la DSAS de la zona del Maresme e identificació de recursos hídrics estratègics.									
	Tasca 6.2. Guia/consideracions per a aplicació TEM-C per identificació de punts calents de DASA i recursos estratègics a escala de Catalunya									
PT7. Difusió i divulgació de resultats	Totes les tasques									

# PT1. Coordinació

- Organització reunions investigadors principals
  - Seguiment i informació a partir de grup de WhatsApp específic
- Organització reunions equip de treball
  - Seguiment, informació i coordinació campanyes de camp a partir de grup de WhatsApp específic
- Reunions periòdiques amb els tècnics de l'Agència Catalana de l'Aigua.
- Seguiment desenvolupament tasques tècnics projecte
- Coordinació ne la realització dels informes de seguiment
- Coordinació i simbiosi entre projectes (MEDSITRAES)

## PT2. Prospecció geofísica

Diverses campanyes de camp

- ★ Campanya 2019

- ★ Campanya juny 2020

- ★ Campanya octubre 2020

- ★ Campanyes 2022

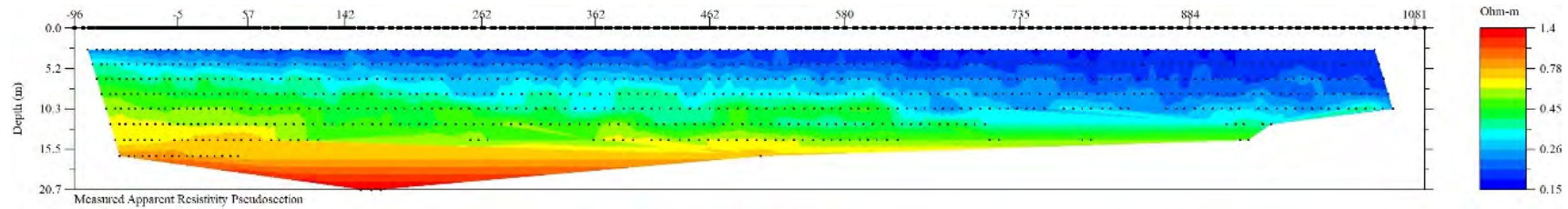
*Alterades per situació COVID que a dificultat la complementació entre dades*

# Campanya 2019: posada en marxa mètode

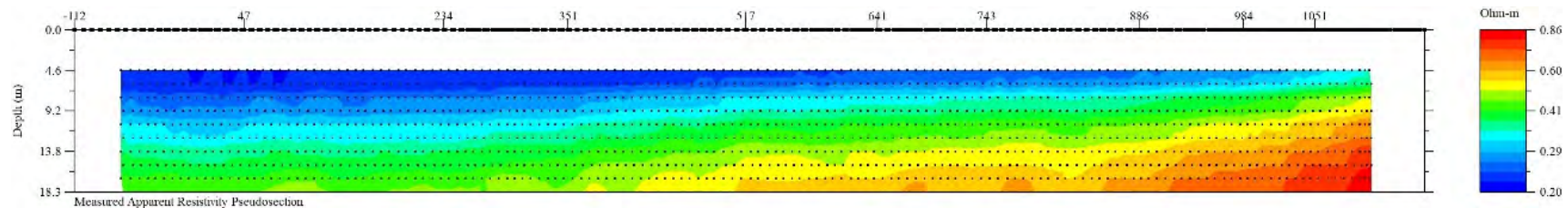


# Campanya 2019: posada en marxa mètode

## Configuració dipol-dipol

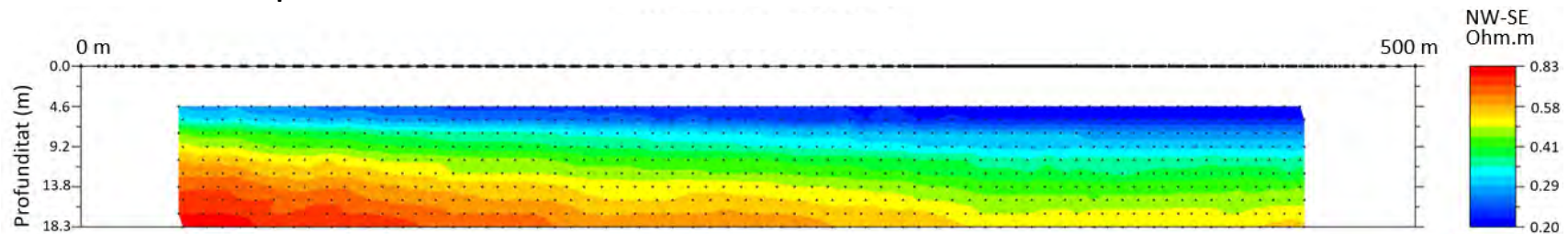


## Configuració Wenner-Schlumberger



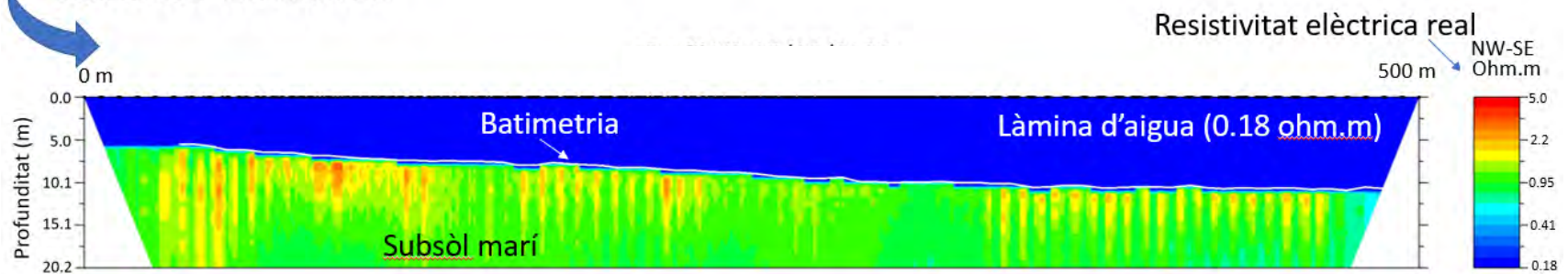
# Campanya 2019: posada en marxa mètode

Resistivitat aparent.



Resistivitat elèctrica aparent

**Inversió de dades**



Resistivitat elèctrica real

Escala mètrica (m)

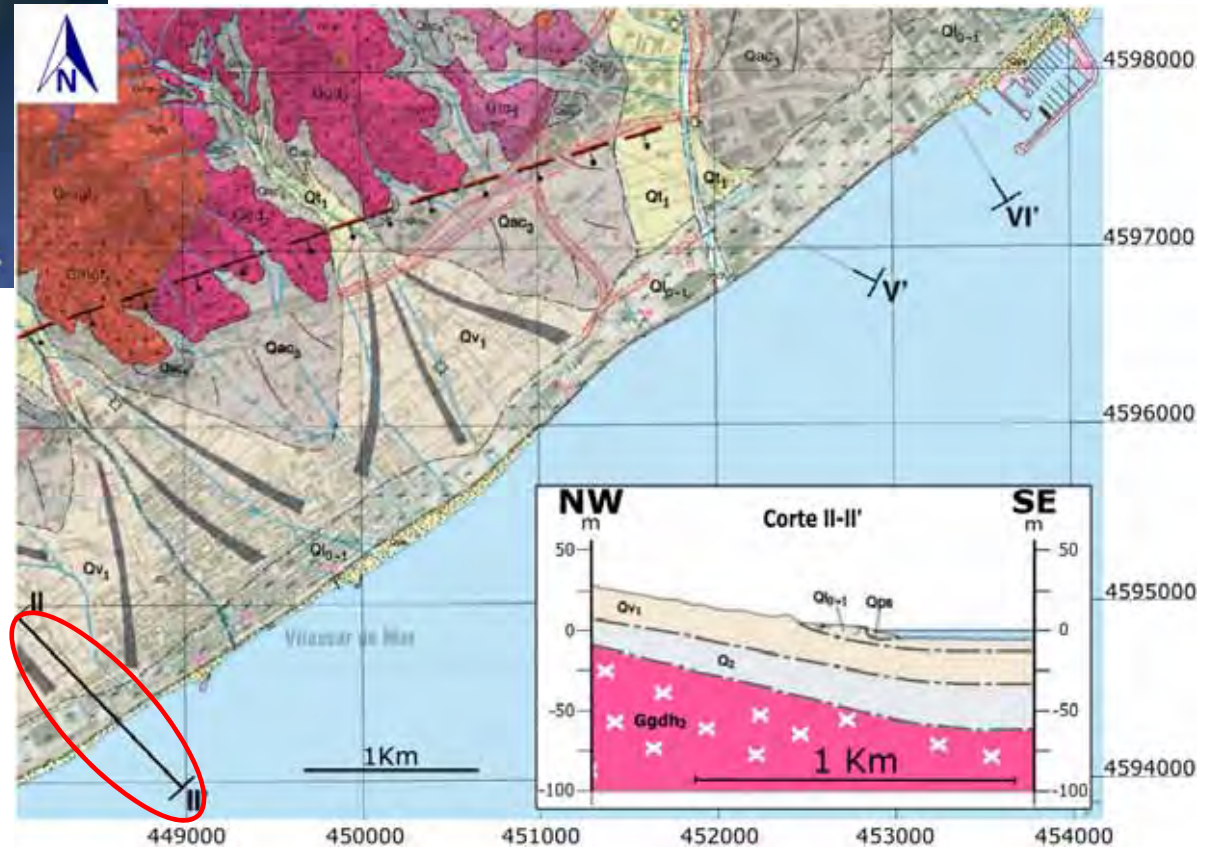
Escala logarítmica de resistivitat elèctrica (ohm.m)

Processat les dades amb el software EarthImager.

# Aplicació TEM-C al Maresme



- |  |                                |
|--|--------------------------------|
|  | Qv-Gravas, gravillas y arenas. |
|  | Qps-Arenas.                    |
|  | Qli-Arenas.                    |
|  | Qtl-Gravas, arenas y limos.    |
|  | Qvl-Gravas, arenas y limos.    |
|  | Qc-Cuaternario indiferenciado. |
|  | Qac-Arenas, gravas y limos.    |
|  | Qal-Limos, arenas y gravas.    |
|  | Gmg1-Leuzomonzonogranito.      |
|  | Gmg2-Monzonogranito.           |
|  | Ggd1-Granodiorita.             |
|  | Ggd2-Granodiorita.             |
|  | Gto1-Torolita.                 |



# Perfils campanyes de juny i octubre 2020

22/06/2020



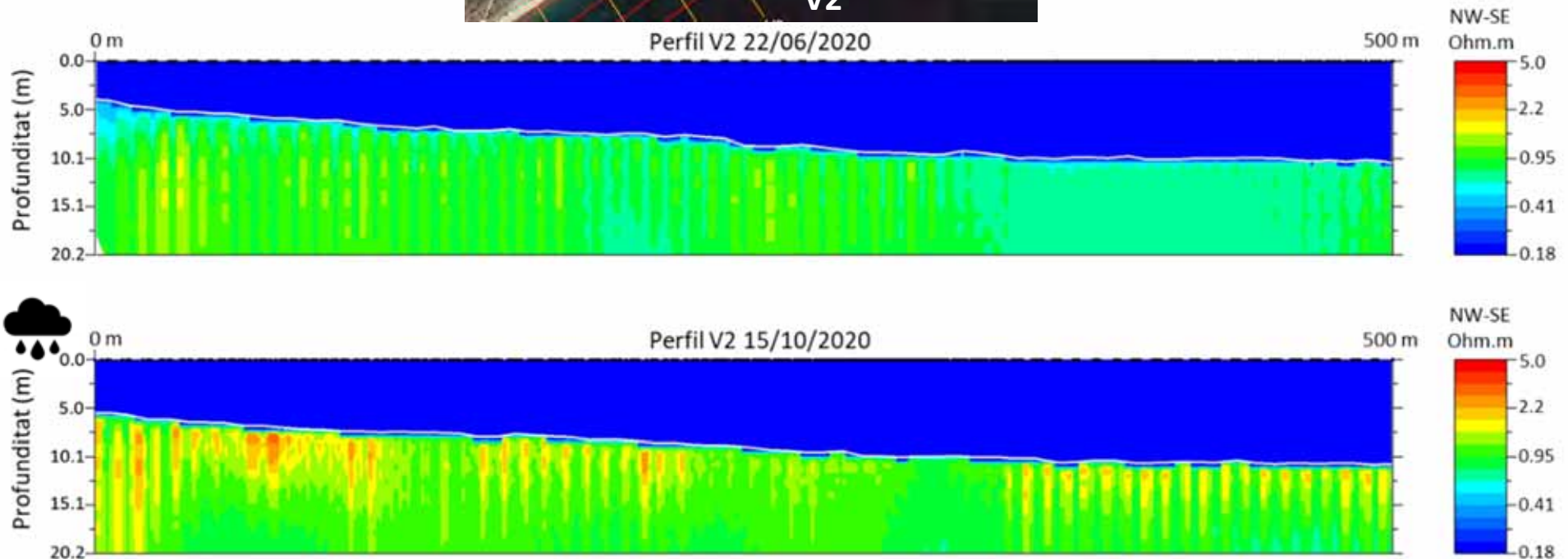
15/10/2020



# Aplicacions de la TEM-C site MEDSITRAES



Resistivitat de sediments saturats per aigua de mar: 0.8-1.5 ohm.m



- Comparativa perfils campanyes .
- Valors màxims de resistivitat elèctrica estat 1.6 ohm.m (juny) i 3.1 ohm.m (octubre).

# Comparació entre campanyes Maresme

**Campanya 22/06/2020**

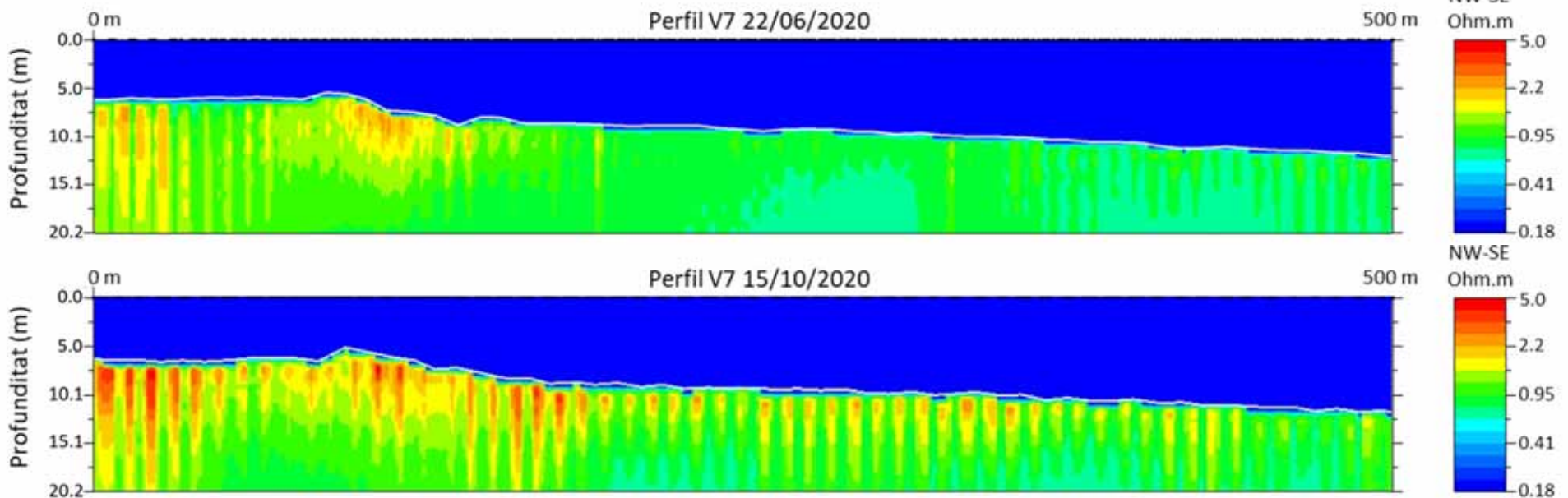
Valor de resistivitat màx.:  
2.8 ohm.m

**VS.**

**Campanya 15/10/2020**



Valor de resistivitat màx.:  
4.8 ohm.m



# Comparació de perfils entre campanyes

**Campanya 22/06/2020**

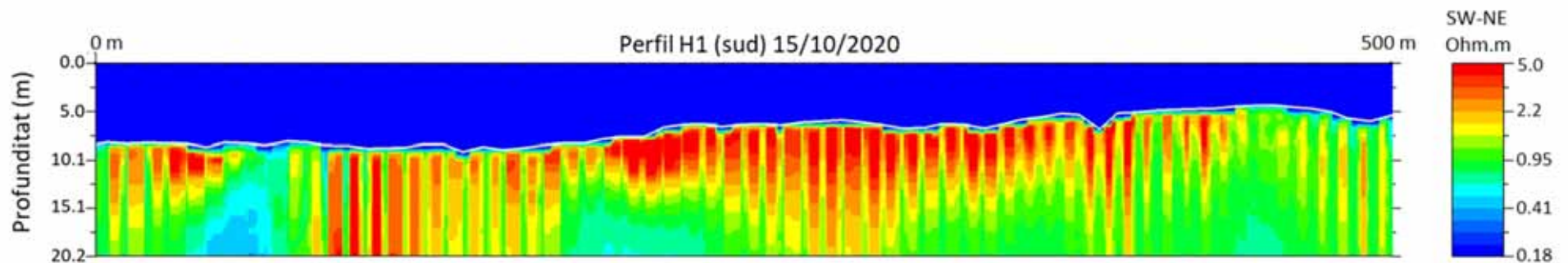
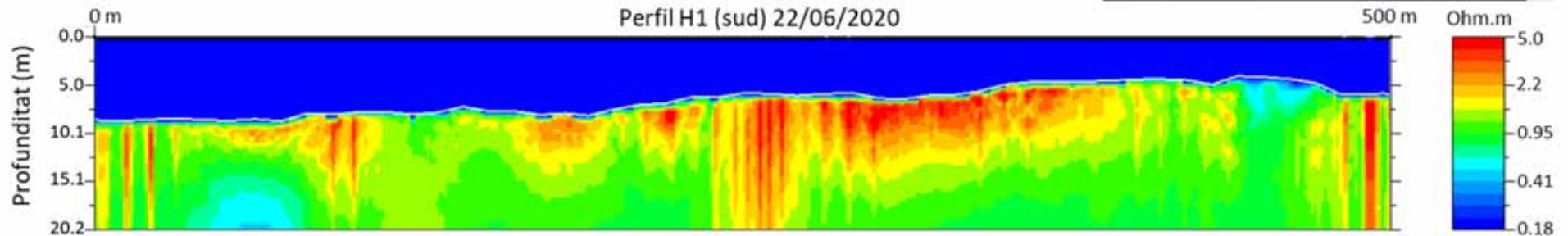
**VS.**

**Campanya 15/10/2020**

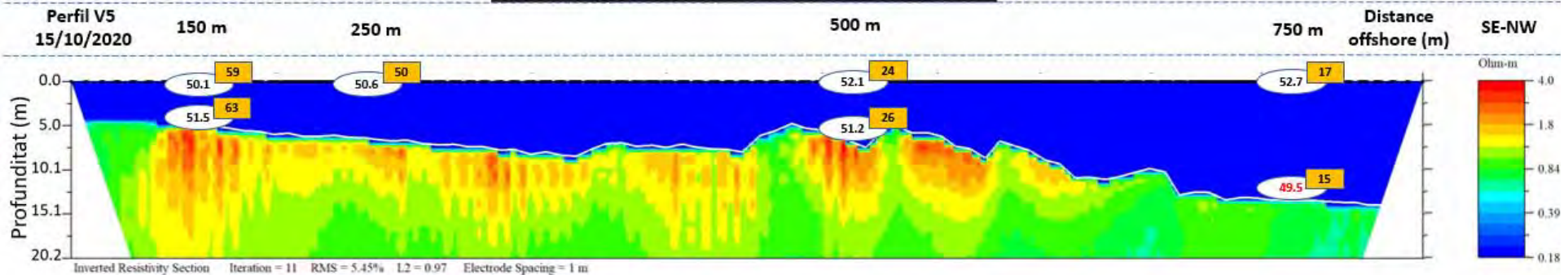


Valor de resistivitat màx.:  
8.5 ohm.m

Valor de resistivitat màx.:  
15 ohm.m



# Comparativa mesures CE i $^{224}\text{Ra}$

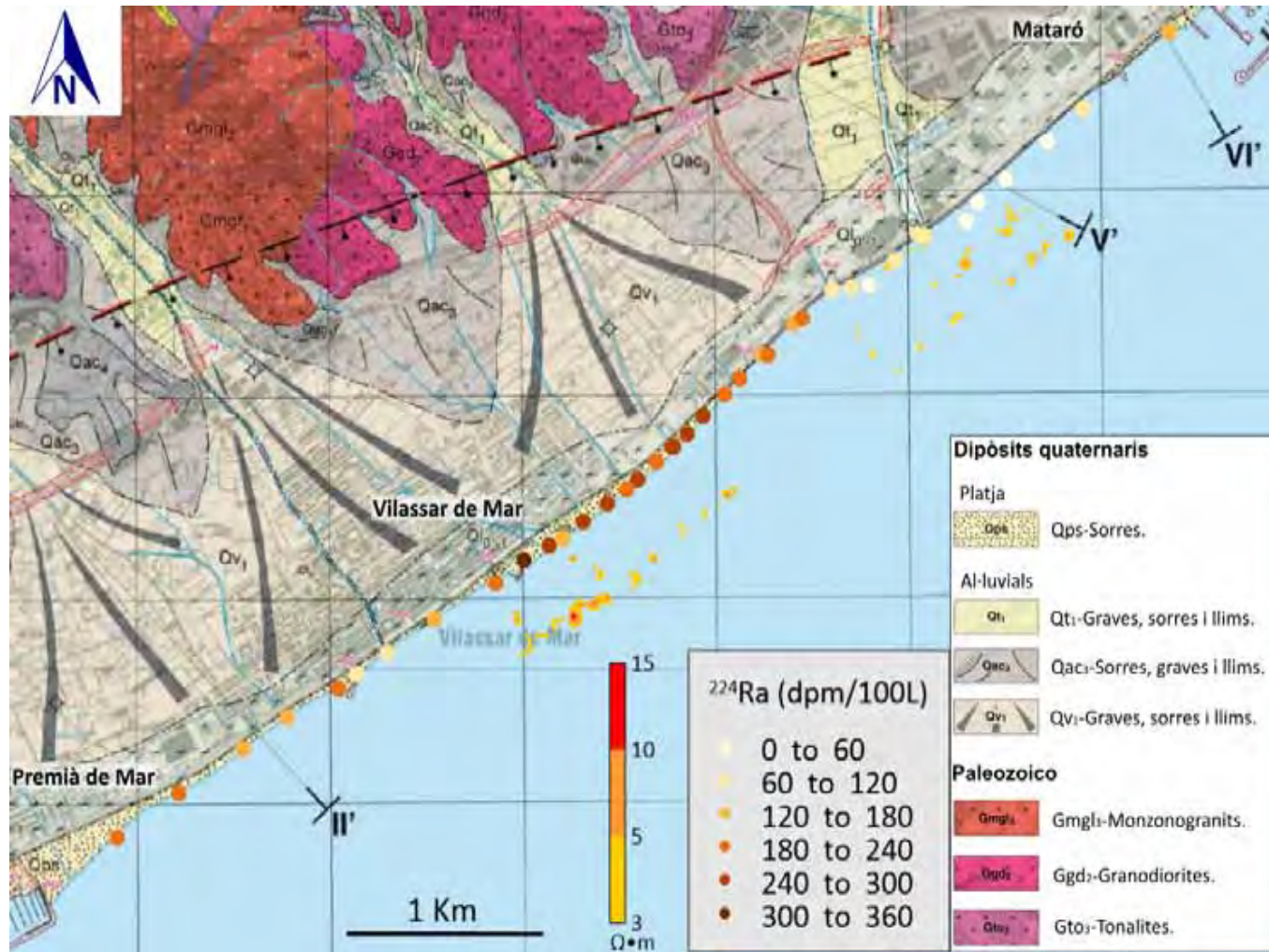


50.6 Conductivitat elèctrica (mS/cm)

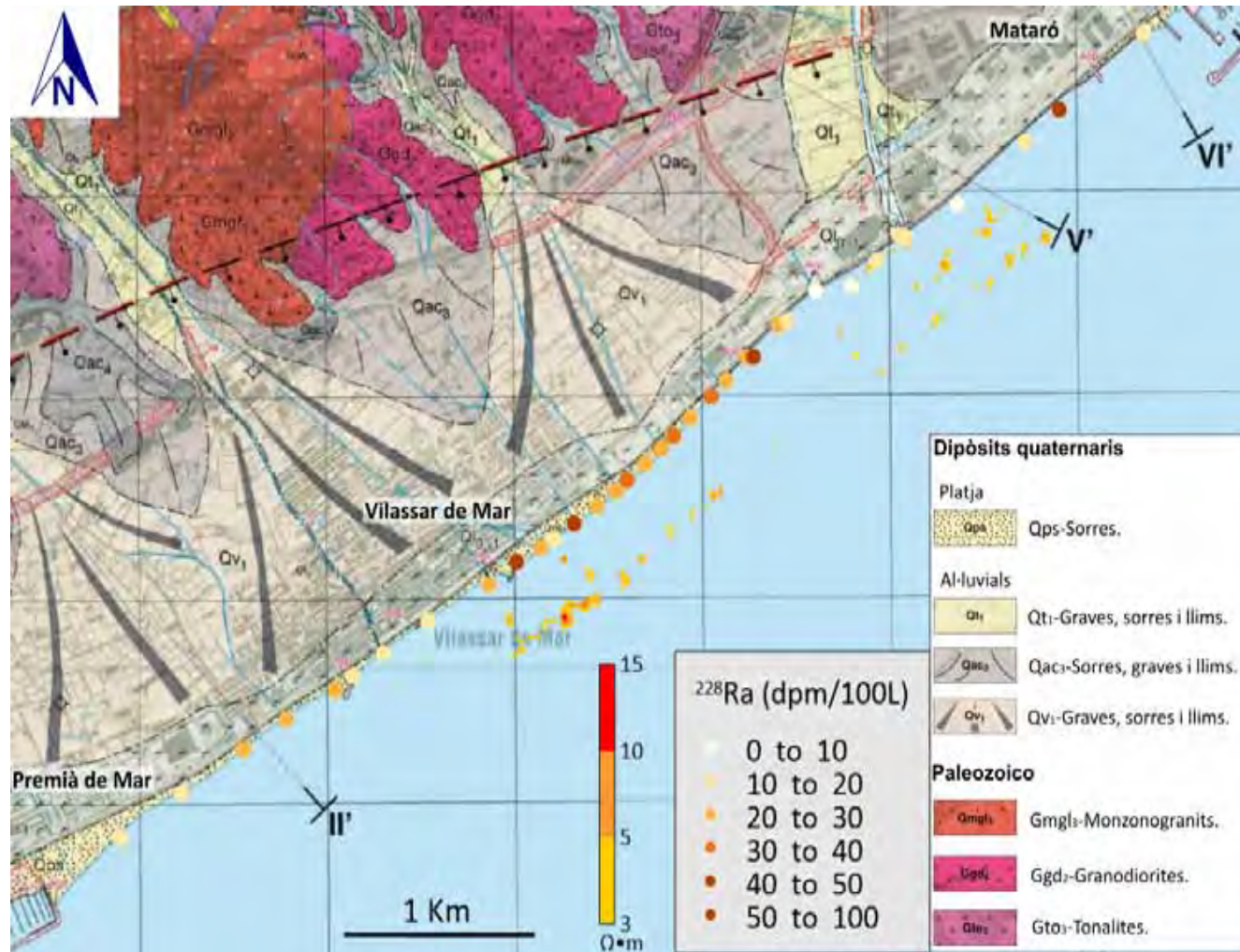
50  $^{224}\text{Ra}$  (dpm 100L-1)

- Baixades de CE de més de 1 mS/cm a les mostres properes al fons marí
- Estem caracteritzant la “fresh SGD” (Dades de Ra vida llarga s’estan processant)

# Resistivitat a 10 m de profunditat vs Ra<sup>224</sup>

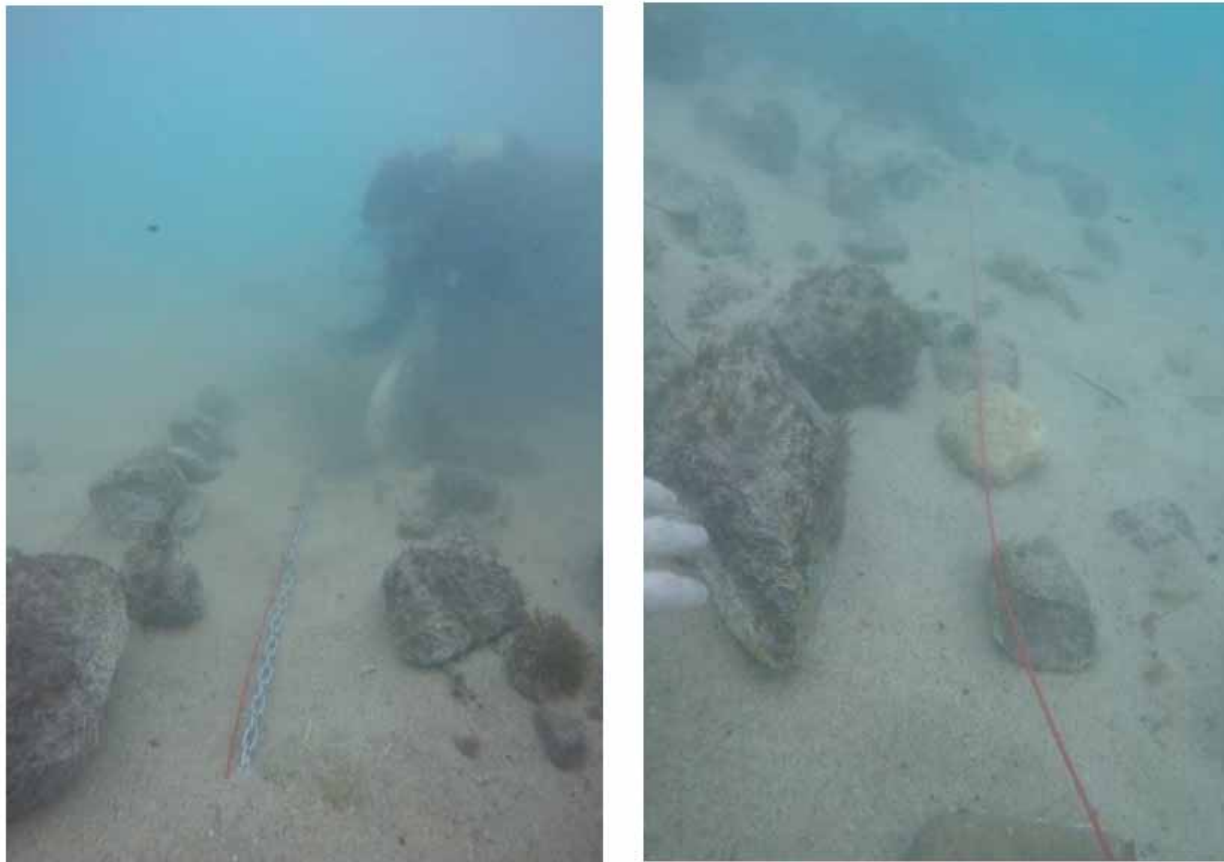


# Resistivitat a 10 m de profunditat vs Ra<sup>228</sup>



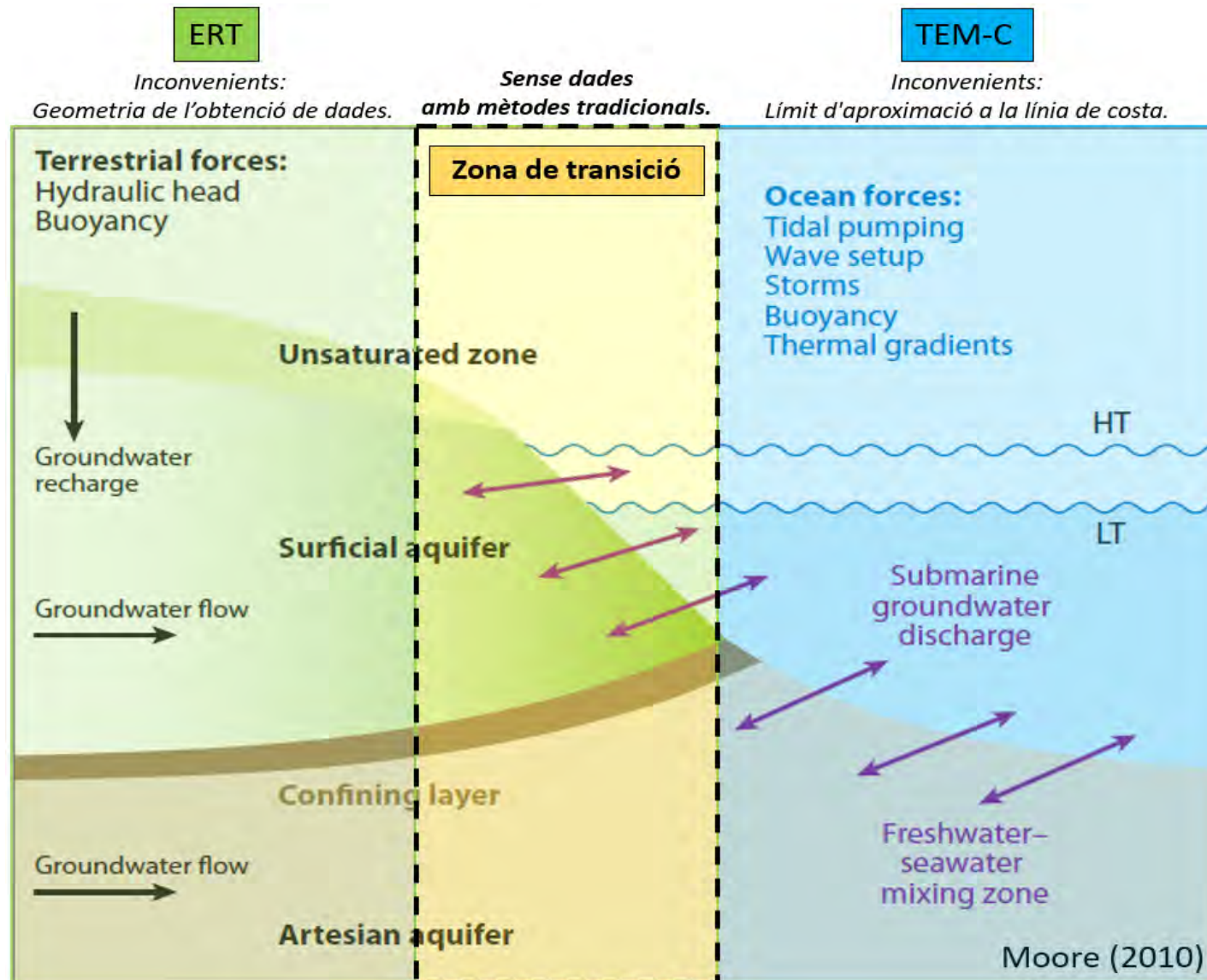
## PT3. Quantificació de la SGD i implicacions

### Taska 3.1. Construcció de piezòmetres i seepagemters

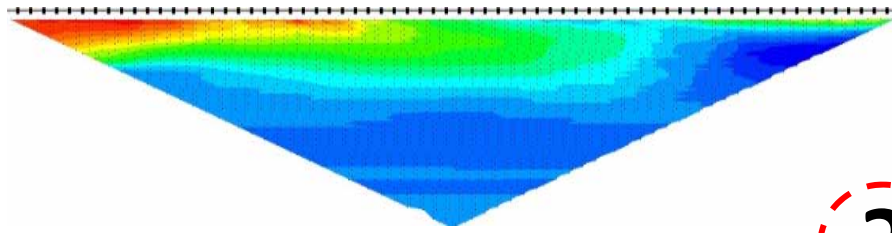


*Es proposa una alternativa – Perfils amfibis*

# PT3.Quantificació DAS – Tasca 3.1 Perfils amfibis



# Tomografia elèctrica amfíbia. Per què?

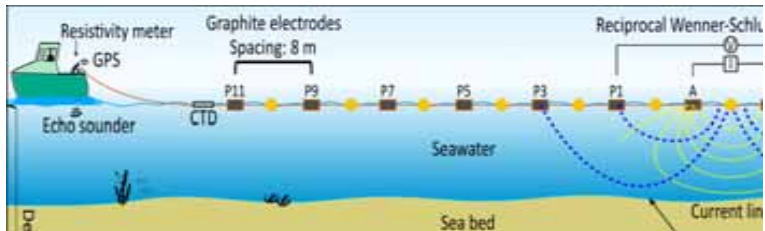


ERT

*Inconvenients:  
Geometria de l'obtenció de dades.*

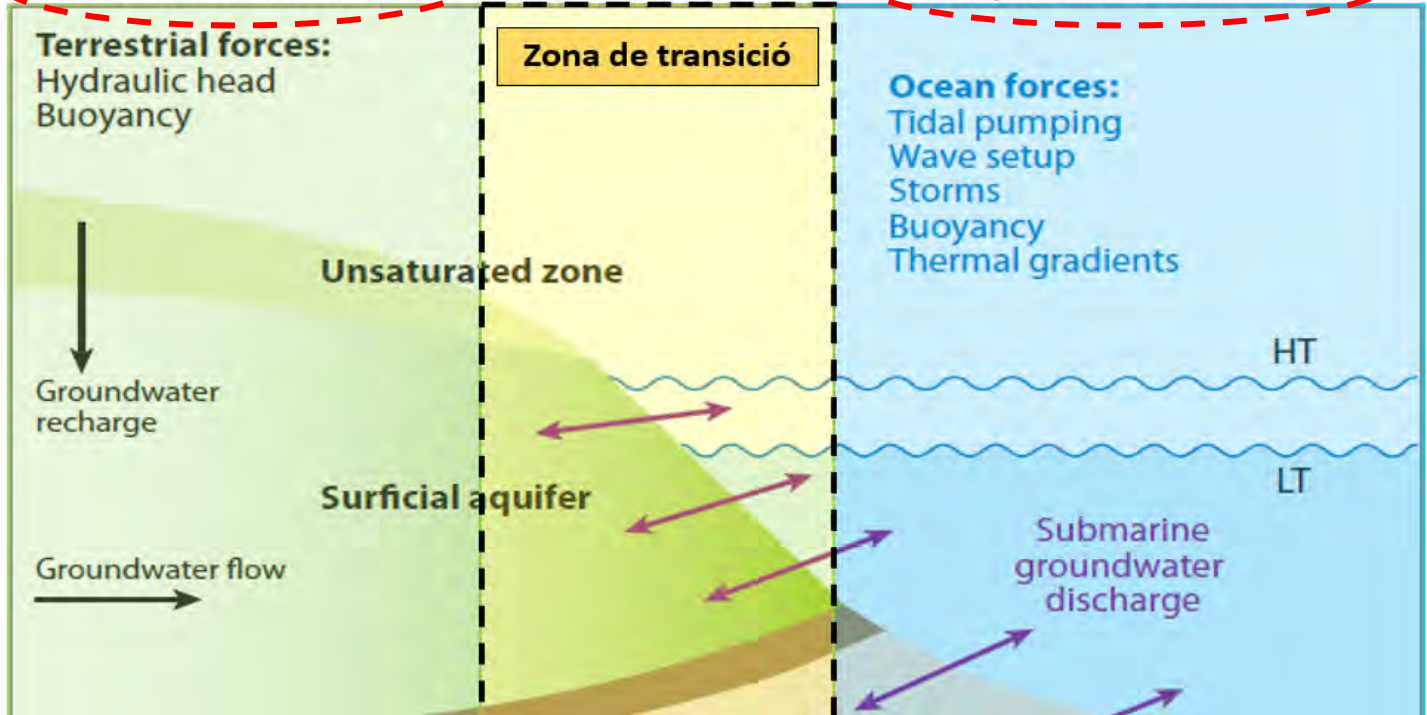


*Sense dades  
amb mètodes tradicionals.*



TEM-C

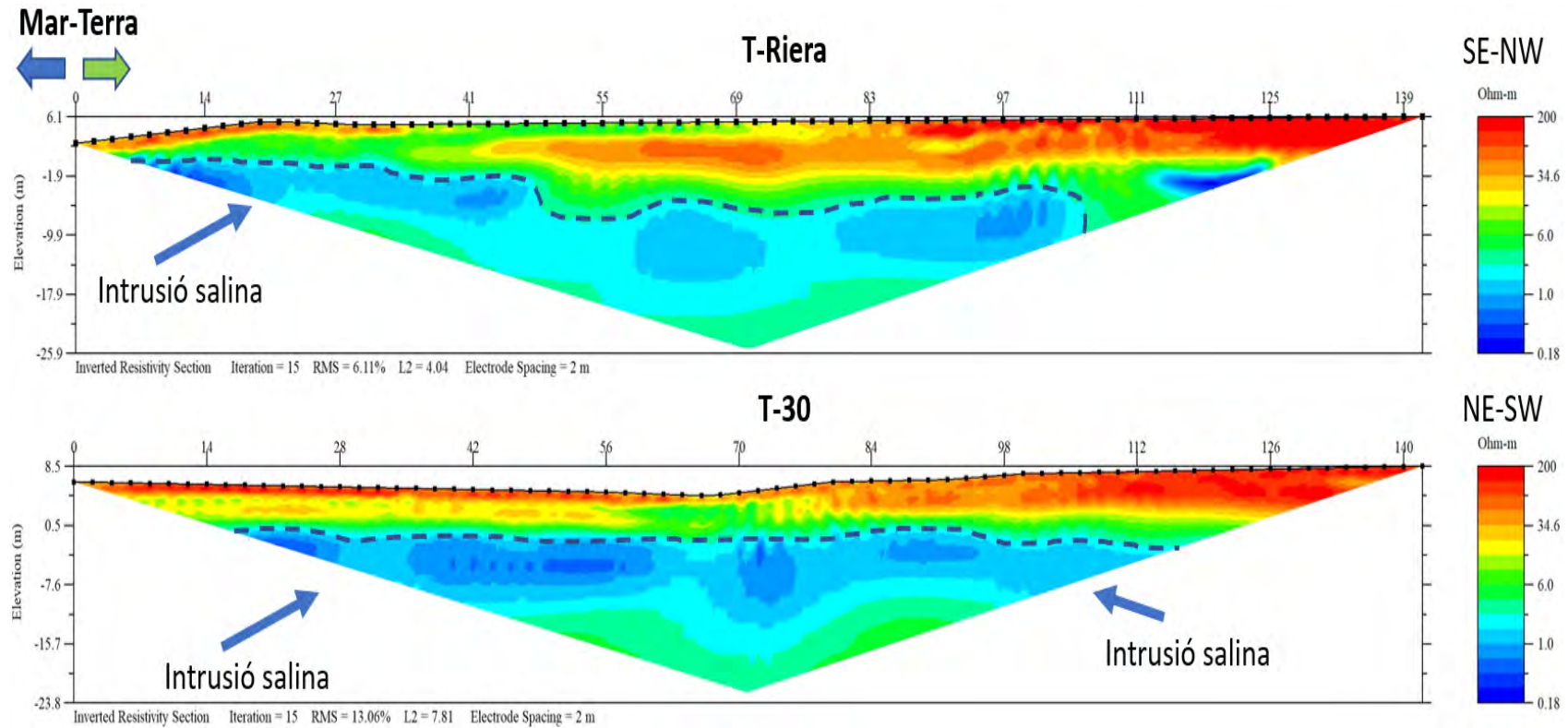
*Inconvenients:  
Límit d'aproximació a la línia de costa.*



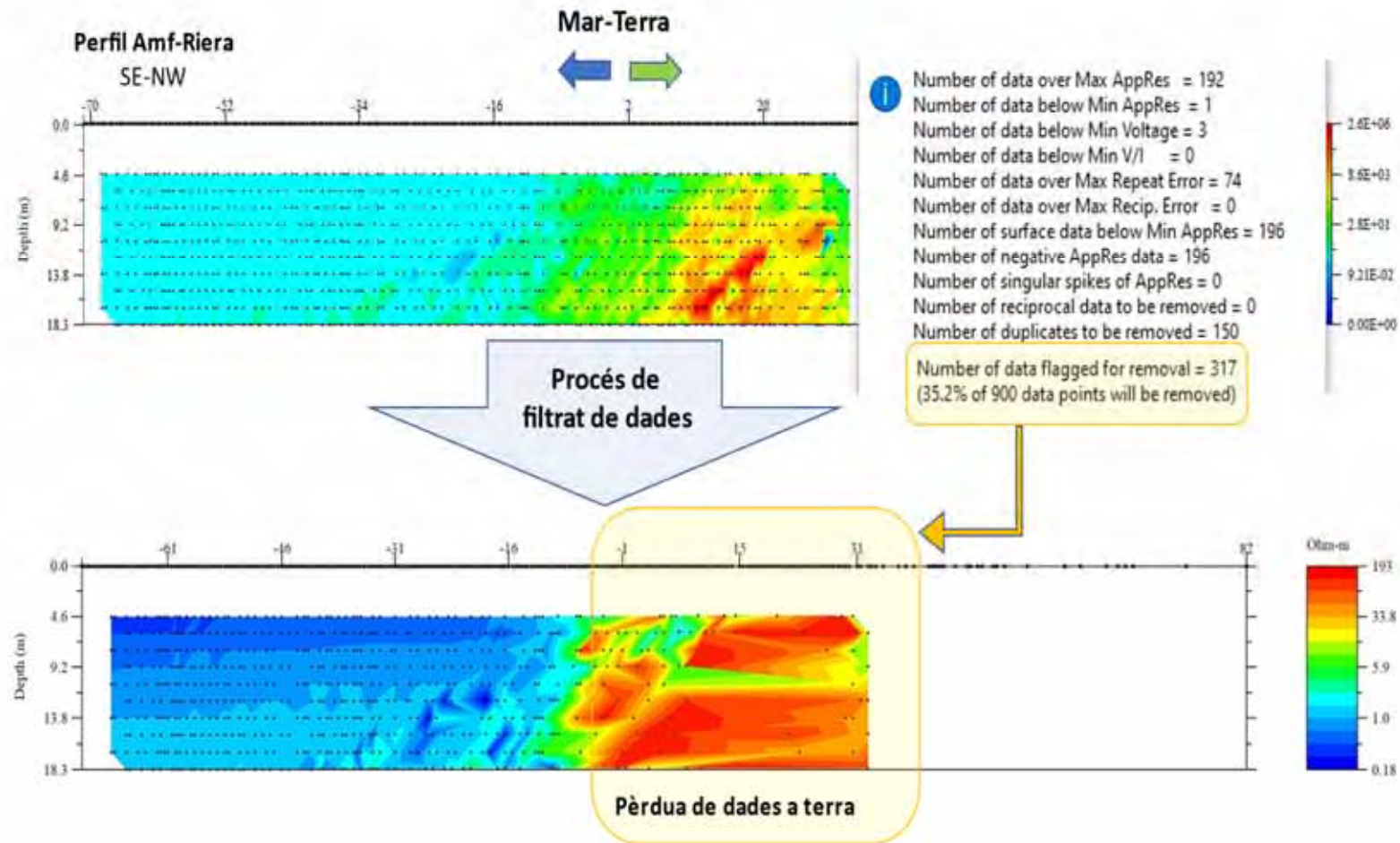
# PT3. Tasca 3.1. Metodologia perfils amfibis



# PT3. Tasca 3.1. Tomografia elèctrica terrestre

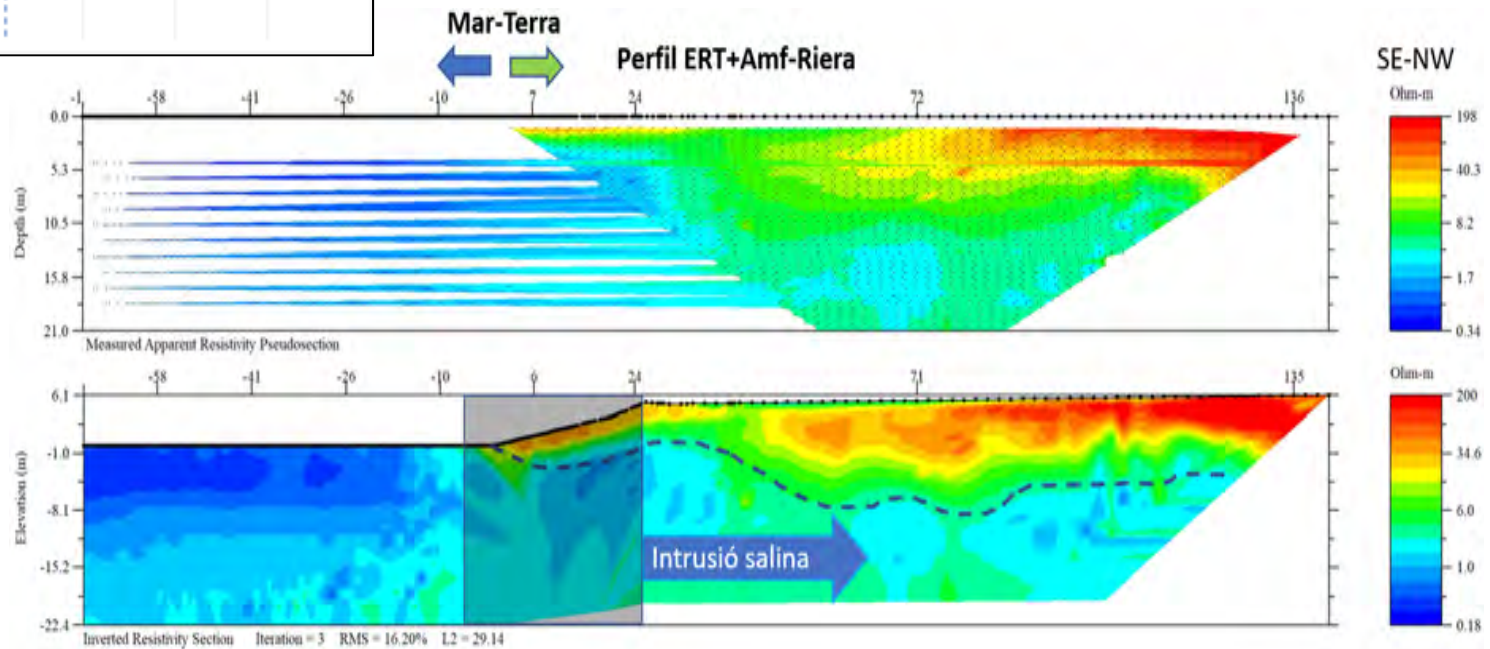
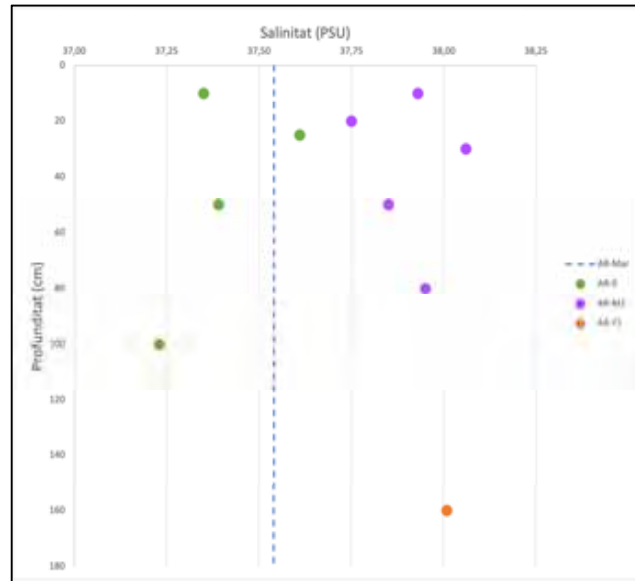


# PT3. Tasca 3.1. Perfils ambfibus: inversió dades



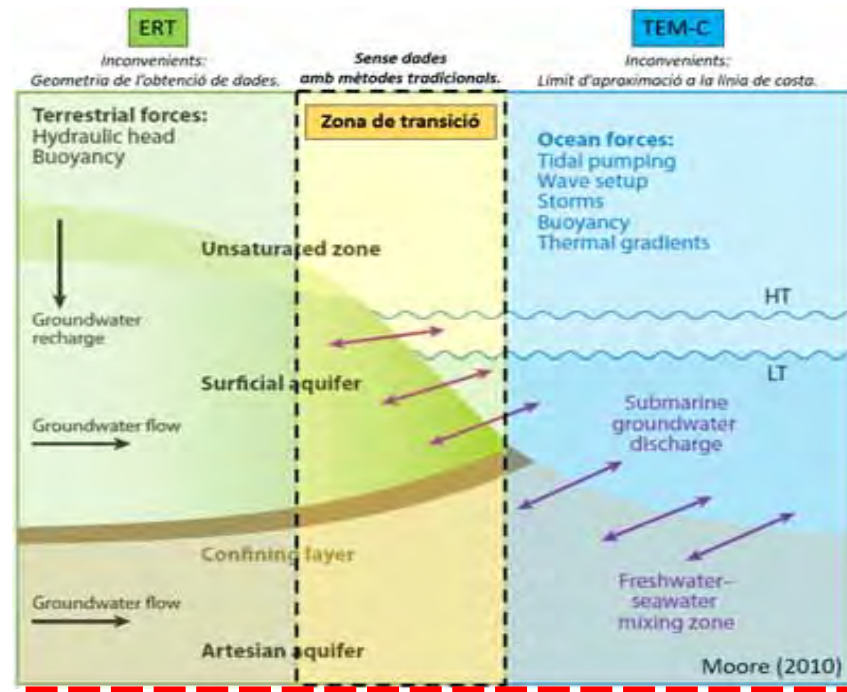
Falla contacte elèctrodes part terrestre

# PT3. Tasca 3.1. Perfils ambfibis: resultats



# PT3. Tasca 3.1. Perfils ambfibis: nou enfoc

Cable amb elèctrodes de grafit especialment dissenyat i construït per a fer perfils ambfibis



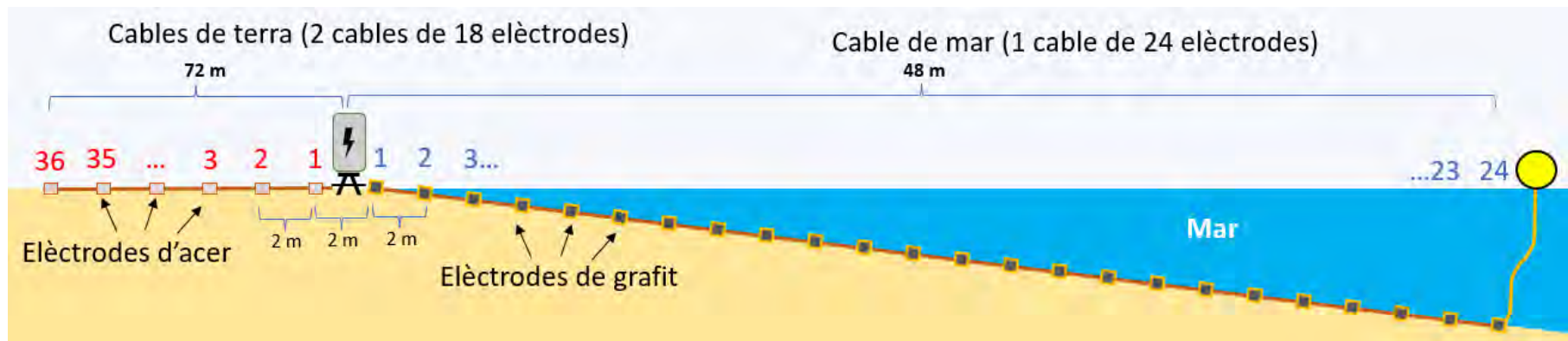
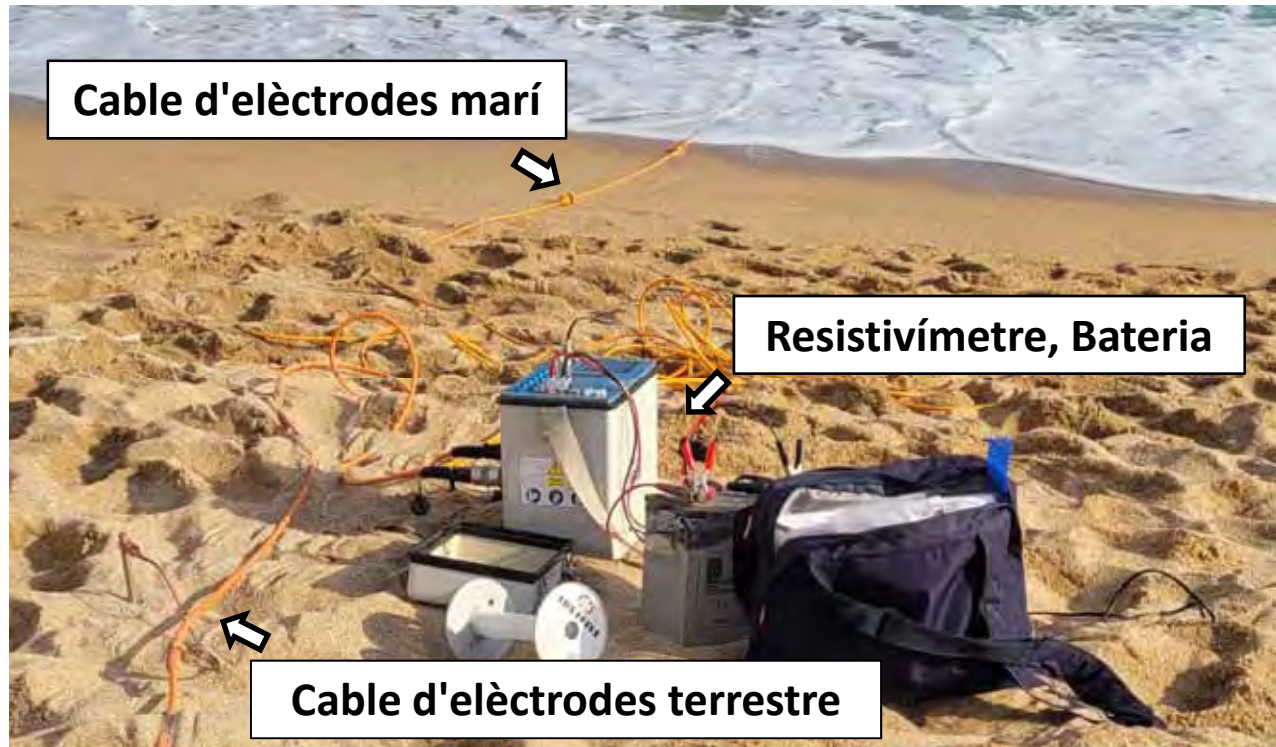
Cobertura amb el nou cable

# Tasca 3.1. TMA - Com ho fem?

A la dreta, imatge dels equips utilitzats durant la campanya de camp.

A la part inferior, esquema que il·lustra la posició dels elèctrodes per obtenir dades de la zona de transició.

En aquest exemple, es mostra una configuració de 36 elèctrodes a terra i 24 al mar, però pot variar en funció del equips disponibles.



# PT3. Tasca 3.1. TMA- Resultats

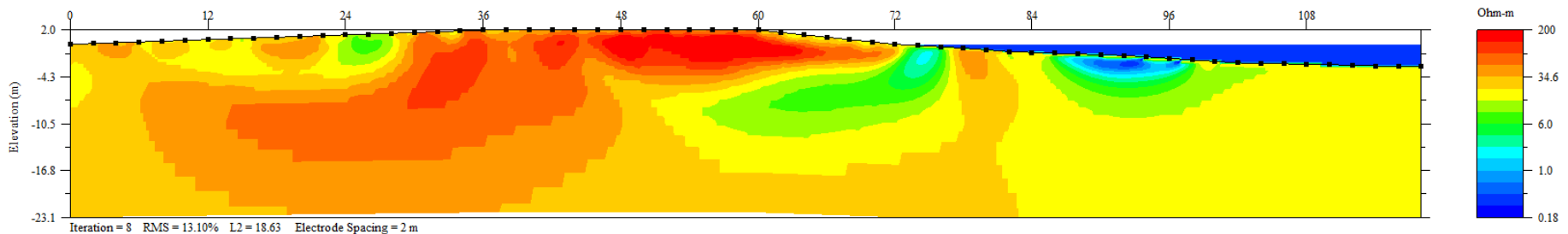
## Riera de Sant Pol (març 2022)

### Configuració:

- 2 cables de terra de 18 elèctrodes
- 1 cable de mar de 24 elèctrodes

\*Primer prova de perfil amfibi

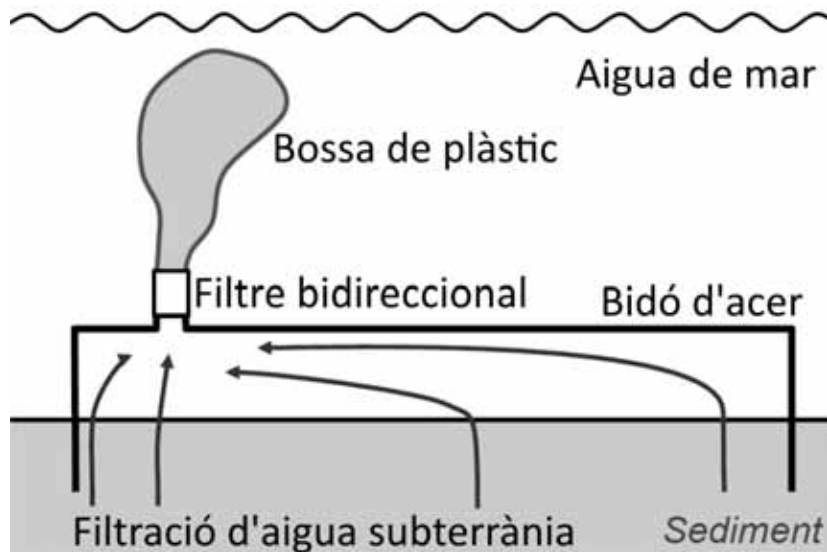
\*Condicions del mar desfavorables



Perfil de resistivitat amfíbia en un transsecte perpendicular a la costa a la desembocadura de la riera de Sant Pol, Sant Pol de Mar. Primer cop que es va provar aquest disseny. Degut a les condicions del mar no eren òptimes i a la presència de roques al fons del mar, el model de resistivitat resultant presenta alguns errors. A la part central del model, la regió vermella de la part superior correspon a sorres seques de la zona no saturada, mentre que per sota es pot interpretar la intrusió d'aigua marina, en verd. Entre aquests, una zona de barreja.

# Tasca 3.1. Seepage meters

## Comparació amb altres mètodes



Els “Seepage metres” o mesuradors de filtració proporcionen una mesura directa de la taxa de filtració al lloc d'instal·lació i permeten estimar la SGD en grans àrees. A la imatge esquerra, un esquema de com s'instal·la l'instrument. A la imatge de la dreta, l'instal·lació de seepage metres durant una campanya de mostreig.

# Tomografia elèctrica amfíbia. Resultats

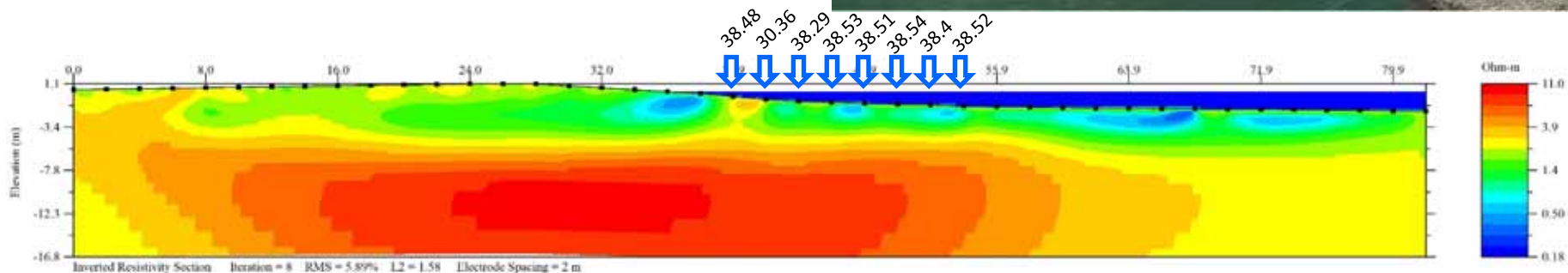
## Riera d'Alella, Masnou (juny 2022)

### Configuració:

- 1 cables de terra de 18 elèctrodes
- 1 cable de mar de 24 elèctrodes

### Altres mètodes:

- Seepage meter (↕)



Perfil de resistivitat amfíbia en un transsecte perpendicular a la costa a la desembocadura de la riera d'Alella, Masnou. A la part superficial de l'aquífer, les regions grogues i verdes a la part esquerra (a terra) indiquen presència d'aigua salobre, que incrementa la salinitat cap al mar. A la part inferior, la regió vermella de color vermell pot indicar la presència d'aigua dolça, però l'augment de resistivitat també pot ser degut a la proximitat de l'espigó del port, capes d'argiles o al substrat rocós. Les fletxes verticals indiquen els llocs on es van recollir mostres d'aigua subterrània mitjançant seepage meters i el valor de salinitat obtingut(psu).

# Tomografia elèctrica amfíbia. Resultats

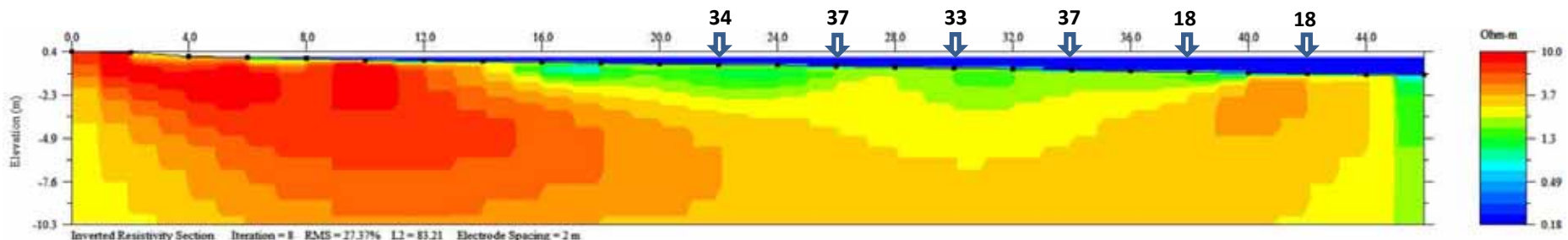
## Aiguadolç, Sitges (juny 2022)

### Configuració:

- 1 cable de mar de 24 elèctrodes

### Altres mètodes:

- Piezòmetres manuals (↓)



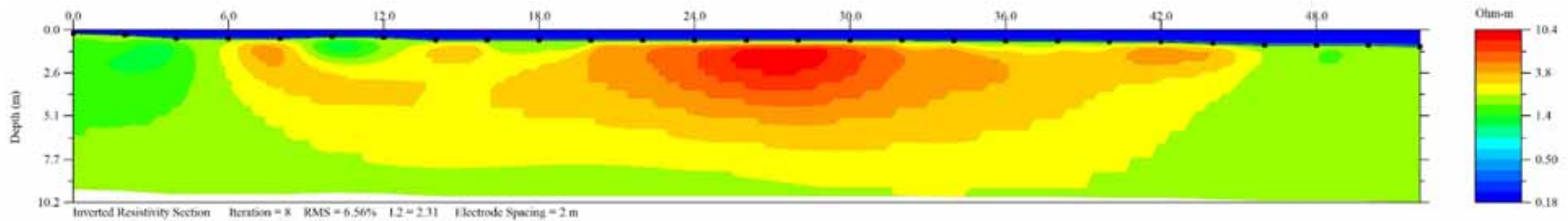
Perfil de resistivitat amfíbia en un transecte perpendicular a la costa a la platja d'Aiguadolç, Sitges. Les regions vermelles i grogues a la part esquerra (a terra) indiquen presència d'aigua dolça, que s'extén mar endins, com a mínim fins a 40m de la línia de costa. Les fletxes verticals de punts indiquen els llocs on es van recollir mostres d'aigua subterrània mitjançant un piezòmetre i el valor de salinitat (psu). Donada la presència d'edificis, en aquest cas no es podia desplegar el cable d'elèctrodes terrestre.

# Tomografia elèctrica amfíbia. Resultats

## Aiguadolç, Sitges (febrer 2023)

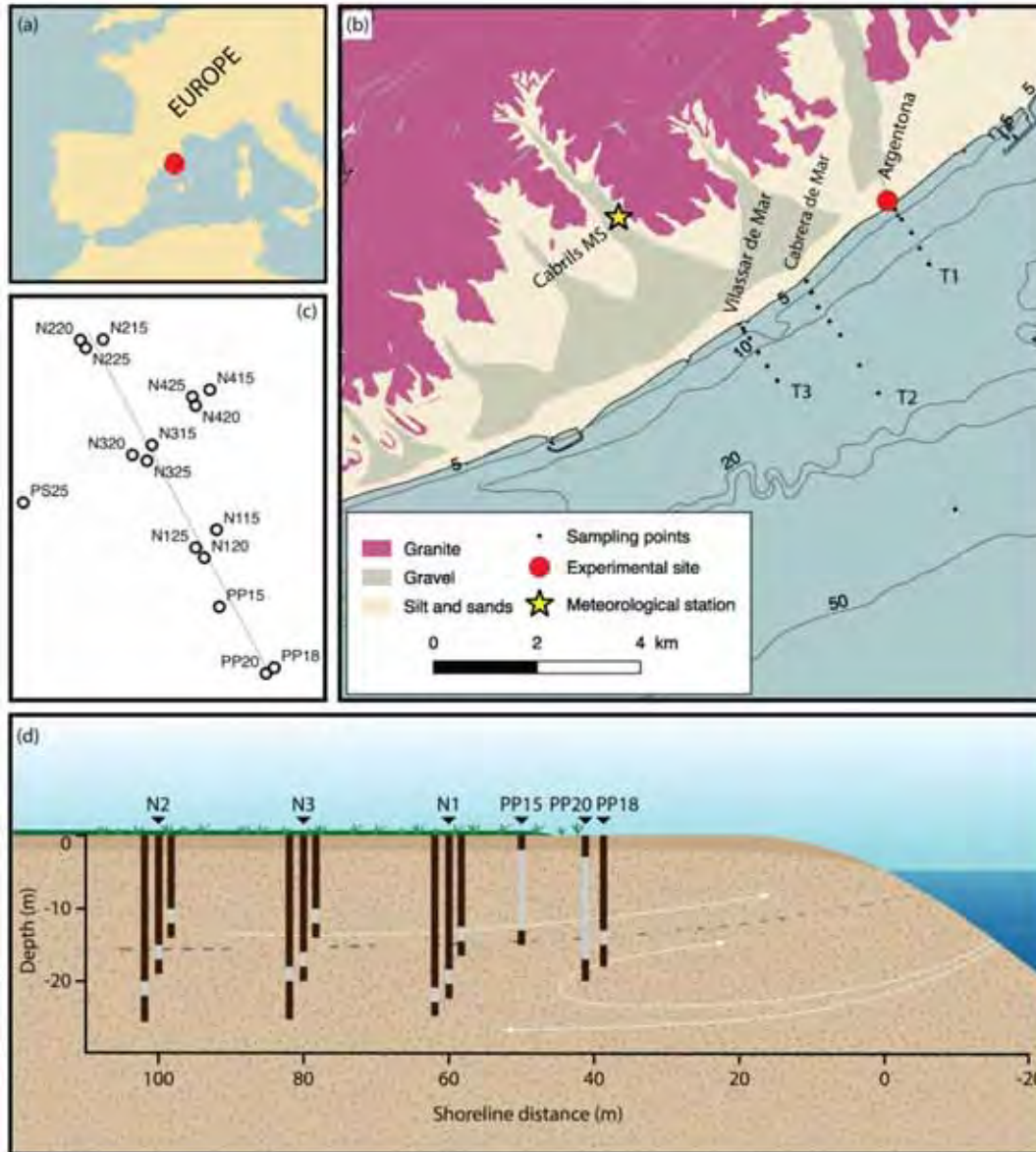
### Configuració:

- 1 cable de mar de 24 elèctrodes (amb desplaçament mar endins)



Perfil de resistivitat amfíbia en un transecte perpendicular a la costa a la platja d'Aiguadolç, Sitges. Desplaçar el cable d'elèctrodes marí mar endins permet obtenir dos conjunts de dades per tal d'obtenir un model de resistivitat que representi més metres, en aquest cas de 46 m a 52 m. El resultats son similars als anteriors.

# PT3. Tasca 3.2. Caracterització SGD MEDISTRAES



Avaluació de la SGD associada a esdeveniments de precipitació extrema (EPEs) Precipitació > 70 mm/d

*Es coneix el seu efecte a l'aqüífer però no la seva afecció a nivell de SGD.*

Objectius:

Estimar les **entrades d'aigua i nutrients al mar associats a EPEs** a través de la SGD

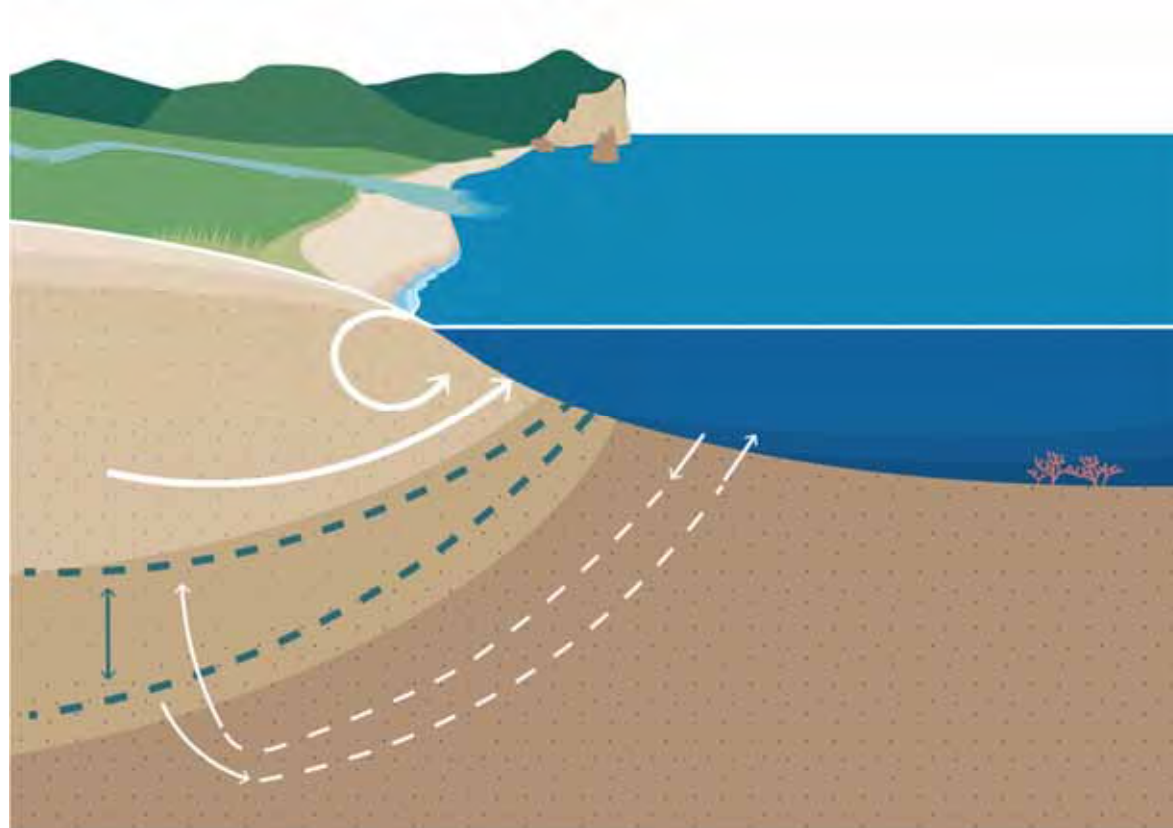
Tasques:

- Realització de tres campanyes de mostreig (aigua subterrànica + aigua de mar), en condicions estacionàries i després d'un EPE
- Monitorització dels nivells piezomètrics

# PT3. Tasca 3.2. Caracterització SGD MEDISTRAES

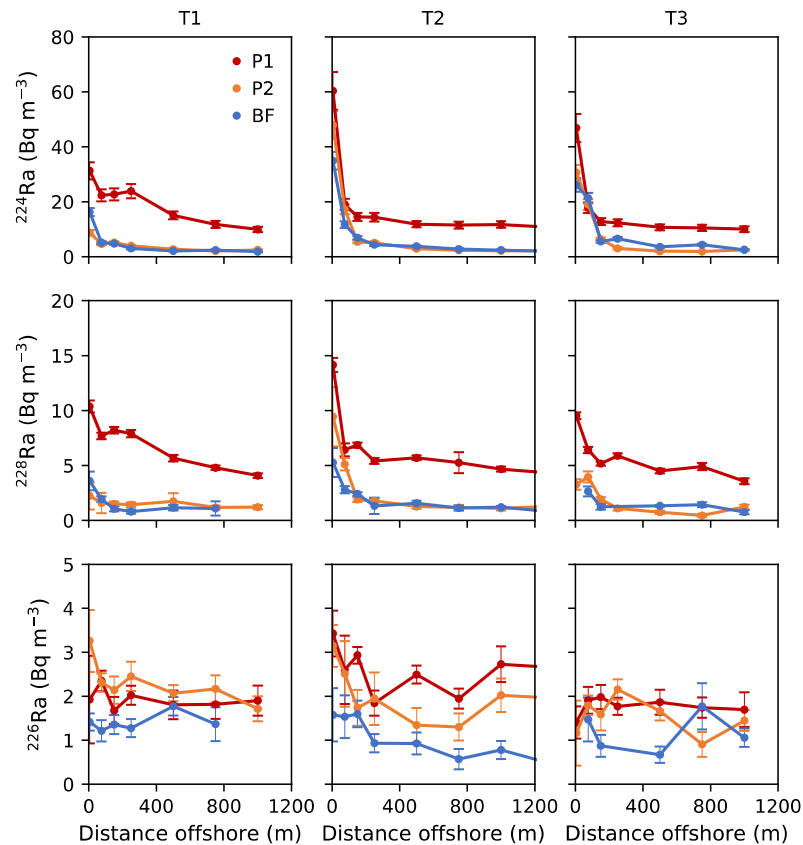
## Efectes dels EPEs sobre la SGD

1. Incrementa la recirculació d'aigua de mar a la zona superficial del aquífer costaner
2. Incrementa el gradient hidràulic i per tant la descàrrega d'aigua meteòrica
3. El moviment de la falca induïx la descàrrega de l'aigua continguda a la zona profunda de l'aquífer



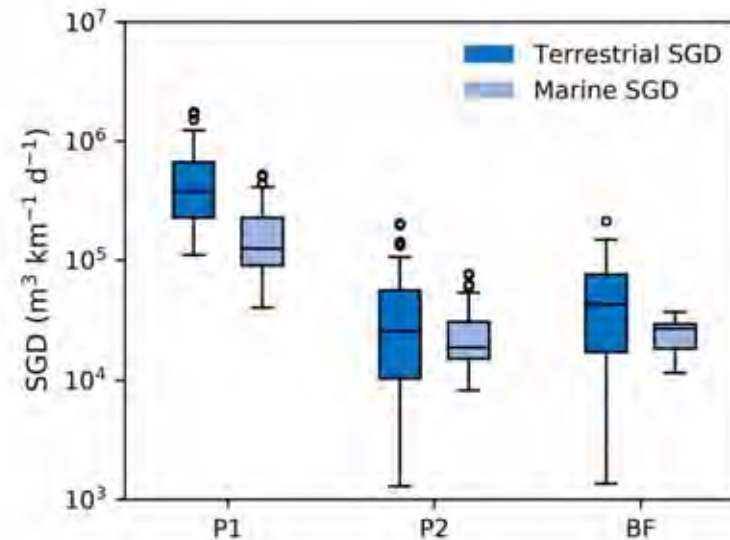
# PT3. Tasca 3.2. Caracterització SGD MEDISTRAES

## Efectes dels EPEs sobre la SGD



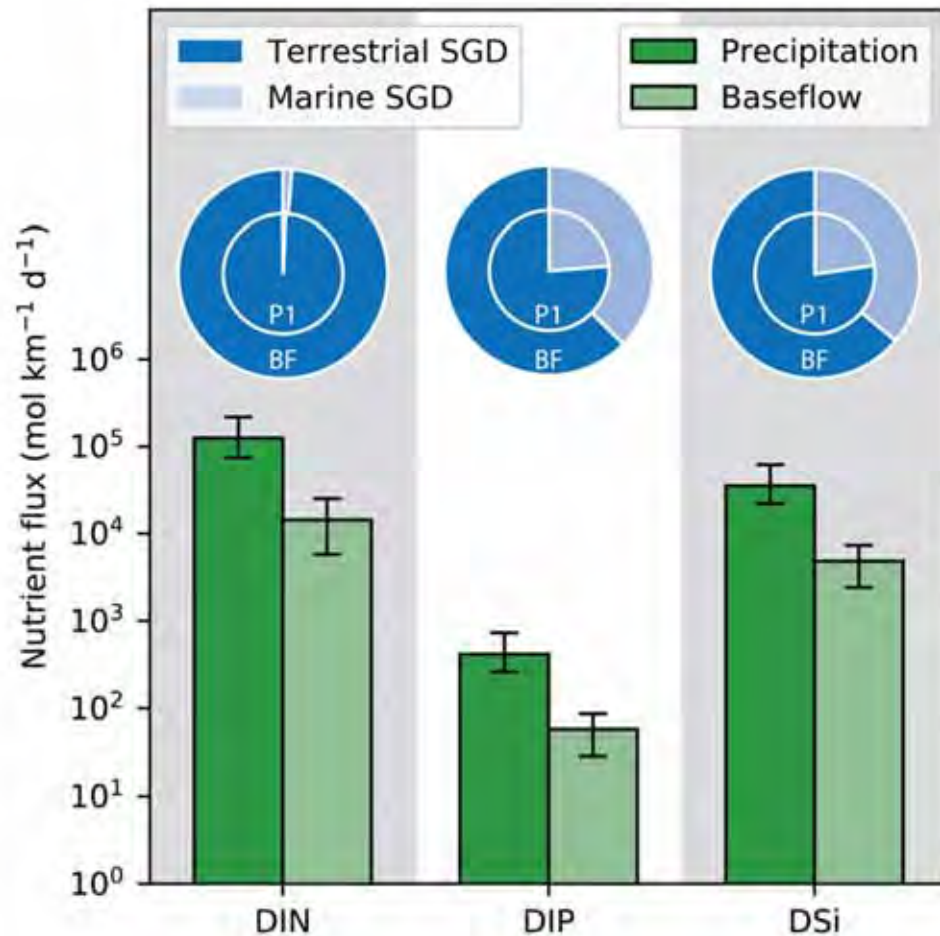
## Resultats

- Les activitats de radi augmenten considerablement després d'un EPE
- La SGD (dolça i recirculada) augmenta un ordre de magnitud després d'un EPE



# PT3. Tasca 3.2. Caracterització SGD MEDISTRAES

## Efectes dels EPEs sobre la SGD

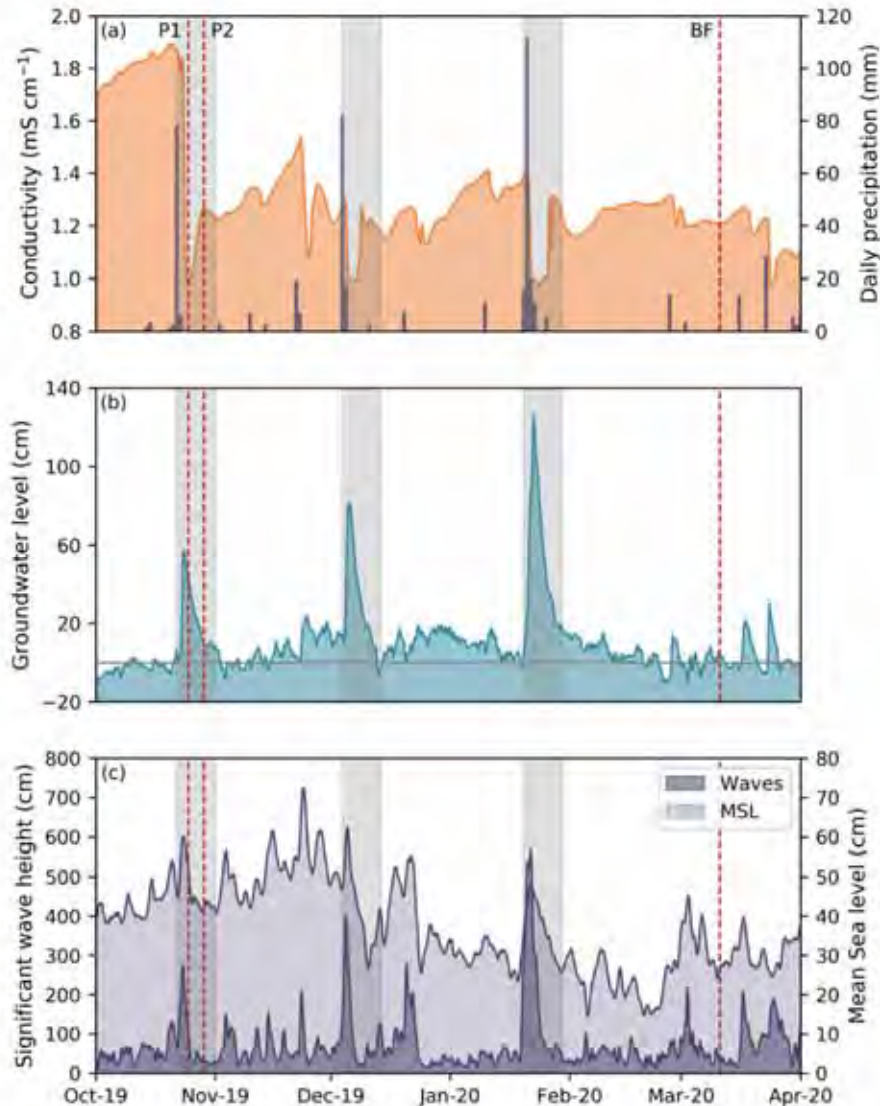


## Resultats

- Les activitats de radi augmenten considerablement després d'un EPE
- La SGD (dolça i recirculada) augmenta un ordre de magnitud després d'un EPE
- Els fluxos de nutrients després d'EPEs són entre 7 i 9 vegades més grans que en condicions estacionàries

# PT3. Tasca 3.2. Caracterització SGD MEDISTRAES

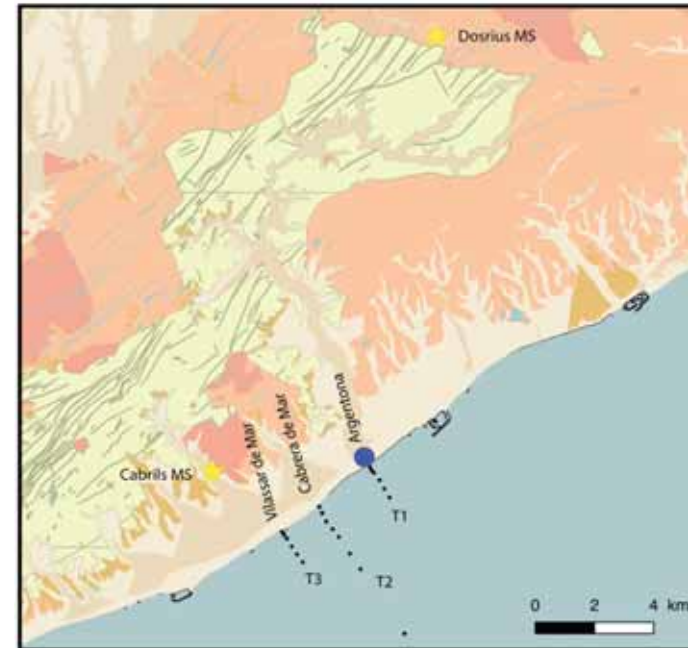
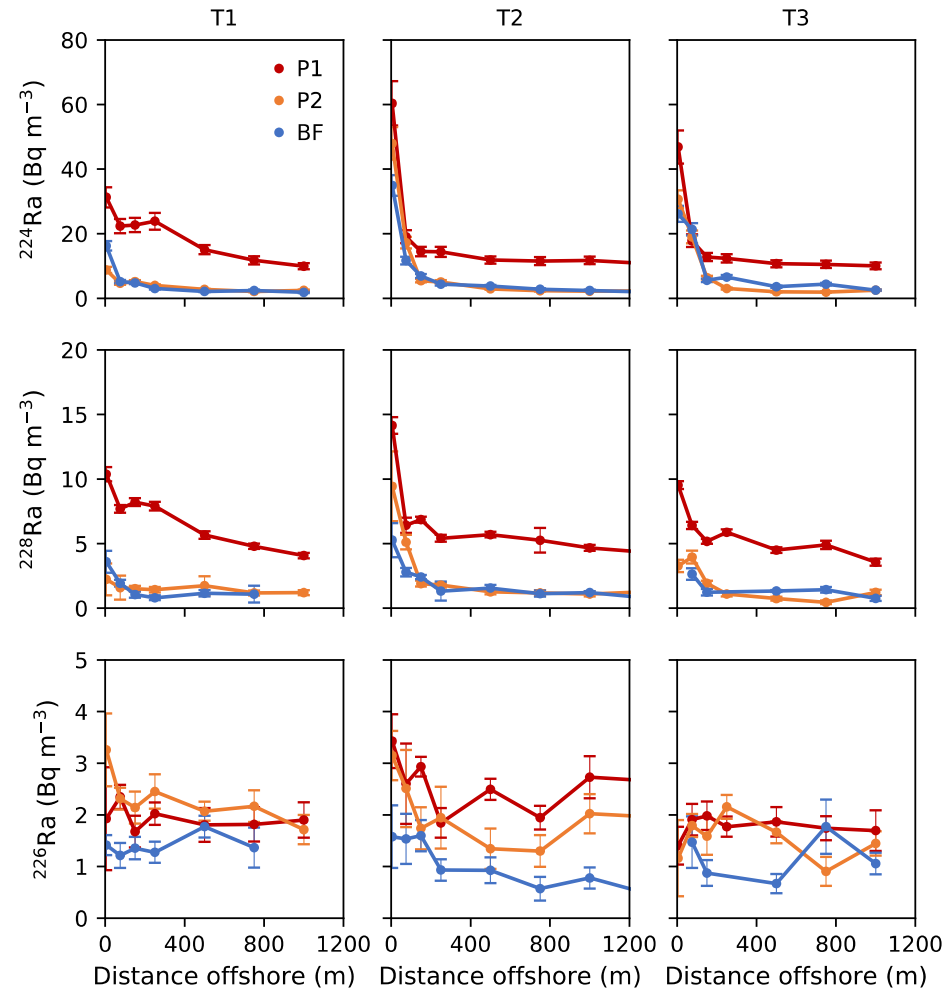
## Efectes dels EPEs sobre la SGD



## Resultats

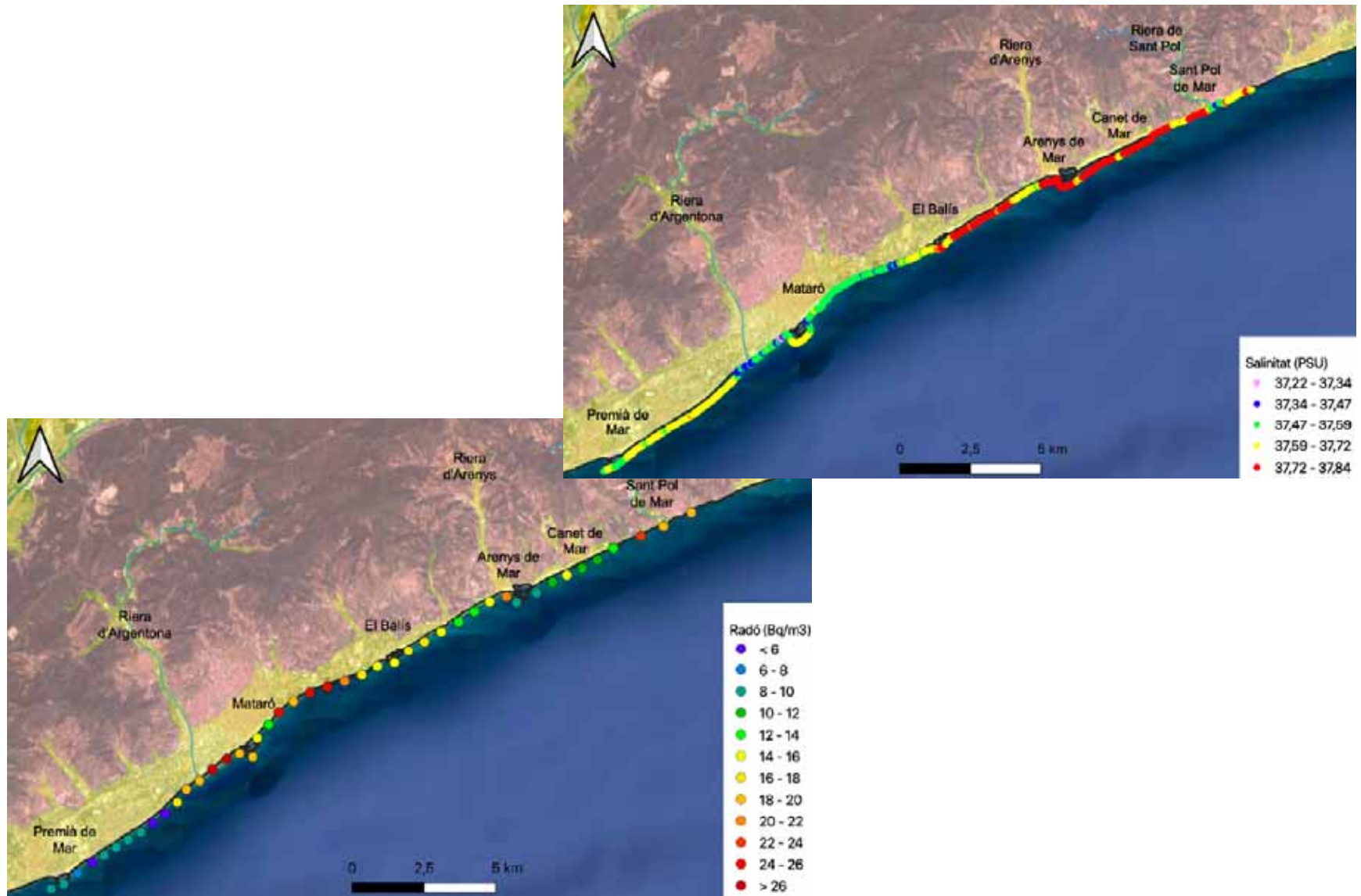
- Un sol EPE pot representar  $\sim 13\%$  de la SGD anual
- En anys molt plujosos, els EPEs poden arribar a representar el 30% de la SGD anual
- Aquestes entrades sobtades de nutrients poden afectar negativament els ecosistemes costaners (p.e., eutrofització)
- Els models climàtics indiquen que incrementaran els EPEs a la zona del Mediterrani

# PT3. Tasca 3.3. Mostreig "punts calents" Maresme



S'ha fet la mateixa caracterització a altres al·luvials del Maresme amb resultats similars

# PT3. Tasca 3.3. Mostreig "punts calents" Maresme



# PT4. Caracterització dinàmica zona MEDISTRAES

## Taska 4.1. Monitoreig piezòmetres site

Site inservible després del temporal Gloria i inaccessible durant la COVID



## PT4. Tasca 4.1. Restauració site

- 1) **Netejar l'entorn del lloc de la vegetació invasiva** aprofitant una restauració de la llera duta a terme per l'ACA i els ajuntaments de Cabrera i Mataró.
- 2) **Retirar la cobertura de sediments i derruvis** acumulats a la part superficials del site (gruix entre 20 i 100 cm) per poder tornar accedir als sondejors.
- 3) **Descarregar totes les dades dels instruments** que no es podien fer a causa de la pandèmia.
- 4) **Construcció d'un petit mur de contenció** amb material autòcton que hauria de protegir de les futures avingudes però no es descarta que l'emplaçament pugui quedar inutilitzat en futures avingudes en un futur proper.
- 5) **Instal·lació de noves arquetes així com un nou sistema de monitoreig** que mesura en tots els sondejors del niu 1 (N1) la conductivitat elèctrica, la temperatura, el pH i el Eh de forma contínua.



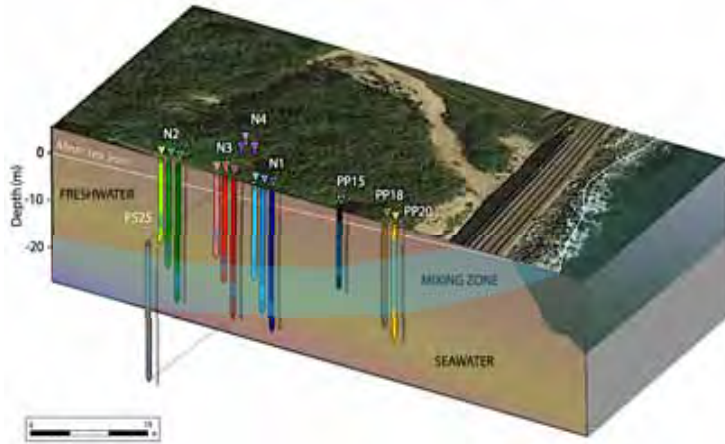
## PT4. Tasca 4.1. Restauració site

- 6) **Perforació de nous sondejos de 10 metres** al costat de cada un dels nous preexistents que s'alineen formant un perfil perpendicular a mar (excepte el Niu 4). Així, ara cada nou està format per 4 sondejos amb ranurats ranuració de 2 m que cobreixen els rangs de profunditat de 10, 15, 20 i 25 m aproximadament.
- 7) **Construcció d'una nova illa de sondejos** a la nova zona d'escullera a l'altre costat de la via mitjançant el nou vial construït per ADIF.

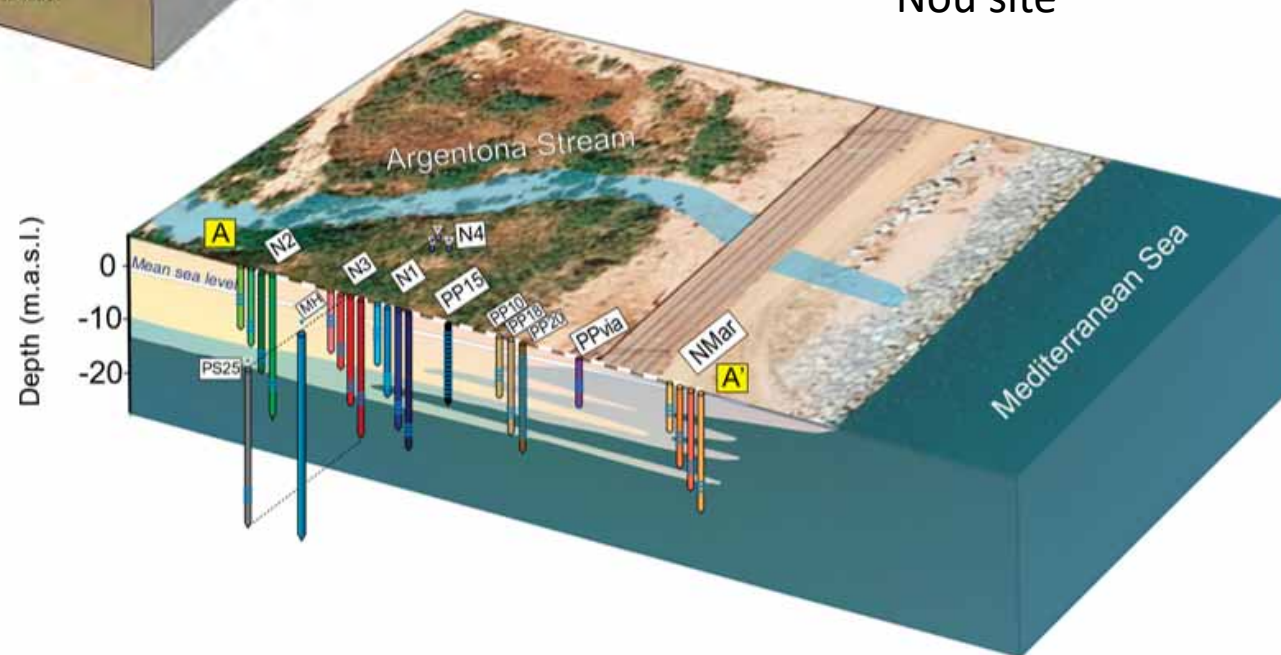


# PT4. Tasca 4.1. Ampliació site experimental

Antiga



Nou site



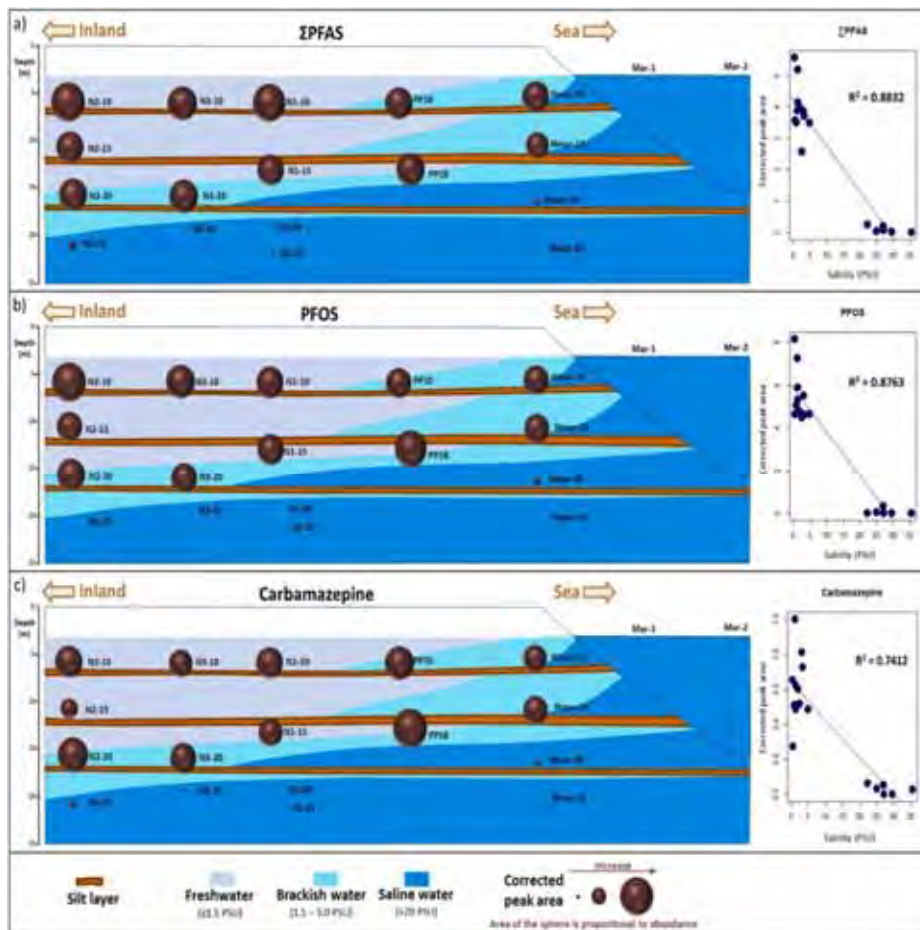
## PT4. Tasca 4.1. Monitoreig site MEDSITRAES

- El mes de desembre s'ha dut la campanya de mostreig més completa que s'ha fet des de que es va construir el site. Es repetirà a l'estiu
- Institucions involucrades: UPC, UAB, UB, IDAEA, ICM
- Campanya més complerta fins a la data incloent paràmetres tradicionals, diferents tipus d'isòtops (D, O18, NO3, NH4+, Ra i Rn), contaminants emergents (CEC), nutrients, caracterització de la matèria orgànica, poblacions microbianes aigua + sòl, etc.



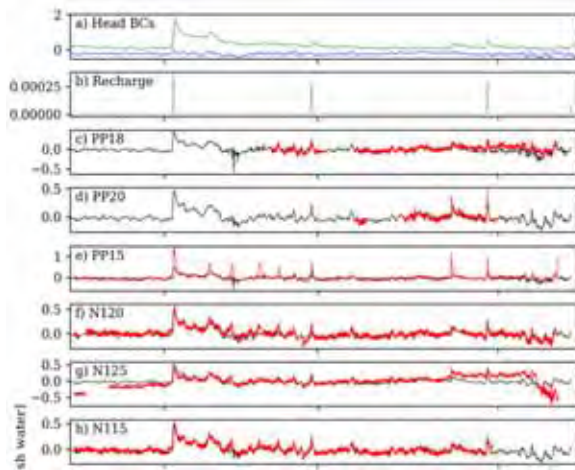
# PT4. Tasca 4.1. Monitoreig site MEDSITRAES

Els primers resultats indiquen que la zona de mescla o estuari subterrani es produeix la degradació de diversos contaminants emergents (CECs).



Gutiérrez-Martín D., Gil-Solsona R., Saaltink M.W., Rodellas V., López-Serna R., Folch A., Carrera J., Gago-Ferrero (2023) Chemicals of emerging concern in coastal aquifers: Assessment along the land-ocean interface. *Journal of Hazardous Materials*, 448, art. no. 130876

# Taska 4.2. Actualització model trans. conservatiu

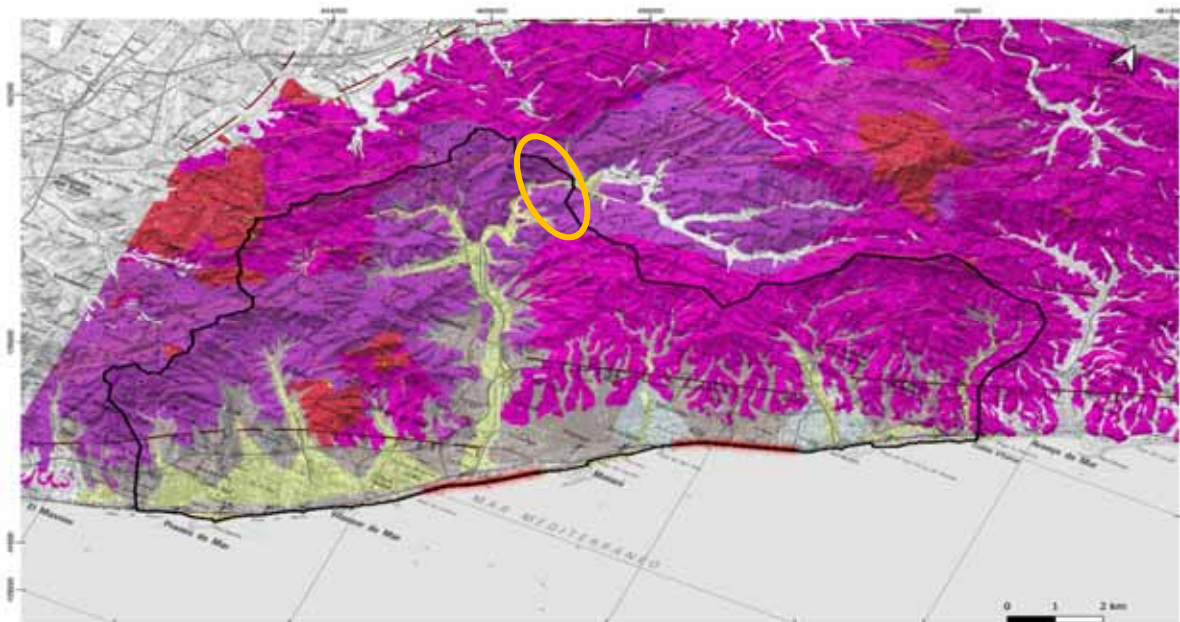


*Proposta inicial*

Actualització model site MEDSITRAES

*Nova proposta*

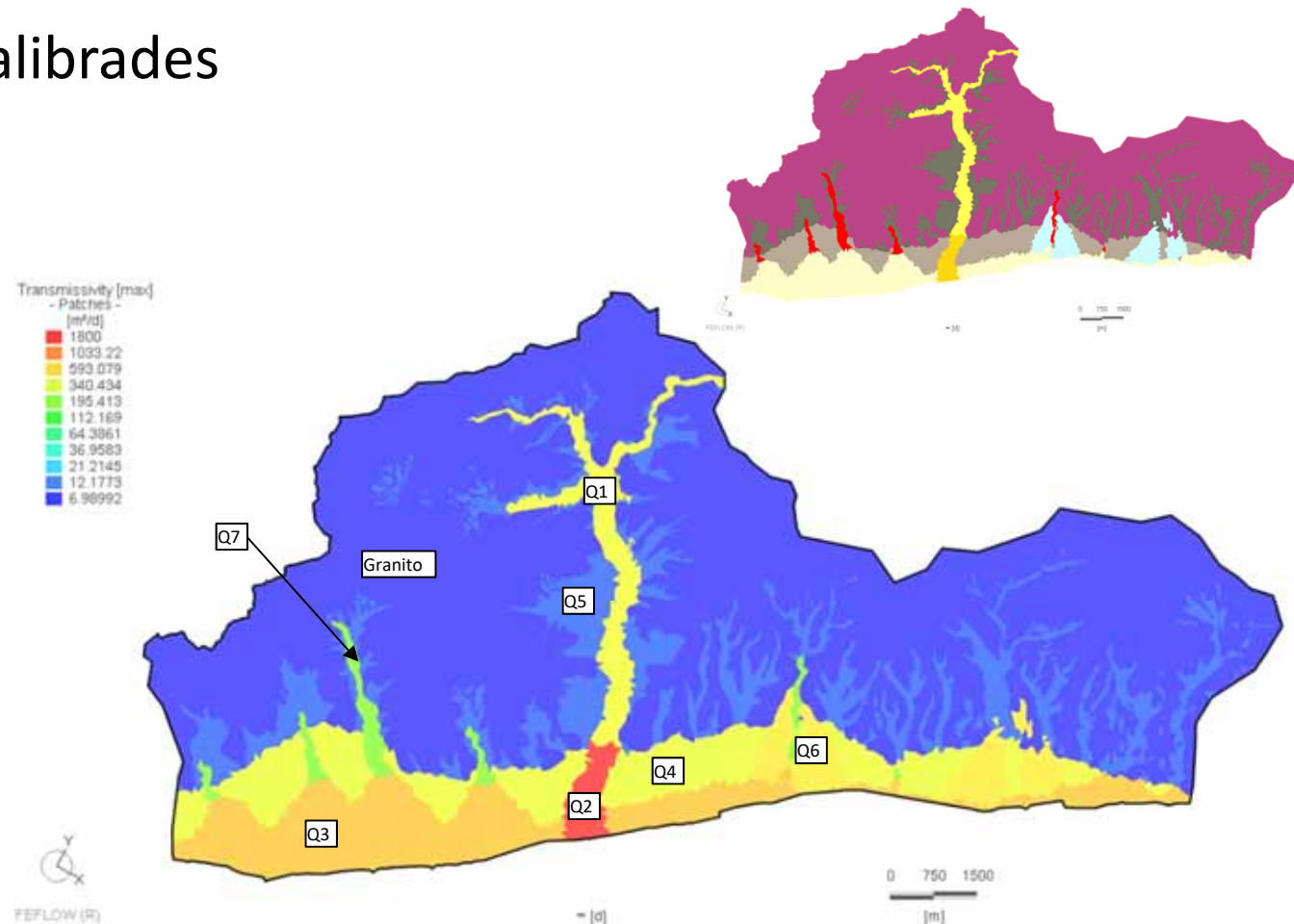
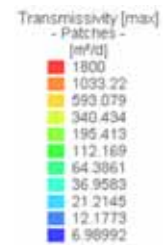
*Model zona Maresme*



# Tasca 4.2. Actualització model trans. conservatiu

## Transmisivitats calibrades

Zona	Transmisivitat [m <sup>2</sup> /d]
Granito	7.0
Q1	295.0
Q2	1800.0
Q3	650.0
Q4	400.0
Q5	10.0
Q6	500.0
Q7	200.0

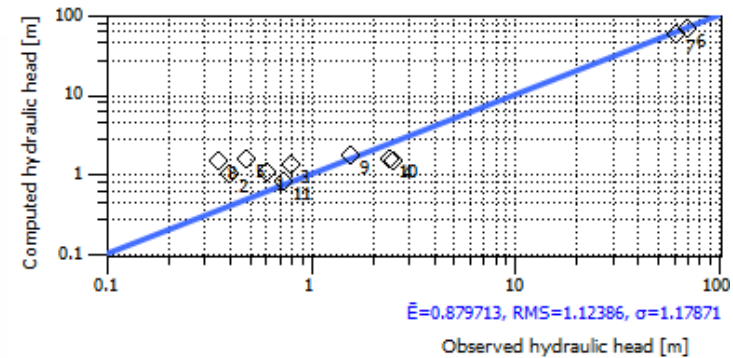


Model realitzat per a ADIF per valorar possible efecte barrera

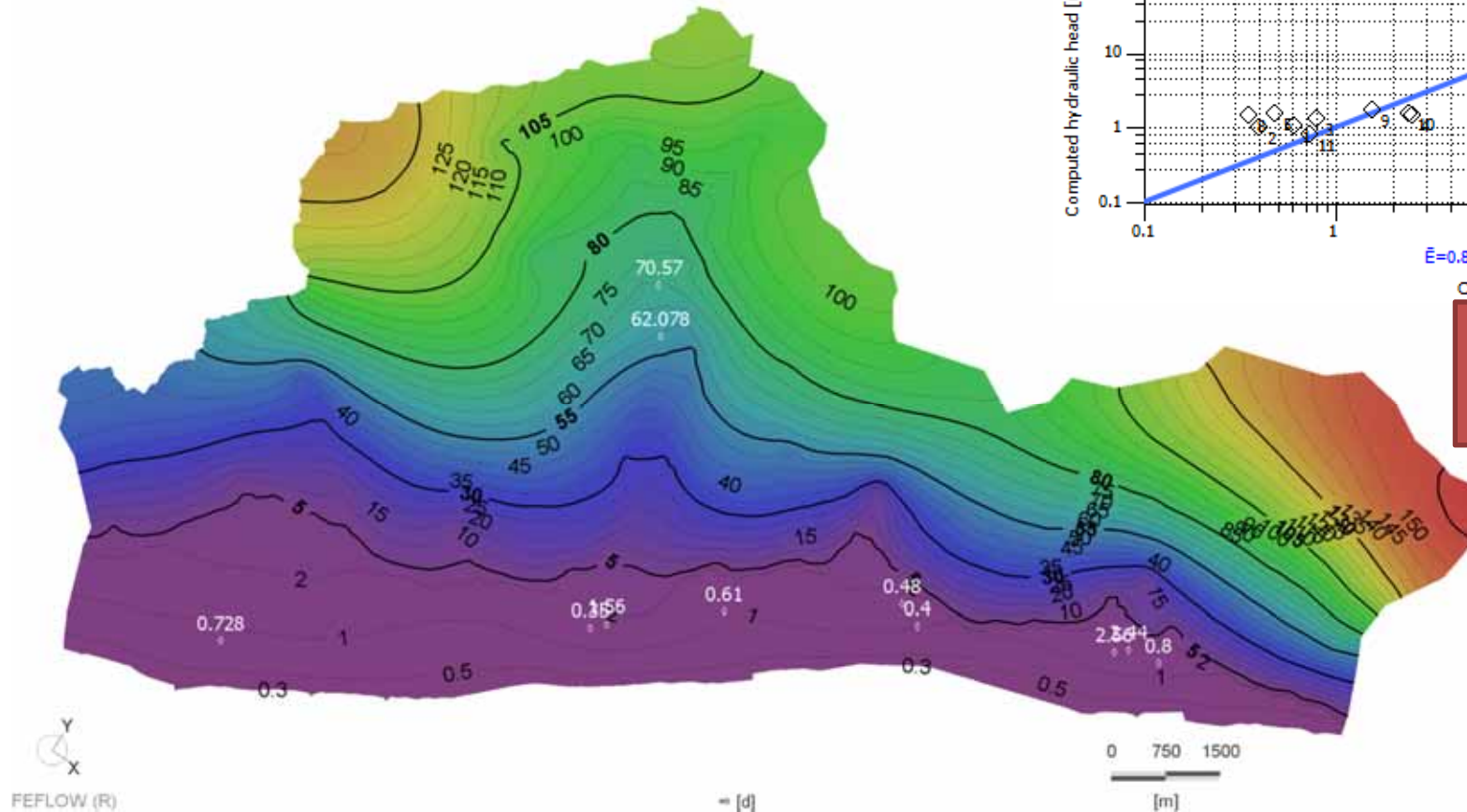
# Tasca 4.2. Actualització model trans. conservatiu

## Piezometría

AJUSTE NIVELES ACTUALIZADOS 2021



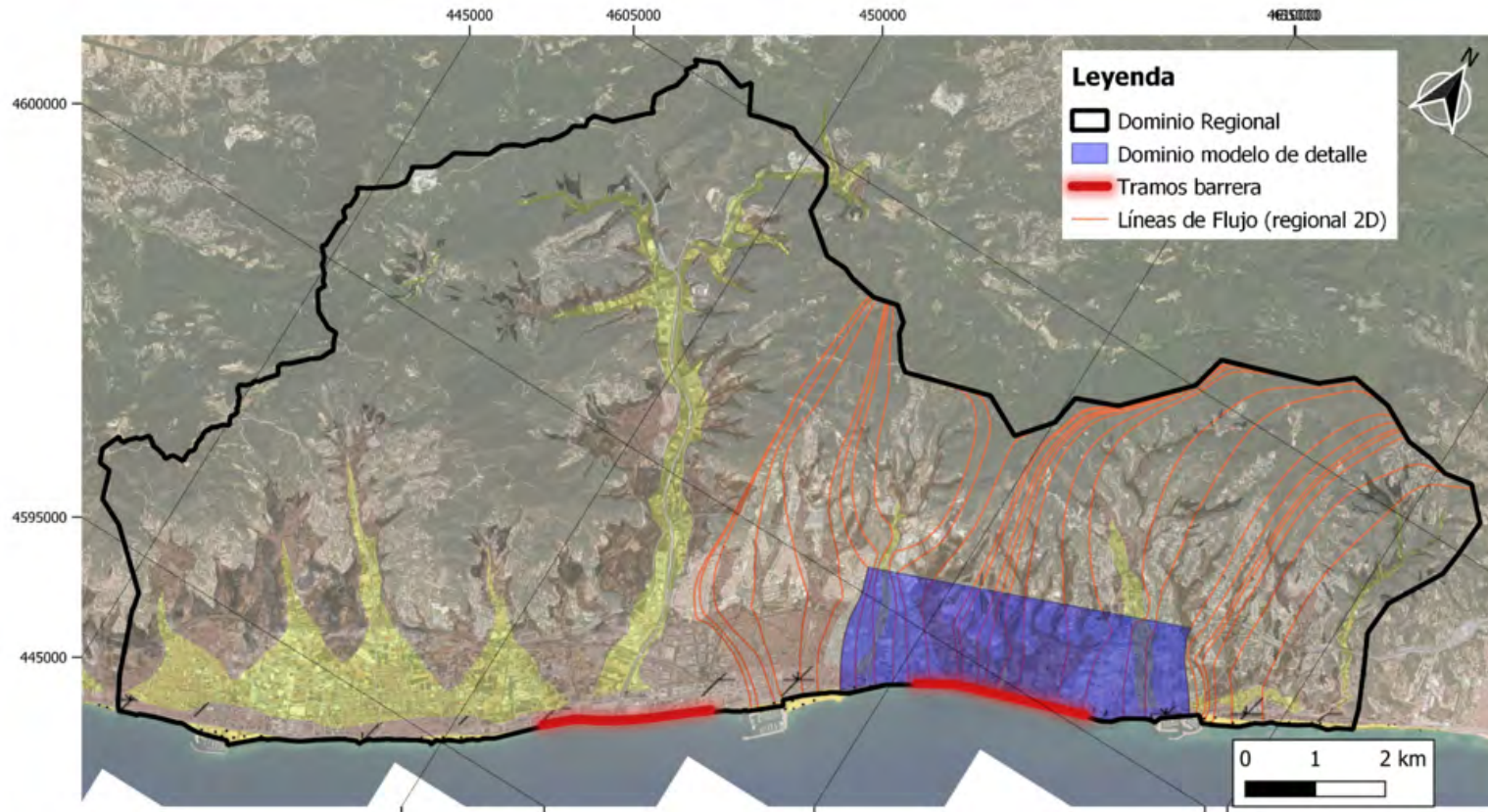
Escala logarítmica,  
Error en los valores  
bajos magnificados



Piezometría del modelo para 2021. En blanco se muestran las observaciones de nivel más actuales, utilizadas para calibrar el modelo.

# Model transport densitat variable local

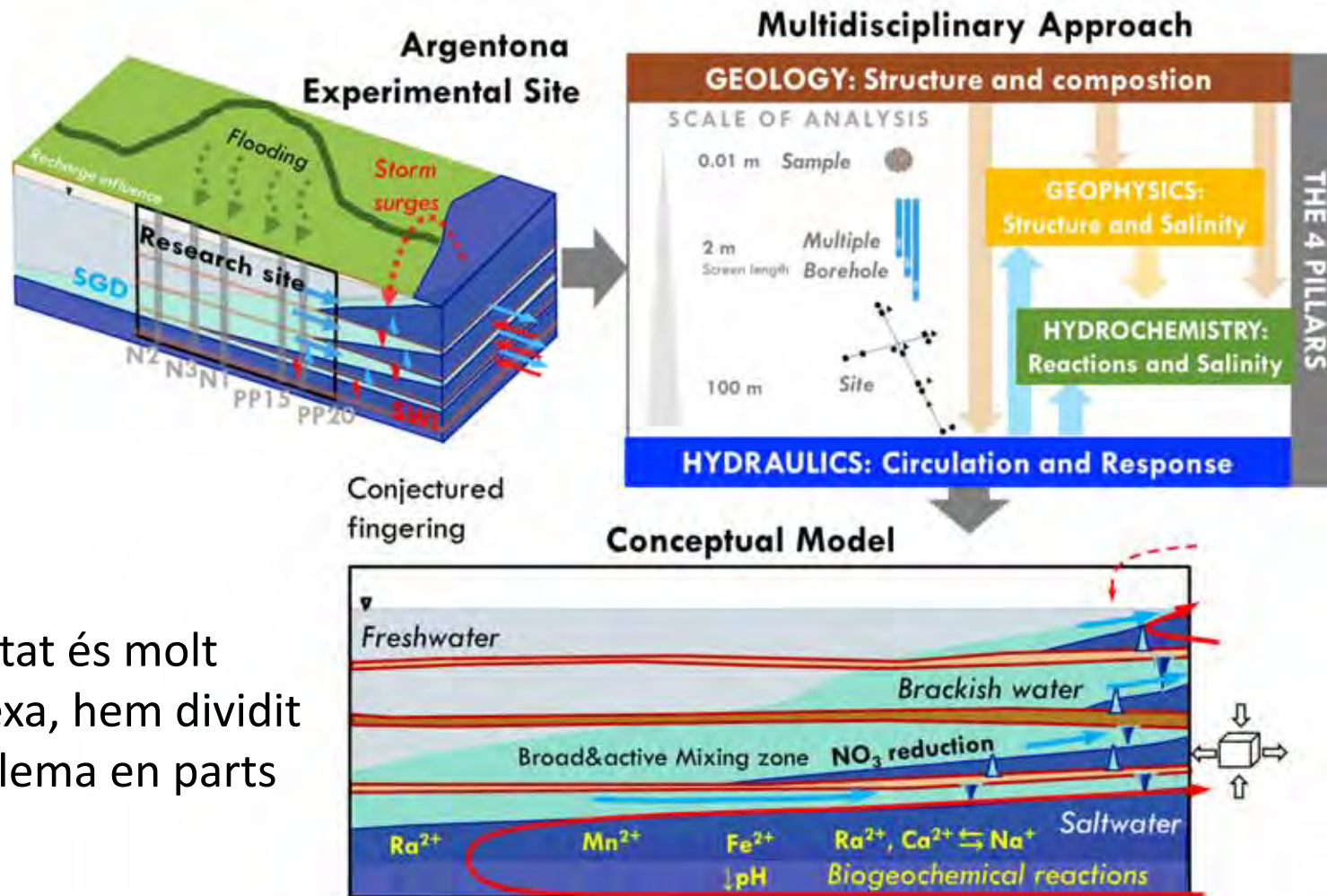
Construcció del modelo local 3D per estudiar possible efecte barrera



Per Terramar volem extendre model densitat variable tota la costa:

- 1) *Model conceptual Maresme*
- 2) *Millora interpretació dades geofísiques*

# PT5. Model de transport reactiu MEDISTRAES

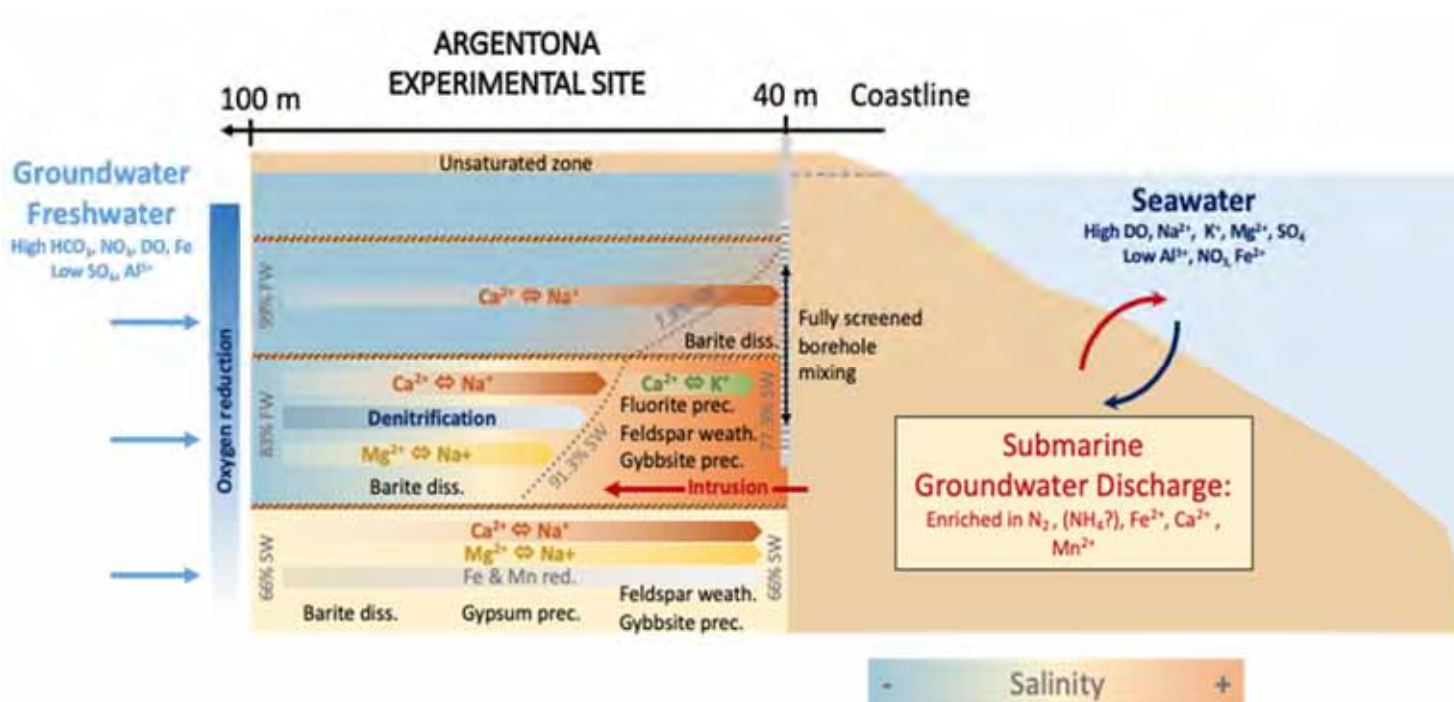


La realitat és molt complexa, hem dividit el problema en parts

**Martínez et al. 2022.** A multidisciplinary approach to characterizing coastal alluvial aquifers to improve understanding of seawater intrusion and submarine groundwater discharge. *Journal of Hydrology* (in press)

# PT5. Model de transport reactiu MEDISTRAES

Model de mescla + reaccions utilitzant *End member mixing analyses*



Goyetche T et al. , Luquot L., Carrera J., Martínez-Pérez L., Folch (2022) Identification and quantification of chemical reactions in a coastal aquifer to assess submarine groundwater discharge composition. Science of the Total Environment, 838, art. no. 155978, Cited 3 times. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.155978

# PT5. Model de transport reactiu MEDISTRAES

## Aplicacions de les ràtios $^{224}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$ i $^{222}\text{Rn}/^{226}\text{Ra}$

Model de transport advectiu:

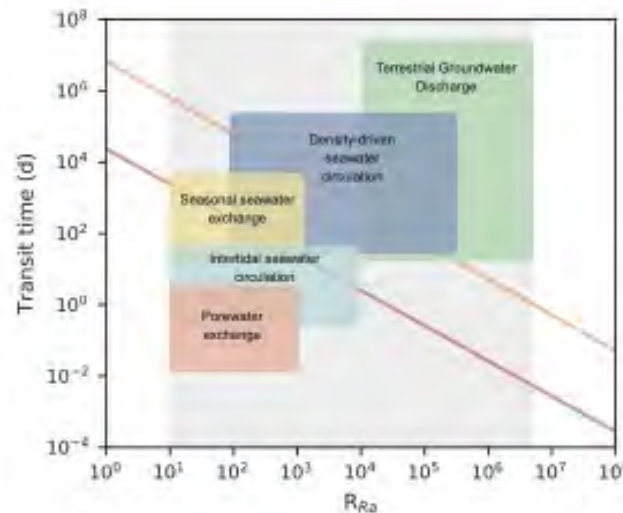
$$\frac{\partial a_i}{\partial \tau} = -\lambda_i R_i a_i \quad i = 1$$

$$\frac{\partial a_i}{\partial \tau} = -\lambda_i R_i a_i + \lambda_i R_{i-1} a_{i-1} + \lambda_i f_i \quad i = 2, \dots, n$$

**Determinació de temps de trànsit**



**Diferenciació dels components de la DAS**



**Selecció dels endmembers de la DAS**

$$SGD = \frac{F_{Ra/Rn}}{C_{Ra/Rn-end}}$$

**Diego-Feliu et al. 2021** New perspectives on the use of  $^{224}\text{Ra}/^{228}\text{Ra}$  and  $^{222}\text{Rn}/^{226}\text{Ra}$  activity ratios in groundwater studies. *Journal of Hydrology*. Volume 596, 126043

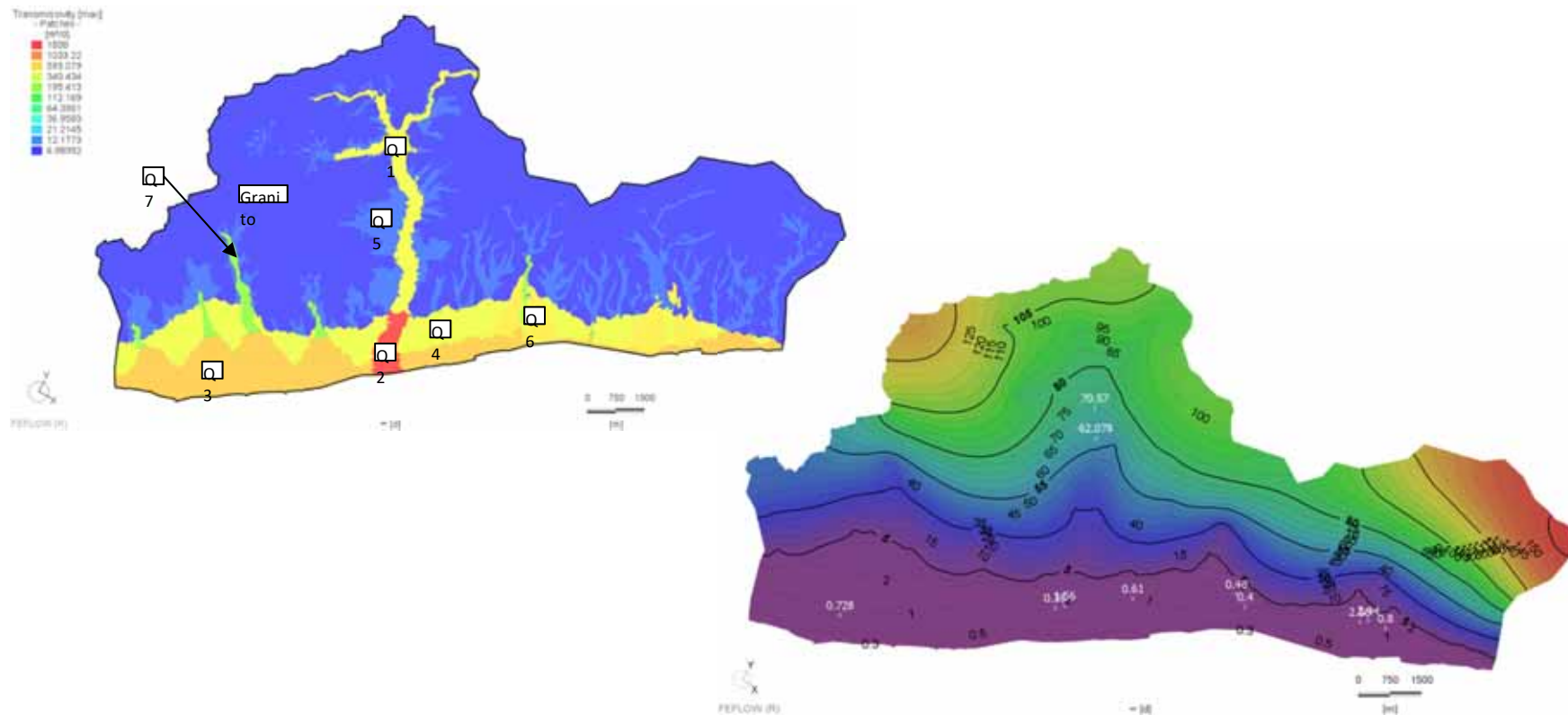
## PT5. Model de transport reactiu MEDISTRAES

Amb els resultats de la campanya de desembre 2021 i la de l'estiu 2022 esperem poder aprofundir molt més en els processos biogeoquímics que tenen lloc en aqüífers costaners dependent del lliurament dels diferents resultats.



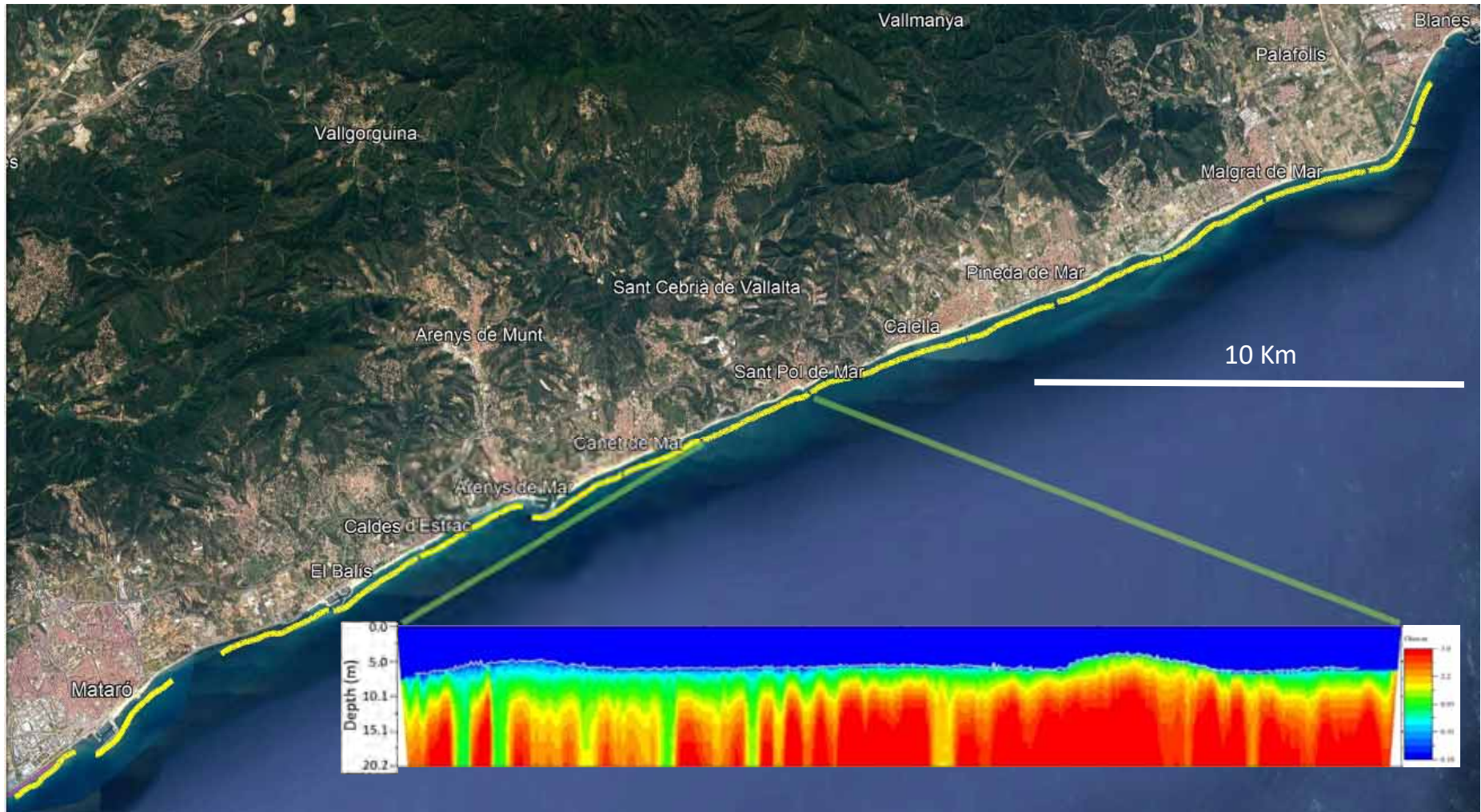
# PT6. Avaluació SGD i RRHH a escala regional

Tasca 6.1. Integració dades xarxa de control ACA Maresme així com de la tota la informació geològica, hidrogeològica i de les praderes de posidonia **disponibles**.



El model ha permès integrar gran part informació geològica i hidrogeològica existent tot i no està enfocada com a model de conca

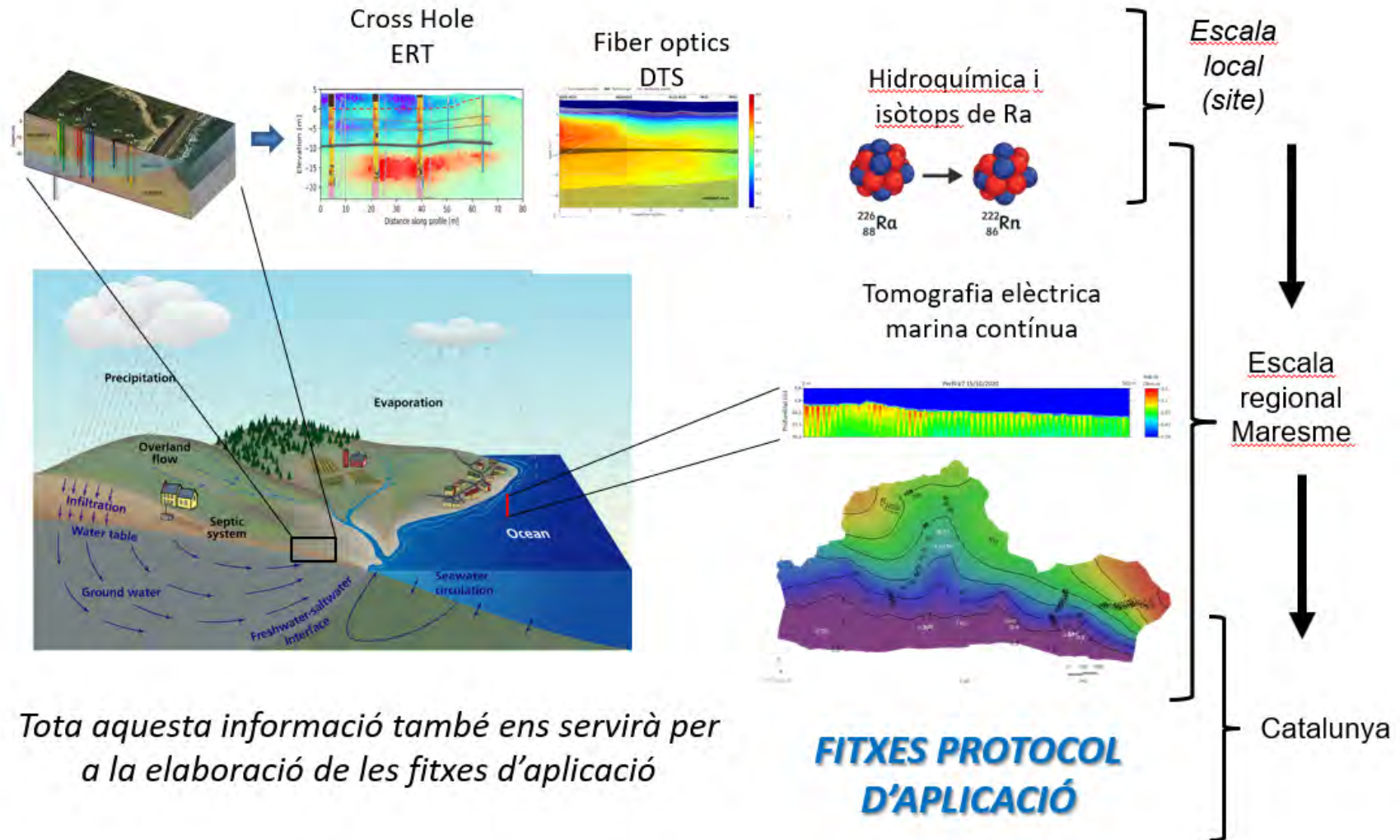
# PT6. Aplicacions TEM-C al Maresme (Regional)



Les línies grogues paral·leles a la costa representen els diferents transectes de tomografia elèctrica marina continua realitzats a la costa del Maresme. El model de resistivitat que es mostra correspon al sector entre Sant Pol i Cabrera de Mar. En verd clar, sediments marins saturats per aigua de mar. En vermell, el substrat rocós (granit) – *El context geològic condiciona les zones de descàrrega*

# PT7. Avaluació SGD i RRHH a escala regional

Tasca 6.3. Elaboració d'una guia per a la millorar de la gestió dels recursos hídrics subterranis al litoral de Catalunya



## PT 7. Difusió i divulgació dels resultats.

- 1) Reunions els tècnics de l'ACA involucrats en la gestió i coordinació del projecte.
- 2) Realització des seminaris online 2021, 2022 i 2023 (Assistència ACA i altres persones interessades en el projecte) persones alienes a l'ACA interessades en el projecte. En aquest seminari es mostraven. Publicat pàgina web GHS UPC-CSIC
- 3) Comunicació fluida amb tècnics de l'Ajuntament de Cabrera per gestionar tota la restauració del site així com per informar tant del projecte i les tasques que estem realitzant així com dels resultats que esperem obtenir.
- 4) Aigües de Mataró i el Consell Comarcal del Maresme
- 5) Supervisió de diversos Treballs de grau i màster vinculats al projecte.
- 6) Diversos articles científics i altres en revisió així com presentacions en congressos
- 7) Difusió a través de la web del GRAB i del GHS
- 8) En breu estarà publicada la pàgina web del projecte.
- 9) Publicacions en diversos medis sobre alguns dels resultats i la importància de les aigües subterrànies (La Vanguardia, Notícia a TV3, Entrevistata a Ràdio Arenys i Radio 4 (RTVE)).
- 10) ....