

La geofísica aplicada: una eina de suport al coneixement geològic i geotècnic de zones urbanes

Sara Figueras*, Beatriz Benjumea, Anna Gabàs i Albert Macau



Reflexió

Estudiem el subsòl buscant resposta a les següents preguntes:

- Què hi ha?
- Quines propietats té?
- En quin estat es troba?
- Què li està passant?

Per a conèixer l'estructura i les propietats del subsòl a certa profunditat necessitem **complementar** els estudis geològics amb estudis de prospecció geofísica.



Índex

La geofísica aplicada
Base de dades geofísiques de Catalunya
Estudis geofísics en entorns urbans
Introducció
Exemples d'aplicació
Consideracions finals



Índex

La geofísica aplicada

Base de dades geofísiques de Catalunya

Estudis geofísics en entorns urbans

Introducció

Exemples d'aplicació

Consideracions finals



La geofísica aplicada

- La **geofísica aplicada** és una branca de la Geofísica que utilitza diferents mètodes i eines d'adquisició i tractament de mesures realitzades des de l'aire, en superfície o en pous per conèixer la naturalesa, l'estat i la disposició dels materials geològics del subsòl.
- Aquestes tècniques permeten mesurar determinades propietats físiques (elèctriques, elàstiques, magnètiques, gravimètriques, radioactives, etc.) dels materials del subsòl i tenen aplicació en projectes de diferents escales, problemàtiques i objectius.
- Els models geofísics que s'obtenen del processat de les dades s'integren amb la geologia per obtenir models realistes del subsòl.



Introducció

Mètodes d'exploració geofísica que utilitza l'ICGC

- Sísmics (SRA, SRX, MASW, H/V, Array).
- Elèctrics (ERT).
- Magnetotel·lúrics (AMT, CSAMT, MT).
- Diagrafiés. (Temperatura-Conductivitat, Inducció electromagnètica, Elèctrica, Gamma natural, Sònica, Televiver acústic, Caliper).
- Registre i anàlisi de vibracions induïdes per voladures.

<http://www.icgc.cat/Ciutada/Informa-t/Sobre-la-Geologia-i-la-Geofisica-aplicada/Geofisica-aplicada>



Índex

La geofísica aplicada

Base de dades geofísiques de Catalunya

Estudis geofísics en entorns urbans

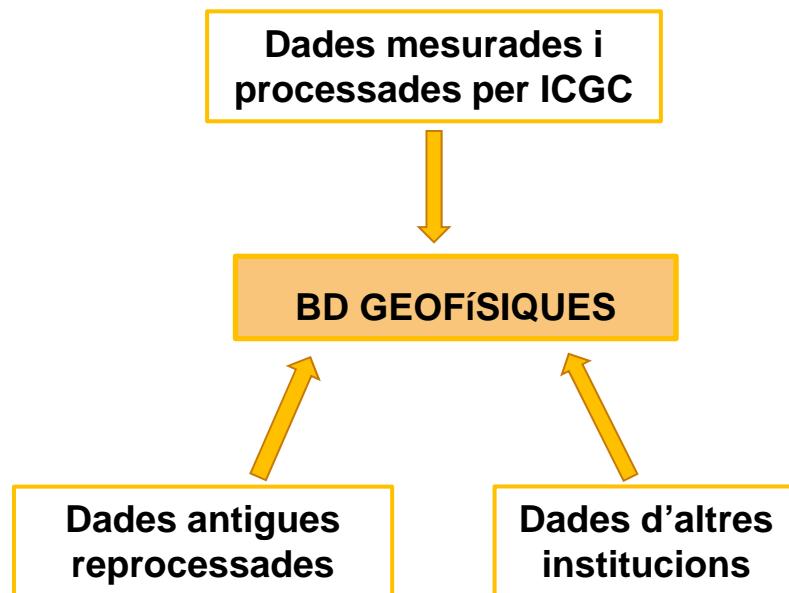
Introducció

Exemples d'aplicació

Consideracions finals



Base de dades geofísiques de Catalunya

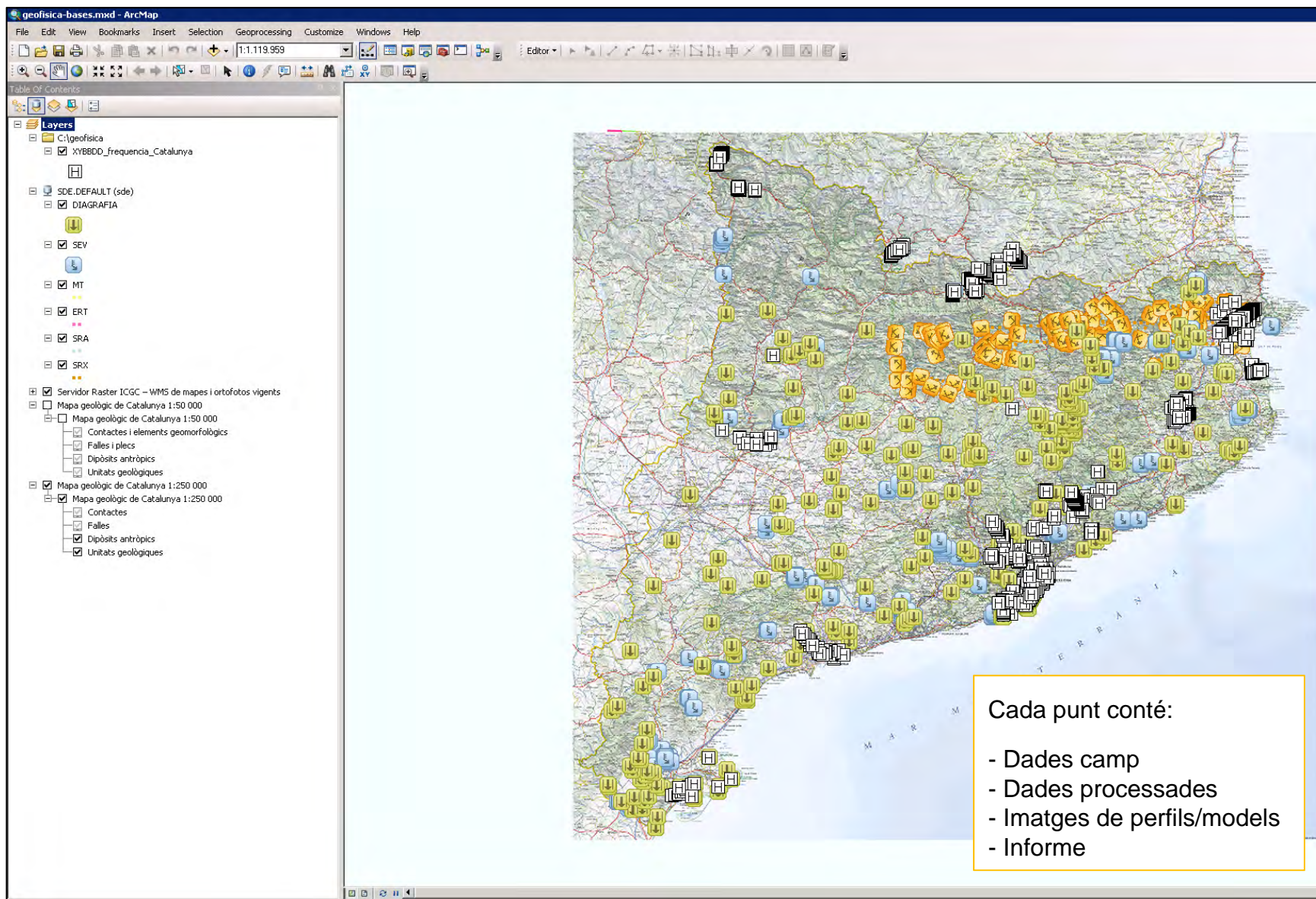


Estat actual de la BD

- SEV: 612 punts
- Tomografia elèctrica: 218 perfils
- Perfils magnetotel·lúrica: 8 perfils
- Diagrafies: 363 pous
- Tomografia sísmica de refracció: 309 perfils
- Sísmica de reflexió: 52 perfils
- Sísmica passiva. H/V:1418p
- Campanyes Aero-magnètiques:
177214 mesures, 1 cada 200 m.
- Gravimetria terrestre: 5381 mesures a Cat.

43 Arrays i 30 MASW, pendent d'implementar

Servidor FORCANADA: Càrrega de dades geofísiques (H/V, diagrafia, SEV, MT, ERT, SRA, SRX, Array, MASW)



Índex

La geofísica aplicada

Base de dades geofísiques de Catalunya

Estudis geofísics en entorns urbans

Introducció

Exemples d'aplicació

Consideracions finals



Coneixement del subsòl en zones urbanes



- Planificació i manteniment d'infraestructures
- Avaluació i mitigació de riscos geològics
- Recursos geotèrmics, etc...

GEOLOGIA URBANA



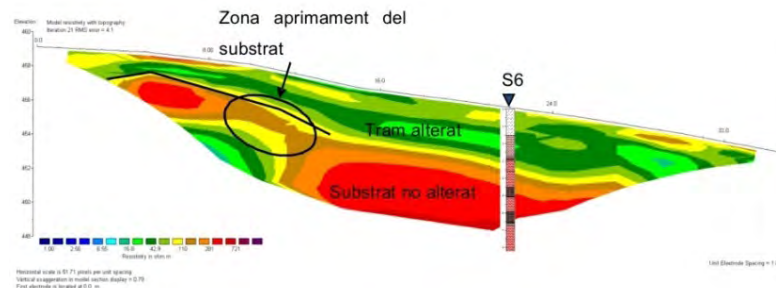
- Sondeigs, excavacions
- Limitacions: augment del cost i perturbacions en zones residencials
- Els sondeigs caracteritzen les litologies del subsòl en un punt.



GEOFÍSICA URBANA



- Mètodes no invasius, no destructius i de baix cost.
- Permet millorar el coneixement geològic 2D/3D del subsòl.
- Limitacions: fonts de soroll, restriccions logístiques.
- Tendència actual: adaptació de tècniques tradicionals a entorns urbans i implementació de tècniques que aprofiten el soroll.



Propietats físiques i variacions laterals de les litologies identificades en el sondeig



Índex

La geofísica aplicada

Base de dades geofísiques de Catalunya

Estudis geofísics en entorns urbans

Introducció

Exemples d'aplicació

Consideracions finals



Exemples d'aplicació

- Tècniques Geofísiques utilitzades
- Girona - Microzonació sísmica
- Bigues i Riells - Patologies en habitatges
- Sant Feliu de Llobregat - Subsidiència
- Sallent -Subsidiència
- Santa Coloma de Gramenet (metro-L9) - Geotèrmia



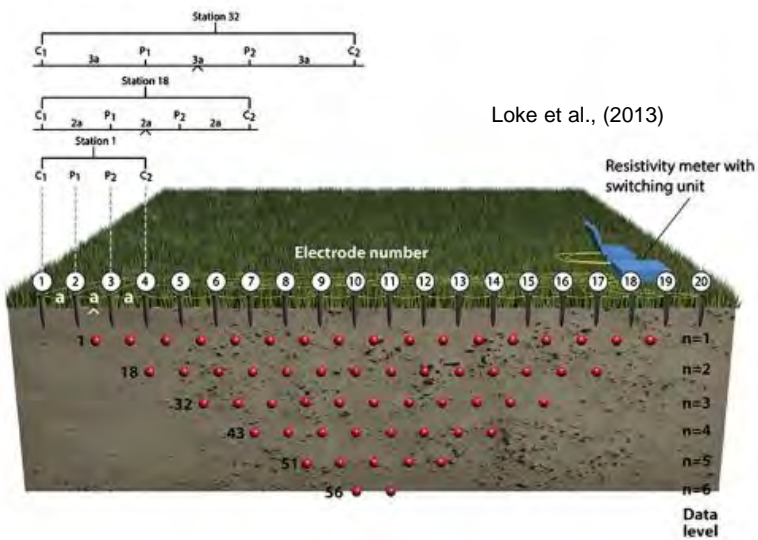
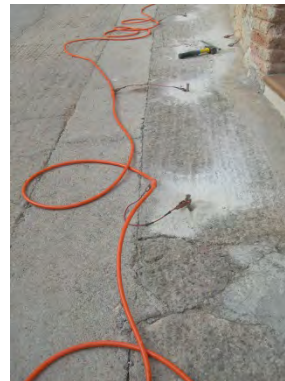
Exemples d'aplicació

- Tècniques Geofísiques utilitzades
- Girona - Microzonació sísmica
- Bigues i Riells - Patologies en habitatges
- Sant Feliu de Llobregat - Subsidiència
- Sallent -Subsidiència
- Santa Coloma de Gramenet (metro-L9) - Geotèrmia

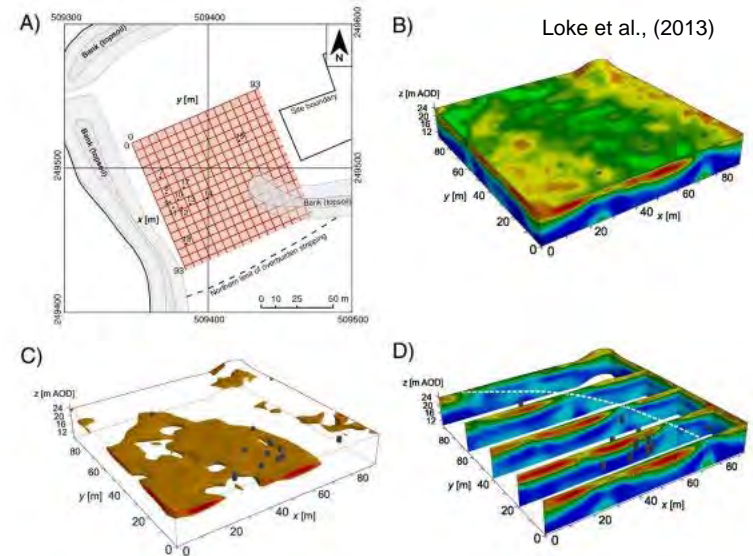


Tomografia elèctrica

Mesura de la variació del potencial elèctric (ΔV) per a obtenir el valor de la resistivitat aparent del medi (ρ_a) a partir de la intensitat (I) injectada: $\rho_a = K \cdot (\Delta V) / I$



Loke et al., (2013)

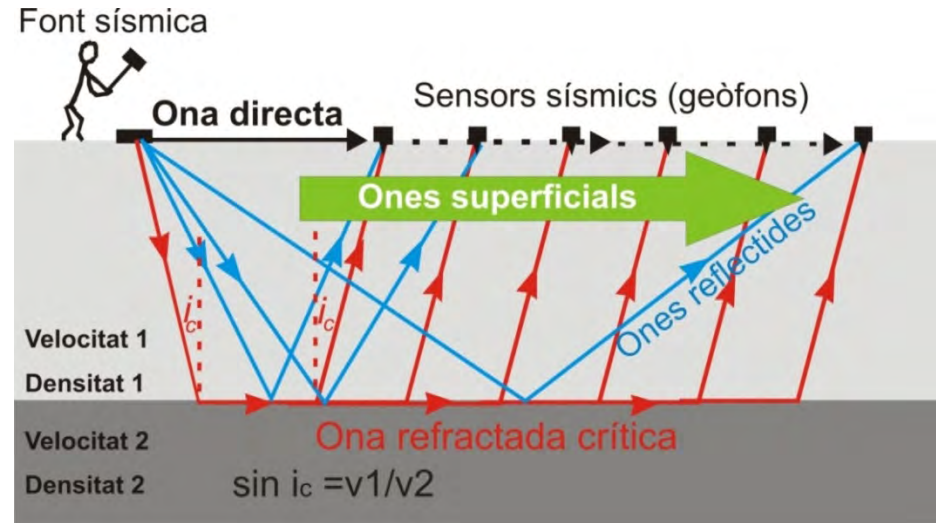


La tècnica de la tomografia elèctrica caracteritza el subsòl a través del paràmetre físic de la resistivitat elèctrica. Descriu les litologies (estructures horitzontals i verticals) i si aquestes es troben afectades per la presència de fluids.

Sísmica Activa

Estudi del subsòl a partir de l'anàlisi de la propagació de les ones sísmiques.

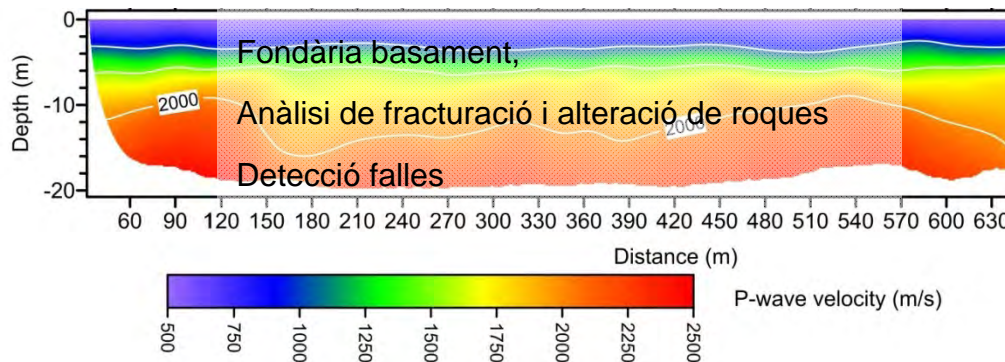
Aquestes tècniques impliquen la generació (font sísmica), la transmissió i la detecció de senyals sísmics (sensors sísmics).



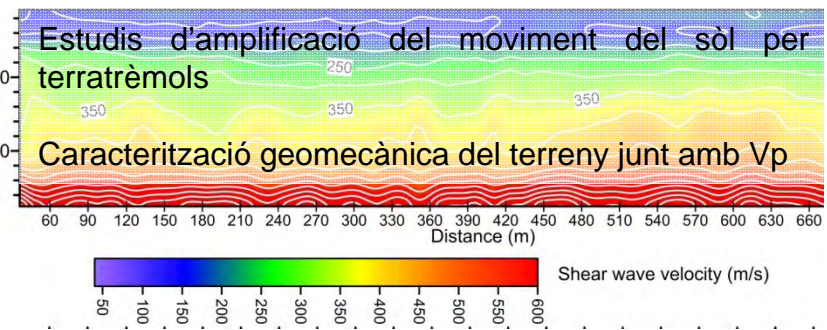
Ones refractades crítiques (temps d'arribada)

Ones superficials

Models de velocitat ones P



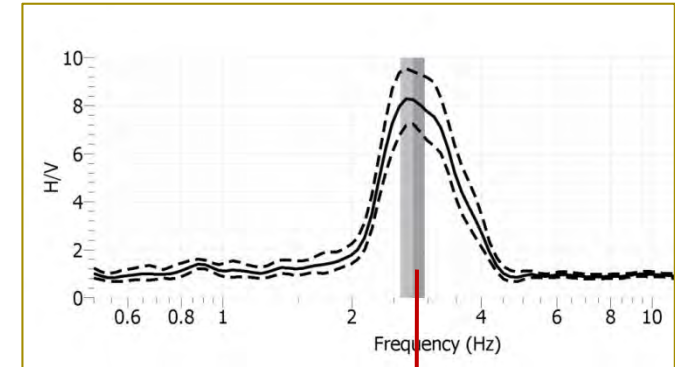
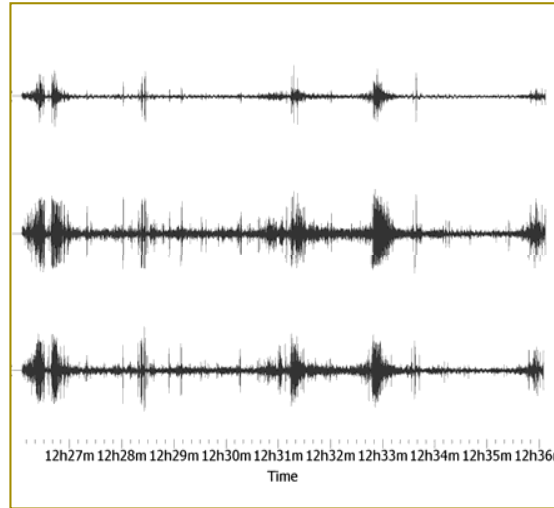
Models de velocitat ones S



Sísmica Passiva

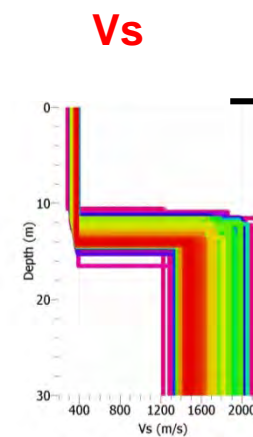
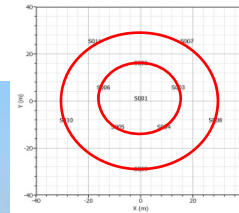
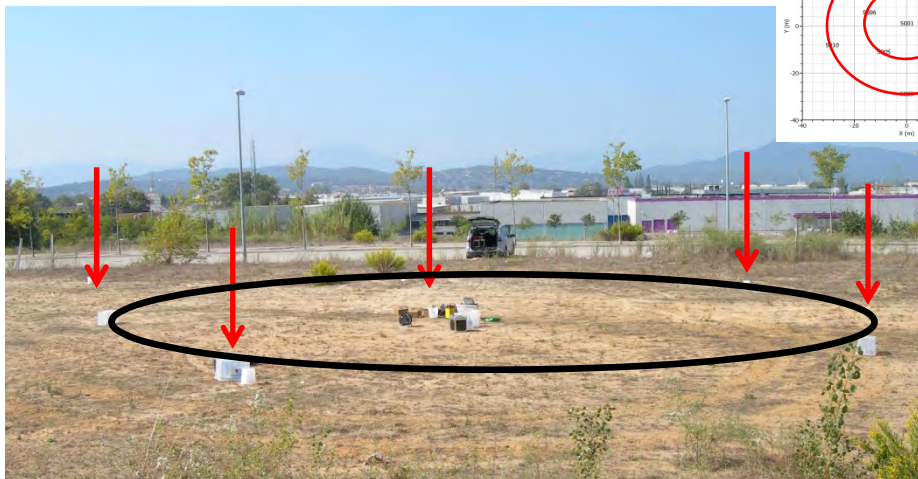
Registre de soroll sísmic puntual o simultani en una geometria de sensors

H/V



f_0
freqüència fonamental del sòl

ARRAY



Profunditat basament rocós (H)

$$f_0 = V_s / 4H$$



Exemples d'aplicació

- Girona - Microzonació sísmica
- Bigues i Riells - Patologies en habitatges
- Sant Feliu de Llobregat - Subsidiència
- Sallent -Subsidiència
- Santa Coloma de Gramenet (metro-L9) - Geotèrmia



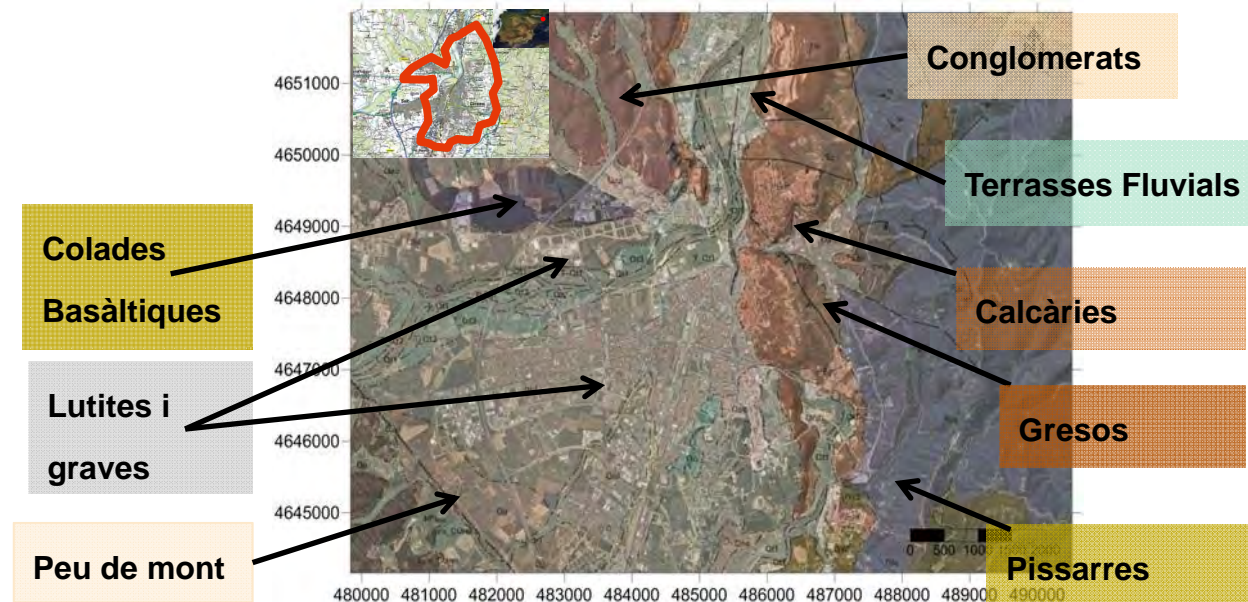
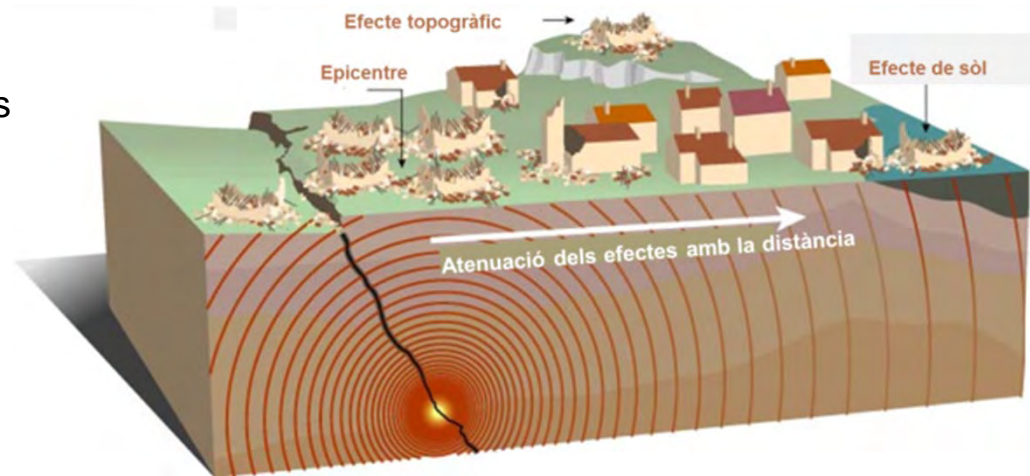
■ **Objectiu:**

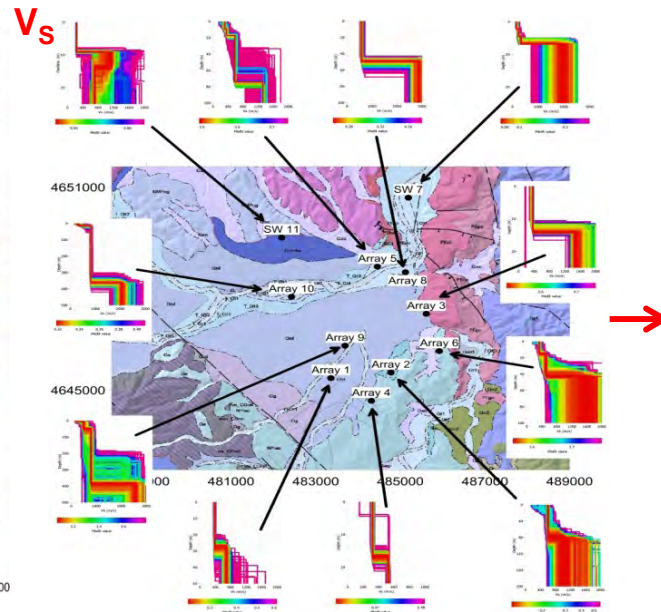
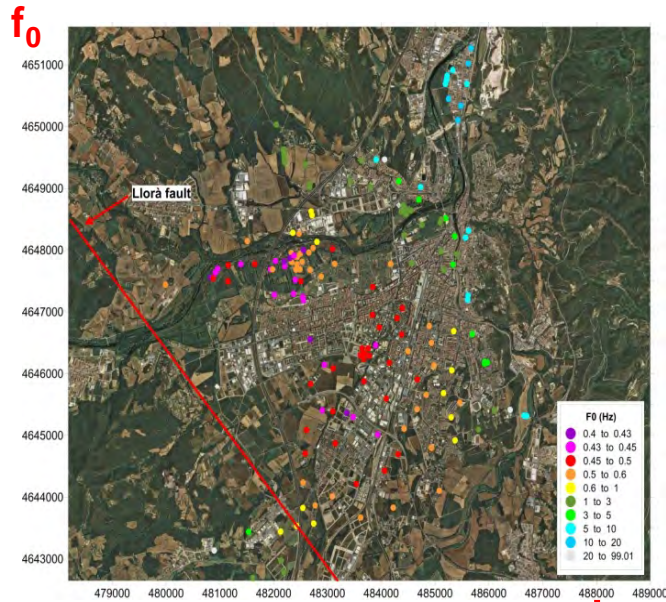
Conèixer la resposta sísmica dels sòls de la ciutat de Girona i la possible amplifacació de les ones sísmiques deguda a les característiques geològiques, litològiques i geomecàniques de les formacions superficials

■ **Metodologia:**

Mètodes geofísics: Sísmica passiva: H/V en 100 emplaçaments i 10 Arrays.

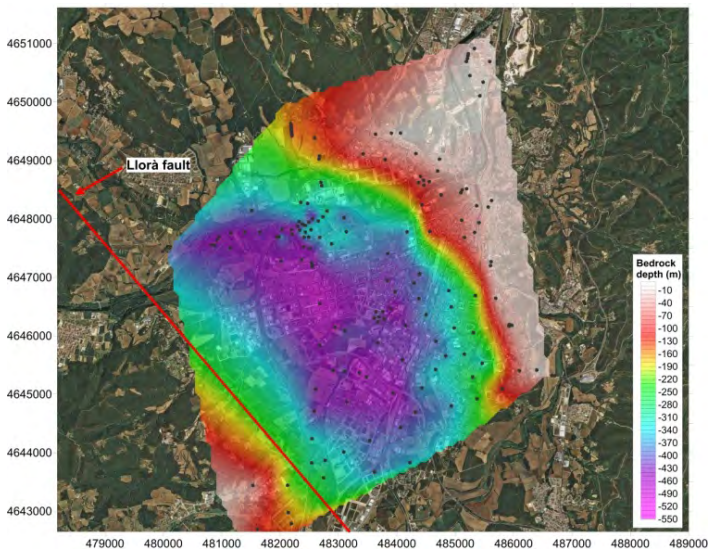
Mètodes numèrics: Modelització resposta sísmica del sol.





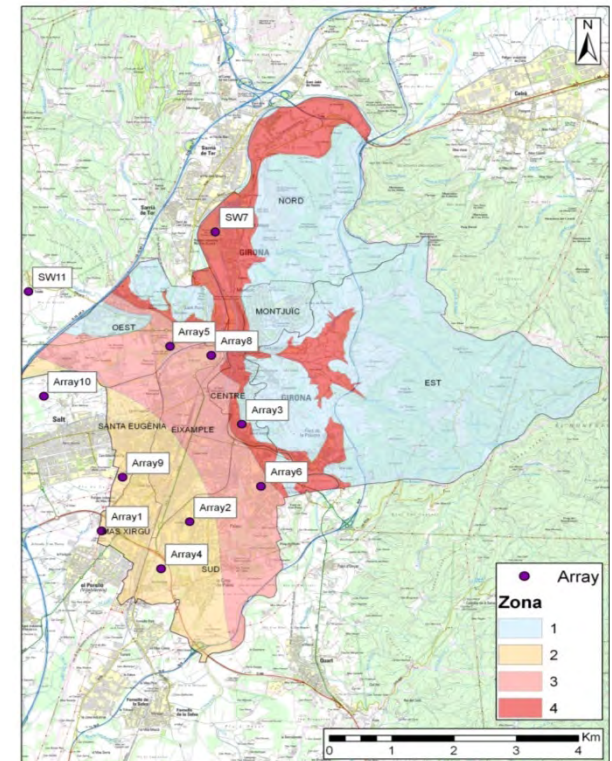
Descripció	Vs (m/s) 30 m superiors
Roca compacta	> 1500
Roca	760 – 1500
Sòl molt dens i roca tova	360 – 760
Sòl rígid	180 – 360
Sòl tou	< 180

Profunditat del basament rocós $f_0 = V_s / 4H$



Modelització

Zona	ΔI	F ₀	Amplif.
1	+0.0	roca	0
2	+0.5	< 1 Hz	2 – 3
3	+1.0	1 – 5 Hz	4 – 5
4	+1.0	> 5 Hz	5 – 9

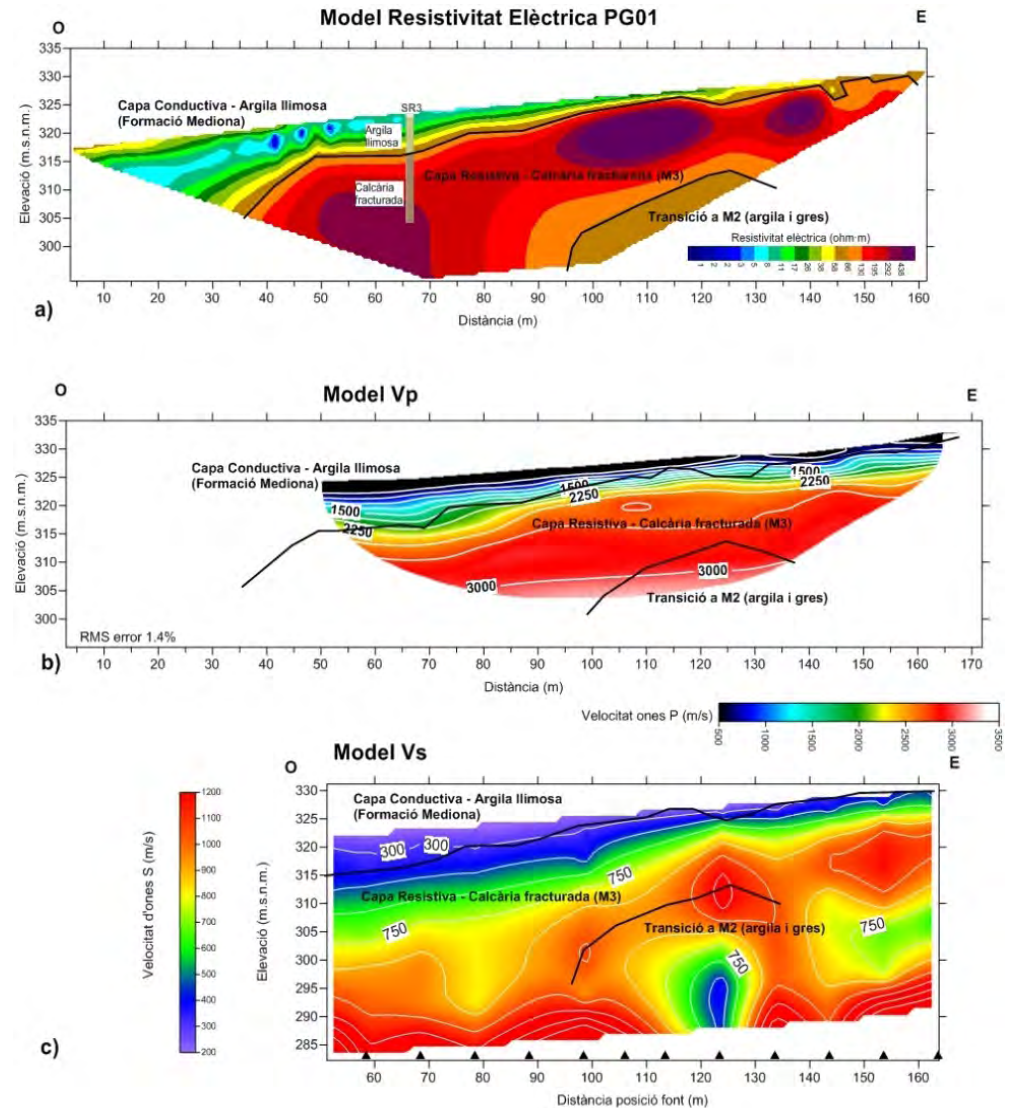
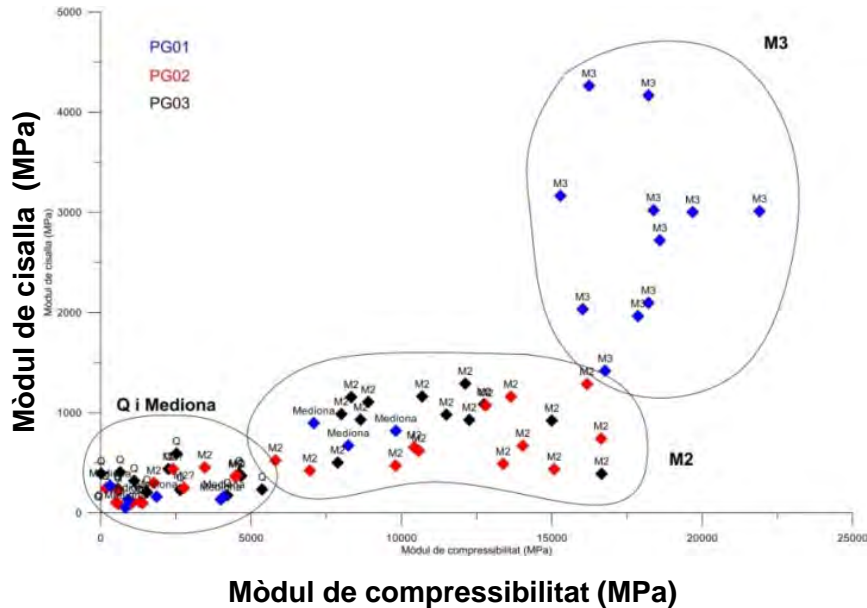


Bigues i Riells - Afectació d'habitatges

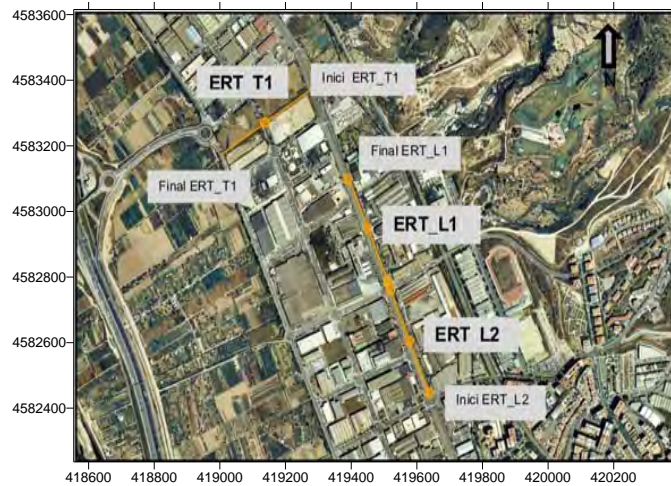
Objectiu: Complementar els estudis geològics donant continuïtat lateral i vertical a la informació puntual dels sondeigs. Caracterització geomecànica de les unitat geològiques mitjançant paràmetres elàstics.

Metodologia: 6 perfils de tomografia elèctrica i sísmica (Vp i Vs) i 29 mesures sísmica passiva (H/V) en zona urbana.

Resultats: Delimitació dels contactes argila-calcària fracturada i argila-gresos; també del contacte entre el material no consolidat/poc cimentat i la roca calcària sana o fracturada reomplerta d'argila.



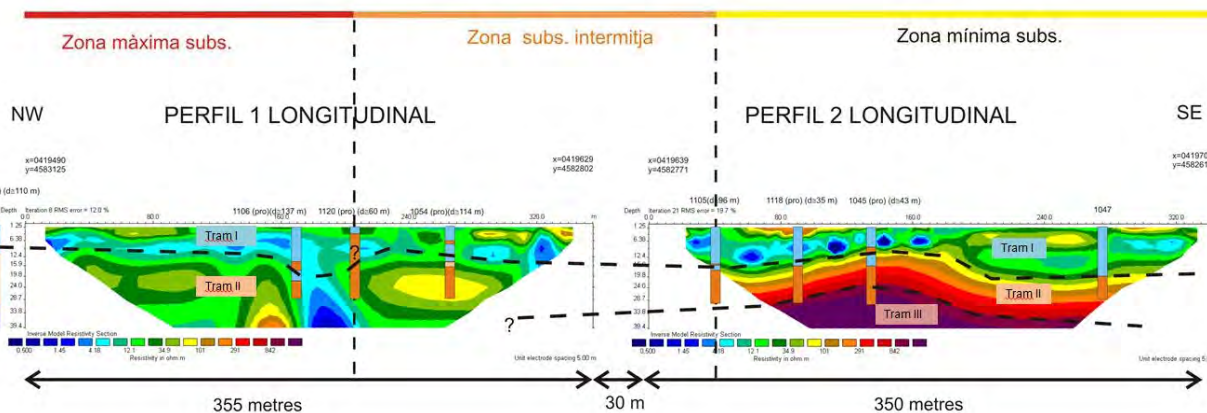
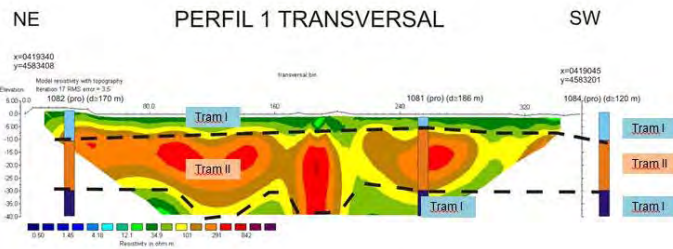
En aquesta àrea s'ha detectat i mesurat un moviment vertical del terreny de 0,7 cm/any en el període 1993-2006.



Objectiu: Caracteritzar els materials que formen el subsòl de la zona, fins uns 40 m de fondària.

Metodologia: 3 Perfils ERT de 72 elèctrodes separats 5 m entre ells. Dos perfils longitudinals i un perfil transversal amb la configuració Wenner-Schlumberger.

Resultat: S'ha pogut observar que la zona d'alta subsidiència coincideix amb un canvi important en el model geoelectric.



- Tram I: material quaternari (argila i llims) substrat del pliocè (argila blava, compacta)
- Tram II: material quaternari (sorres i graves)
- Tram III: Material quaternari (graves cimentades)

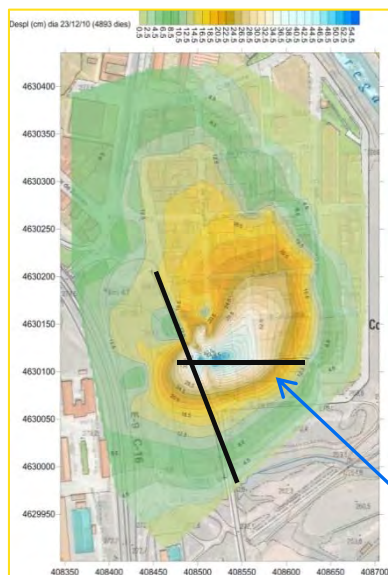
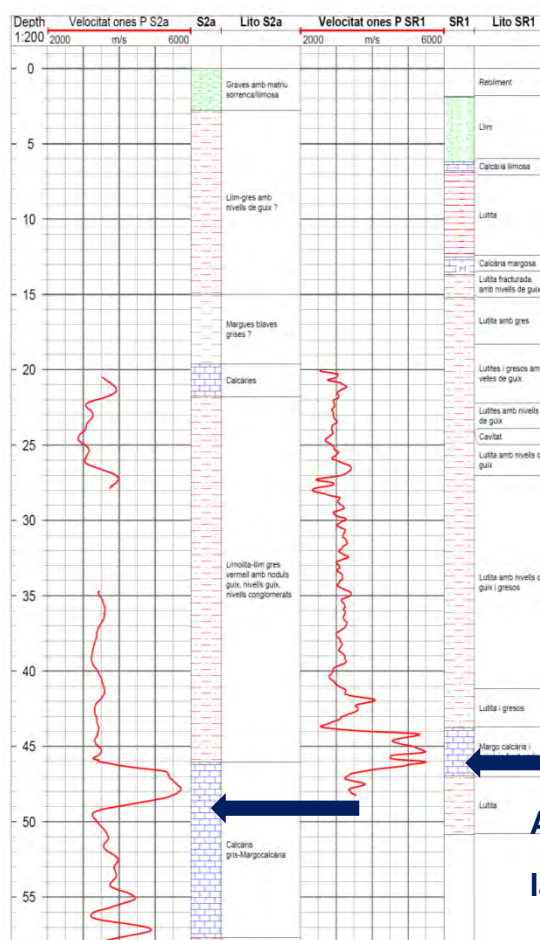


Sallent - Subsidiència

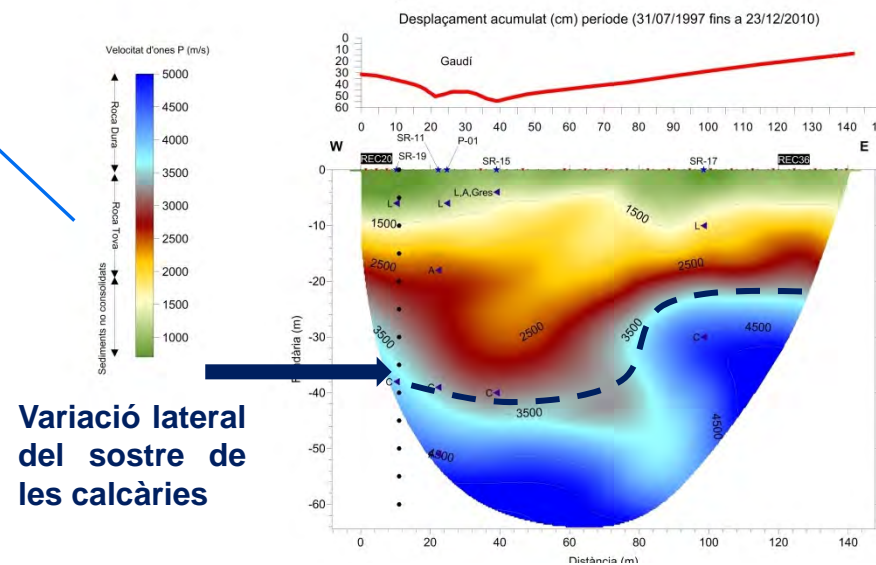
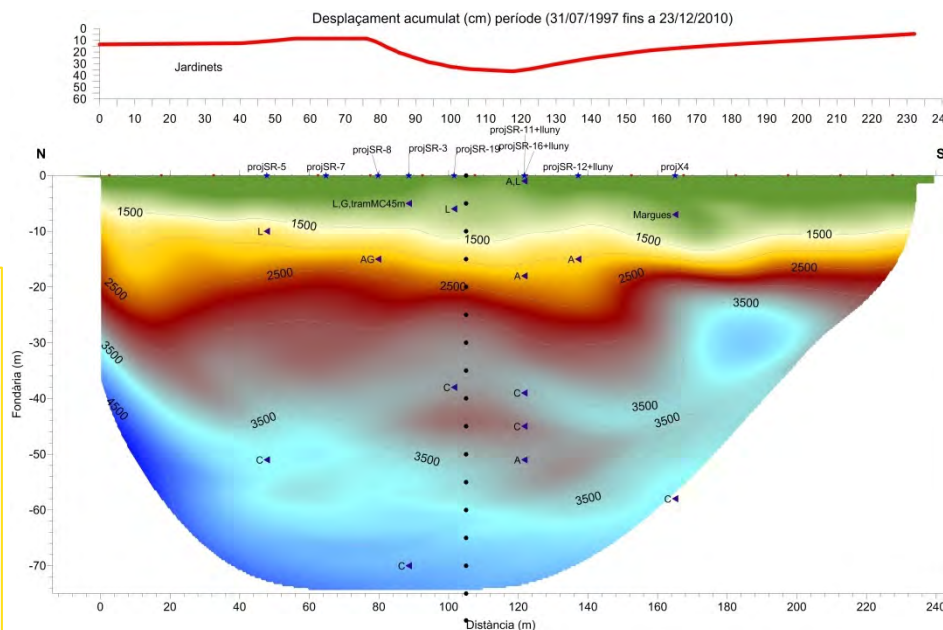
Objectiu: Identificació de variacions laterals en la litologia i paràmetres elàstics. Relació amb el desplaçament acumulat mesurat a la superfície.

Metodologia: Tomografia sísmica i Diagrafies.

Resultats: Diagrafies: augment de velocitat corresponent a les calcàries. Tomografia sísmica: identificació de sediments no consolidats, roca tova i dura (calcàries)



Desplaçament (cm) acumulat de 1997 a 2010



Augment de la velocitat

Variació lateral del sostre de les calcàries



Estació Fondo

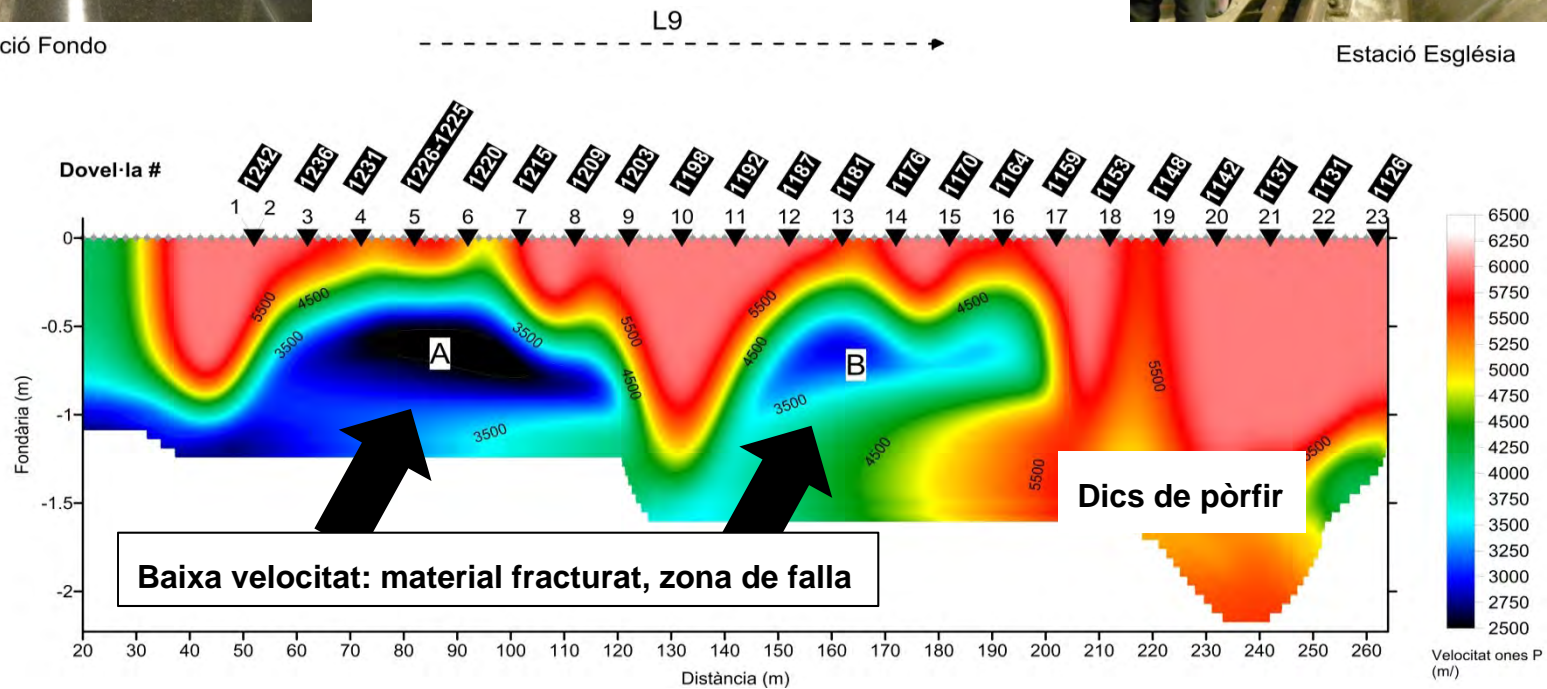
Objectiu: Localitzar zones de fractura o de falla en el granit relacionades amb la presència d'hidrotermalisme.

Metodologia: Tomografia sísmica: Perfil amb landstreamer a la via del metro.

Resultats: Identificació de dues anomalies de baixa velocitat en els materials granítics que es poden relacionar amb material fracturat o presència de falla. A la part final del perfil s'observen dics més amples de pòfir.



Estació Església



Índex

La geofísica aplicada
Base de dades geofísiques de Catalunya
Estudis geofísics en entorns urbans
 Introducció
 Exemples d'aplicació
Consideracions finals



Consideracions finals

Aplicabilitat:

- Els estudis de prospecció geofísica tenen aplicació en investigacions del subsòl de diferent escala, diferents problemàtiques i diferents objectius. L'èxit depèn de la selecció de les tècniques més adients per cada cas.

- La geofísica aplicada pot intervenir en diferents fases d'un projecte:

Fase inicial: per determinar zones idònies per altres tipus de prospeccions

Fase d'execució: per contrastar i correlacionar altres estudis

Fase final: per realitzar un monitoreig del fenomen en estudi.

Enfoc interdisciplinar als estudis del subsòl:

- La geofísica aplicada és una eina molt útil i necessària per millorar les investigacions geològiques del subsòl però sempre intervé com a complement a altres estudis de superfície, mai els substitueix.

- Combinació de diferents tècniques geofísiques per maximitzar beneficis i minimitzar limitacions.

- Integració de la geofísica amb la geologia, geotècnia, hidrogeologia i altres disciplines.

- Incloure els estudis geofísics en les guies de bones pràctiques per als estudis del subsòl en diferents àmbits.

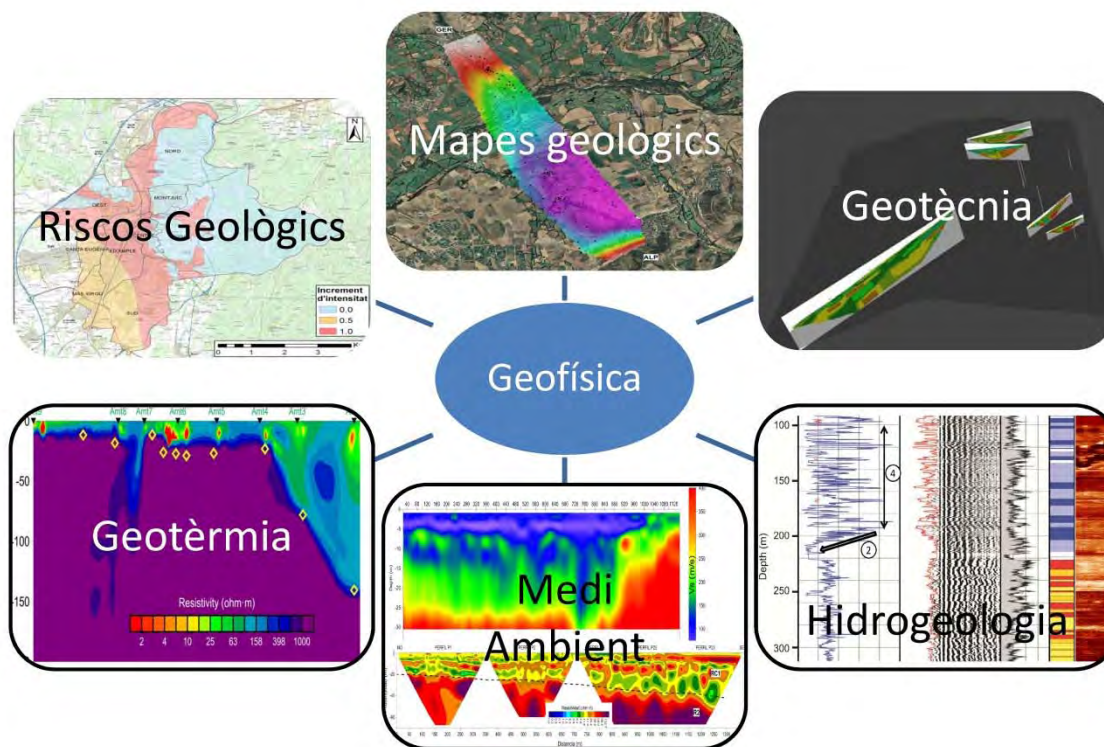
Geofísica en zones urbanes:

- Adaptació de tècniques tradicionals

- Desenvolupaments en noves tècniques: sísmica passiva, interferometria de soroll., etc.



Gràcies per la vostra atenció



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

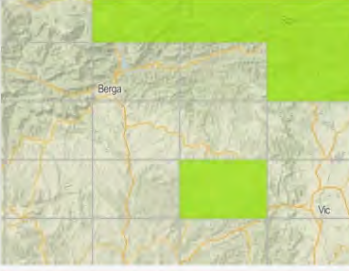
Tel. (+34) 93 567 15 00

Fax (+34) 93 567 15 67




<http://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Eines/Visualitzadors-Geoindex>

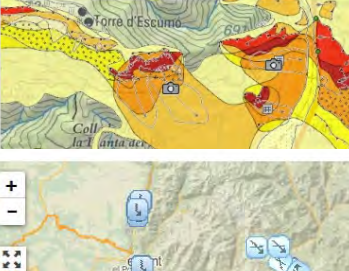
Estat dels treballs dels programes Geotreballs de cartografia geològica i geotemàtica



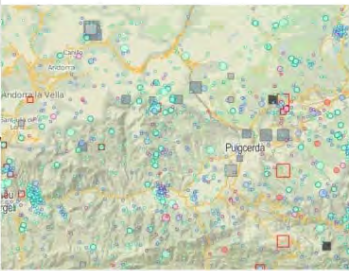
Visualitzador del projecte europeu iCoast, d'implementació de prediccions morfodinàmiques operacionals




Mapa per a la prevenció dels riscos geològics i estudis de perillositat de zones avaluades amb dictàmens preliminars de riscos geològics

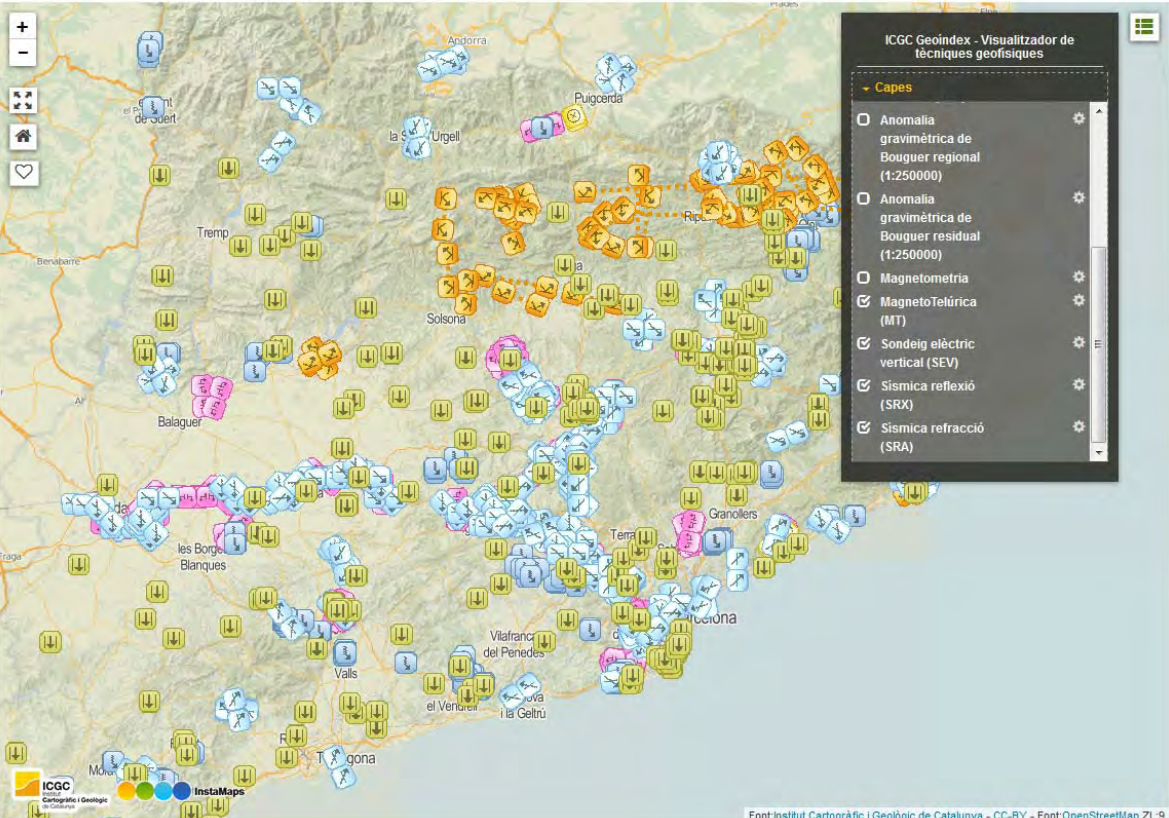


Geoíndex - Sismologia
Localització d'epicentres instrumentals (1977-2013) i macrosísmics (880ac-2013)



Geoíndex - Sondejos
Descàrrega de sondejos provinents de projectes d'obra pública







ICGC Geoíndex - Visualitzador de tècniques geofísiques

Capes

- Anomalia gravimètrica de Bouguer regional (1:250000)
- Anomalia gravimètrica de Bouguer residual (1:250000)
- Magnetometria
- MagnetoTelúrica (MT)
- Sondeig elèctric vertical (SEV)
- Sísmica reflexió (SRX)
- Sísmica refracció (SRA)



Avís legal: © L'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya permet la reutilització de la informació que no es desnaturalitzi la informació i que no es contradiu amb una llicència es



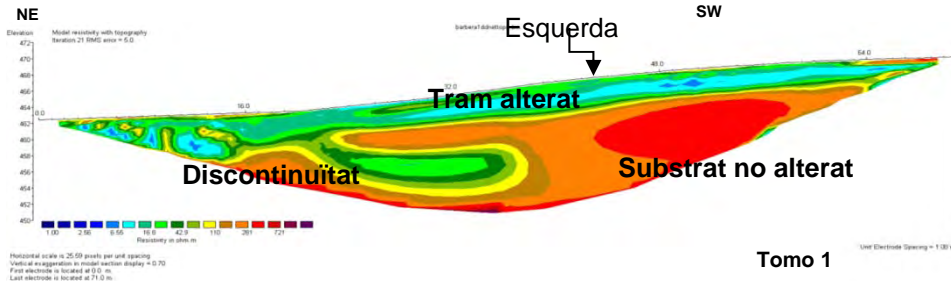
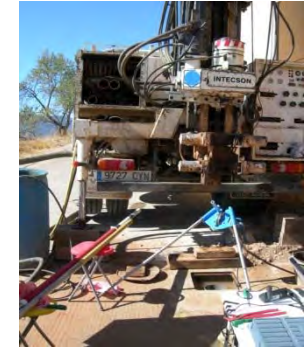
Font: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya - CC-BY - Font: OpenStreetMap ZL-9

Barberà de la Conca – Esquerdes en edificis i carrers

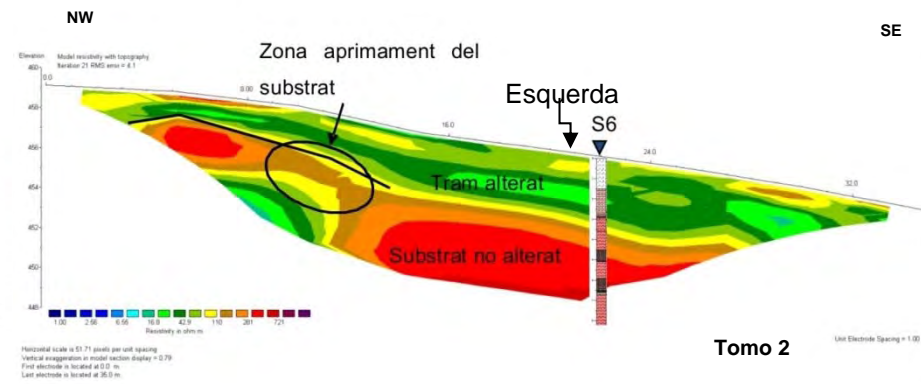
Objectiu: Caracterització detallada les formacions del subsòl per ajudar a establir la naturalesa del fenomen i la profunditat a la qual es produeix.

Metodologia: Mètodes aplicats des de la superfície (tomografia elèctrica i sísmica) i testificació de sondeigs (diagrafia).

Resultats: Delimitació del tram alterat format per dipòsits d'argiles/llims/sorres/graves i el tram de substrat no alterat format per gresos, conglomerats, argil·lita i limolita. Es detecten discontinuïtats laterals i zones d'aprimament en el substrat no alterat. Es correlacionen els models obtinguts amb la testificació geològica i geofísica dels sondeigs.



Tomo 1



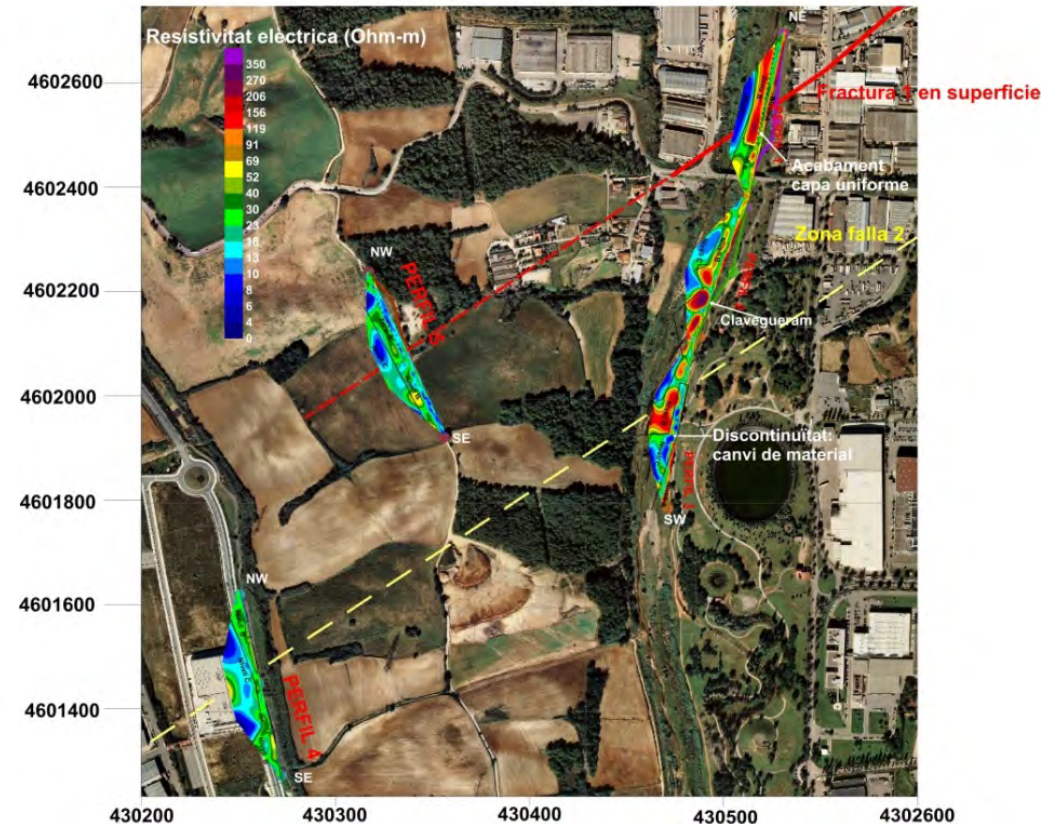
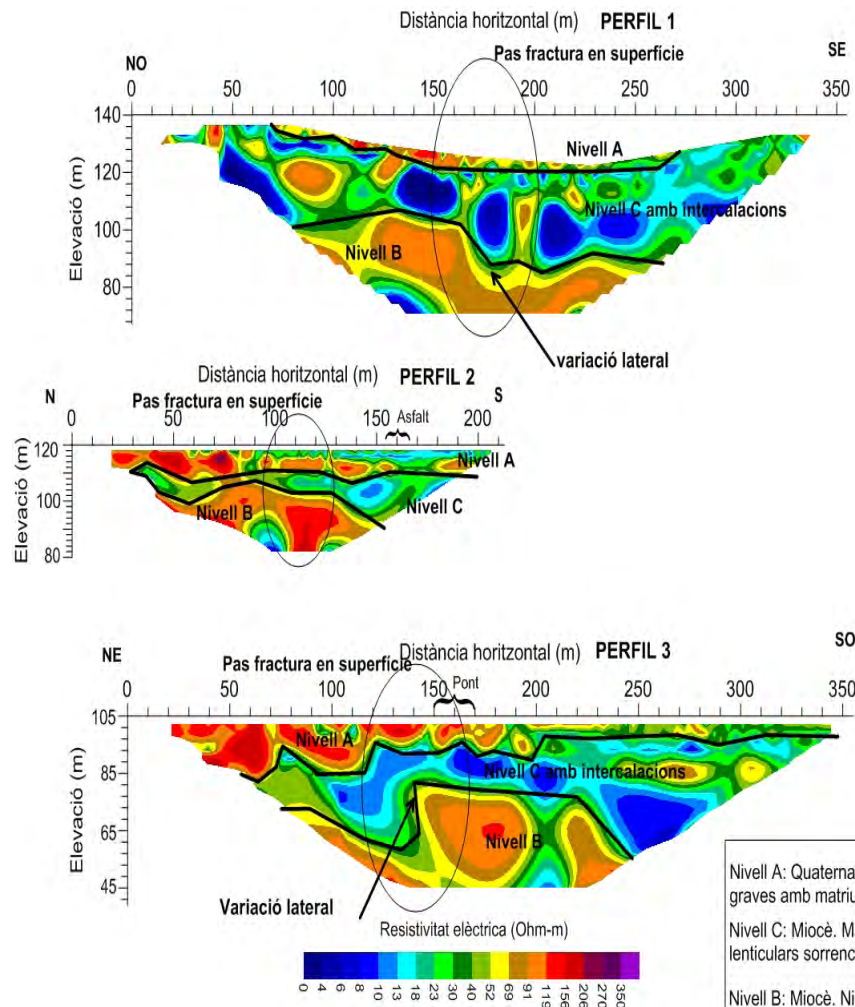
Tomo 2

Palau - Solità – Patologies en edificis

Objectiu: Detectar la potència de sediment (contacte quaternari-Neogen) i relacionar l'estructura geològica (disposició de les capes del terreny) amb la localització de les falles i fractures caracteritzades geològicament, fins a la fondària de 50-60 metres.

Metodologia: Perfils de tomografia elèctrica perpendiculars al traç de la fractura caracteritzada en superfície.

Resultats: Es detecten en general tres nivells amb comportament elèctric diferent. Nivell A, B i C. Les discontinuïtats detectades relacionades amb les fractures del terreny.



Nivell A: Quaternari. Reblert antròpic o lilit ordinari de la riera, consta de graves amb matriu sorrenca-llimosa.

Nivell C: Miocè. Material argilós predominantment groc amb nivells lenticulars sorrenca i conglomeràtics.

Nivell B: Miocè. Nivell de graves, còdols o conglomerats.

