

ESTUDI PER ANALITZAR LES CAUSES D'OLORS A LA SURGÈNCIA DE LA FALCONERA  
ENCAMINAT A MINIMITZAR EL SEU IMPACTE AL POBLE DEL GARRAF

---

## LA QUALITAT DE L'AIGUA DEL SISTEMA HIDROGEOLÒGIC DEL GARRAF I LES SEVES IMPLICACIONS

INFORME FINAL

ANNEX 6. PROSPECCIÓ GEOFÍSICA (MAGNETOTEL·LÚRICA) PER A LA CARACTERITZACIÓ  
DE LA VALL D'EN JOAN (FONS DE LES TERRADELLES, GARRAF) FASE 2

Juny 2021

---



*Dr. Florian Hubert*



**Prospecció geofísica  
(magnetotel·lúrica) per a la  
caracterització de la vall d'en  
Joan (Fons de les Terradelles,  
Garraf) FASE 2**

---

**Informe final: MODEL GEOELÈCTRIC  
DEL SUBSÒL DEL DIPÒSIT  
CONTROLAT DEL GARRAF I ÀREES  
ADJACENTS**

Informe elaborat per Anna Martí, Pilar Queralt, Àlex Marcuello i Juanjo Ledo

08/02/2021



## Sumari

Introducció .....	3
Resum metodològic: zona d'estudi, adquisició, processat i anàlisi .....	3
Modelització i interpretació: .....	9
Modelització 2D: models, ajustos, tests sensibilitat, interpretació .....	9
Modelització 3D: models, ajustos, tests sensibilitat i interpretació .....	14
Conclusions .....	25
Referències bibliogràfiques.....	27
Annex 1a: Capes horitzontals de la part central del model Inv4, des de la cota 600 m fins a 2 km de profunditat .....	29
Annex 1b: Seccions verticals (WE) de la part central del model Inv4, des de la cota 600 m fins a 2 km de profunditat.....	33
Annex 2: Ajustos de les dades i respostes dels models 3D .....	39

Tot el treball geològic i geofísic realitzat per l'Institut de Recerca Geomodels es basa en una llarga formació i experiència per part dels membres de l'Institut, que posen tot el seu esforç i coneixements perquè el treball presentat sigui beneficiós per al client. No obstant això, l'Institut de Recerca Geomodels no accepta cap responsabilitat per pèrdues conseqüencials de qualsevol tipus que resultin de les interpretacions tant geològiques com geofísiques.

## Introducció

Aquest és l'informe final de de la fase 2 dels treballs de prospecció geofísica (mètode magnetotel·lúric, MT) per a la caracterització de la Vall de Joan (dipòsit controlat del Garraf), signada entre l'empresa Geoservei i l'Institut de Recerca Geomodels (Universitat de Barcelona). L'objectiu d'aquests treballs ha estat obtenir un model 3D de resistivitats elèctriques, que es pugui correlacionar amb la geometria del vas i substrat rocós, la profunditat a la que arriben els lixiviat i el límit de saturació de l'aquífer profund.

En els informes anteriors s'han presentat els resultats de l'adquisició, processat i anàlisi de les 100 estacions projectades, i models preliminars.

En aquest informe final es presenten els resultats de la modelització de les dades magnetotel·lúriques adquirides en les fases 1 i 2 del projecte. Concretament, es descriu la metodologia seguida per obtenir els models geoelèctrics, la descripció dels models obtinguts i l'anàlisi de sensibilitat de les estructures que s'hi poden identificar, i la seva interpretació.

Tal com es va explicar en l'informe anterior (Fase 2 – Informe 3), l'elaboració del present informe s'ha allargat en el temps més del previst degut a la crisi de la COVID-19, fet que va provocar que les darreres mesures s'haguessin de de post-posar.

L'informe s'estructura de la següent manera: Primerament, s'exposa un resum de la zona d'estudi, i de les dades adquirides i el seu anàlisi, els detalls dels quals es poden trobar en els informes previs. A continuació s'explica la modelització 2D que s'ha fet emprant les 3 estacions adquirides a la zona del Parc Natural del Garraf. Finalment, es descriu tota la metodologia utilitzada per obtenir el model 3D, la seva descripció, els anàlisis de sensibilitat i la seva interpretació. En els annexos s'hi mostren les vistes en planta i seccions verticals del model i els ajustos entre les dades i les respostes.

## Resum metodològic: zona d'estudi, adquisició, processat i anàlisi

La zona d'estudi és el dipòsit controlat del Garraf, situat a la Vall de Joan i l'àrea adjacent, pertanyents al Massís del Garraf.

El Massís del Garraf forma part de la Serralada Litoral i està compost d'una cobertura gruixuda i compacta de dolomies i calcàries del Juràssic i Cretaci, que reposen sobre calcàries i gresos del Triàsic, que alhora es troben sobre els materials del Paleozoic. El conjunt del massís cabussa cap al SW, i al seu interior hi ha plects i falles nombroses. Un dels trets més característics del massís és el relleu càrstic, degut a l'efecte erosiu de l'aigua sobre les calcàries, i que dona lloc a formes superficials com el rascler i les dolines, i subterrànies, com els avencs, pous, galeries, i rius subterranis. La circulació d'aigua és la pròpia d'un massís càrstic, amb l'existència d'un aquífer profund, amb la zona de descàrrega en la zona que es coneix com La Falconera (Panareda, 1986; Freixes, 1989) (Figura 1).

El dipòsit controlat està clausurat i actualment s'hi estan portant a terme els treballs de clausura i restauració. L'objectiu de l'estudi magnetotel·lúric és el de caracteritzar el reblert de l'abocador, resoldre si els materials corresponents han penetrat per sota del vas original i identificar la part superior de l'aquífer. En total s'han adquirit dades magnetotel·lúriques en 100 localitzacions (estacions).

El mètode magnetotel·lúric (veure per exemple Chave and Jones, 2012) és un mètode electromagnètic de font natural que permet caracteritzar la resistivitat elèctrica del subsòl i correlacionar-la amb la seva composició litològica i/o amb la presència de fluids. En el cas de

materials càrstics, les cavitats, fractures o conductes plens de fluid (aigua salada o amb contingut mineral, o els lixiviats) tindran una resistivitat més baixa que la roca encaixant (calcàries o dolomies) mentre que si estan plenes d'aire, la resistivitat serà més alta. Pel que fa a la caracterització del dipòsit controlat, la presència de lixiviats es caracteritzarà per valors de resistivitat elèctrica molt baixos. Estudis de laboratori donen, per a dissolucions de lixiviats en aigua destil·lada, resistivitats elèctriques de l'ordre de 0.1 ohm·m a 8 ohm·m depenent de la seva concentració (Yoon et al. 2002). Estudis geofísics utilitzant mètodes elèctrics i electromagnètics (p. ex. Ramalho et al. 2012) han permès caracteritzar dipòsits de residus i identificar la presència i escolament de lixiviats en base a la seva baixa resistivitat.



Figura 1: Mapa geològic de la zona d'estudi. Verd: Cretaci, Blau: Juràssic. La fletxa indica la surgència de La Falconera. La línia vermella indica el contorn del dipòsit controlat del Garraf. Font: ICGC (mapes Castelldefels 448-1-1 (71-33) i Vallcarca 448-1-2 (71-34), modificat per Geoservei.

Les 10 primeres estacions es van adquirir en la Fase 1 (octubre 2019) i corresponen a un perfil que travessa la part central de l'abocador, amb les estacions dels extrems situades fora del recinte (Parc Natural del Garraf). Amb aquestes dades es va fer un primer model bidimensional de l'estructura elèctrica per sota de l'abocador (veure [INFORME FASE 1](#)). El model va permetre arribar a profunditats per sota del vas de l'abocador i per tant es va veure factible procedir a la realització de la fase 2.

L'adquisició de dades de la fase 2 es va iniciar al gener de 2020 i es va completar al maig de 2020. Es van adquirir 90 estacions: 83 dins del recinte de l'abocador, 4 en la seva perifèria i 3 en localitzacions més allunyades on s'hi han instal·lat (o hi ha previsió d'instal·lar) piezòmetres (veure INFORMES 1, 2 i 3 de la FASE 2).

Tota l'adquisició va comptar amb els permisos i suport logístic de l'AMB (Àrea Metropolitana de Barcelona), TIRSSA (empresa que gestiona el dipòsit controlat) i el Parc Natural del Garraf. Les Figures 2a i 2b mostren la localització de tot el conjunt d'estacions.

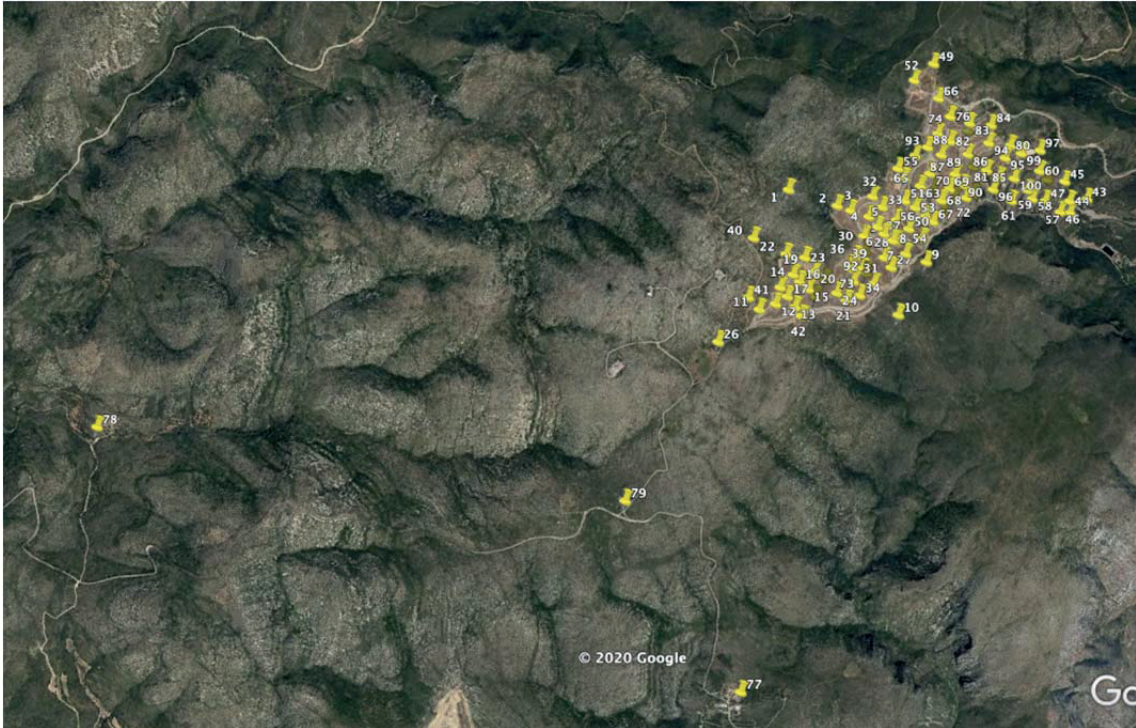


Figura 2a: Imatge del recinte de l'abocador i la zona del Parc Natural del Garraf, amb tot el conjunt d'estacions. La zona de l'abocador s'amplia en la figura 2. Font: Google Earth.

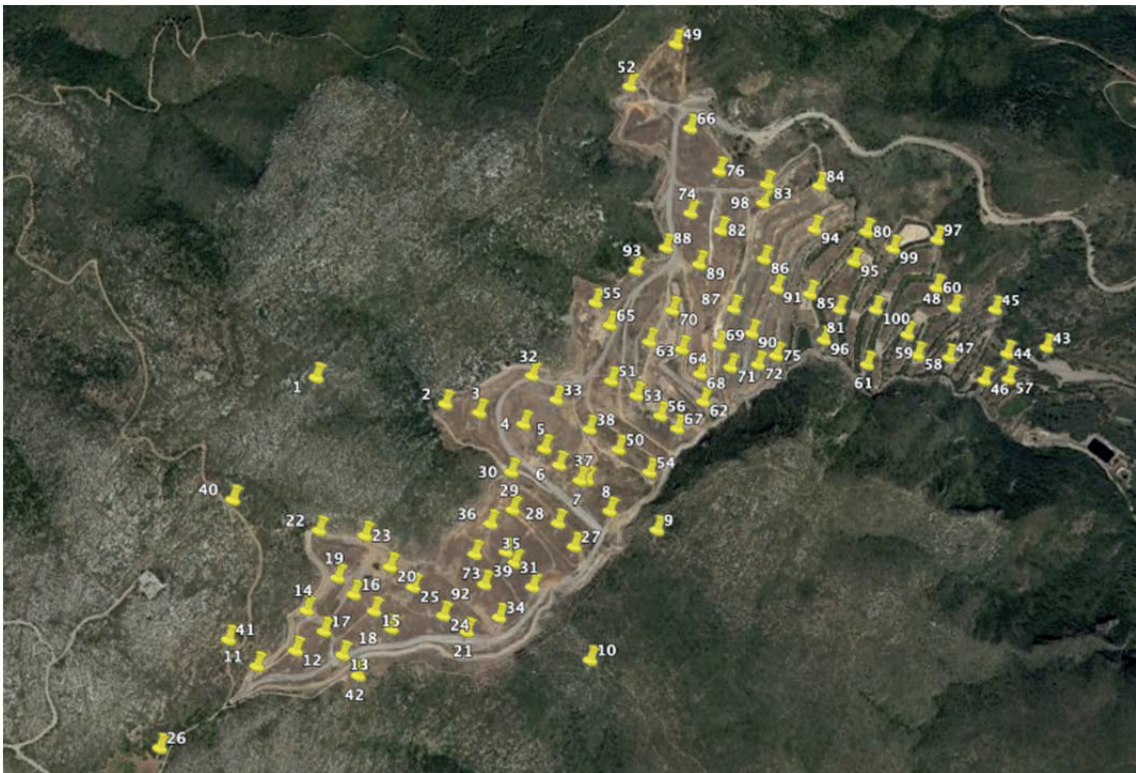


Figura 2b: Ampliació de la zona del recinte de l'abocador i localització de les estacions situades dins o en l'entorn més proper. Font: Google Earth.

Per a l'adquisició de les dades es van utilitzar dues estacions Metronix ADU-07e, sensors magnètics MFS07e, i elèctrodes impolaritzables de clorur de plom. Els registres es van fer en dues bandes: HF (amb una freqüència de mostreig de 4096 Hz) i LF (amb una freqüència de mostreig de 128 Hz). Les sèries temporals de cada estació es van processar amb el

programari Mapros de Metronix (Friedrichs, 2003). Aquest processat consisteix en, mitjançant la transformada de Fourier (*Fast Fourier Transform*, FFT), calcular el tensor d'impedàncies en el domini de les freqüències a partir dels auto espectres i espectres creuats. Finalitzat el processat, s'exporten els fitxers amb les impedàncies en funció de la freqüència de cada estació (fitxers .edi).

A partir d'aquestes impedàncies, es calculen les resistivitats aparents i fases, que es poden representar gràficament en funció del període (invers de la freqüència), tal com es pot veure, per exemple, a la figura 4. Les corbes de resistivitat aparent ens permeten obtenir una primera aproximació de com varia la resistivitat en funció del període mesurat (que és també un indicador de la profunditat estudiada). Les corbes de les fases indiquen variacions en les resistivitats aparents. Degut a la dimensionalitat de les estructures (que, tal com s'ha vist en els informes anteriors, és 3D), aquestes corbes, que corresponen a les diferents direccions de camp elèctric i magnètic mesurats (xx, xy, yx i yy) també inclouen informació de les estructures laterals i per tant no es poden interpretar directament com una variació de la resistivitat del subsòl en profunditat i cal esperar a la modelització per obtenir la imatge real de la resistivitat del subsòl en 3D.

Com a mostra representativa d'aquestes corbes, la figura 3 mostra novament la zona ampliada de l'abocador i s'encerclen en vermell estacions característiques de les diferents zones: 41 i 43: exteriors a l'abocador (41 sobre materials cretàtics, 43 sobre materials juràssics). 13 i 30: dins de l'abocador, sobre materials cretàtics. 53 i 80: dins de l'abocador, sobre materials juràssics. La figura 4 mostra les corbes de resistivitat aparent i fase obtingudes en aquestes estacions.

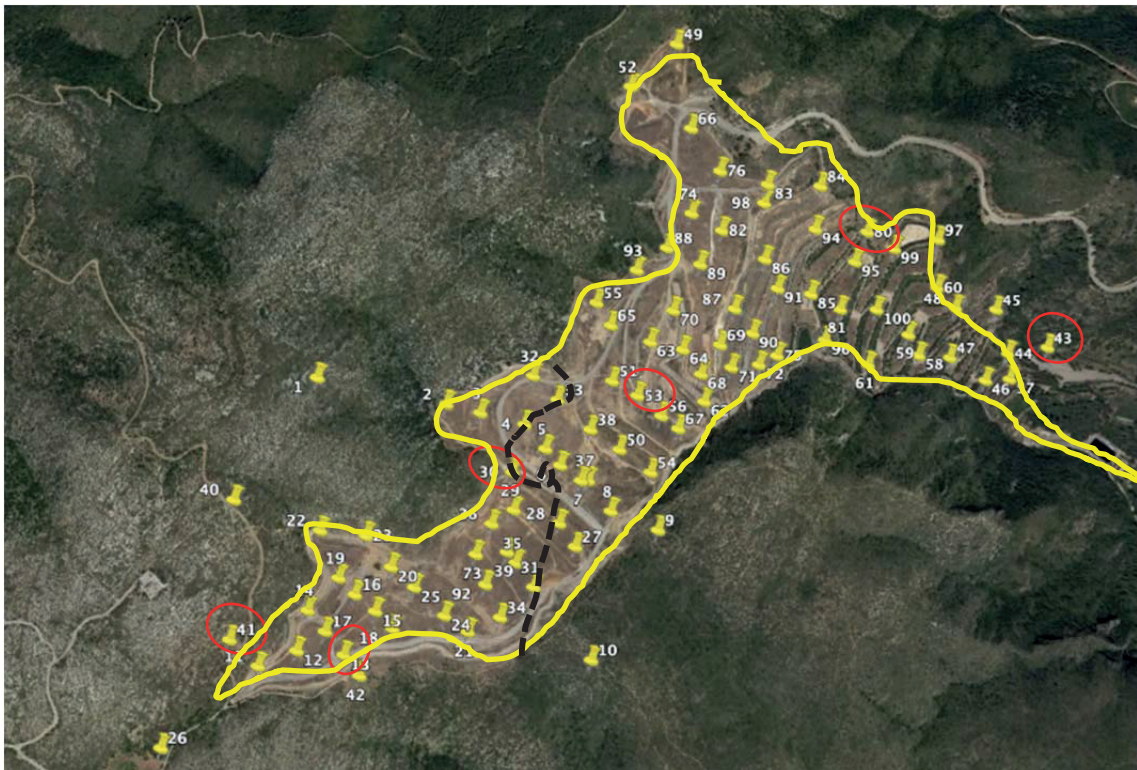


Figura 3: Ampliació de la zona del recinte de l'abocador i localització de les estacions situades dins o en l'entorn més proper. S'encerclen en vermell les estacions representatives per les que es mostren les corbes de resistivitat aparent i fase i els models 1D. La línia negra discontinua indica de manera aproximada la separació entre el Cretaci i el Juràssic. Font: Google Earth.

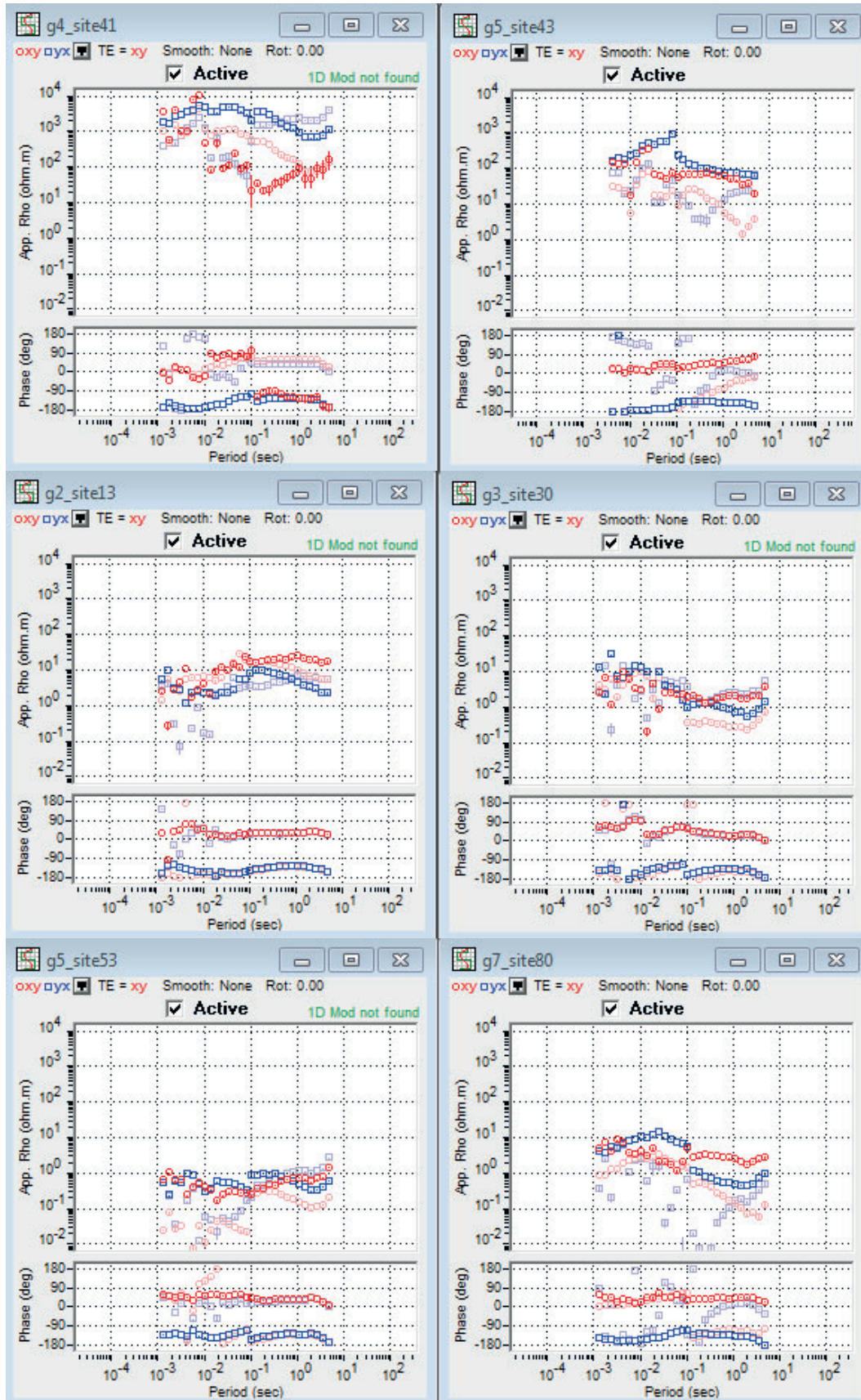


Figura 4: Corbes de resistivitat aparent i fase per a 6 estacions representatives de l'abocador i els seu entorn. Vermell: xy i xx (difuminat). Blau: yx i yy (difuminat).

Es pot apreciar com en les estacions 41 i 43 les corbes de resistivitat aparent comencen (a períodes curts) amb valors de l'ordre de 1000 ohm·m (estació 41) i 100 ohm·m (estació 43). Aquests valors alts de resistivitat corresponen als materials càrstics (materials porosos però sense presència de fluids a les parts superiors), però la diferència entre 1000 ohm·m i 100 ohm·m es pot atribuir al canvi litològic entre materials cretàtics i juràssics, ja que les corbes de les estacions situades sobre el Cretaci a la part SW de l'abocador (estacions 26, 77 i 79, que s'han presentat en els informes anteriors) també mostren aquest valors a períodes curts.

Pel que fa a les estacions situades dins del perímetre de l'abocador, (13, 30, 53 i 80) es pot apreciar els valors significativament més baixos de la resistivitat aparent (entre 1 ohm·m i 10 ohm·m), atribuïbles als materials que omplen l'abocador, i no es poden apreciar diferències clares entre les estacions situades sobre els materials juràssics (13 i 30) o cretàtics (53 i 80) que es troben per sota de l'abocador.

Un cop processades totes les dades i analitzada la dimensionalitat, es va procedir en dues direccions:

La primera va ser la de fer una modelització 2D de les dades corresponents a les estacions situades al parc natural, al SW de l'abocador, dues d'elles coincidents amb la localització dels piezòmetres. És molt important recalcar que els models 2D que es presentaran, s'han obtingut amb només 3 estacions i per tant donen una imatge molt aproximada de l'estructura geològica. No obstant, s'han considerat interessant incloure'ls en aquest informe per dues raons: pel fet que les estacions estan situades en les localitzacions dels piezòmetres i pel fet que, a l'estar allunyades de l'estructura conductiva de l'abocador, és possible penetrar més en el subsòl.

La segona va ser la modelització 3D de resistivitats elèctriques de la zona de l'abocador i el seu voltant, i que ha estat l'objectiu principal d'aquest estudi.

## Modelització i interpretació:

### Modelització 2D: models, ajustos, tests sensibilitat, interpretació

Les estacions 77 (La Pleta), 78 (Vallgrassa) i 79 (Pla de Querol) es van situar fora de l'abocador, al Parc Natural del Garraf, 2 d'elles al costat de piezòmetres (77 i 78) i una en un lloc on hi ha previsió d'instal·lar-ne un (79). A més, al estar allunyades de la resta, no es van incloure en la modelització 3D, però es va considerar la possibilitat d'utilitzar-les per obtenir un model 2D. Tal i com es veurà, les dades d'aquestes 3 estacions permeten caracteritzar profunditats majors que les de la zona de l'abocador, ja que les ones electromagnètiques no es veuen atenuades pels materials altament conductors de l'abocador. L'anàlisi mitjançant el programa *Strike* (McNeice and Jones, 2001) va donar una direcció preferent de les estructures de  $18.6^\circ$  (NNE-SSW). Per tant, es van projectar les estacions sobre un perfil perpendicular a aquesta direcció:  $-71.4^\circ$  (WNW-ESE) (figura 5).

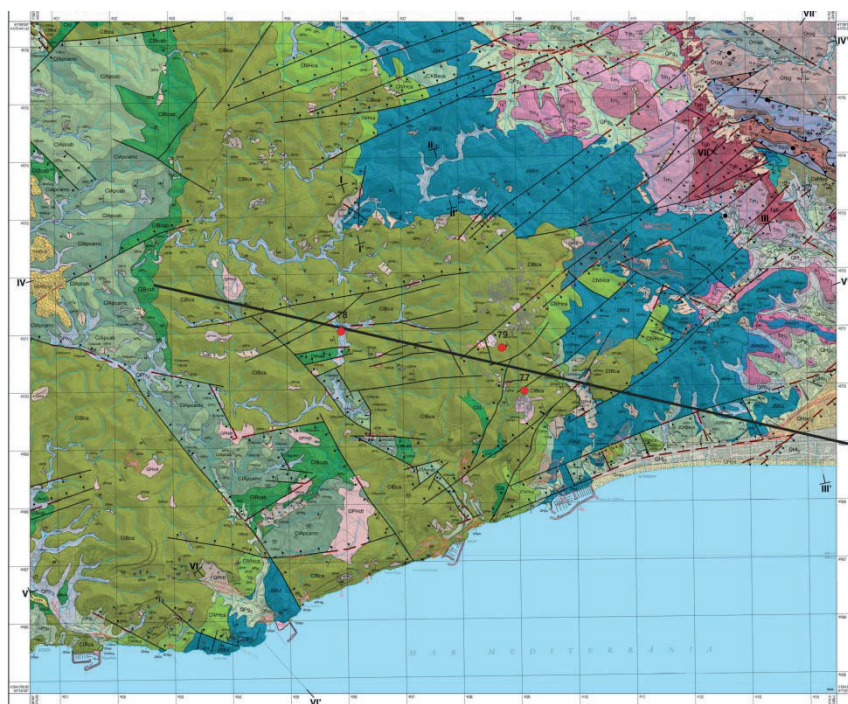


Figura 5. Localització de les 3 estacions situades fora de l'abocador, sobre el mapa geològic 1:25000. La línia negra indica el perfil sota el qual s'obindrà el model 2D de resistivitats.

Per a l'obtenció del model 2D es va utilitzar el programa Winglink® i el codi d'inversió 2D de Rodi i Mackie (2001). Es van rotar les dades segons la direcció de l'strike ( $18.6^\circ$  en sentit horari), es van assignar els modes TE i TM a les components xy i yx respectivament, es va corregir l'static shift i es van suavitzar les dades mitjançant el programa D+ (Beamish and Travassos, 1992).

En l'informe anterior es va presentar un primer model que es va obtenir utilitzant una malla de 98 files i 142 columnes, a la que s'hi va fixar la topografia i el mar. Es va partir d'un model inicial de 200 ohm·m (excepte el mar, fixat a un valor de 0.33 ohm·m). Es van invertir les dades del mode TM (la inclusió del mode TE no permetia ajustar les dades), amb un 10% d'error.

L'rms (root mean square, valor que indica com s'ajusten les respostes calculades del model a les dades) del model inicial era de 12, i després de 100 iteracions, va decreïxer fins a 1. Aquest model es mostra a la figura 6. En la figura 7 s'hi representen les corbes de resistivitat aparent i fase mesurades i calculades.

La secció del model (figura 6) representa la resistivitat elèctrica en funció de la posició i de la profunditat. La resistivitat elèctrica és la inversa de la conductivitat elèctrica i, en els models obtinguts en magnetotel·lúrica, es representa amb una escala de colors inversa a la que s'utilitza en tomografia elèctrica. Així, els colors càlids representen valors baixos de resistivitat elèctrica (= alta conductivitat) i els colors freds, valors d'alta resistivitat elèctrica (= baixa conductivitat). En la part superior de la secció s'hi representa també la orientació (WNW – ESE), la posició de les estacions, i el mar (colors taronges a la part més ESE).

En la part més superficial del model, la resistivitat a la zona de Vallgrassa (estació 78) és del voltant de 50 ohm·m (colors verds), mentre que cap al ESE, sota el Pla de Querol (estació 79) i La Pleta (estació 77) té valors més alts, entre 200 i 1000 ohm·m (colors blaus). Aquesta diferència pot atribuir-se a diferències litològiques: graves, llims i sorres del Plistocè a Vallgrassa (amb possible circulació de fluids) i materials del Cretaci carstificat (sense circulació d'aigua) sota les altres dues estacions. A més profunditat, hi ha una zona més conductora, que es podria atribuir a l'aqüífer que correspondria a materials juràssics i cretàtics permeables, i que va des del nivell del mar sota les estacions 77 i 79. Sota la zona de Vallgrassa no es distingeix el límit superior de l'aqüífer ja que té resistivitats semblants a la dels materials que hi ha per sobre. En les zones on no hi ha estacions, no està clar en quina posició podria estar el nivell freàtic, si bé, sembla que estaria per sota del nivell del mar. Finalment, a la part inferior del model, a partir d'uns 3000 m per sota el nivell del mar, hi ha un augment de la resistivitat en profunditat (500 – 1000 ohm·m) que es podria interpretar com el límit inferior de l'aqüífer, que podria trobar-se dins del Triàsic (si hi hagués circulació d'aigua a través de fractures) o en el sostre del Paleozoic (format per fil·lites i pissarres impermeables).

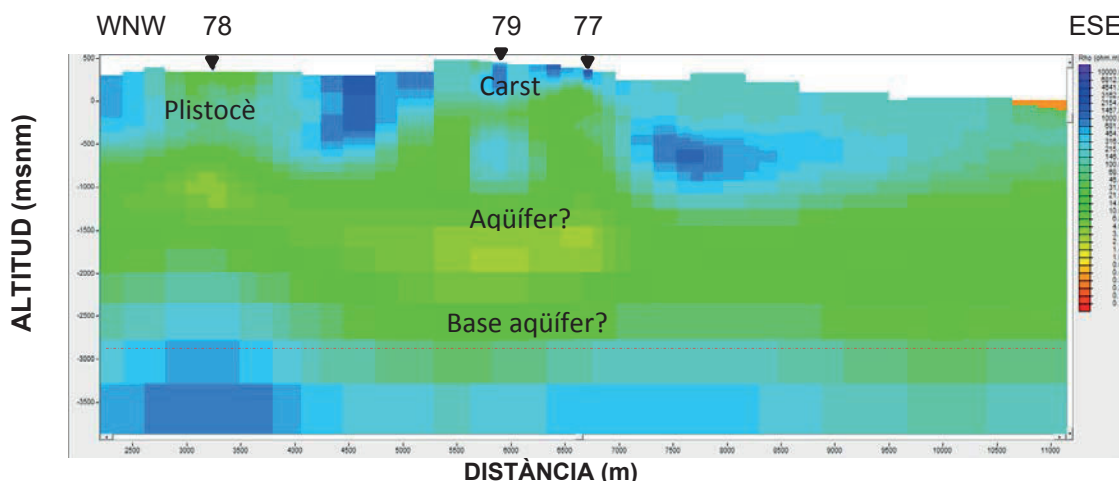


Figura 6. Model preliminar 2D de resistivitats elèctriques i una primera interpretació.

Un cop obtingut aquest model, es va fer una comparació amb els talls geològics disponibles en el mapa geològic 1:25000 Castelldefels-Vallcarca de l'ICGC. Un d'aquests perfils (V-V') passa prop de la zona de La Pleta (estació 77). A la figura 9 s'ha representat part d'aquest tall i s'hi ha indicat la localització projectada de l'estació 77 (prop del Pla de les Basses Roges). En aquest punt, el sostre del Triàsic es troba a uns 1000 m sota el nivell del mar i el del Paleozoic al voltant d'uns 1700 m per sota el nivell del mar (línies grogues discontinües). Tot i

que s'observen grans variacions d'aquests sostres al llarg del tall V-V', fa pensar que el nivell de la base de l'aquífer trobat en el model preliminar 2D, a uns -3000 m, és revisable.

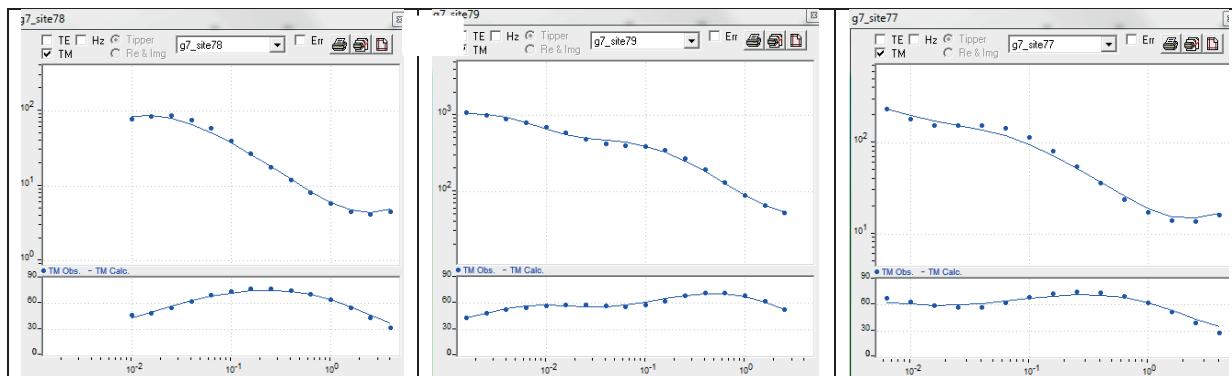


Figura 7. Corbes de resistivitat i fases de les estacions 78, 79 i 77 utilitzades per a la modelització 2D. Punts: valors mesurats; línies contínues: respostes del model.

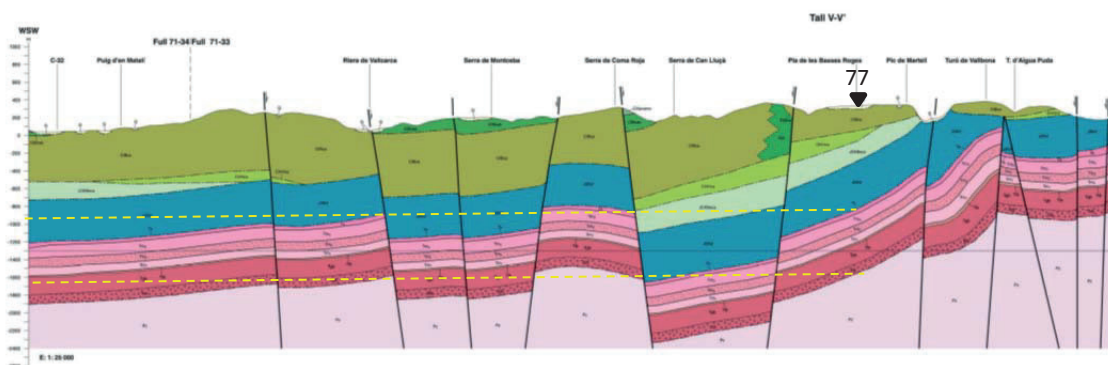


Figura 9. Tram del tall V-V'(WSW-ENE) del mapa geològic 1:25000 Castelldefels-Vallcarca de l'ICGC, on s'hi indica la posició de la projecció de l'estació 77. Les línies grogues discontinües indiquen el sostre del Triàsic i del Paleozoic sota l'estació 77.

Així, es van fer dos tests de sensibilitat incorporant la informació geològica a priori: el primer va consistir en agafar el model preliminar (figura 6) i pujar el resistiu interpretat com el sostre del Paleozoic (1000 ohm·m) a -1700 m. El càlcul del nou rms va ser de 4.8. A continuació es va fer una nova inversió i al cap de 20 iteracions es va obtenir un model amb un rms d'1. Aquest nou model, Model 2D-A (figura 10) manté l'estructura superficial semblant a la del model preliminar. Dins de l'aquífer hi ha una zona més conductora i el resistiu associat al sostre del Paleozoic es situaria a -2000 m, més consistent amb la informació dels talls geològics disponibles.

En el segon test de sensibilitat, partint també del model 2D preliminar (figura 6) es va situar el sostre del Paleozoic a -1700 m (1000 ohm·m) i es va diferenciar una capa (per simular el Triàsic) entre -1000 i -1700 m, amb una resistivitat de 500 ohm·m, més baixa que la del Paleozoic, per la possibilitat que pugui contenir fluids. En aquest cas, el nou rms va ser de 10.87; i després de 60 iteracions va reduir-se fins a 1.23. En la figura 11 es mostra el model resultant, Model 2D-B. Es pot veure una estructura superficial similar a la del model 2D preliminar, la base de l'aquífer entre -1000 i -1500 m i el Triàsic i Paleozoic, amb resistivitats de 200 ohm·m i 500 ohm·m respectivament. El límit entre el Triàsic i el Paleozoic se situaria a uns -2000 m.s.n.m.

Cal dir que en les figures 10 i 11 només es mostra la part dels models sota les estacions ja que per fora no hi ha resolució i no s'ha de considerar.

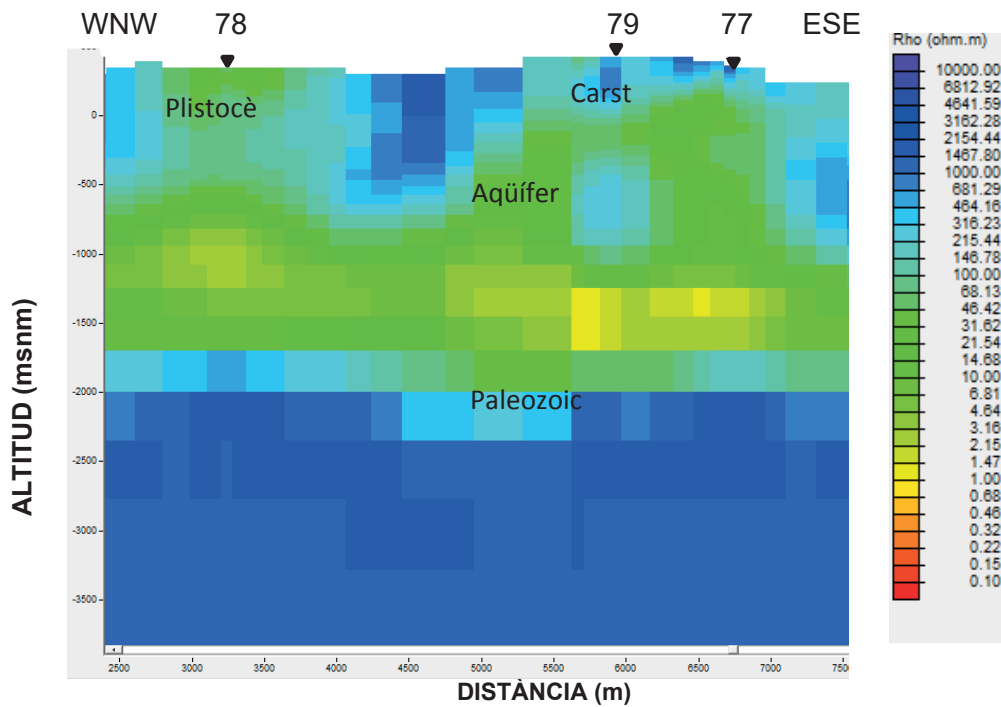


Figura 10. Model 2D-A de resistivitats elèctriques partint del model preliminar amb el sostre del Paleozoic a 1700 m sota el nivell del mar i la seva interpretació.

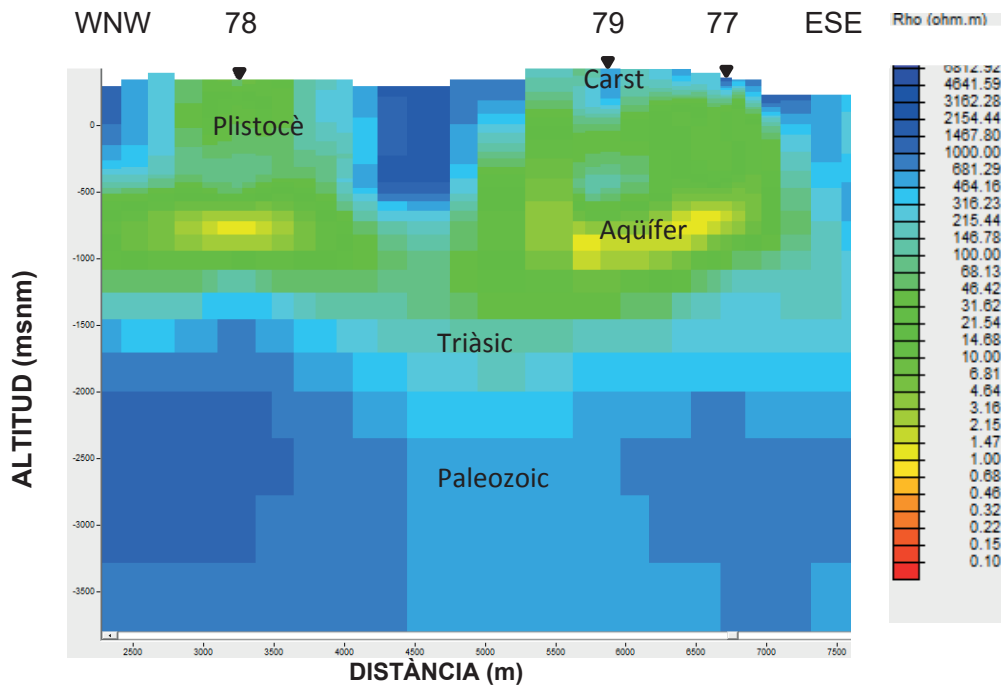


Figura 11. Model 2D-B de resistivitats elèctriques partint del model preliminar fixant els sostres del Triàsic i del Paleozoic a 1000 i 1700 m sota el nivell del mar, respectivament, i la seva interpretació.

De la modelització 2D de les estacions externes a l'abocador es pot concloure, que en el model 2D-B (figura 11) és adequat i compatible amb la informació geològica. Aquest model mostra zones resistives a la part més superficial que es corresponen amb zones carstificades corresponents al cretaci. Sota l'estació 78, una zona més conductora es correspondria als sediments del Plistocè. Per sota, una extensa zona conductora correspondria a la presència de l'aqüífer, que tindria el sostre al nivell del mar i podria arribar a uns 1000 – 1500 m sota el nivell del mar. Per sota, hi hauria una primera capa moderadament resistiva, que seria el Triàsic (200 ohm·m) i, una segona capa amb resistivitat més alta (500 ohm·m), que seria el basament paleozoic amb el sostre a uns -2000 m.s.n.m.

## Modelització 3D: models, ajustos, tests sensibilitat i interpretació

La caracterització de la zona de l'abocador s'ha realitzant mitjançant la inversió 3D. Això ha permès obtenir models 3D de la resistivitat elèctrica de la zona de l'abocador, i la seva continuació lateral i en profunditat. Inicialment, s'han considerat les 97 estacions adquirides dins de l'abocador i just per fora del seu perímetre (figura 2).

El procés d'inversió 3D consisteix en els següents passos:

- 1) Preparació de la malla 3D i model inicial: el model 3D consisteix en un cub, amb els costats orientats en les direccions N (x), E (y) i la direcció vertical (z, positiva cap avall). Aquest cub té unes dimensions molt més grans que la zona on s'han adquirit les dades, per tal d'assegurar unes bones condicions de contorn en el procés de càlcul de les respostes del model. El model es discretitza en les 3 direccions d'acord amb la resolució del mètode MT: Horitzontalment, la zona on hi ha les estacions, que és la part central del model, té una discretització més fina (cel·les de mida més petita), i va augmentant a mesura que es va cap als laterals. Verticalment, les capes superficials tenen una discretització més fina, ja que a més s'hi ha de fixar la topografia, i, a mesura que es va a més profunditat, el gruix va augmentant. Amb la malla obtinguda, s'estableixen uns valors inicials de la resistivitat elèctrica (normalment un valor homogeni) i es fixa la topografia (amb l'aire per sobre amb un valor de resistivitat de  $10^{10}$  ohm·m) i la batimetria (amb un valor de 0.3 ohm·m per a l'aigua del mar).
- 2) Preparació de les dades: a partir de la inspecció de les corbes de resistivitat aparent i fase, es fa una selecció de les estacions i de les freqüències que s'utilitzaran en la inversió, descartant aquelles freqüències que presenten valors anòmals i que s'atribueixen a soroll (en alguns casos es va desactiva un mode sencer, xy o yx). Pel que fa als errors, es pot utilitzar el de les dades, o assignar un % fix.
- 3) Fitxer de covariàncies i paràmetres del problema directe i de la inversió: el fitxer de covariàncies conté les parts del model que queden fixades (normalment la topografia i la batimetria) i els valors del suavitzat que s'utilitzarà en la inversió. Els paràmetres del problema directe (part del procés en que es calculen les respostes de cada iteració) i la inversió s'estableixen seguint els criteris recomanats pels desenvolupadors dels codis (veure, per exemple, taula 1).
- 4) Procés d'inversió: consisteix en un procés iteratiu en que, a partir del model inicial, es calculen les respostes, es comparen amb les dades i es cerca un nou model que ajusti millor les respostes amb les dades. Aquest procés s'atura quan s'arriba a un ajust satisfactori o a un determinat nombre d'iteracions.

En aquest treball s'ha utilitzat el codi d'inversió 3D ModEM (Kelbert et al. 2014). Els programes Winglink® i 3DGrid (Naser Meqbel, Consulting Geo) s'han utilitzat per a la preparació de la malla i la visualització dels models i dels ajustos.

En l'informe anterior es va mostrar un model preliminar que es va obtenir a partir d'una primera inversió utilitzant 95 estacions (es van descartar les estacions 82 i 87 perquè presentaven fases fora de quadrant), una malla de 59(x) x 72(y) x 51(z) cel·les, d'unes dimensions totals de 22 km x 22 km x 12 km (en l'anterior informe erròniament es va posar dimensions de 12 x 12 x 21 km), amb les cel·les de la part central superior (on hi ha les estacions, i fins arribar a la cota zero) de dimensions 40 m x 40 m x 20 m. Es va fixar la topografia i batimetria, un valor inicial de la resistivitat de 10 ohm·m, es van desactivar les freqüències (o modes) amb valors anòmals (allunyats del comportament general de la corba) i es va assignar un 5% d'error a les dades. En aquest model es començava a visualitzar el reblert de l'abocador com una zona molt conductora i per sota del nivell del mar tornava a aparèixer una

zona moderadament conductora. Tot i així, el desajust entre les dades i les respostes del model encara era elevat.

Una de les limitacions que tenia aquest model era que la discretització no era l'adequada i introduïa “artefactes” (estructures altament conductores o resistents al voltant de la zona on hi ha les estacions). Aquesta limitació es va resoldre estenent lateralment la zona de cel·les de 40 x 40 m, augmentant la mida de les cel·les laterals. Verticalment es van afegir capes i es va augmentar la profunditat del model. La nova malla té 81 x 96 x 55 cel·les i dimensions de 23.6 x 23.0 x 36 km. La figura 11 mostra les seccions horitzontals a nivell del mar dels models inicials del model preliminar (esquerra) i amb la nova malla (dreta). Es pot apreciar com la part central (discretització més fina, en que no es poden distingir les cel·les) de la malla nova té una extensió més gran que en el model preliminar.

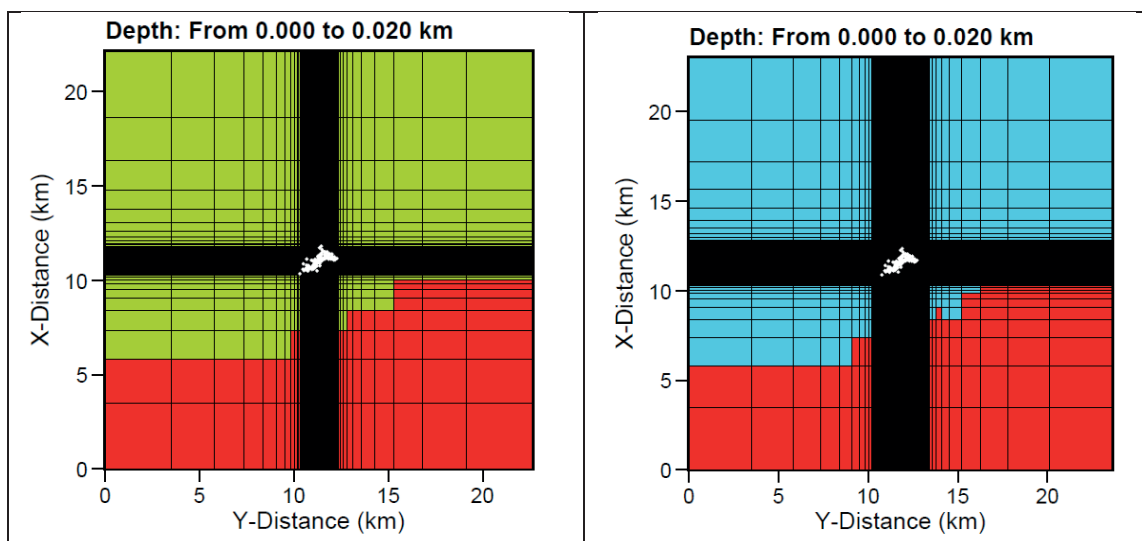


Figura 11: Seccions horitzontals a nivell del mar del model preliminar (esquerra) i de la nova malla (dreta). El color vermell representa el mar. Els punts blancs són les estacions. A la zona central, la discretització és de 40 cm i no es poden apreciar les cel·les individuals, però es pot veure com en la nova malla té una extensió més gran.

També es va fer una nova inspecció de les dades i es van descartar l'estació 8 (perquè presentava fases fora de quadrant) i l'estació 7 (molt propera a l'estació 37). Així en les noves inversions es van utilitzar 93 estacions. Novament es va assignar un 5% d'error a les dades.

Amb aquesta nova malla i la nova selecció de dades es va procedir a fer noves inversions (algunes d'elles no van convergir o van donar errors i no s'explicaran en aquest informe). Partint d'un model inicial de 200 ohm·m, fixant topografia i batimetria, i utilitzant els paràmetres de la taula 1, es va obtenir el model **Inv4**. L'rms inicial va ser de 368, i, després de 86 iteracions es va reduir fins a 5.2. La figura 12 mostra el mapa dels rms per a totes les estacions utilitzades en les components xy i yx. Les estacions de dins de l'abocador són les que mostren un millor ajust.

Mesh sizes	81x96x51
Number of QMR iters per divergence correction	100
Maximum number of divergence correction calls	40
Maximum number of divergence correction iters	1000
Misfit tolerance for EM forward solver	1e-7
Misfit tolerance for EM adjoint solver	1e-7
Misfit tolerance for divergence correction	1e-7
Model and data output file name :	gar93
Initial damping factor lambda	1
To update lambda divide by	10
Initial search step in model units	5
Restart when rms diff is less than	2e-3
Exit search when rms is less than	1.05
Exit when lambda is less than	1e8
Maximum number of iterations	300

Taula 1: Paràmetres utilitzats per a la inversió de les dades.

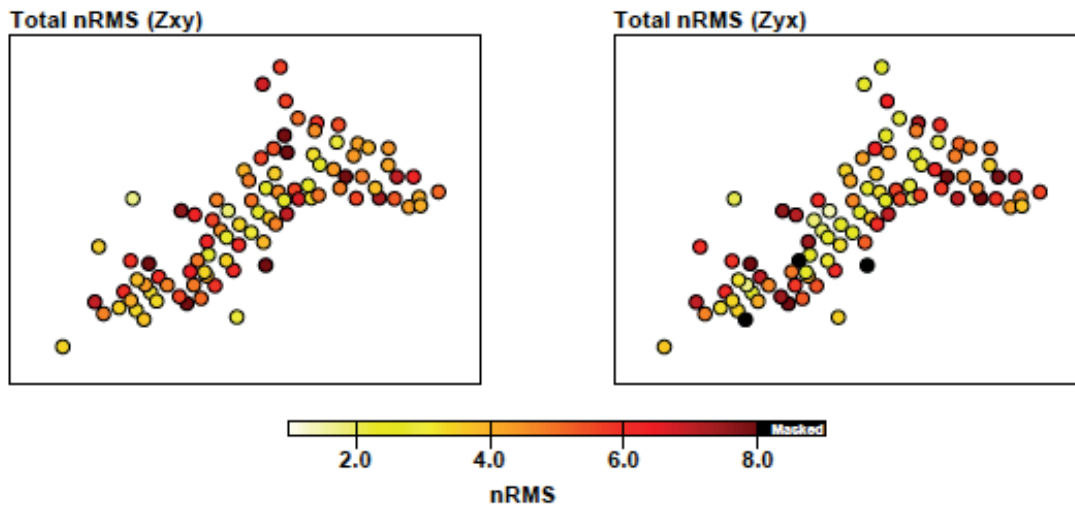


Figura 12: Mapa dels valors de l'rms per al model Inv4.

En els annexes s'hi han representat totes les capes horitzontals (annex 1a) , les seccions verticals de la part central del model (annex 1b), i els ajustos entre les dades i les respostes (annex 2).

La figura 13 (13a i 13b) mostra una selecció de capes horitzontals de la part central del model, amb la posició de les estacions. En les capes superiors, s'hi pot veure la topografia i la part blanca correspon a l'aire. Es pot veure com la part de l'abocador té valors molt conductors (d'aproximadament 1 ohm·m), començant per la part situada a cotes més altes (zona Sud-Oest) i estenent-se cap al Nord i Nord-Est. Aquests valors poden arribar fins a una cota de 240 m.s.n.m. Per sota, la zona conductora es va fent més resistiva i disminueix la seva extensió. A partir del nivell del mar, torna a disminuir la resistivitat i a partir de -600 m.s.n.m. torna a augmentar. La zona que envolta la part central presenta valors més resistius a la part superior (500 – 1000 ohm·m), que van disminuint en profunditat fins a uns 200 ohm·m; i en general la part a l'W de l'abocador és més resistiva que la part E.

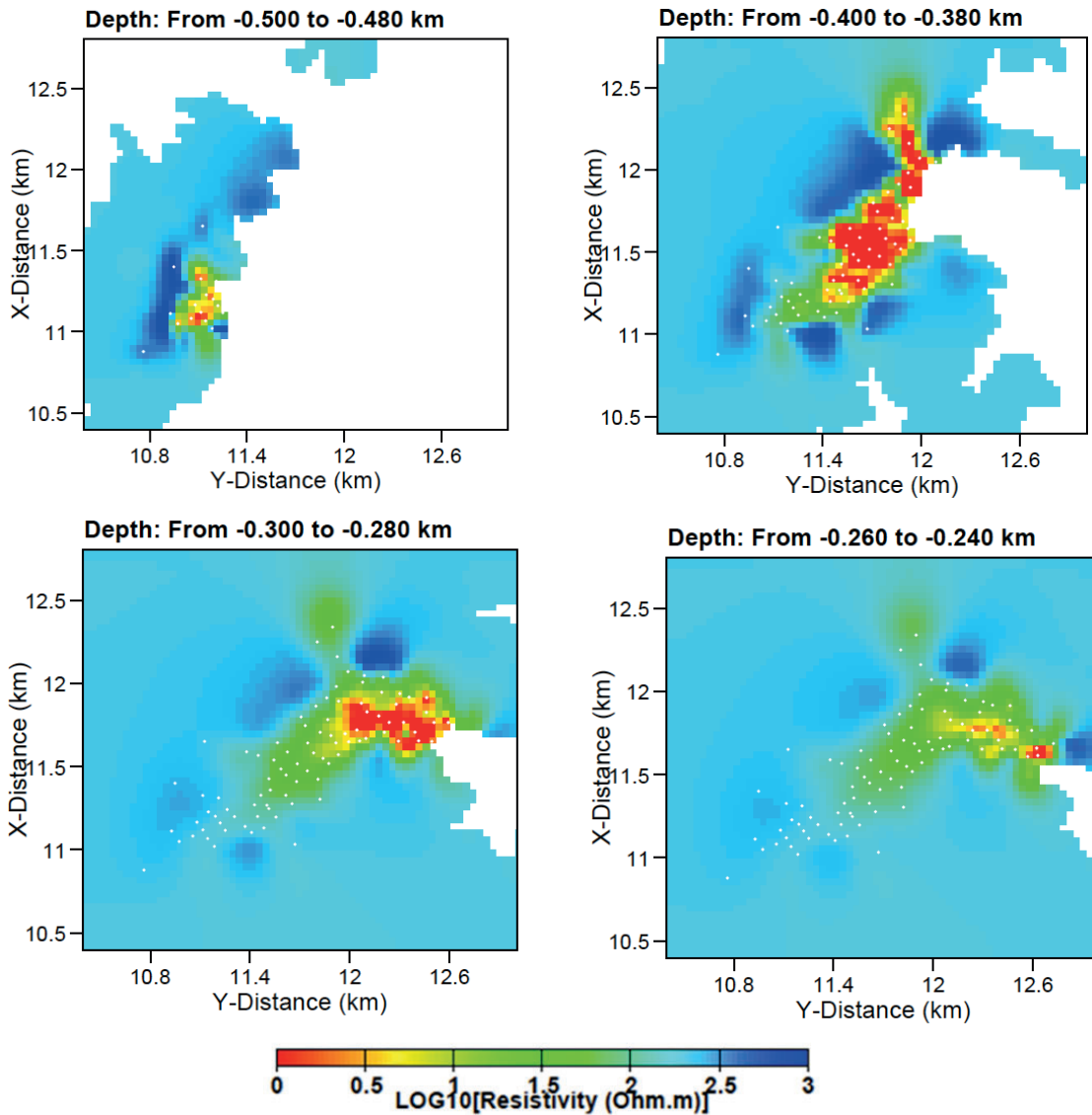


Figura 13a: Part superior: Imatge de satèl·lit amb zona de l'abocador i el seu voltant, que correspon a la part central del model, i la localització i identificació de les estacions. Panells inferiors: Selecció de plans horitzontals de la part central del model Inv4, de la part més superficial fins a 240 m.s.n.m. Cal fer notar que les profunditats es consideren negatives quan estan per sobre del nivell del mar, i positives quan estan per sota.

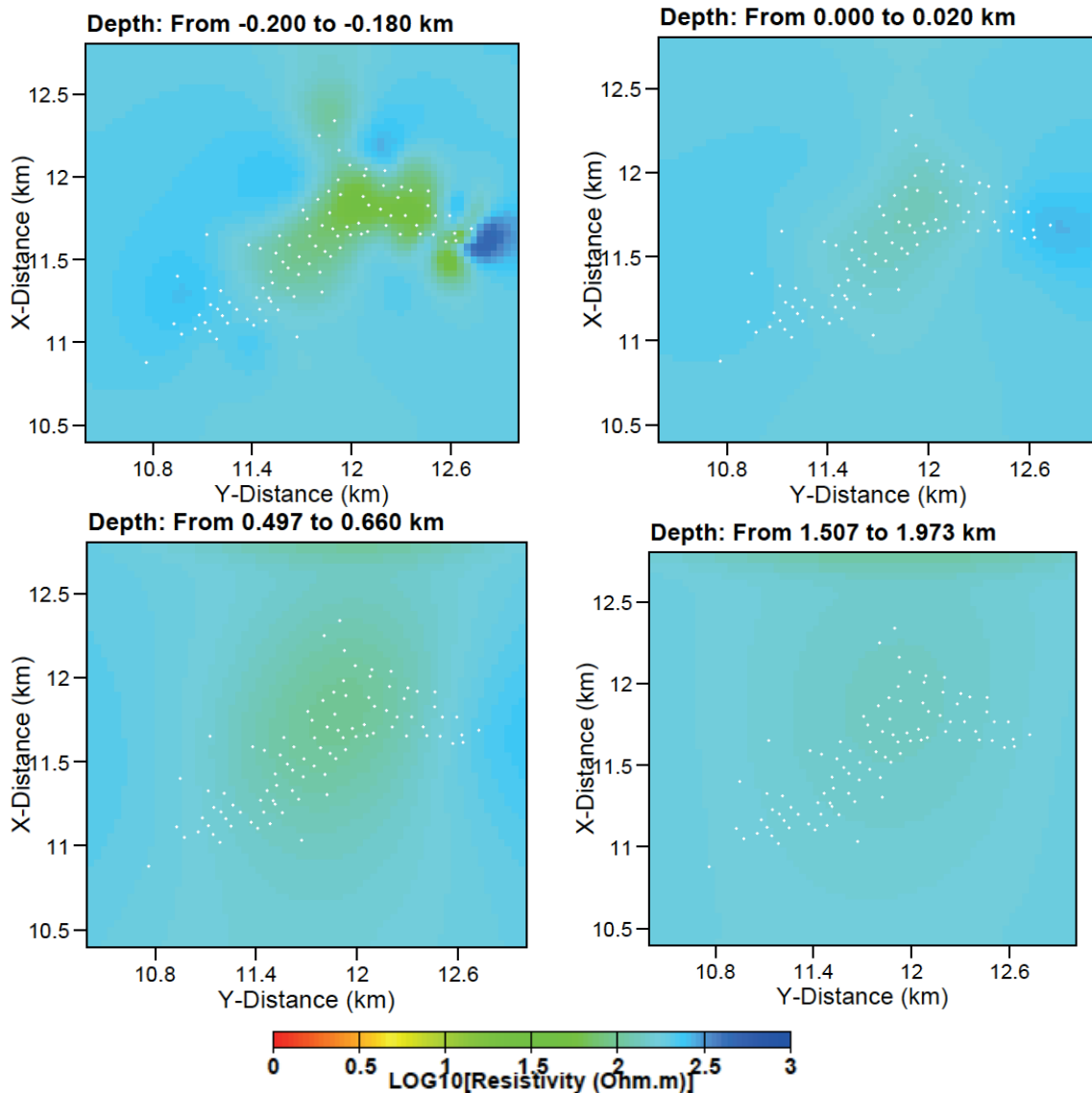


Figura 13b: Selecció de plans horitzontals de la part central del model Inv4, des de 200 m.s.n.m fins a - 2000 m.s.n.m. Cal fer notar que les profunditats es consideren negatives quan estan per sobre del nivell del mar, i positives quan estan per sota.

Un primer fet destacable, i que ja s'intuïa en el model 2D que es va fer del primer perfil a la fase 1, és que la part conductora més superficial penetra per sota del vas de l'abocador. En la figura 14 s'hi mostren seccions verticals del model, des de la part superior fins a nivell del mar; i s'hi representat la topografia del 1967 (prèvia a l'inici del funcionament de l'abocador). Es pot veure clarament com s'identifiquen zones més conductores (colors vermells, grocs i verd clar) que van des de la superfície i que penetren per sota del vas de l'abocador. Malgrat que el mínim de l'escala de resistivitats, sigui d'1 ohm·m, s'ha de destacar que els valors de resistivitat poden arribar a ser de 0.01 ohm·m, que és un valor extremadament baix.

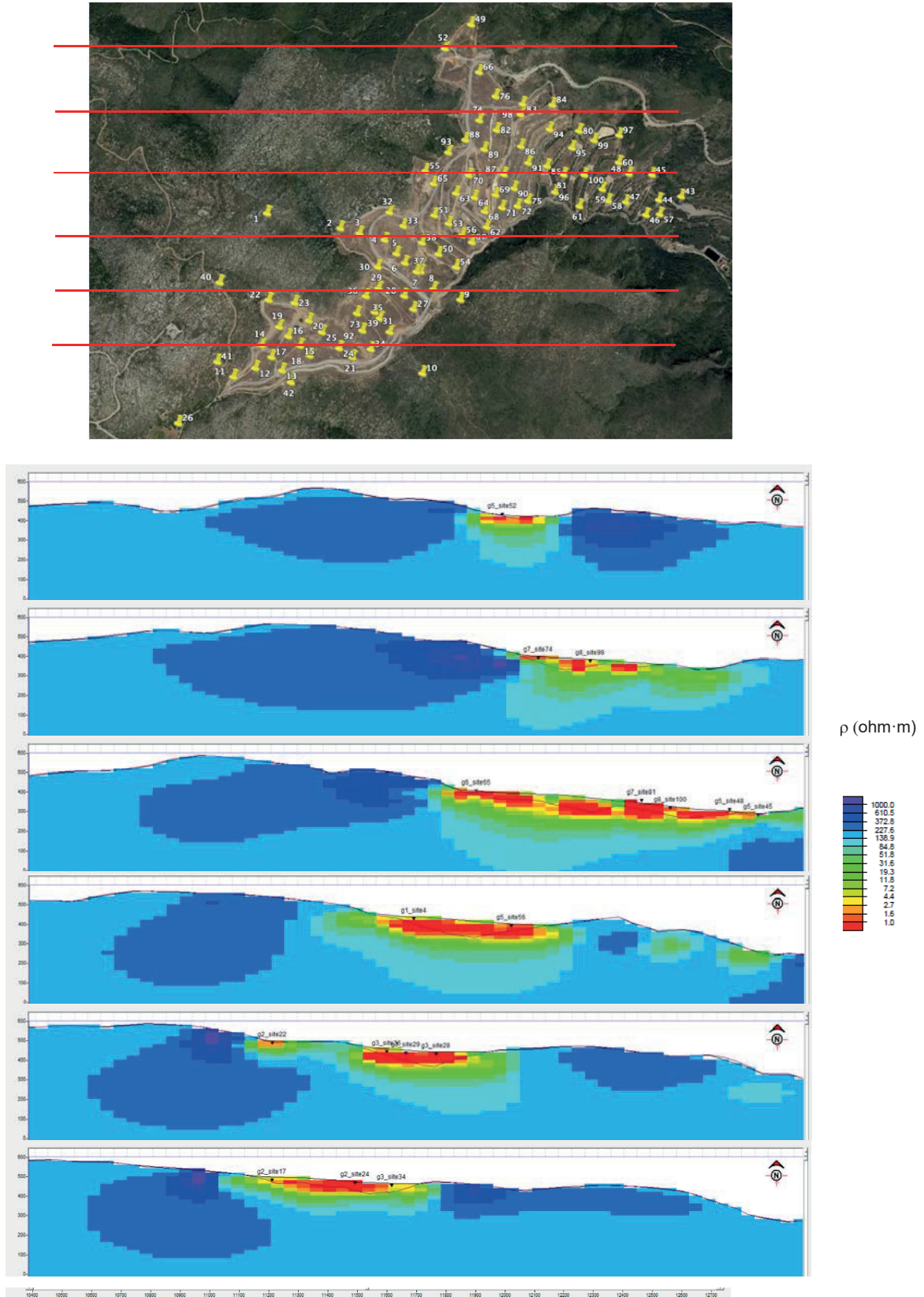


Figura 14: Part superior: Imatge de satèl·lit amb zona de l'abocador i el seu voltant, que correspon a la part central del model, i la localització i identificació de les estacions. Les línies vermelles indiquen la posició de les seccions verticals del model que es mostren als panells inferiors. Panells inferiors: Seccions verticals de la part central superior del model Inv4, de Nord a Sud. En cada secció s'hi ha representat la topografia actual (línia negra, que correspon al límit superior del model) i la topografia del 1967 (línia violeta).

A continuació s'ha procedit a fer els tests de sensibilitat per determinar la validesa i resolució de les principals estructures del model. Una manera de fer aquests tests és introduir modificacions en el model i calculant novament l'rms. Així es pot veure si les respostes del model modificat ajusten o no les dades; i si fent noves inversions es pot recuperar el model original.

En el model Inv4, les principals estructures que es volen validar i els tests de sensibilitat corresponents han estat:

- A) Conductor superficial corresponent al reblert de l'abocador i que s'estén per sobre de la topografia original.

A1) Es vol determinar si, en cas que aquest conductor no fos tant profund i només ocupés el reblert de l'abocador, ajustaria igualment les dades. Per això es va modificar el model, deixant només la zona del reblert de l'abocador, com a conductora (1 ohm·m), i modificant els valors de la part inferior (inicialment entre 1 ohm·m i 10 ohm·m), fent-los més resistius (50 ohm·m) (figura 15). L'rms d'aquest model ha augmentat fins a 345 (gairebé el mateix valor que el model homogeni inicial) i demostra que és necessari que aquest conductor vagi en profunditat més enllà de la topografia inicial de l'abocador.

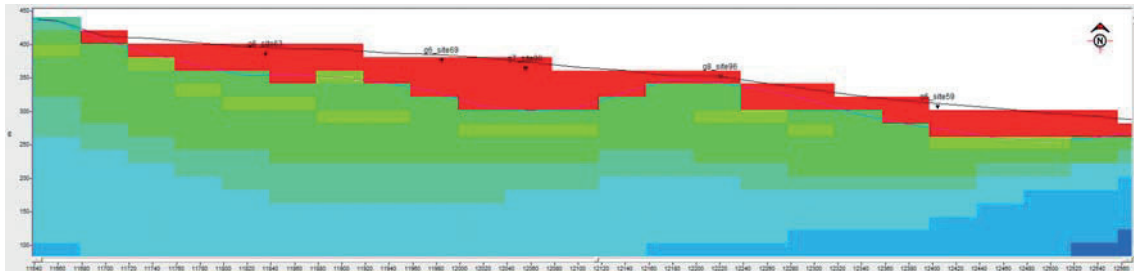


Figura 15: Secció vertical del model utilitzat per al test A1, en que s'ha modificat la part superior del model Inv4, deixant només el reblert de l'abocador com a un conductor d'1 ohm·m (color vermell).

A2) Es vol determinar fins a quina profunditat podria arribar i si tenim resolució. Per això s'ha prolongat aquest conductor en profunditat fins al nivell del mar (figura 16, panell esquerra). L'rms d'aquest model ha pujat fins a 7.87. El desajust entre les dades i les respostes es pot veure en la figura 17 on es comparen, per a les estacions 29 i 68 els ajustos del model Inv4 i del model modificat. Les posteriors inversions (23) han fet baixar l'rms fins a 5.33 i la part conductora que s'ha afegit per fer el test ha anat canviant cap a valors més resistius (figura 16, panell de la dreta). També es pot veure com, entre 100 m.s.n.m i el nivell del mar el conductor no es modifica. Això vol dir que per sota dels 100 m.s.n.m. sota el conductor de l'abocador no hi ha resolució. Això és degut a que les ones electromagnètiques s'atenuen molt més dins d'un material conductor que un material resistiu i els conductors apantallen les estructures que tenen per sota.

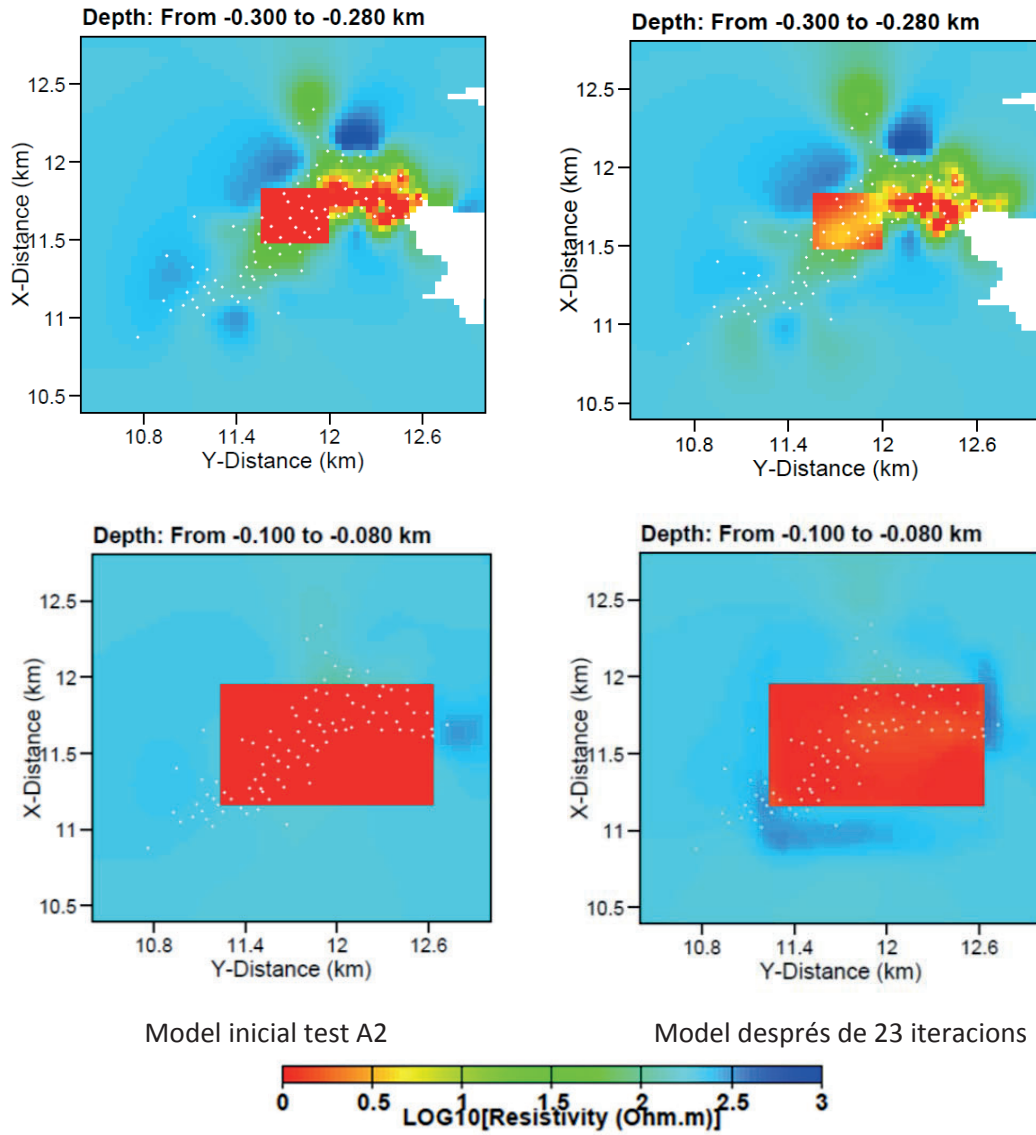


Figura 16: Comparació de dues capes horitzontals del model per al test A2: Esquerra, model modificat amb la col·locació d'un cos conductor. Dreta: model resultant després de 23 iteracions.

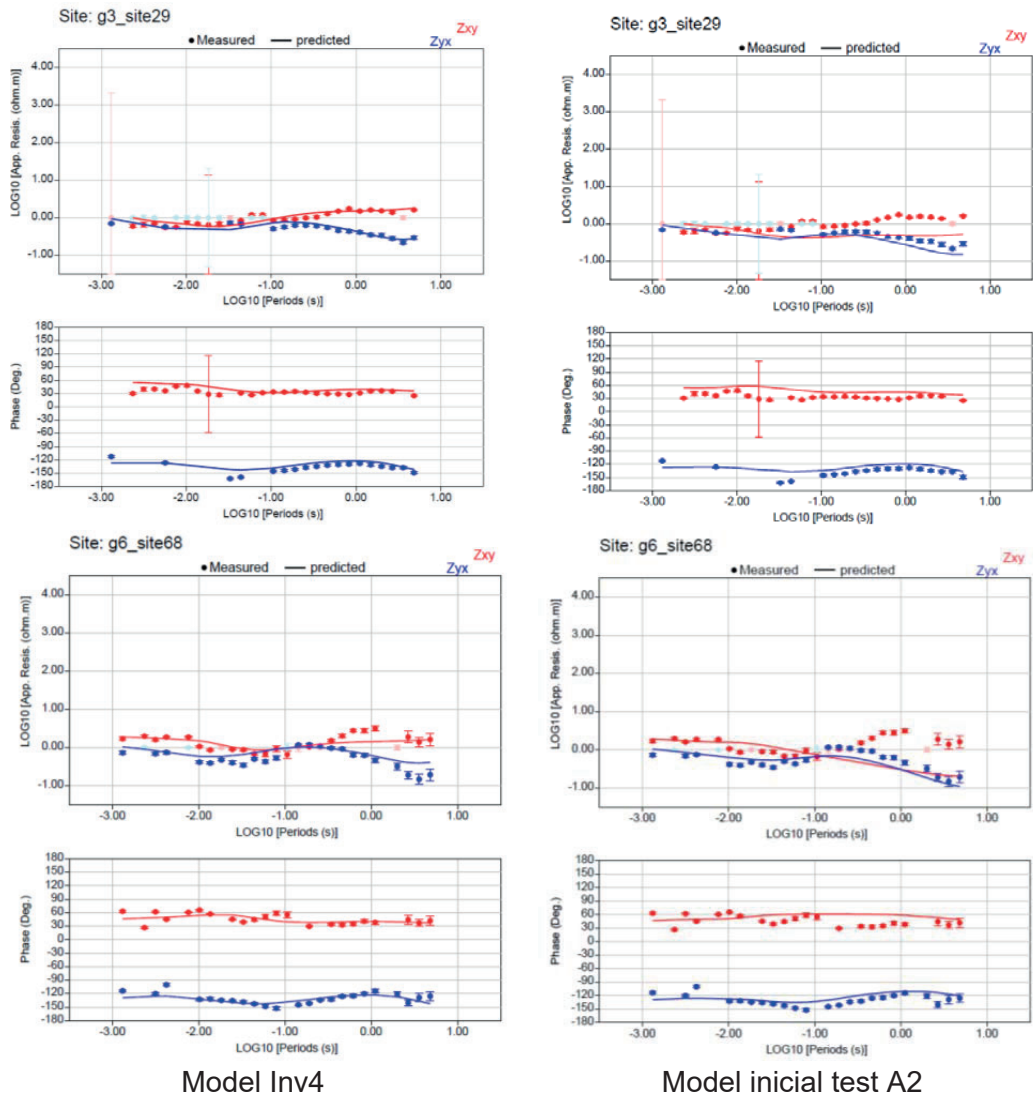


Figura 16: Ajustos entre les dades i les respostes del model Inv4 (esquerra) i del model inicial utilitzat en el test A2, per a les estacions 29 i 68.

B) Estructura profunda del model: en el model Inv4 es pot veure que, per sota de la part conductora més superficial, i per sota del nivell del mar, apareix novament una estructura moderadament conductora. Per analitzar aquesta estructura, s'ha partit d'un model inicial estratificat (veure taula 2). Aquest model estratificat té un rms inicial de 342 i després de 35 iteracions s'ha reduït a 6.70. El que s'ha de destacar és que el nou model (figura 16) recupera l'estructura superficial com en el model Inv4 però deixa pràcticament intacta la part profunda. Per tant, el model és compatible amb la capa moderadament conductora (50 ohm·m) que hem situat entre el nivell del mar i 2 km de profunditat (que correspondria a l'aquífer) però no hi ha resolució per determinar-ne la part inferior.

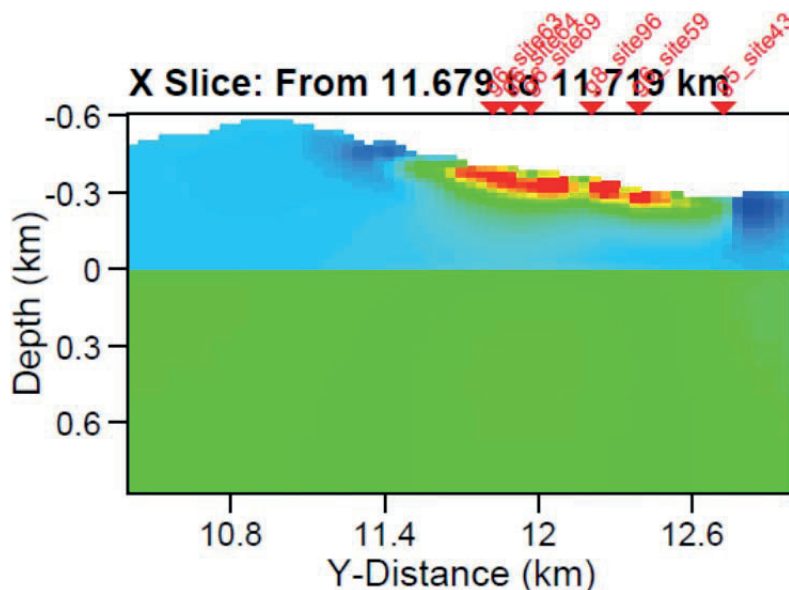


Figura 17: Secció vertical del model utilitzat per al test B.

El darrer test realitzat va ser posterior a la presentació dels resultats a l'empresa Geoservei, a partir de la informació del sondatge realitzat a la Vall del Teix (PZ07). Aquest sondatge està localitzat a la part NW de l'abocador, i va permetre situar el contacte Juràssic-Triàssic a una profunditat de 173 m (uns 300 m.s.n.m). Just per sobre d'aquesta localització hi ha una línia d'alta tensió, en una zona que es va prospectar per situar-hi més estacions d'MT però degut al possible soroll electromagnètic causat per la línia i a l'abrupta topografia es va descartar. Dins del recinte de l'abocador, les estacions 49 i 52 es troben a uns 150 – 200 m de distància del PZ07 i en l'informe 2 de la fase 2 (corresponent a l'adquisició, processat i anàlisi de les estacions 41-70) ja es va indicar la seva proximitat a la línia d'alta tensió. Tot i així, aquestes dues estacions es van poder processar i incorporar a la modelització 3D.

Referent al contacte Juràssic-Triàssic identificat en el sondatge PZ07, la resposta esperada geològicament podria ser una disminució de la resistivitat elèctrica degut al canvi entre materials carstificats (resistivitat alta) als sediments triàssics (resistivitat més baixa). La figura 18 mostra una secció vertical del model 3D, coincident amb el perfil 31 (NNW\_SSE) proporcionat per Geoservei, on s'hi ha indicat la situació del sondatge PZ07 en l'extrem NNW. Sota aquest punt, la resistivitat presenta valors d'uns 200 ohm·m des de la superfície fins a uns 50 m de profunditat. Per sota, la resistivitat és inferior (100 ohm·m) i torna a augmentar a partir d'uns 200 m de profunditat. Aquest valor de 100 ohm·m és lleugerament superior als valors que es troben per sota del reblert de l'abocador a la mateixa profunditat, que són d'uns 20 – 50 ohm·m. Així, el model mostra un lleuger contrast de resistivitats que caldria revisar i ajustar la profunditat en que es troba. Per això el test C va consistir en modificar el model Inv4, i imposar, sota la localització del sondatge PZ07, una primera zona amb resistivitat de 300 ohm·m, fins a 173 m de profunditat, i una zona més conductora de 100 ohm·m (la mateixa que en el model original). L'rms inicial del test C va ser el mateix que el model Inv4 (5.2), fet que implica que les dades tenen poca sensibilitat a aquesta zona de l'abocador; però, després de 16 iteracions va disminuir lleugerament fins a 5.15 i va mantenir la posició del nivell identificat en el sondatge, a la cota de 300 m.s.n.m. Per tant, el model obtingut és compatible amb el canvi litològic identificat en el sondatge.

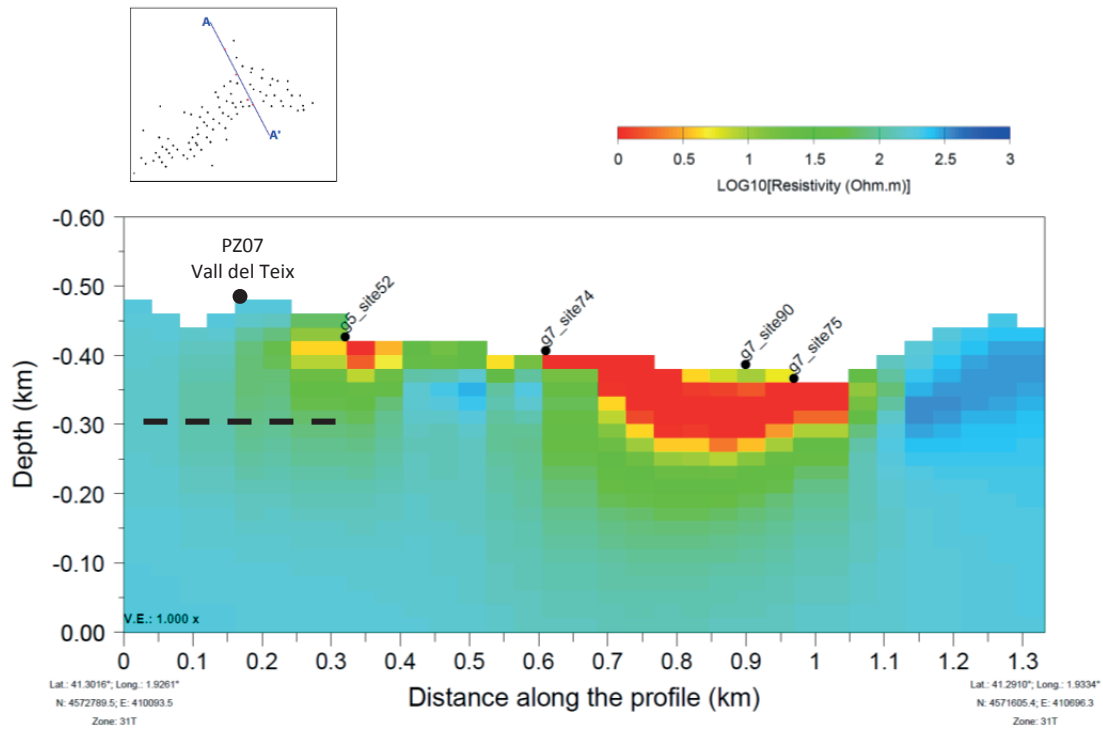


Figura 18: Secció vertical del model Inv4 en la direcció del perfil 31 projectat per Geoservei amb la localització del sondatge PZ07, Vall del Teix. El panell superior mostra la direcció del perfil sobre el conjunt d'estacions MT. La línia discontinua marca el contacte Juràssic-Triàsic identificat en el sondatge i utilitzat per al test C.

Nom del model	Model inicial	Nº iteracions	rms inicial i final
<b>Inv4</b>	200 ohm·m	86	rms(0) = 368 rms (86) = 5.2
<b>Test A1</b>	Inv4 modificat: Nomes reblert conductor (1 ohm·m)	0 (només càlcul respostes model)	rms(0) = 345
<b>Test A2</b>	Inv4 afegint un bloc conductor sota la part central de l'abocador	23	rms(0) = 7.87 rms(23) = 5.35
<b>Test B</b>	Model estratificat:  600 m – 0 m: 250 ohm·m 0 – -2 km: 50 ohm·m > -2km: 2000 ohm·m	35	rms(0) = 342 rms(32) = 6.70
<b>Test C</b>	Inv4 modificat: Contacte J-T sota sondatge PZ07	16	rms(0) = 5.2 rms(16) = 5.15

Taula 2: Resum de les inversions i tests 3D realitzats. En tots la batimetria i topografia estan fixats.

## Conclusions

En aquest informe final s'han presentat els resultats de la modelització de les dades magnetotel·lúriques adquirides per a la caracterització de l'abocador del Garraf i el seu entorn. S'han acomplert els objectius marcats a l'inici de l'estudi, que han permès caracteritzar el vas i substrat rocós de l'abocador, la profunditat a la que arriben els lixivats i el límit de saturació de l'aquífer profund.

Com a primera aproximació, s'ha fet una modelització 2D amb les dades de les 3 estacions adquirides a la zona SW de l'abocador, en el Parc Natural del Garraf. El model 2D-B és compatible amb la informació geològica. En superfície les zones més resistents es correspondrien amb els materials carstificats, i zones més conductores a la presència de sediments del Plistocè. En profunditat, una extensa zona conductora es correspondria amb la presència de l'aquífer, que podria arribar fins a uns 1000 – 1500 m sota el nivell de mar, i l'augment de resistivitat en profunditat mostraria la presència dels materials triàsics (fins a uns 2000 m) i paleozoics.

La part principal d'aquest estudi ha consistit en la inversió 3D de les dades de 93 estacions i s'ha obtingut un model que ajusta les dades de manera satisfactòria. Els tests de sensibilitat han permès determinar la validesa de les estructures presents en el model. Aquestes són:

- A) Una zona resistiva al voltant de l'abocador, amb valors de resistivitat més alts a la zona W que a la zona E. Aquesta alta resistivitat s'atribueix als materials del Cretaci i del Juràssic altament carstificats amb cavitats buides (sense presència de fluids). La diferència entre la part W i E podria ser deguda al canvi Juràssic – Cretaci, o a diferents graus de carstificació. En la part més nord-occidental (Vall del Teix) el model és compatible amb el contacte J-T identificat en el sondeig PZ07.
- B) Una zona conductora superficial que es correlaciona amb el reblert de l'abocador, i que s'estén per sota de la topografia original de l'abocador, en algunes zones fins a uns 100 m de profunditat. Aquesta alta conductivitat s'interpreta per la presència de lixivats, i mostra clarament que penetren per sota del vas de l'abocador entre, com a mínim, 0 i 80 m (figura 19). Tot i la pèrdua de resolució en la part inferior del conductor, el fet que la conductivitat disminueixi en profunditat es pot atribuir a una disminució de la concentració dels lixivats.

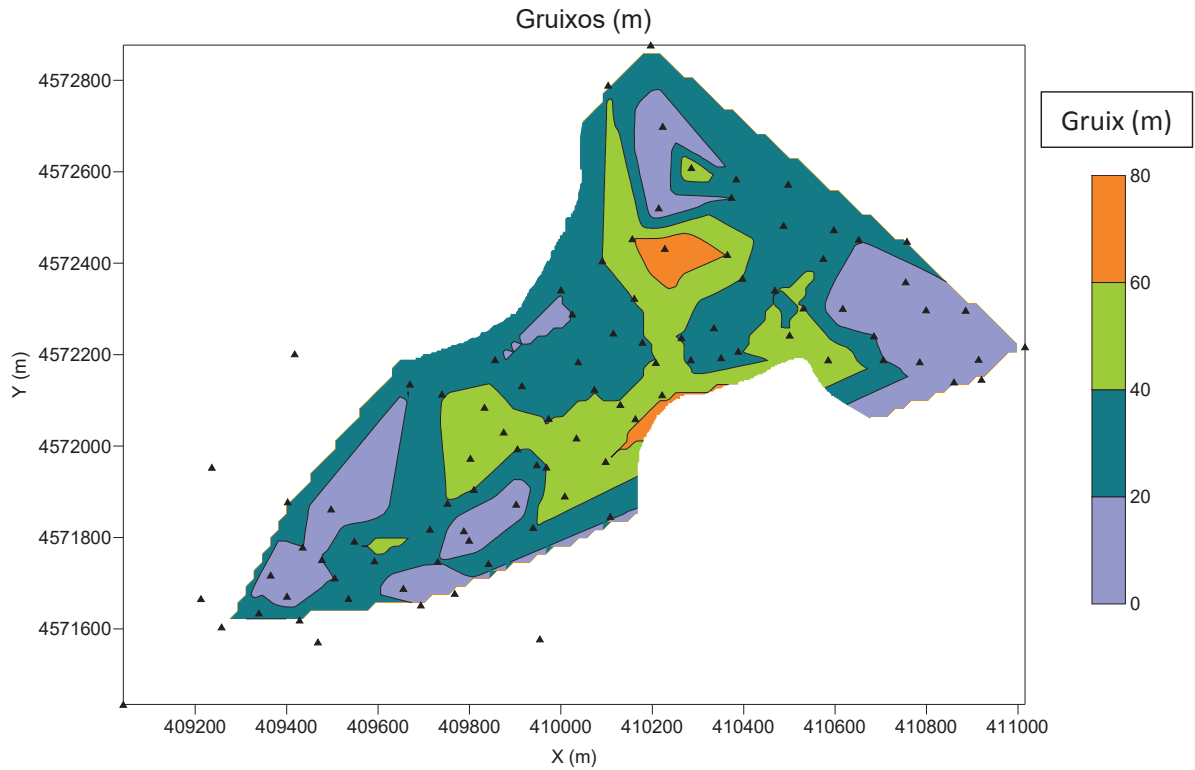


Figura 19: Mapa de gruixos del conductor per sota de la topografia inicial de l'abocador. Els triangles negres mostren la localització de les estacions (les que tenen fons blanc són les de fora de l'abocador).

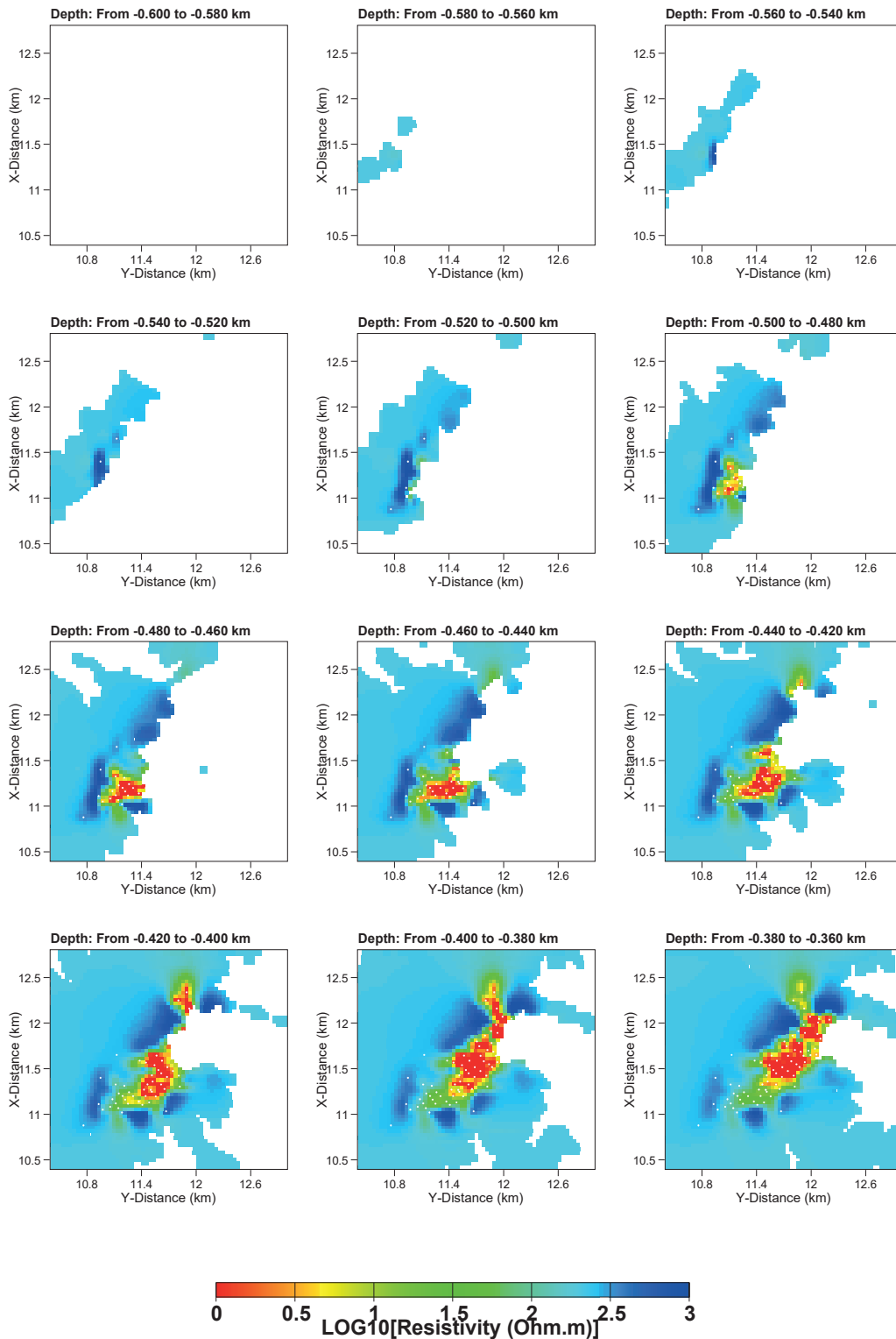
- C) L'existència d'una zona moderadament conductora amb el sostre a nivell del mar. Podria interpretar-se com la presència de l'aquífer. Degut a la resolució, per sota d'aquest conductor no es pot determinar amb precisió la profunditat a la que es troba el basament paleozoic.

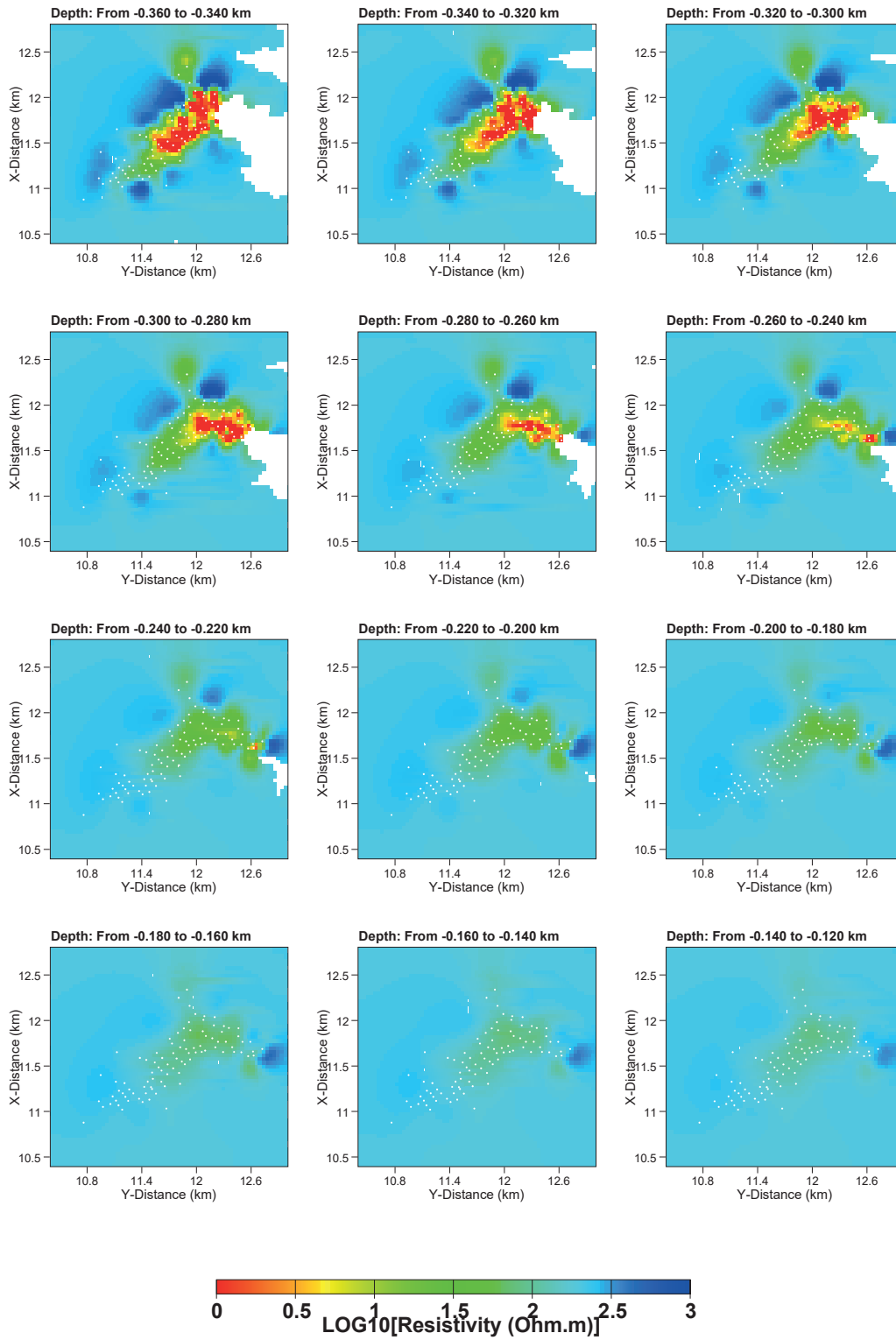
## Referències bibliogràfiques

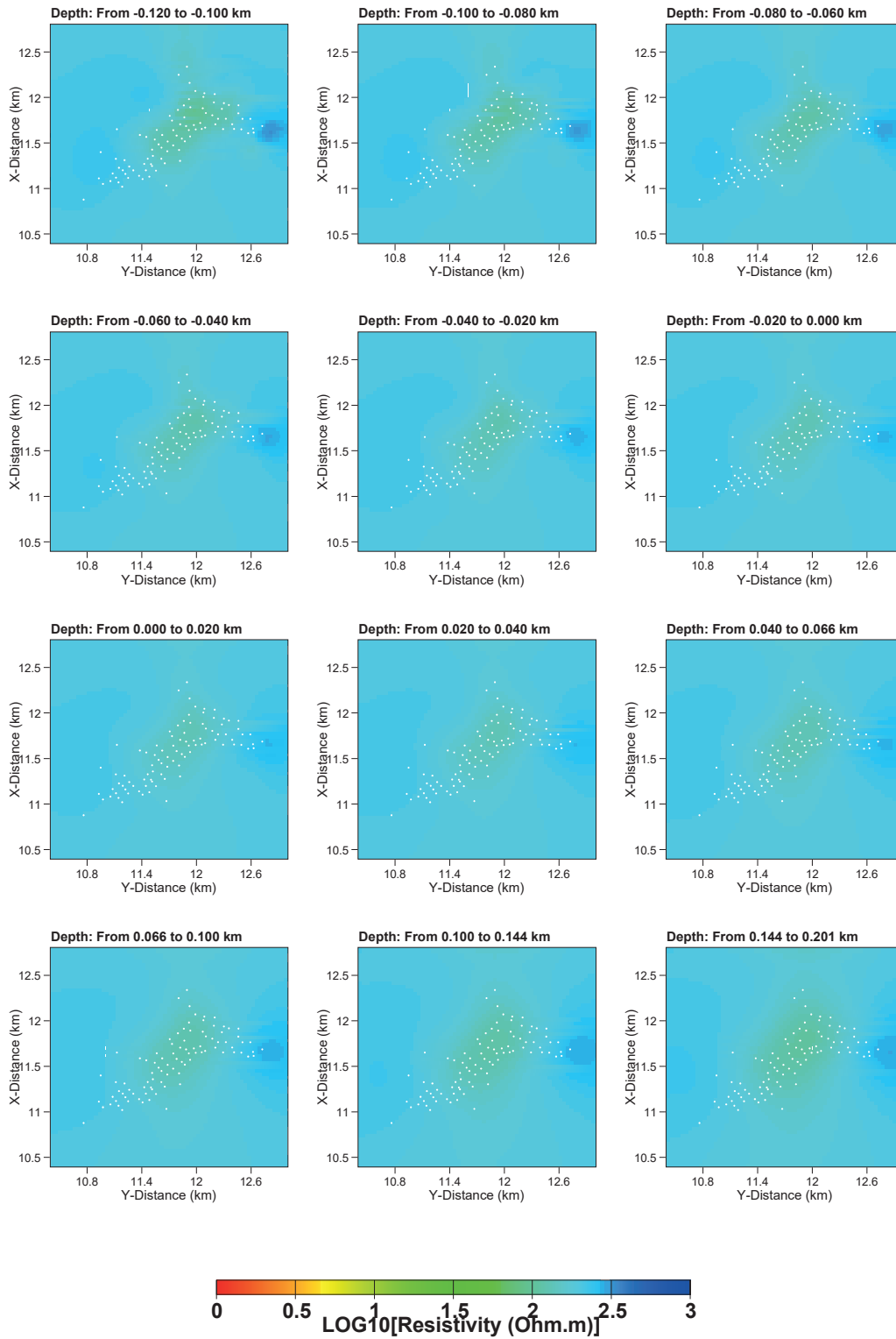
- Beamish D, Travassos JM (1992) The use of the D+ solution in magnetotelluric interpretation. *Journal of Applied Geophysics* 29:1-19.
- Chave, AD and AG Jones (Editors) (2012) *The Magnetotelluric Method: Theory and Practice*. Cambridge University Press, ISBN: 9780521819275
- Freixes A (1989) El karst en las Cordilleras Costeras Catalanas. In Durán y López-Martínez, El karst en España. *Sociedad Española de Geomorfología*. 4: 145-149. Madrid.
- Friedrichs B (2003) MAPROS, Magnetotelluric processing software (Metronix). User manual.
- Kelbert A, Meqbel N, Egbert G, Tandon K (2014) ModEM: A modular system for inversion of electromagnetic geophysical data. *Computers and Geosciences*. 66:40-53. doi:10.1016/j.cageo.2014.01.010.
- McNeice G, Jones AG (2001) Multisite, multifrequency tensor decomposition of magnetotelluric data. *Geophysics* 66, 158-173.
- Panareda JM (1986) *Descobrim Garraf*. Diputació de Barcelona. Institute de Ciències de l'Educació de la Universitat de Barcelona. Col·lecció Pau Vila. N° 6. 163 pp. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona.
- Ramalho E, Dill AMM, Rocha R (2012) Assessment of the leachate movement in a sealed landfill using geophysical methods. *Environmental Earth Sciences*. 68. 10.1007/s12665-012-1742-8.
- Rodi W, Mackie RL (2001) Nonlinear conjugate gradients algorithm for 2-D magnetotelluric inversion, *Geophysics*, 66, 174-187.
- Yoon GL, Oh M, Park J (2002) Laboratory study of landfill leachate effect on resistivity in unsaturated soil using cone penetrometer. *Environmental Geology*. 43. 18-28. 10.1007/s00254-002-0649-1.

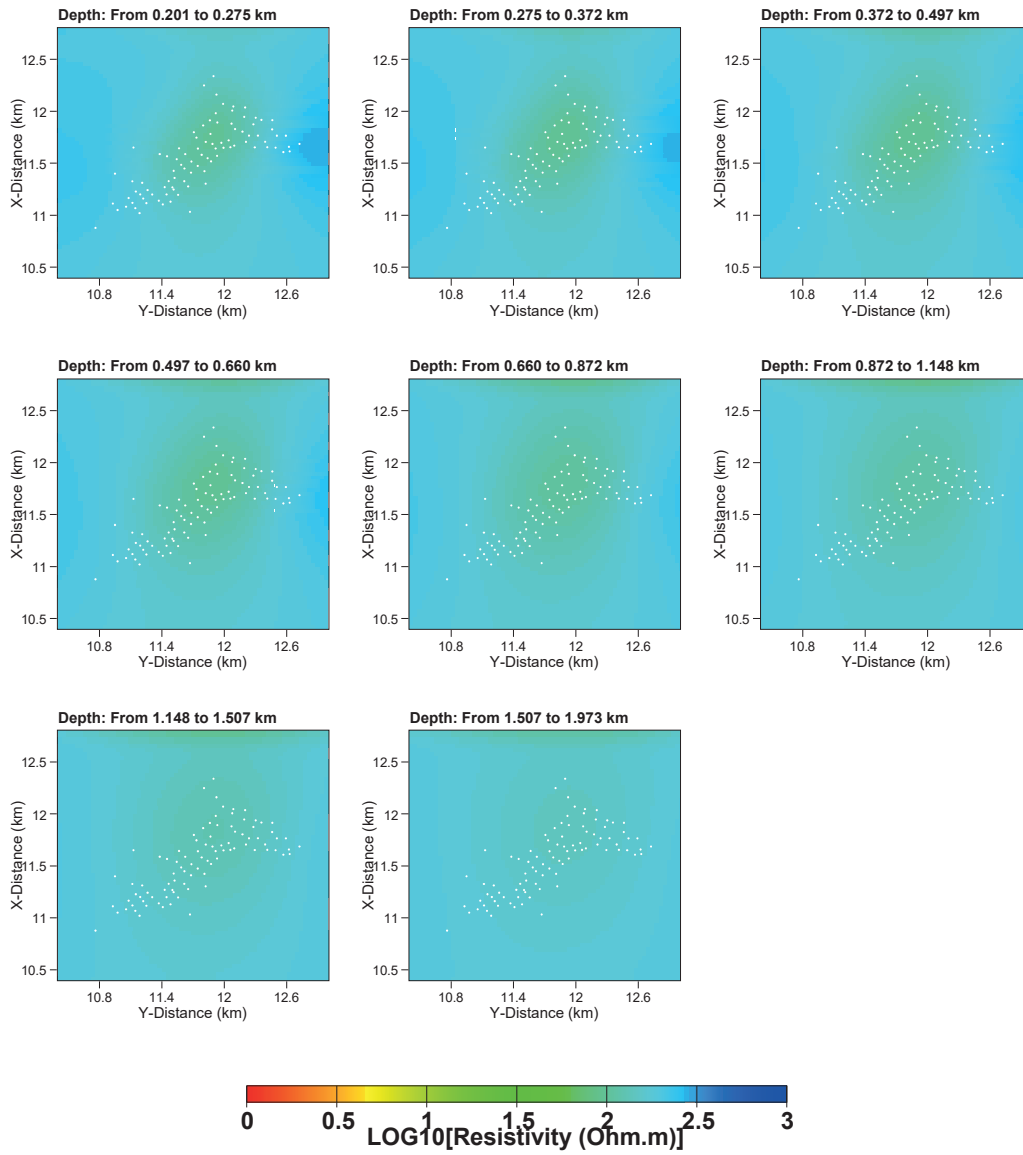


### Annex 1a: Capes horitzontals de la part central del model Inv4, des de la cota 600 m fins a 2 km de profunditat



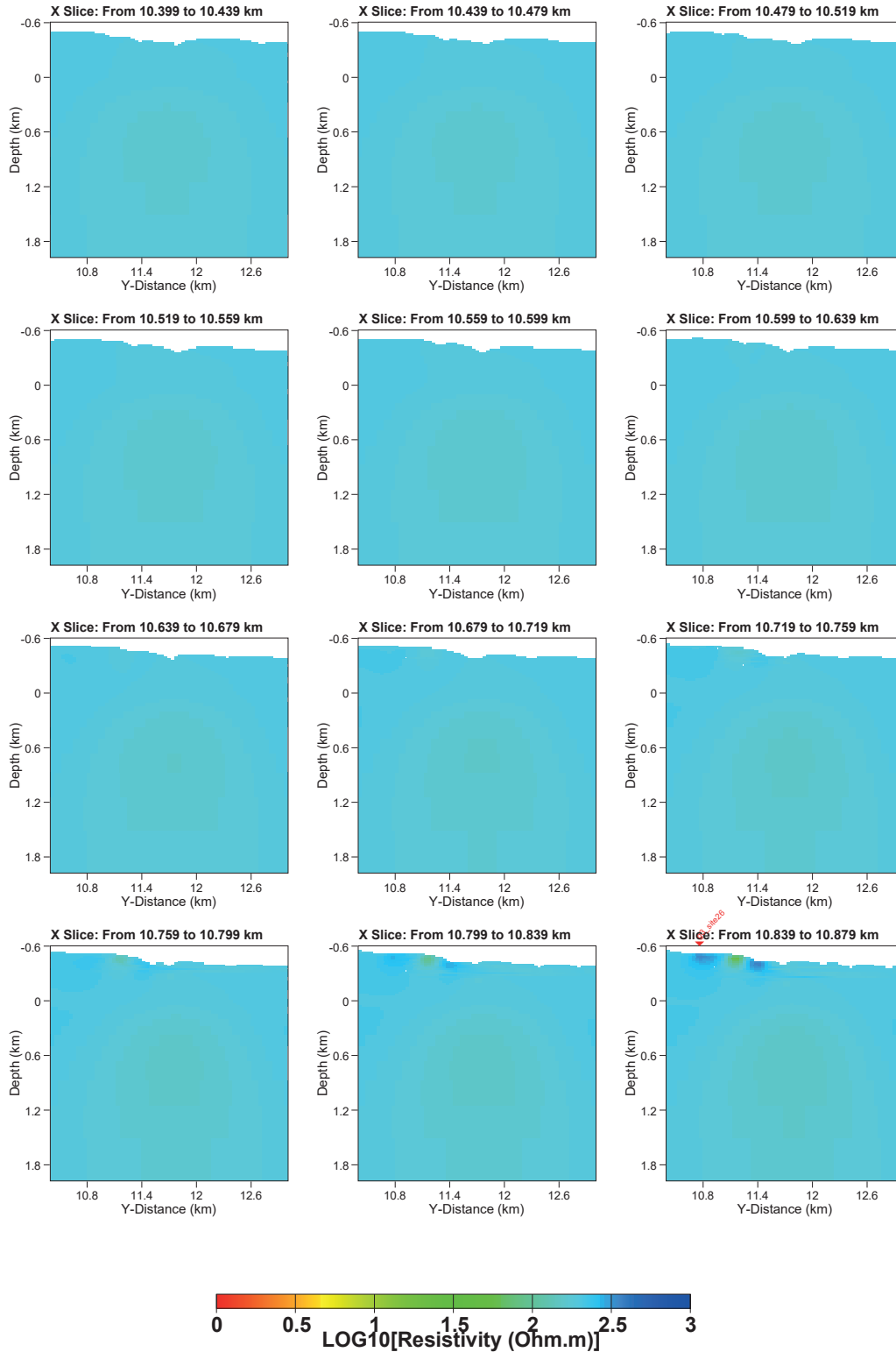


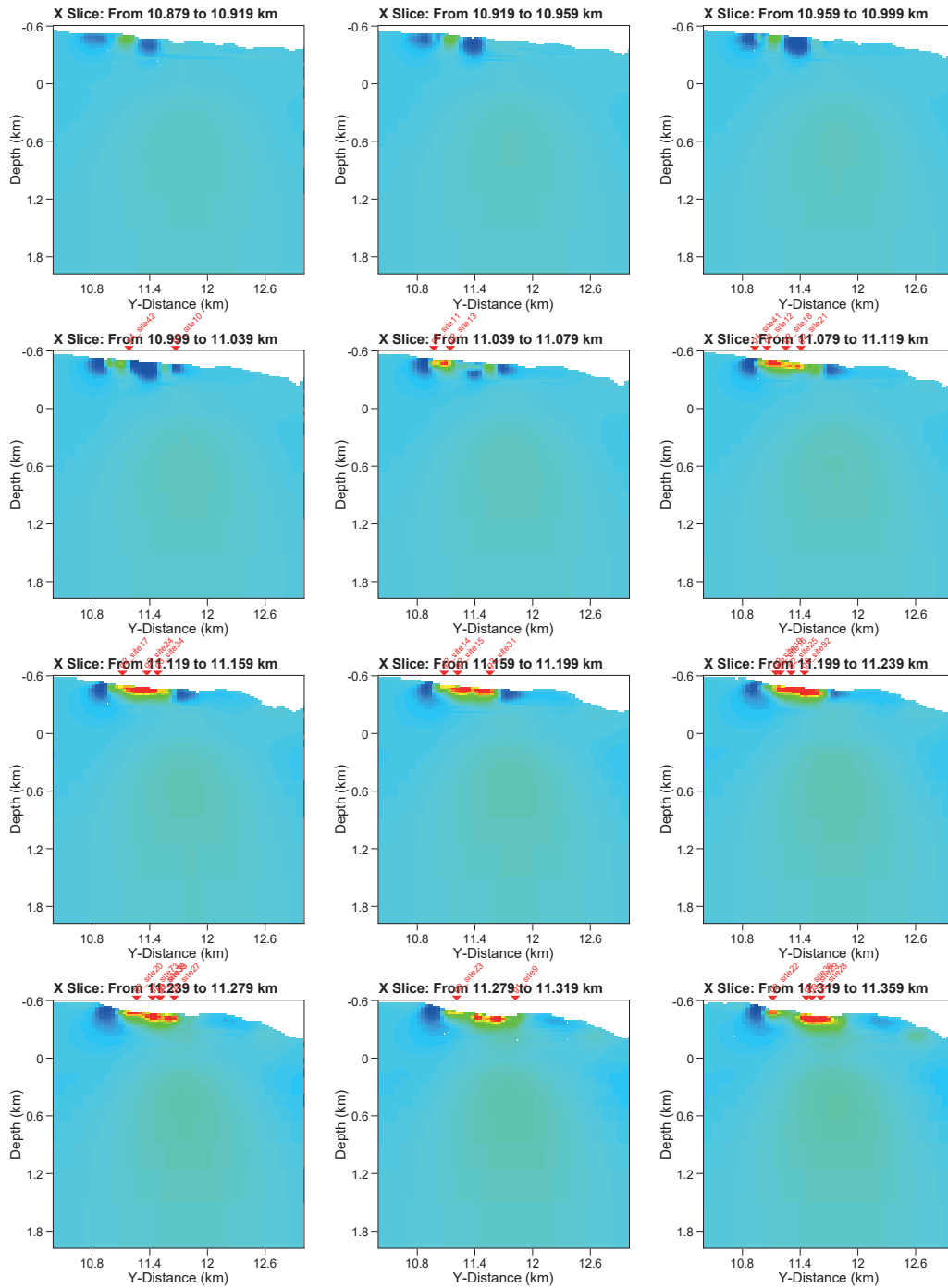


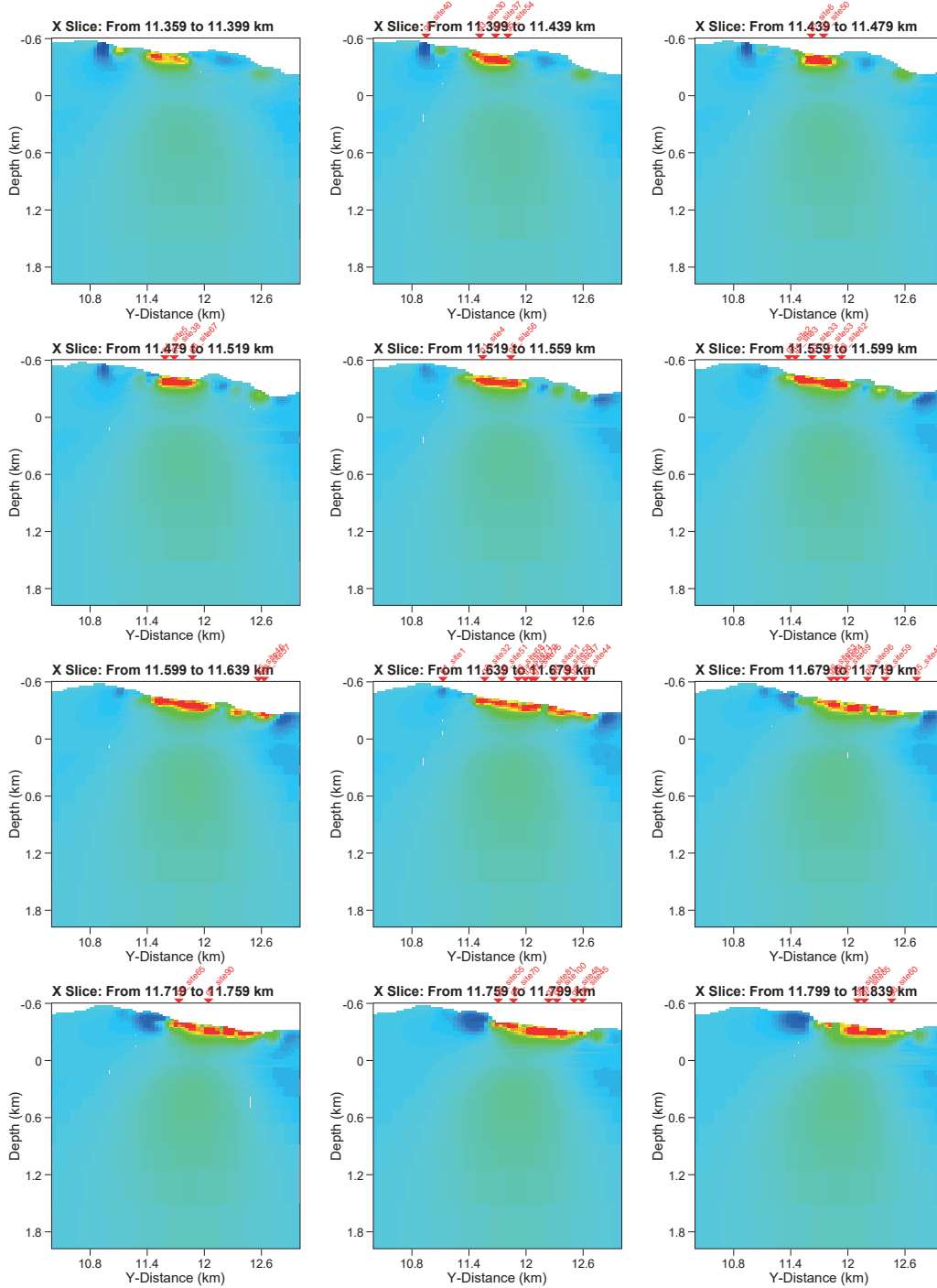


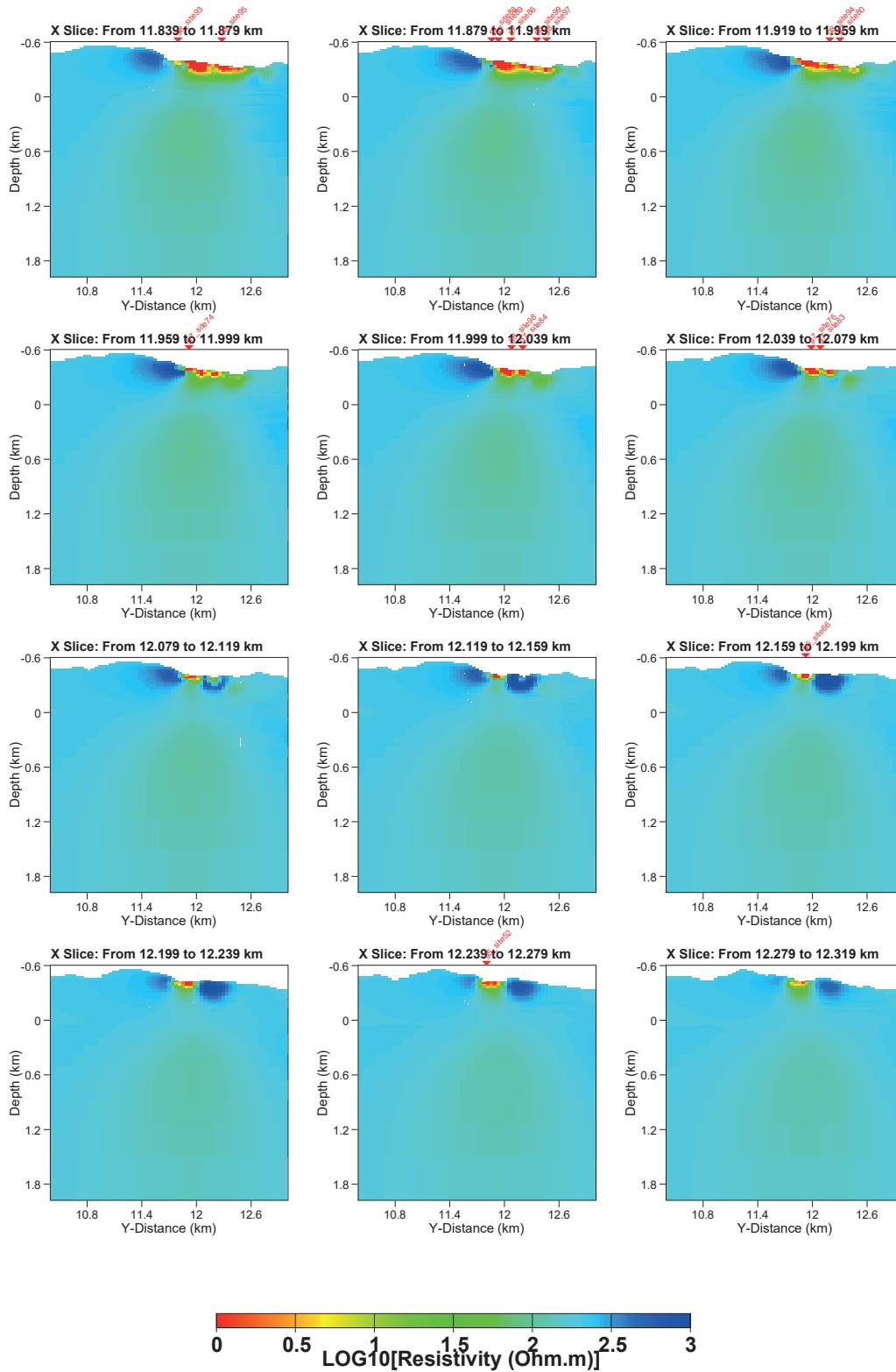
## Annex 1b: Seccions verticals (WE) de la part central del model Inv4, des de la cota 600 m fins a 2 km de profunditat

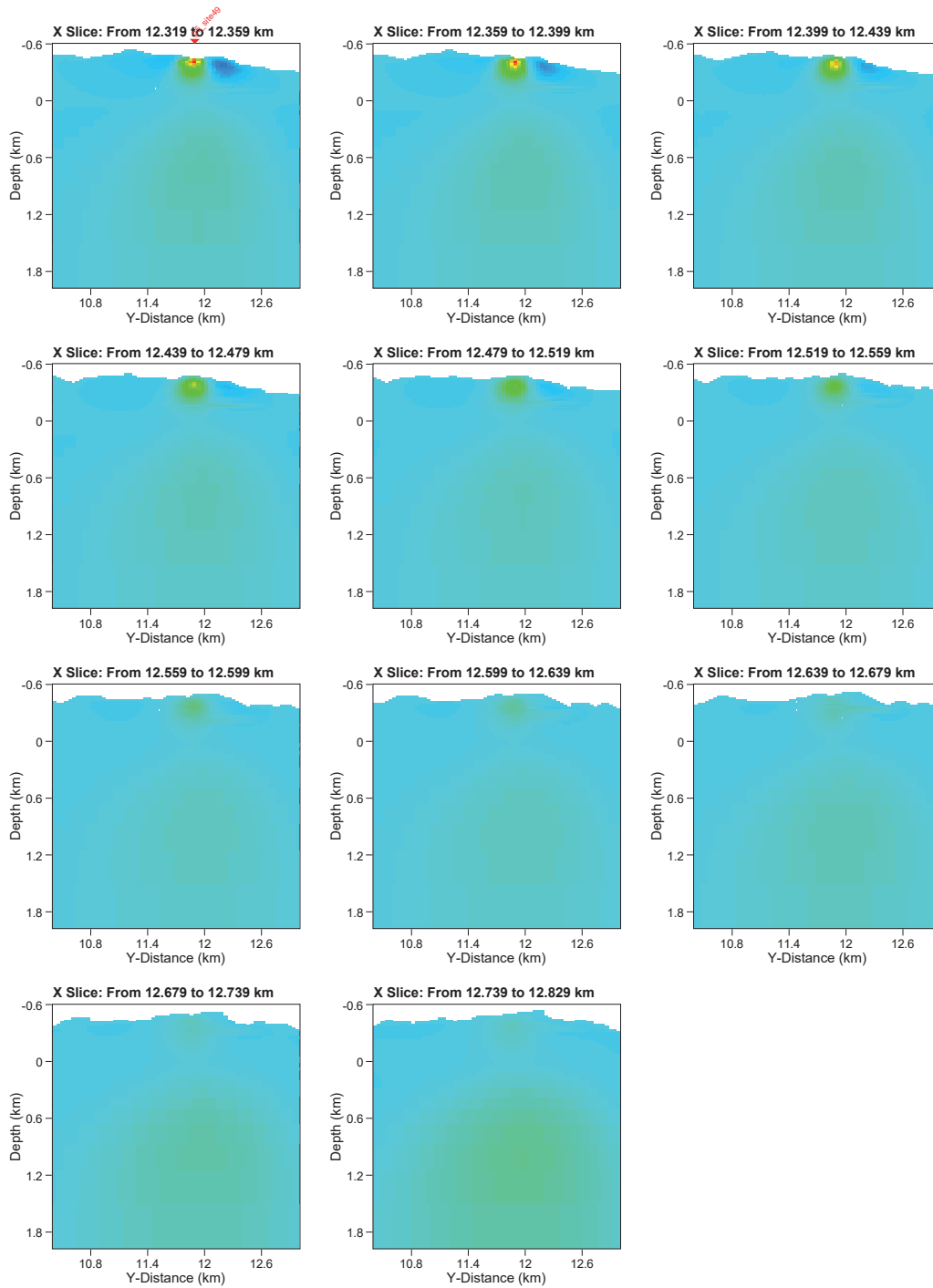
L'ordre de les seccions és de Sud cap a Nord









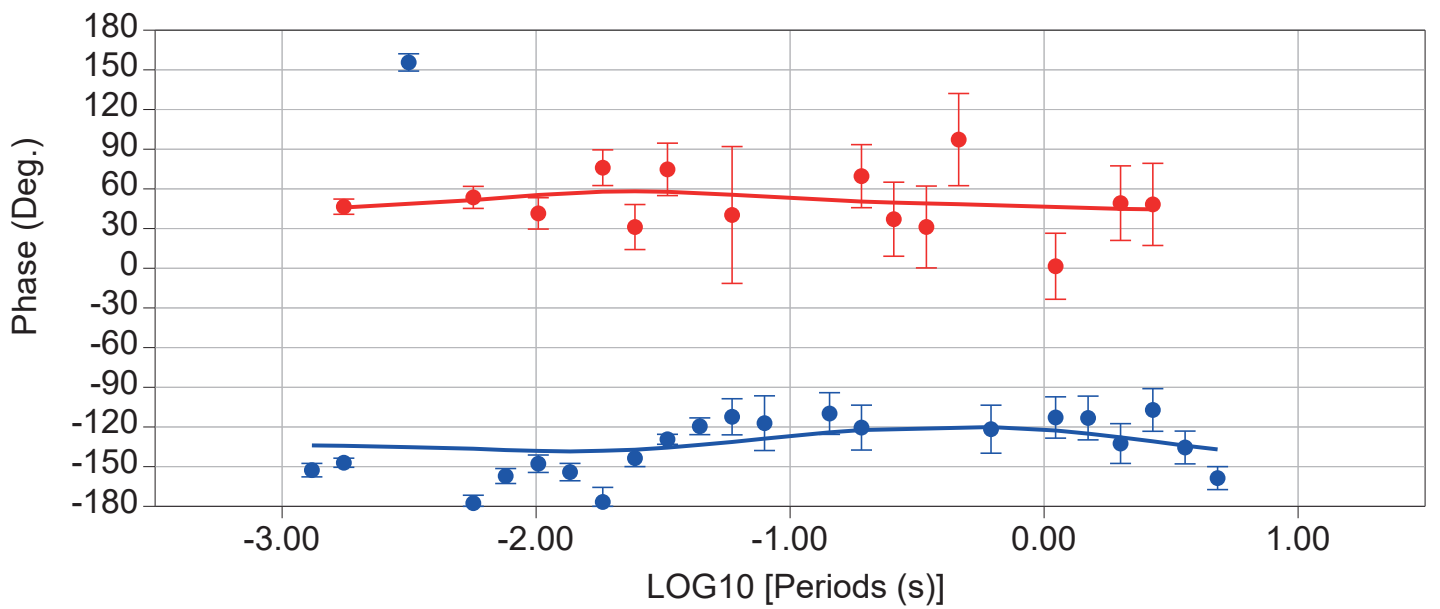
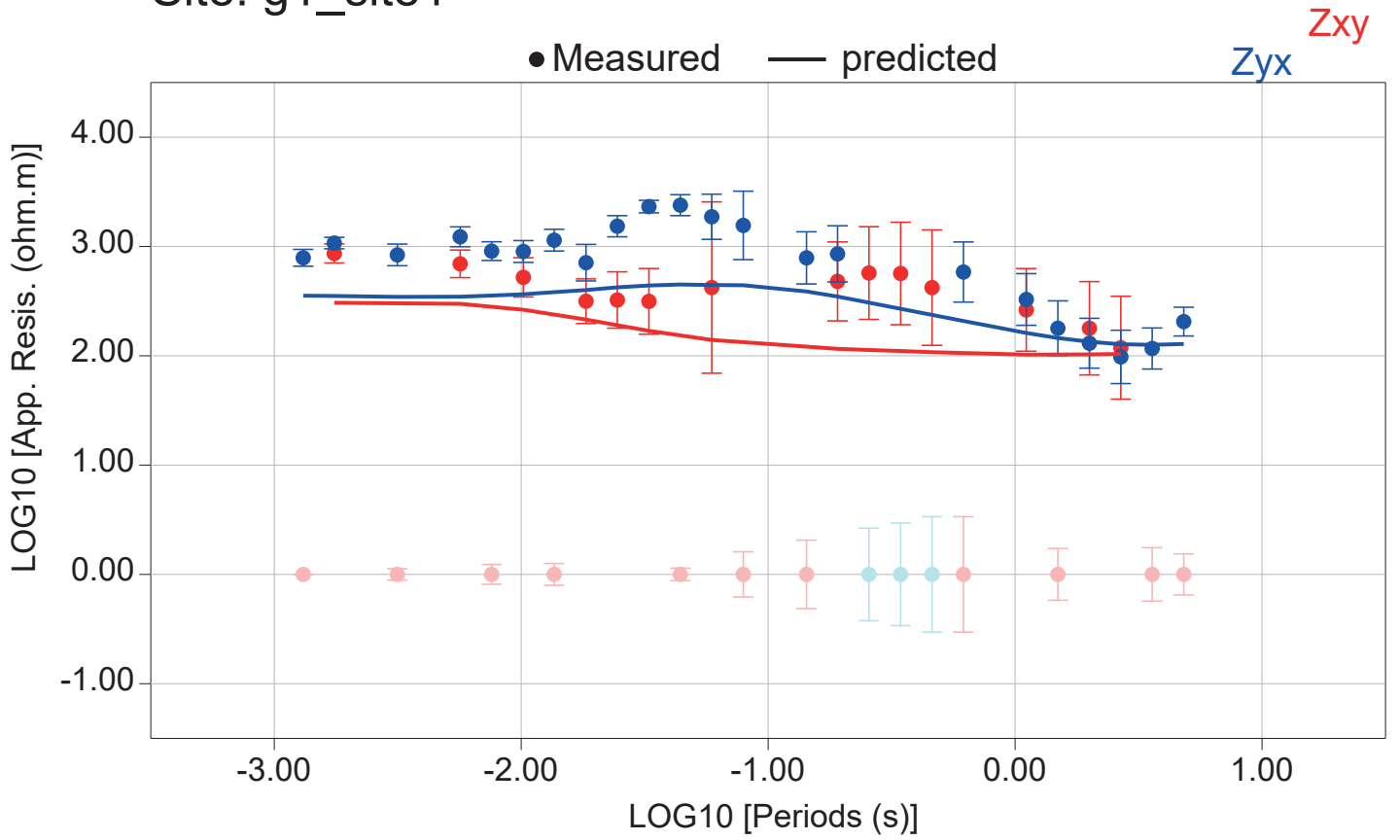




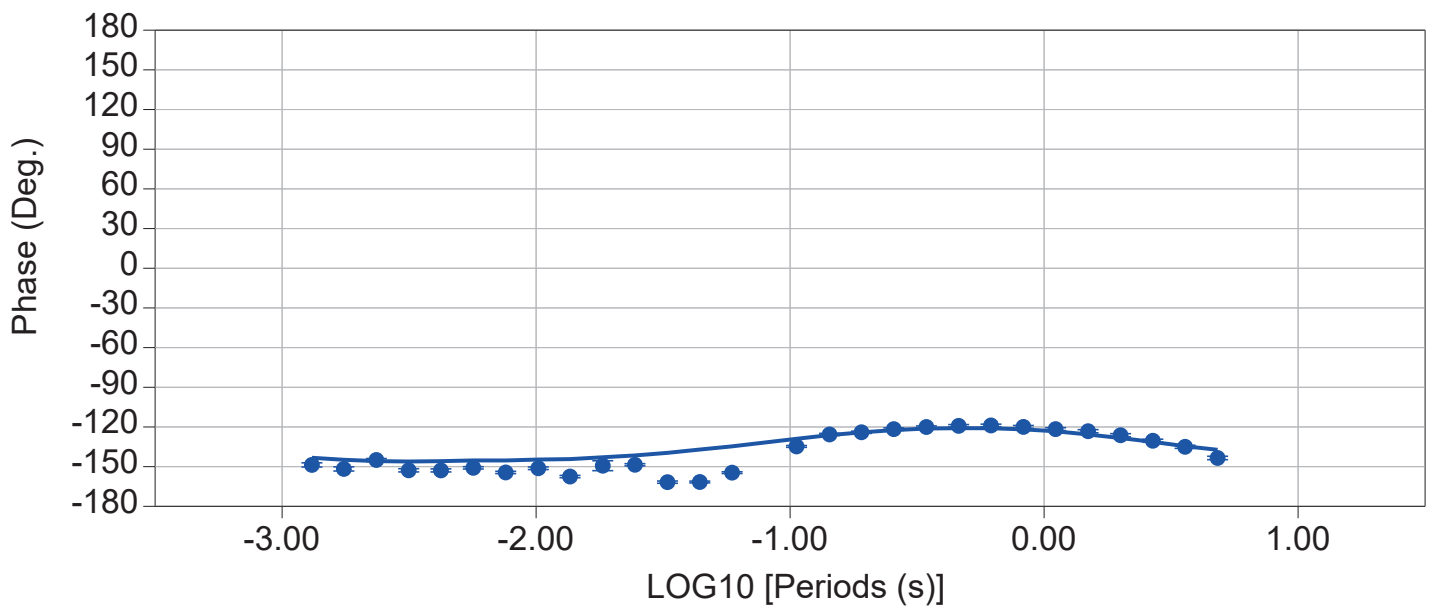
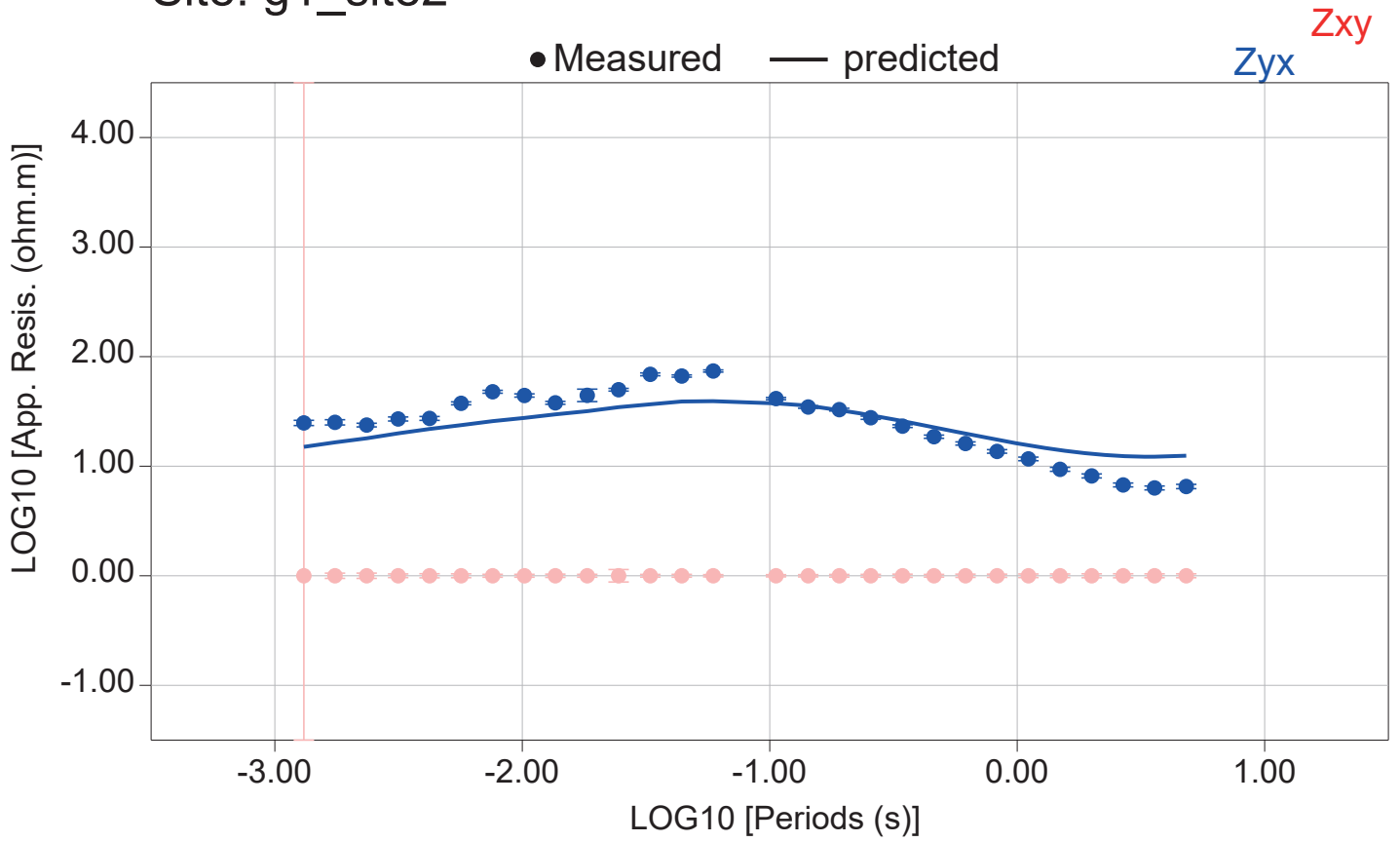
## **Annex 2: Ajustos de les dades i respostes dels models 3D**



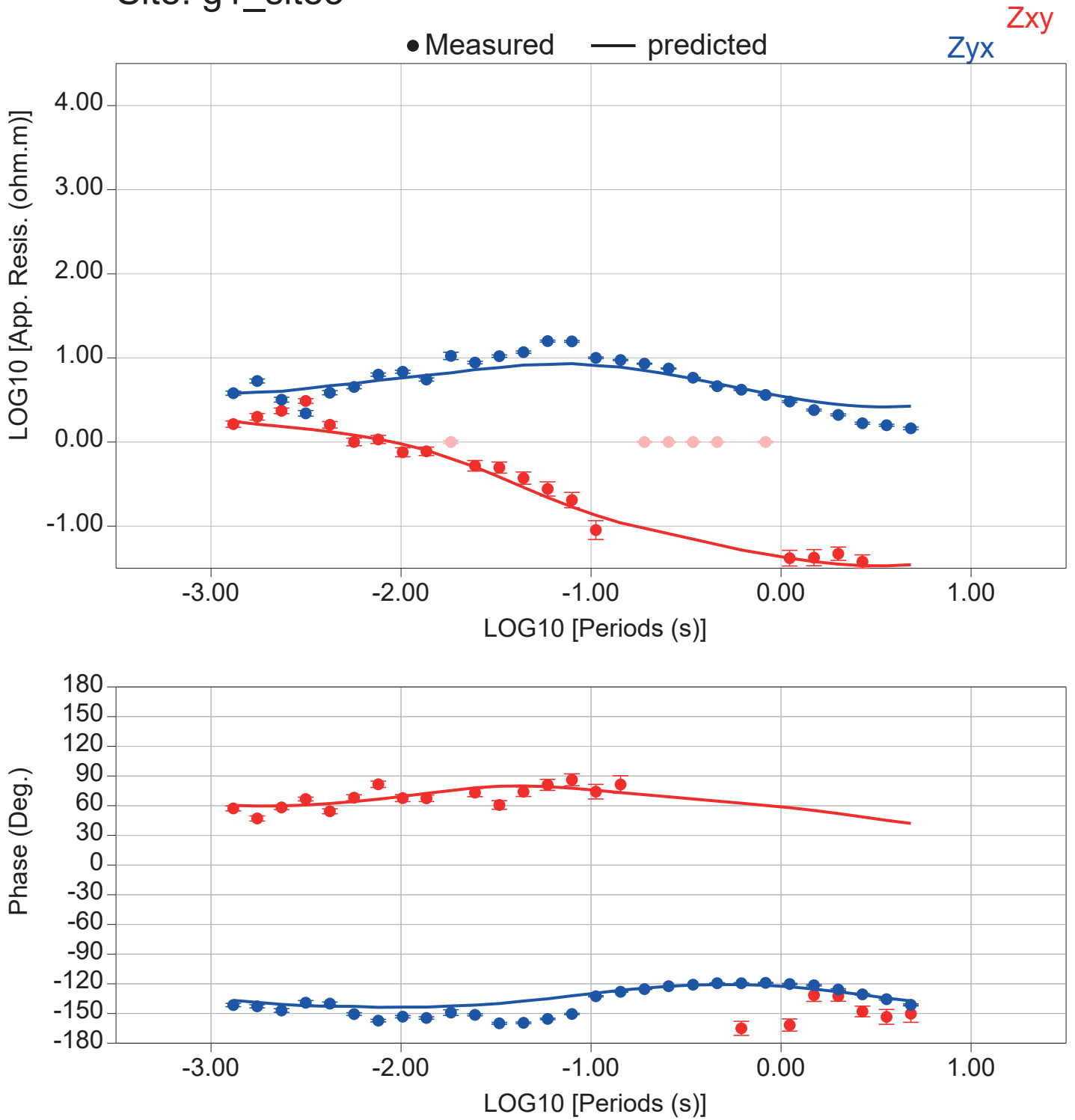
# Site: g1\_site1



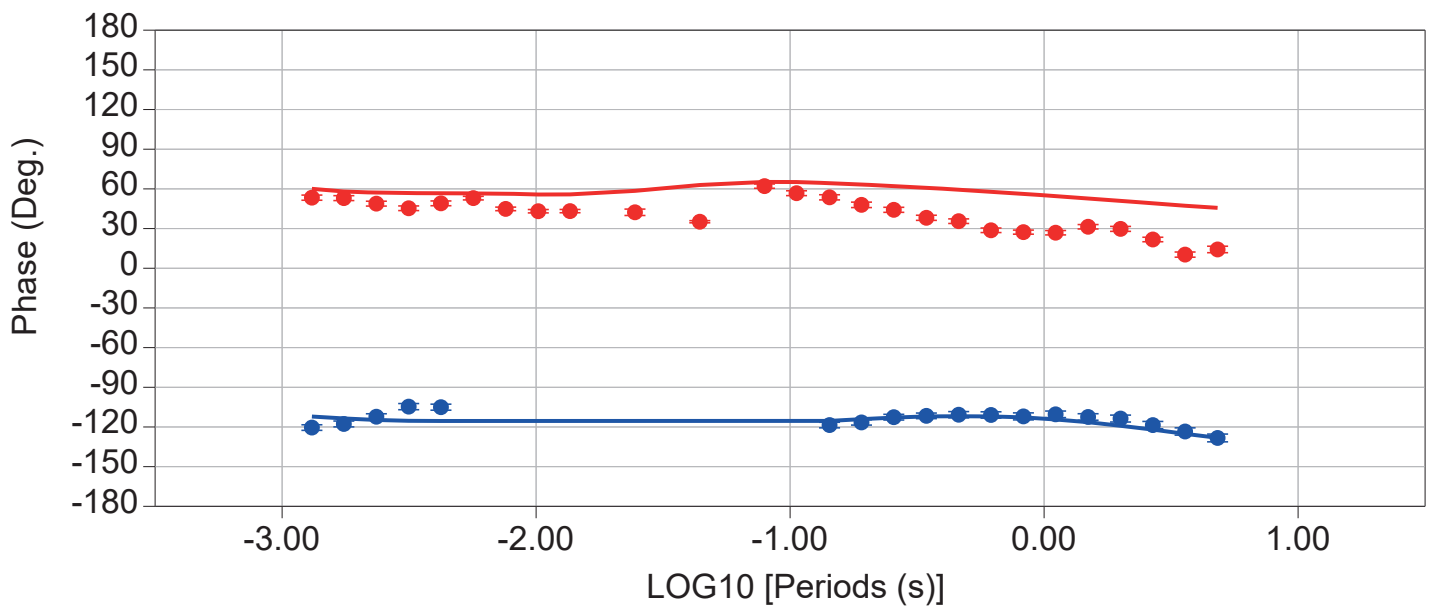
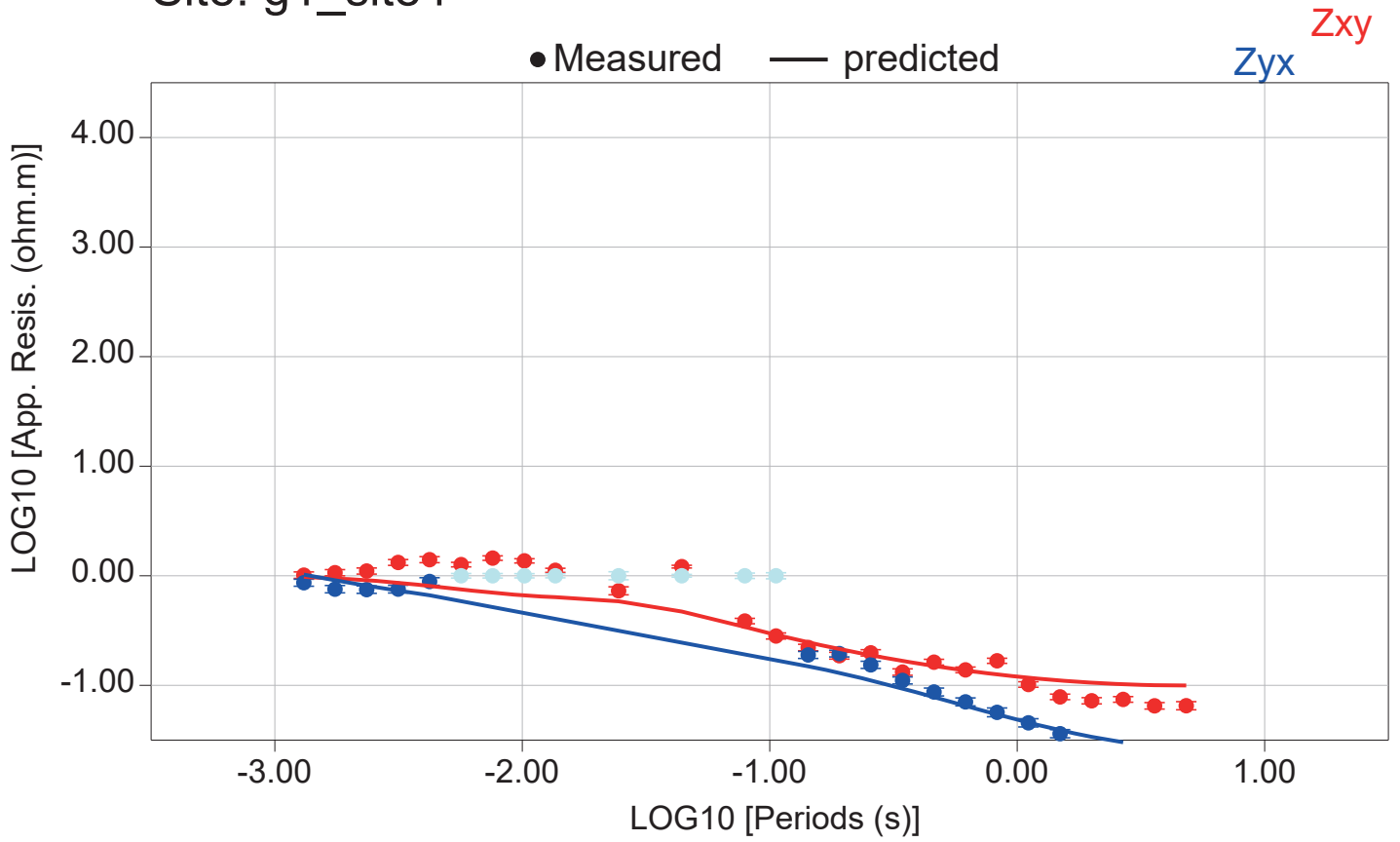
# Site: g1\_site2



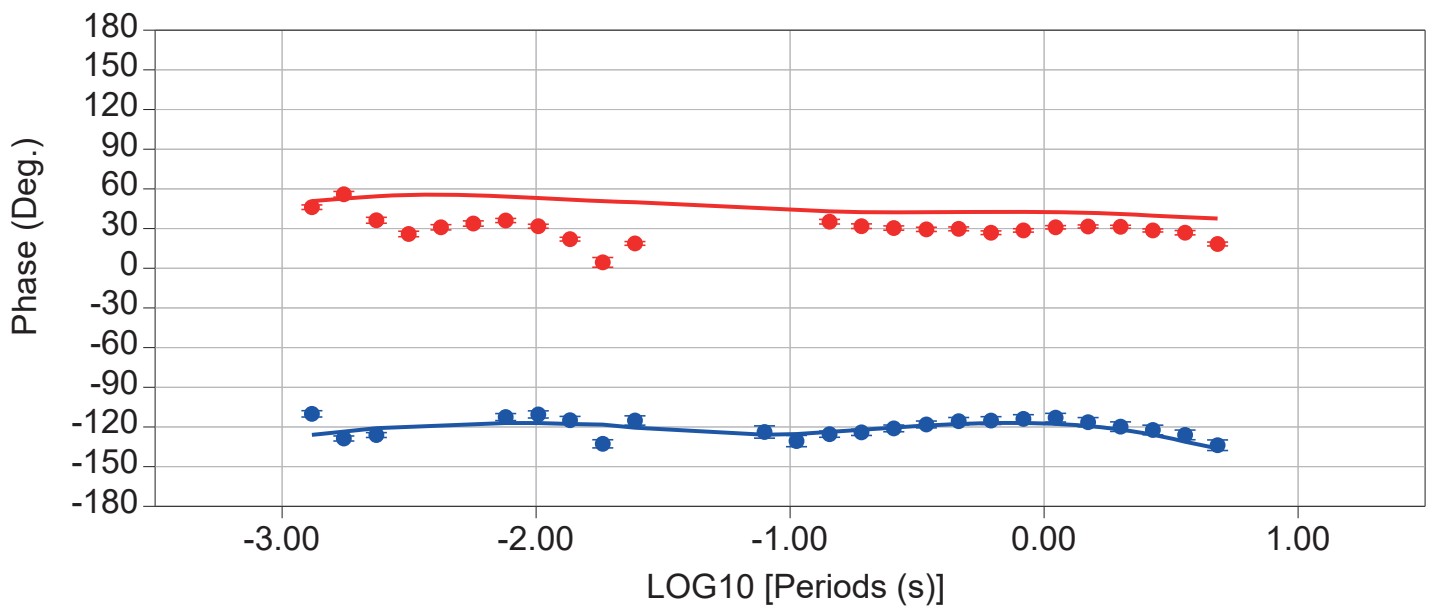
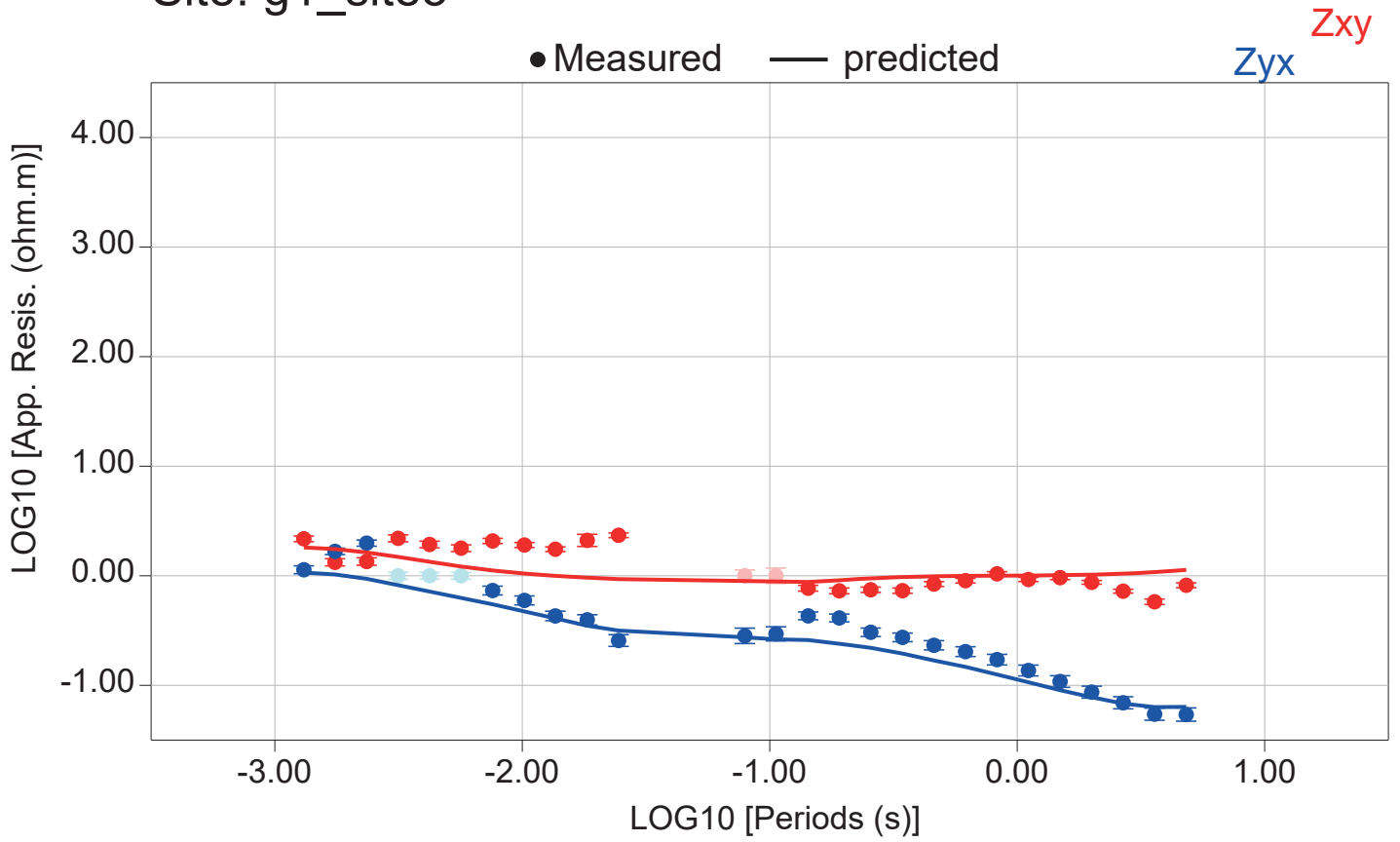
# Site: g1\_site3



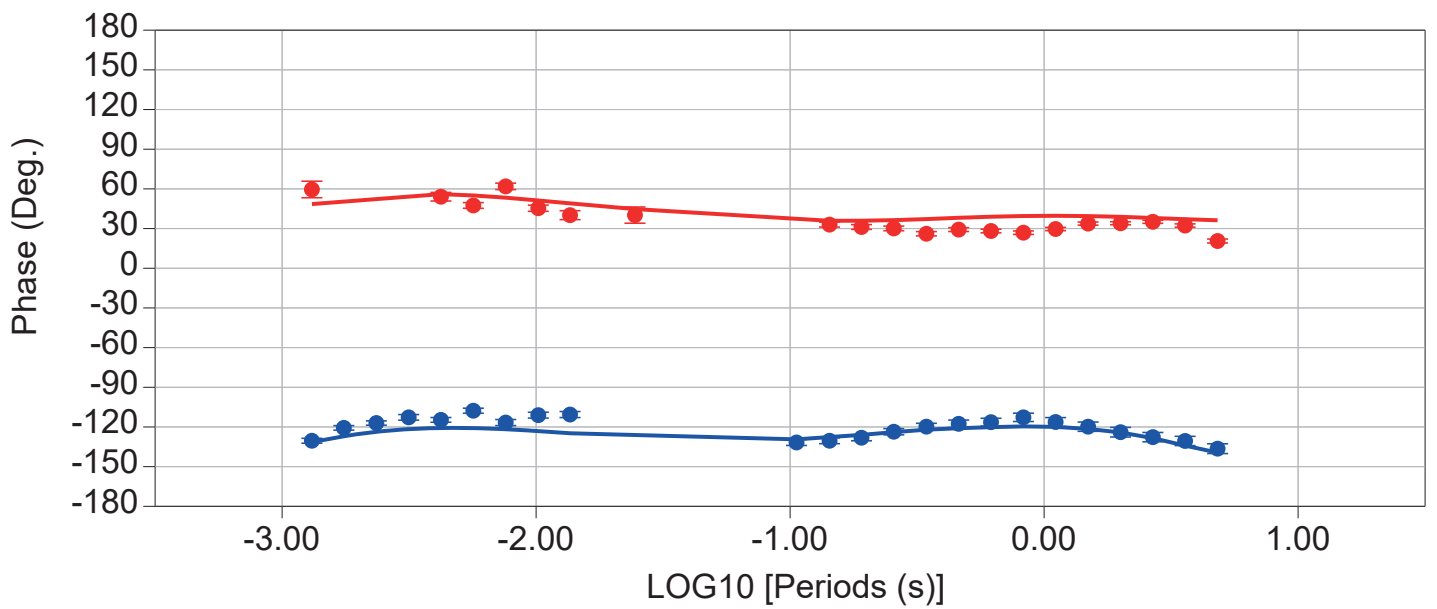
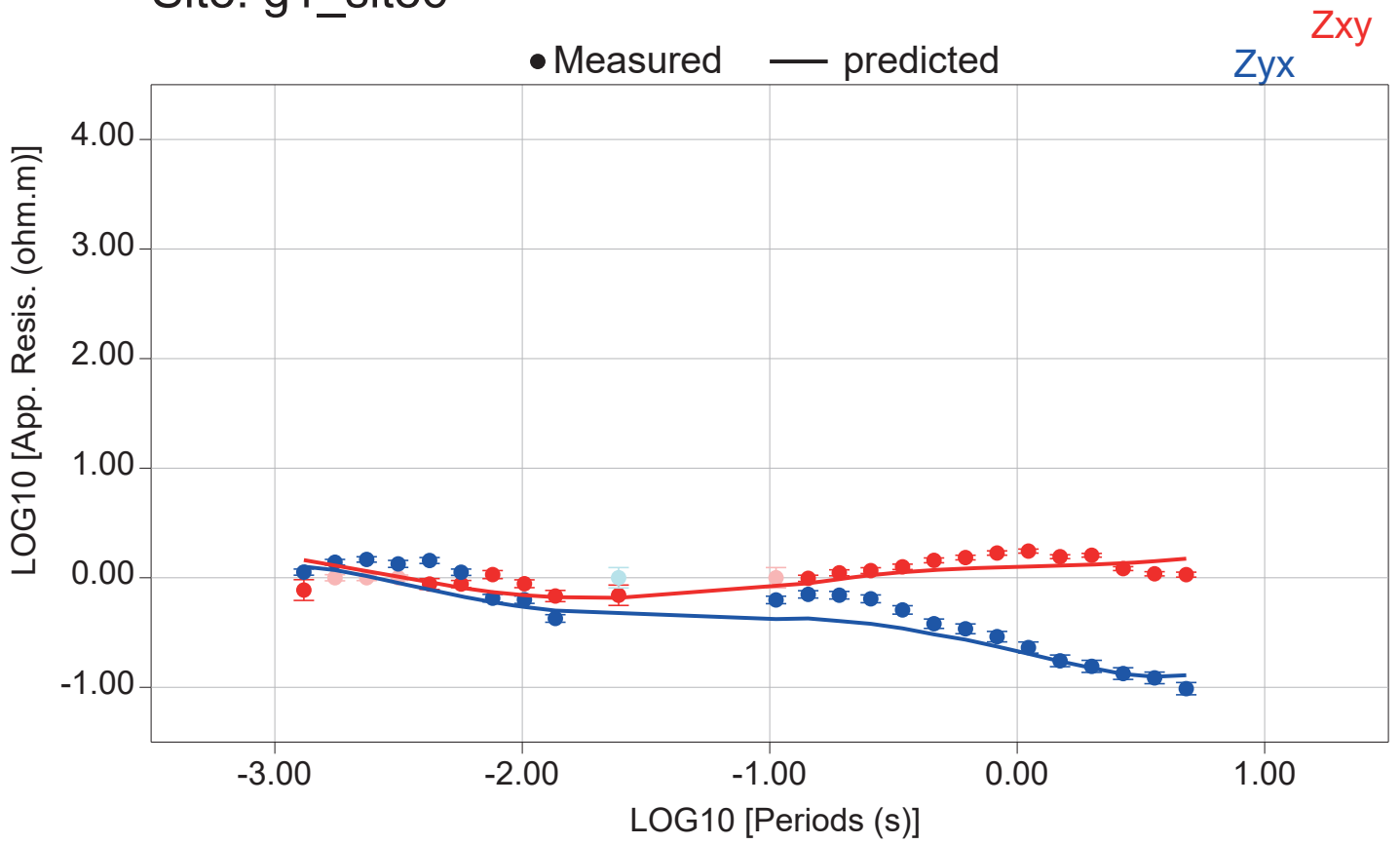
# Site: g1\_site4



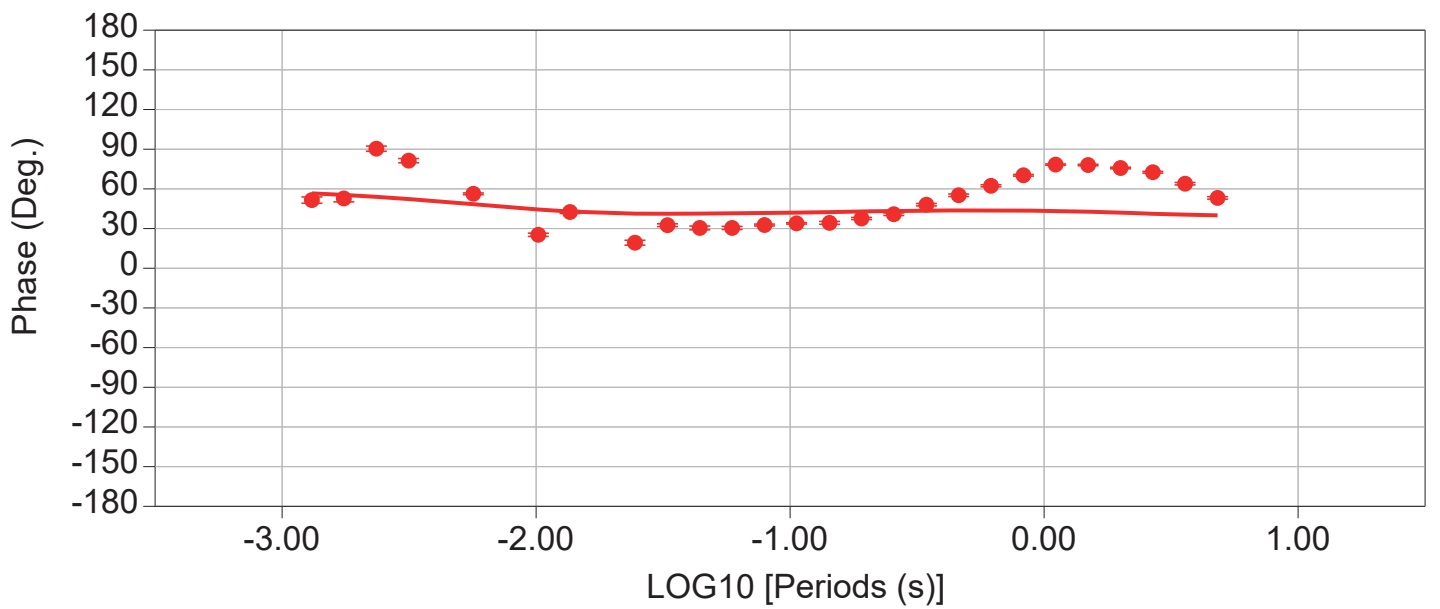
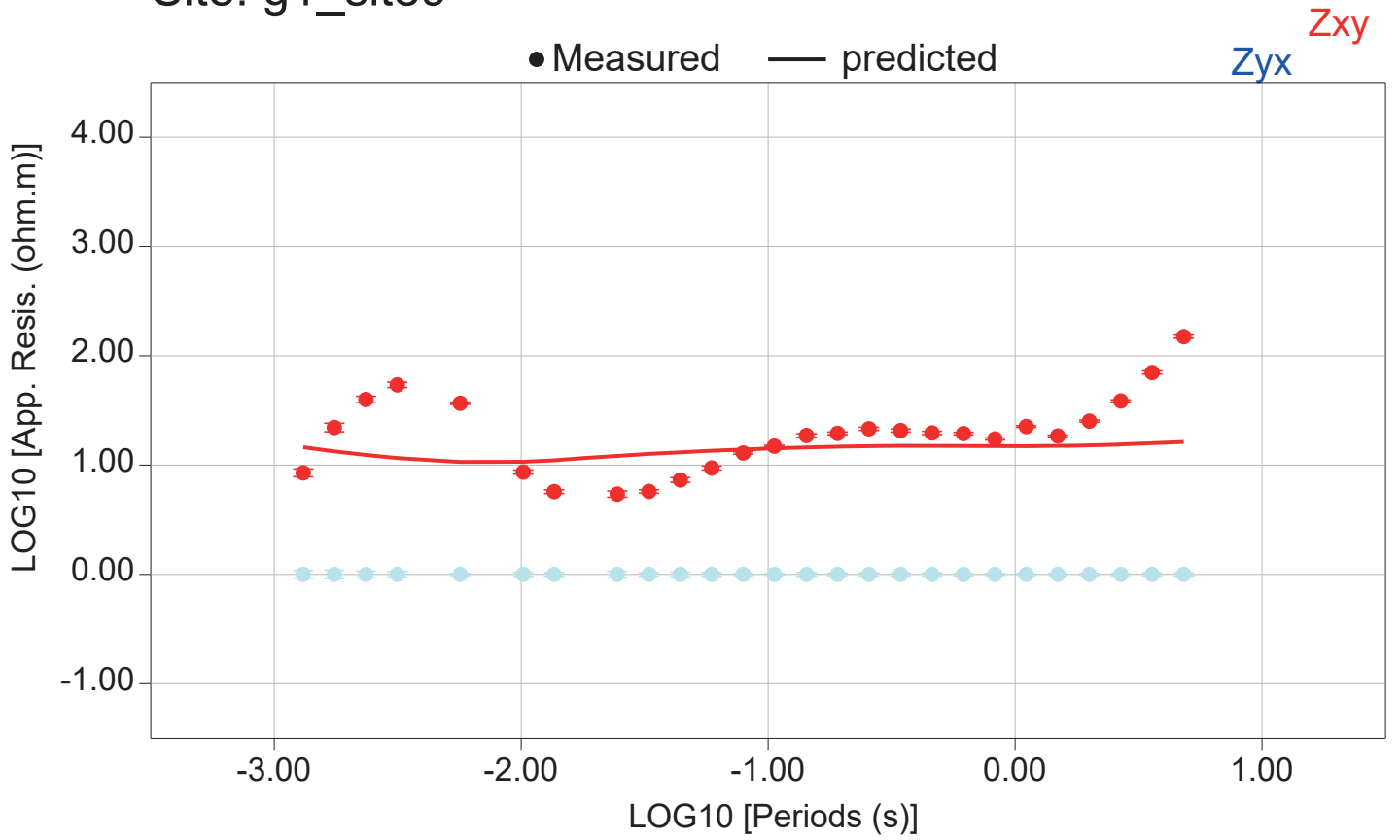
# Site: g1\_site5



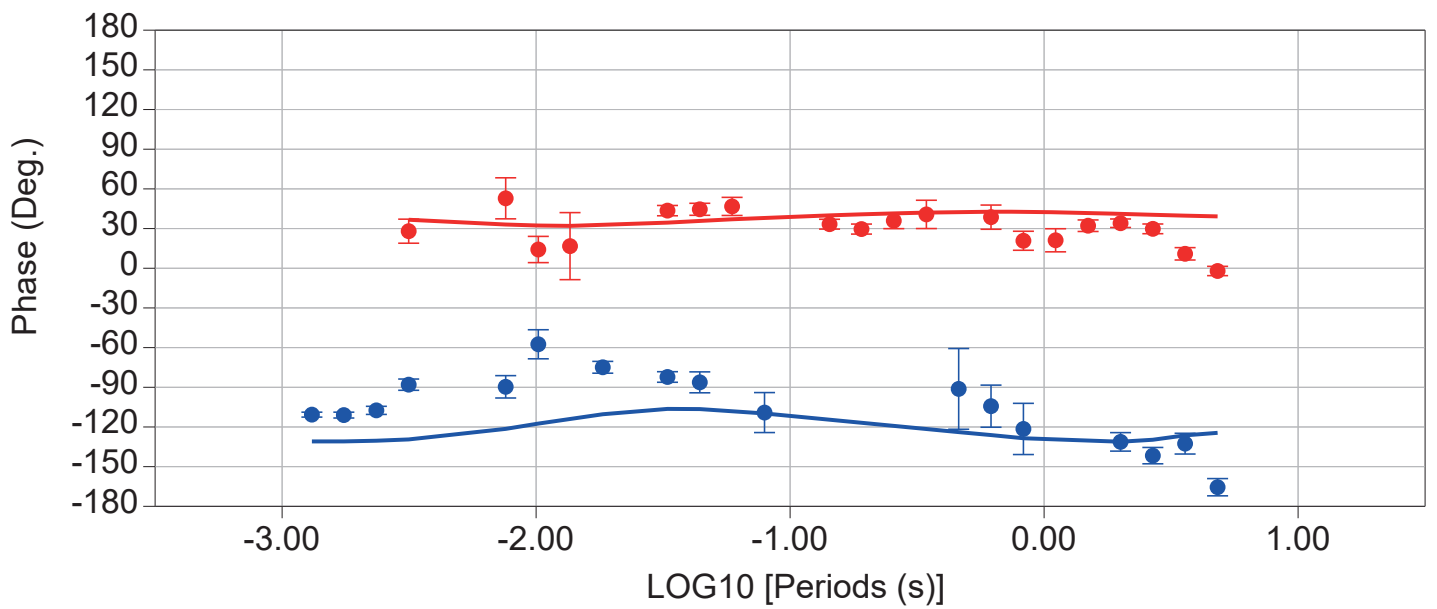
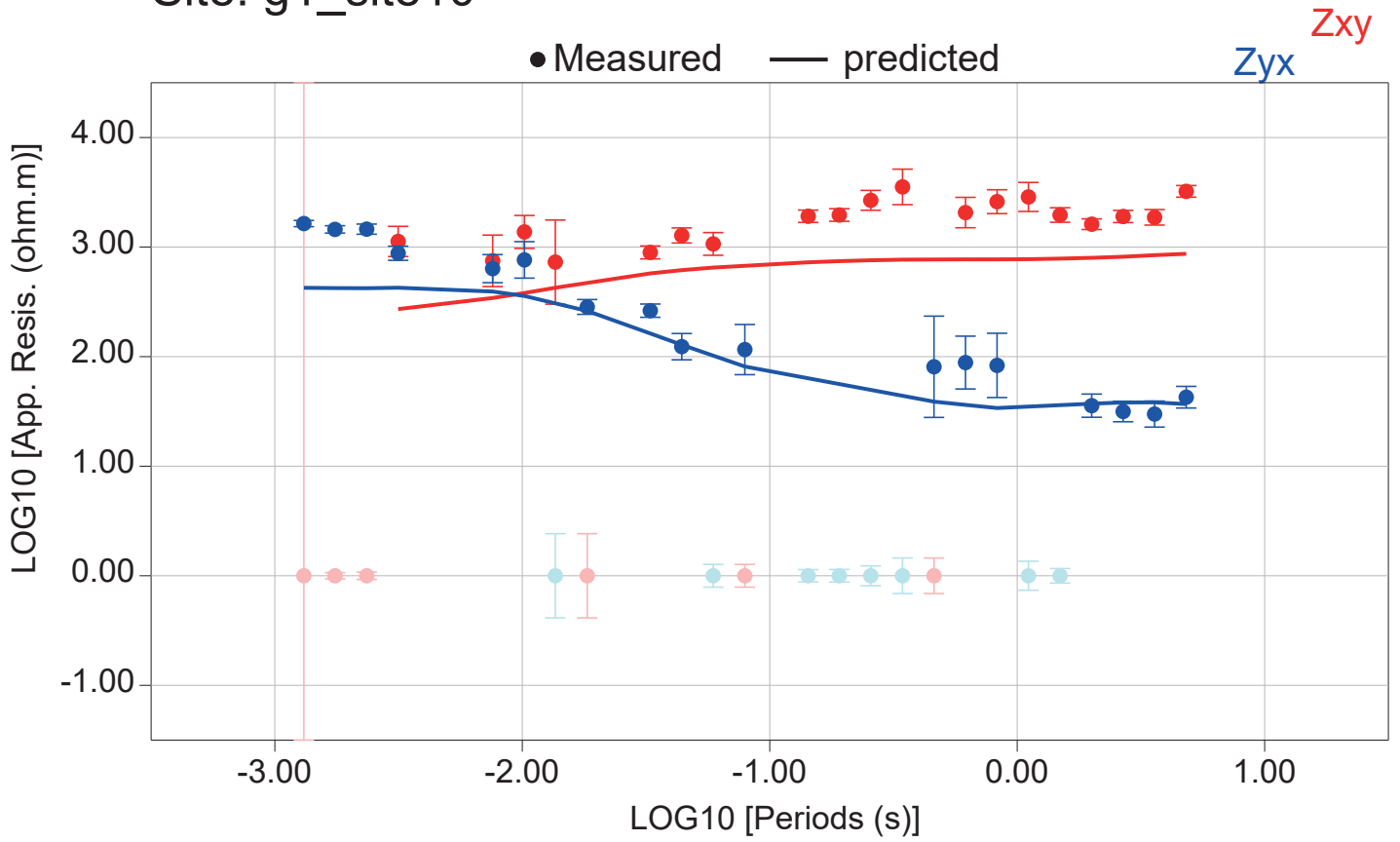
# Site: g1\_site6



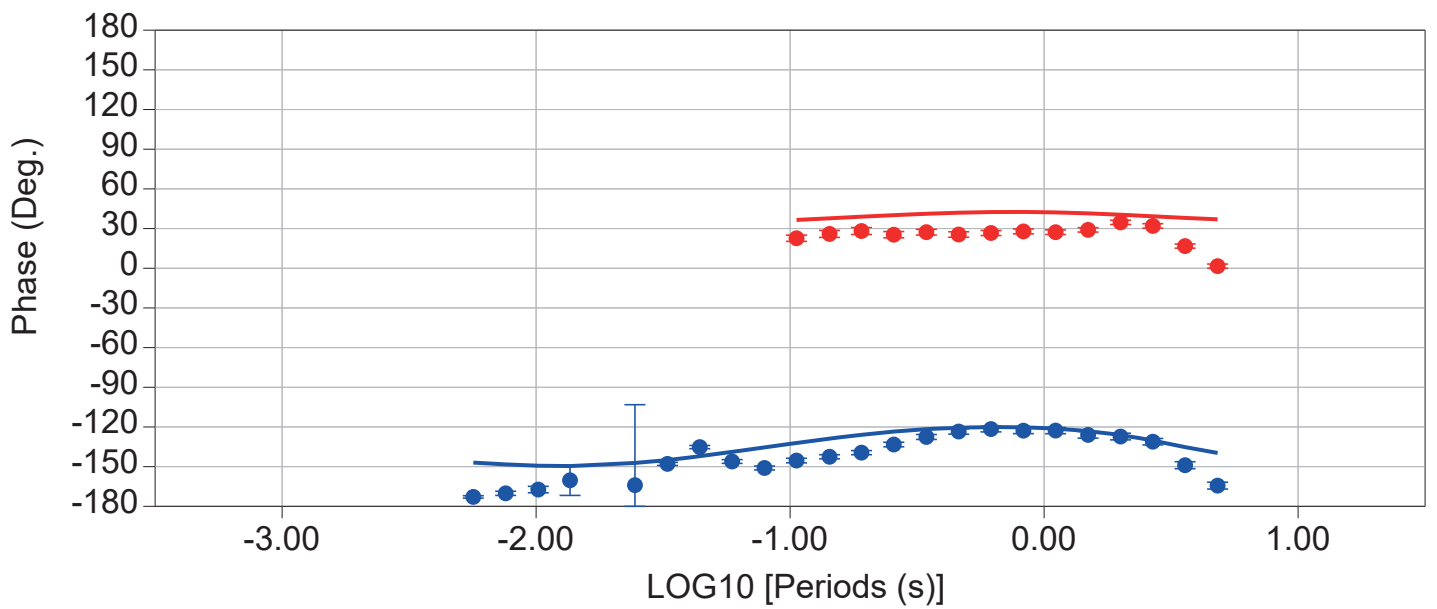
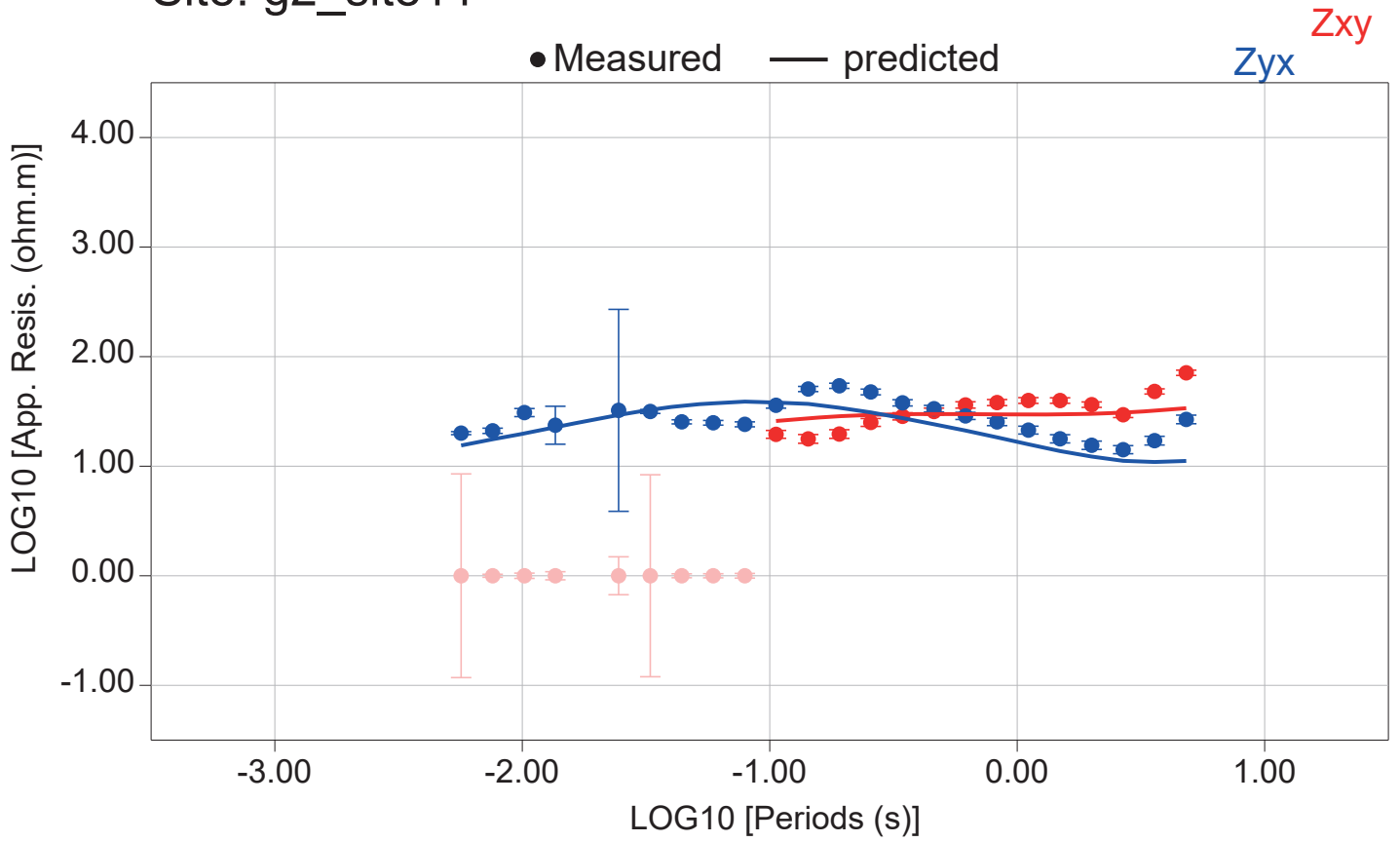
# Site: g1\_site9



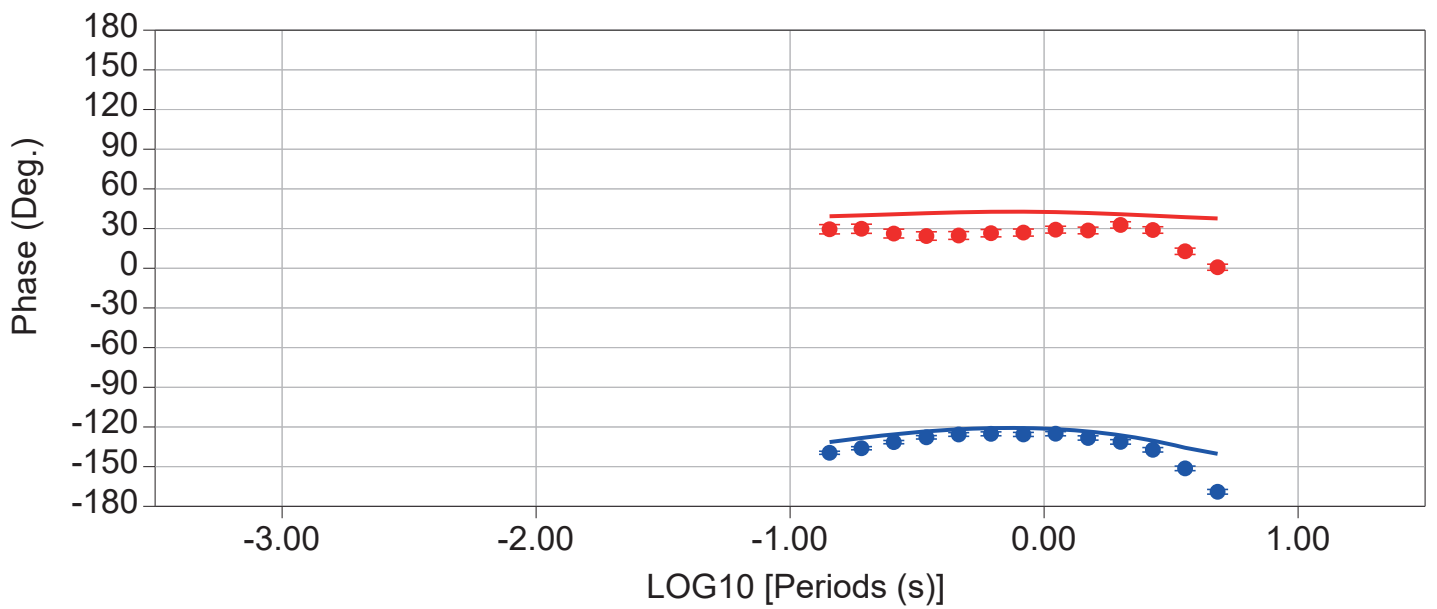
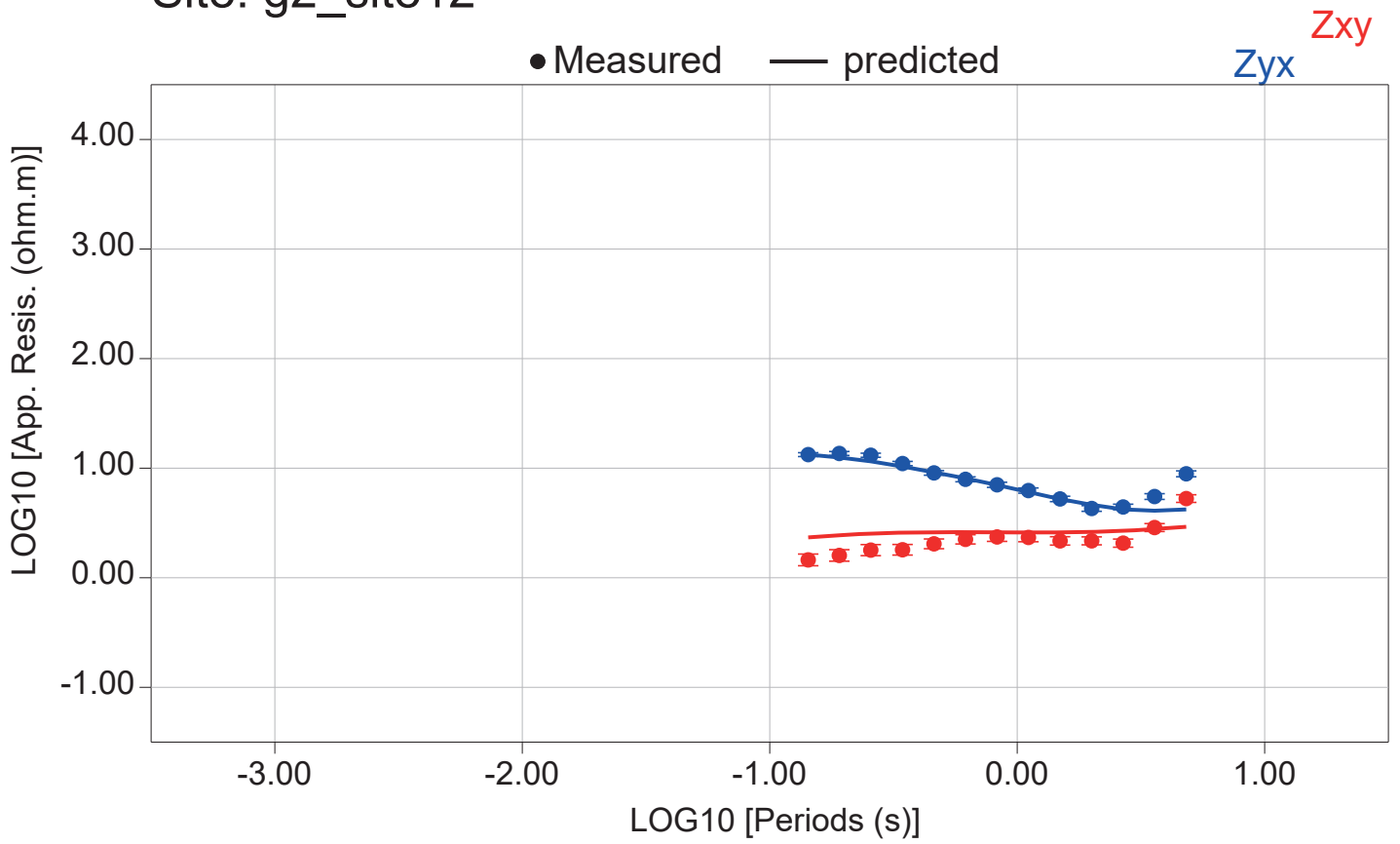
# Site: g1\_site10



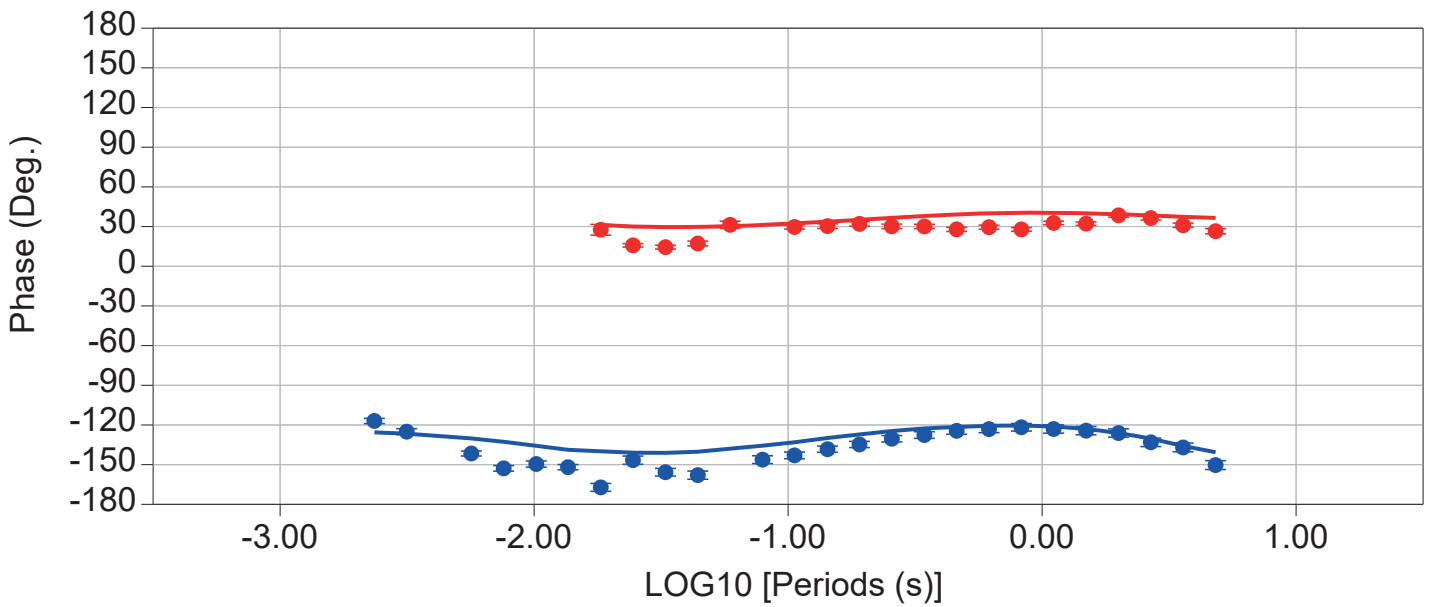
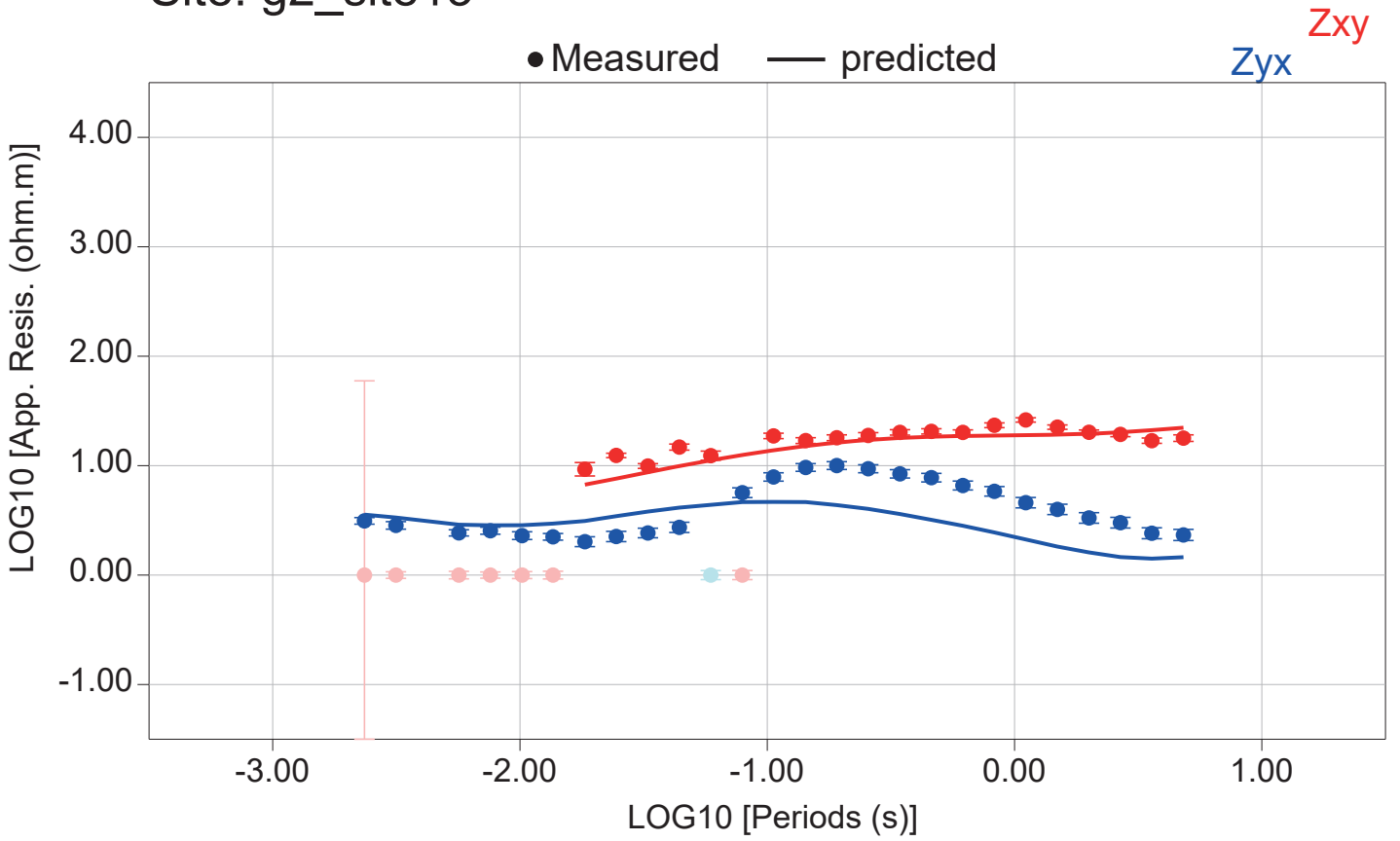
# Site: g2\_site11



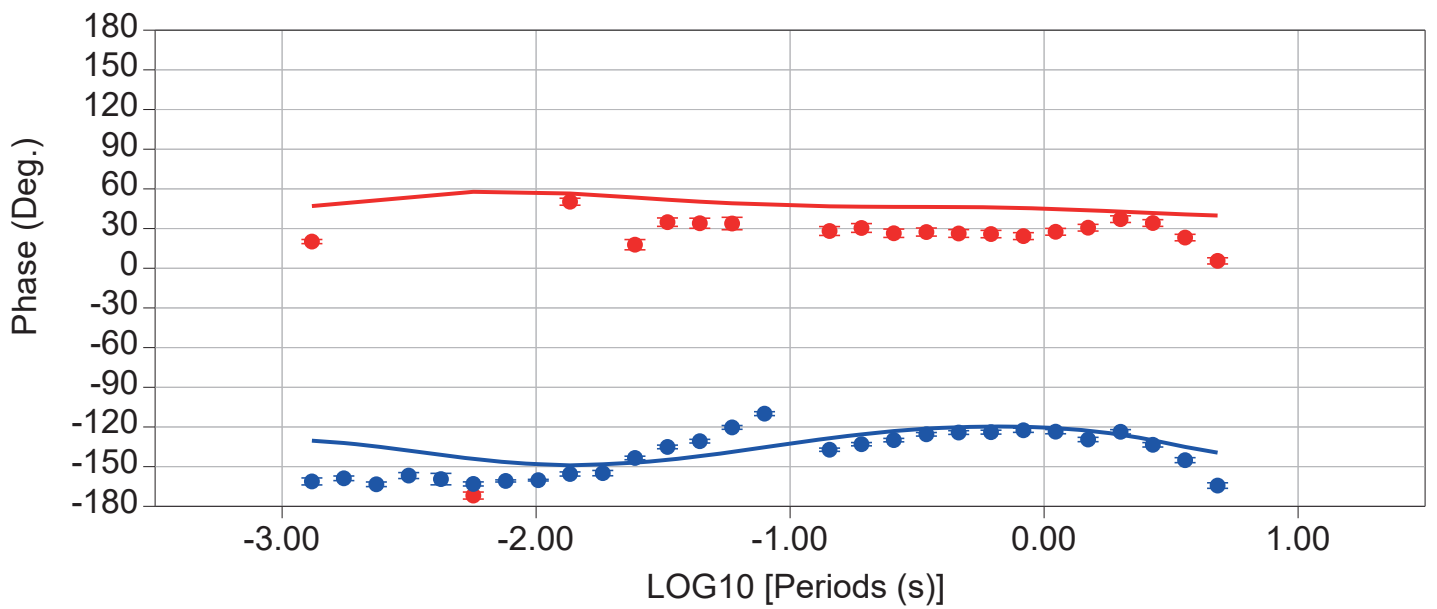
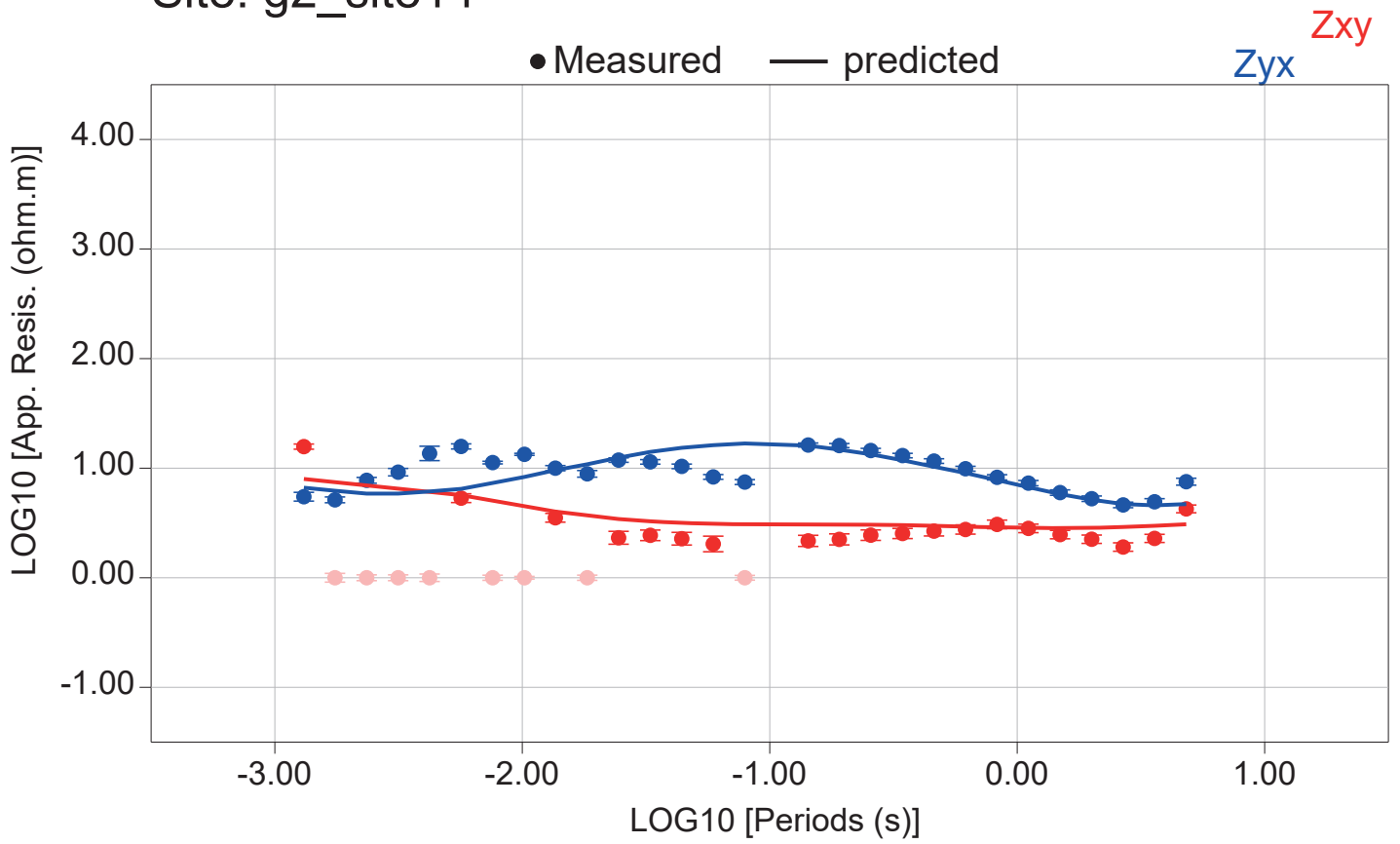
# Site: g2\_site12



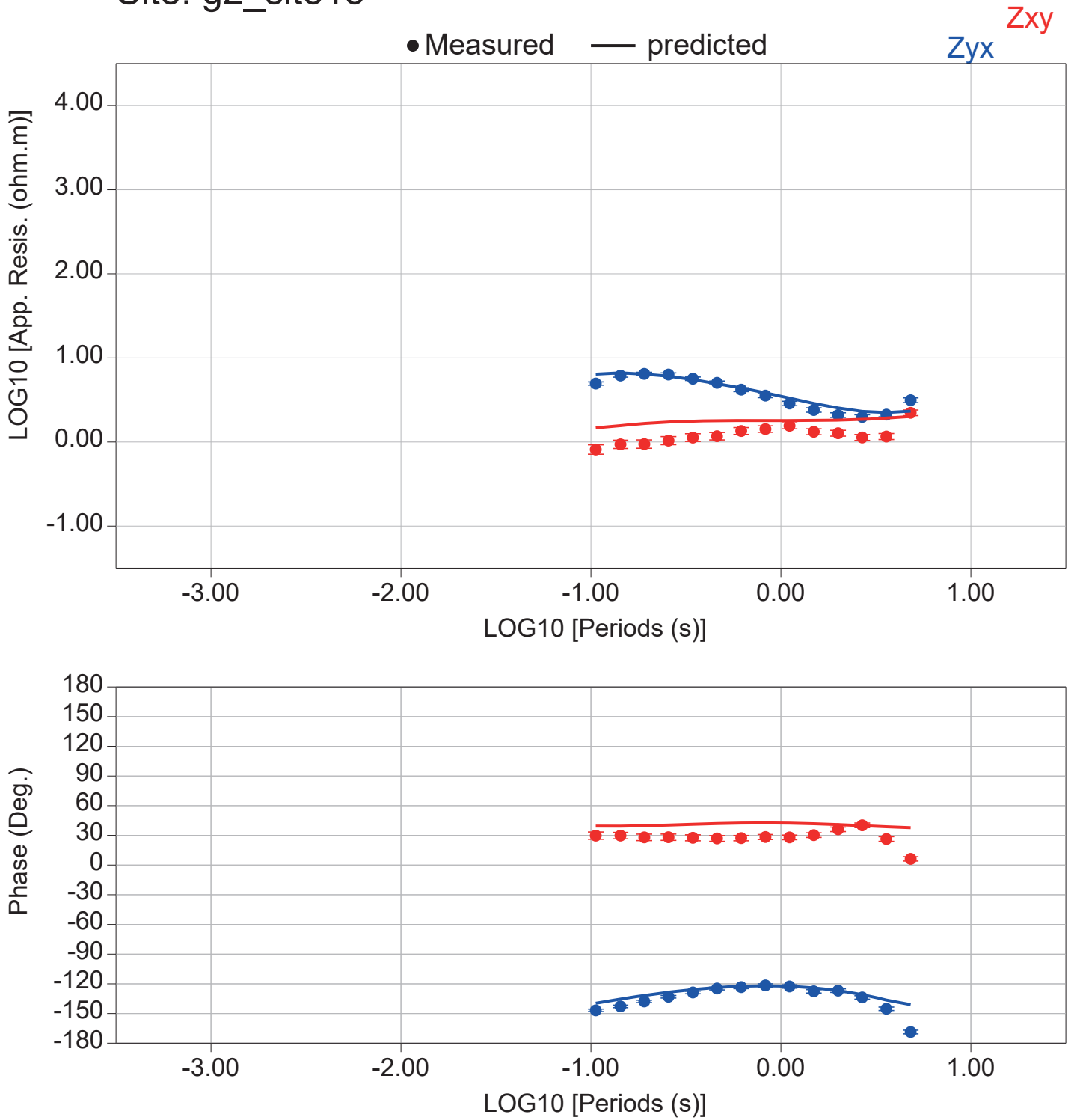
# Site: g2\_site13



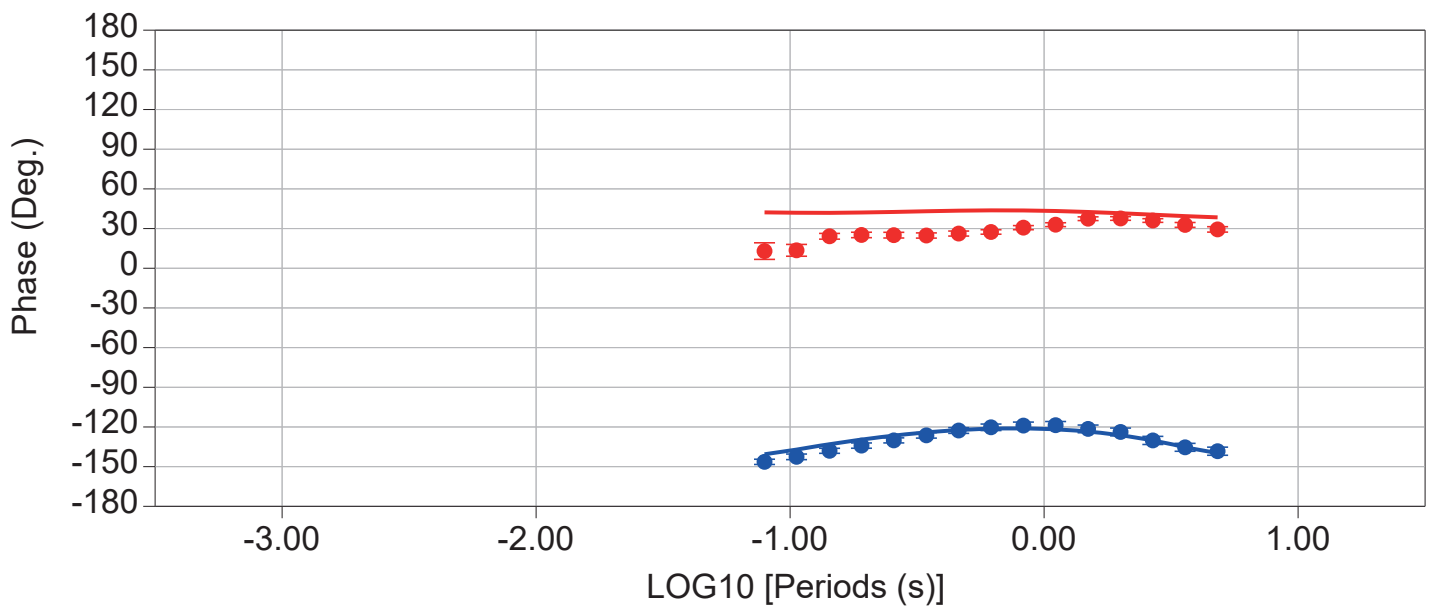
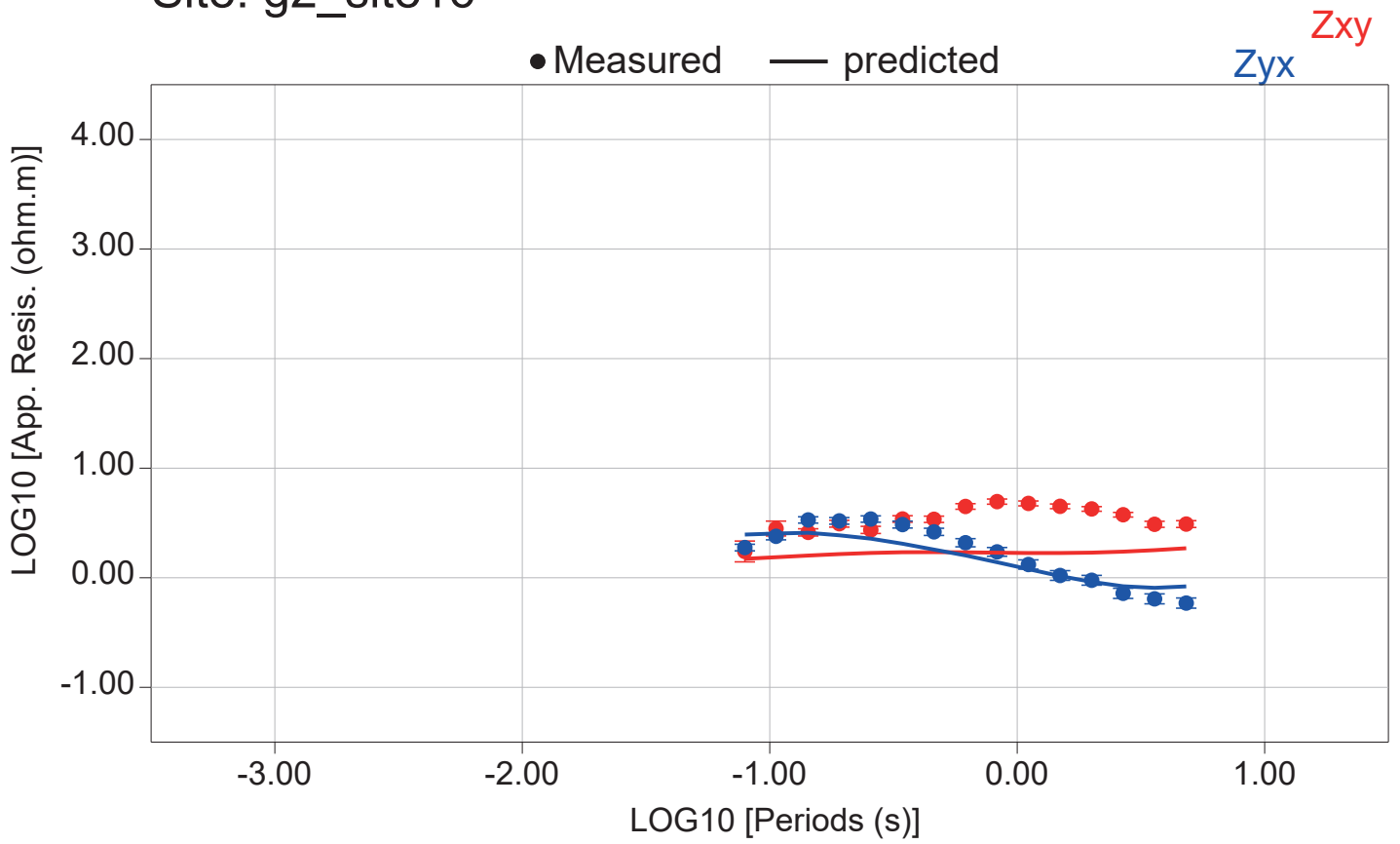
# Site: g2\_site14



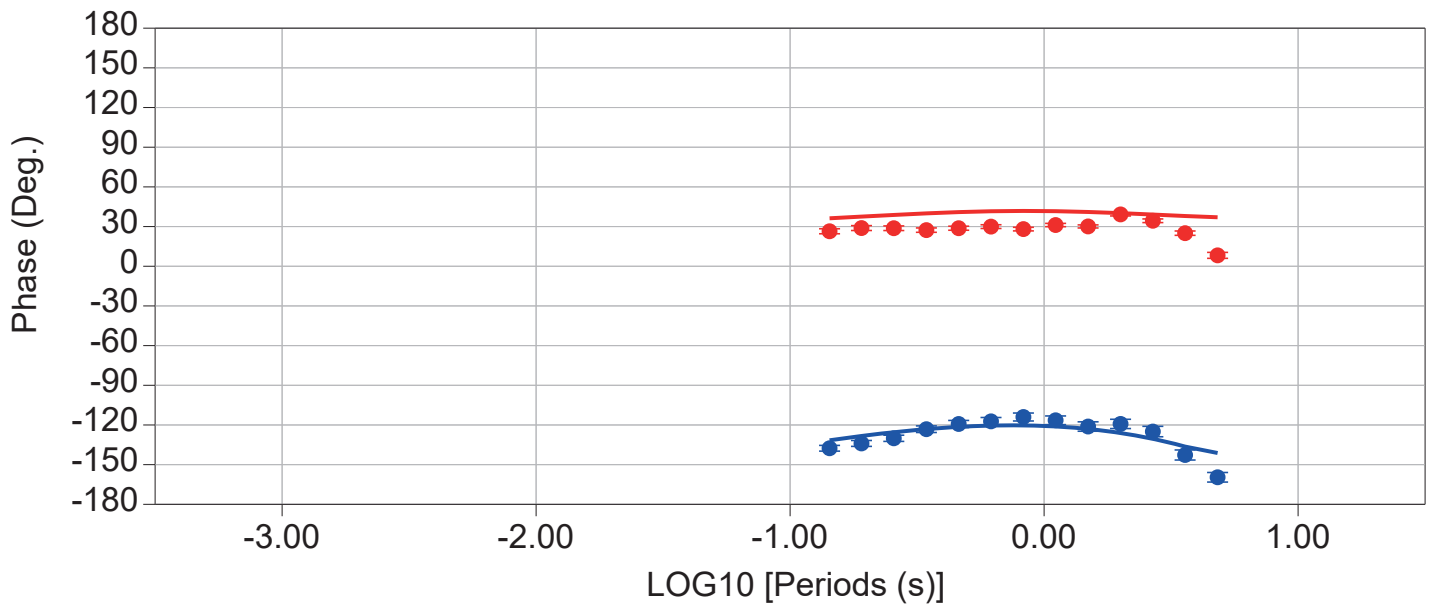
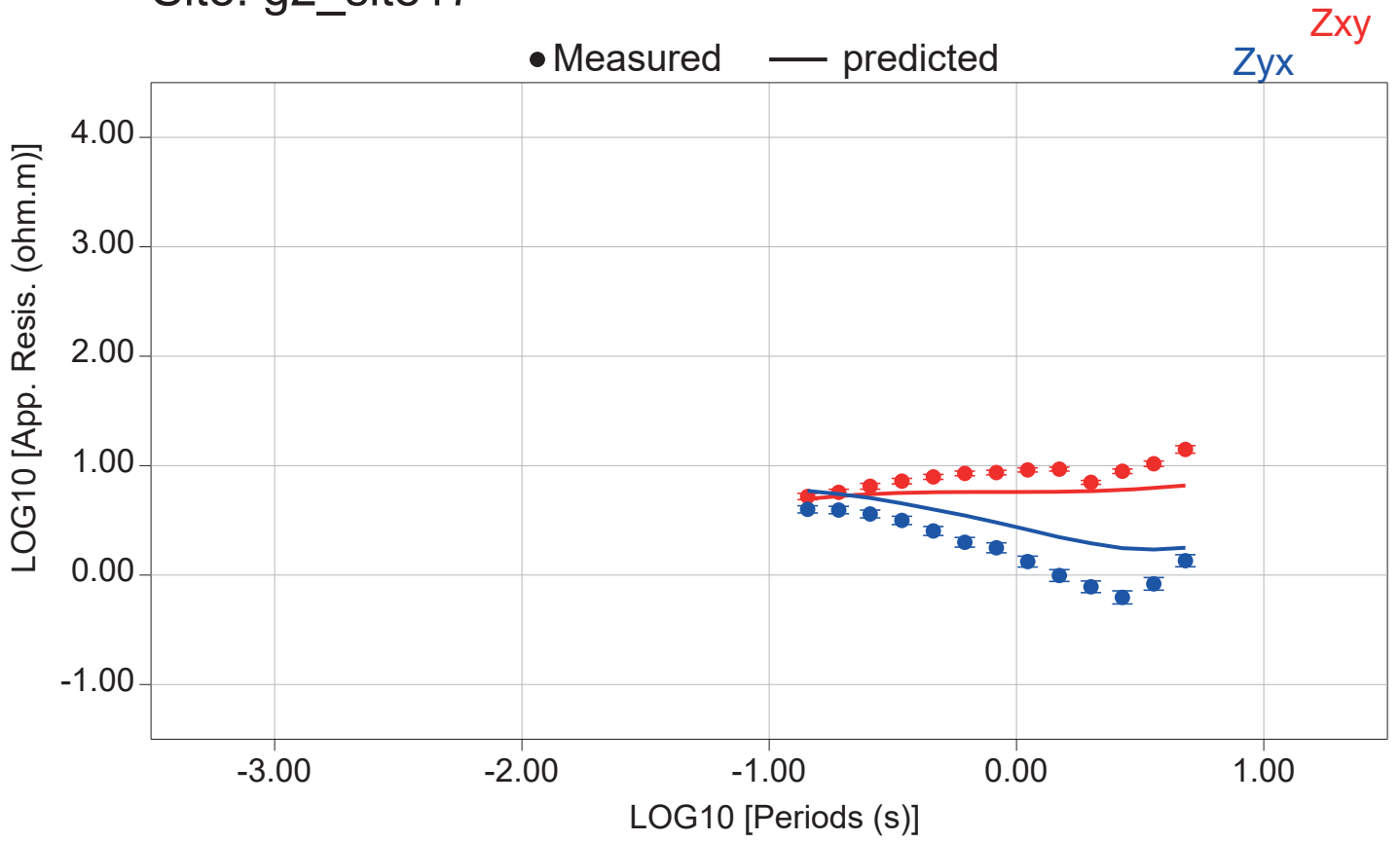
# Site: g2\_site15



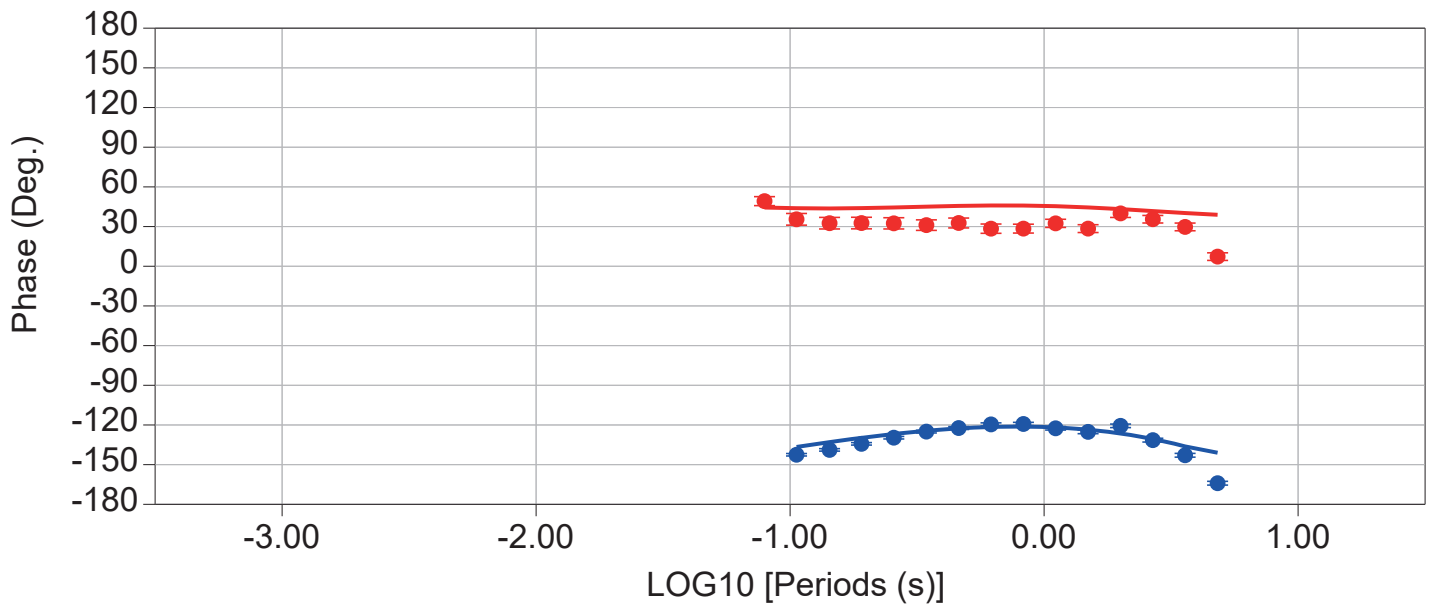
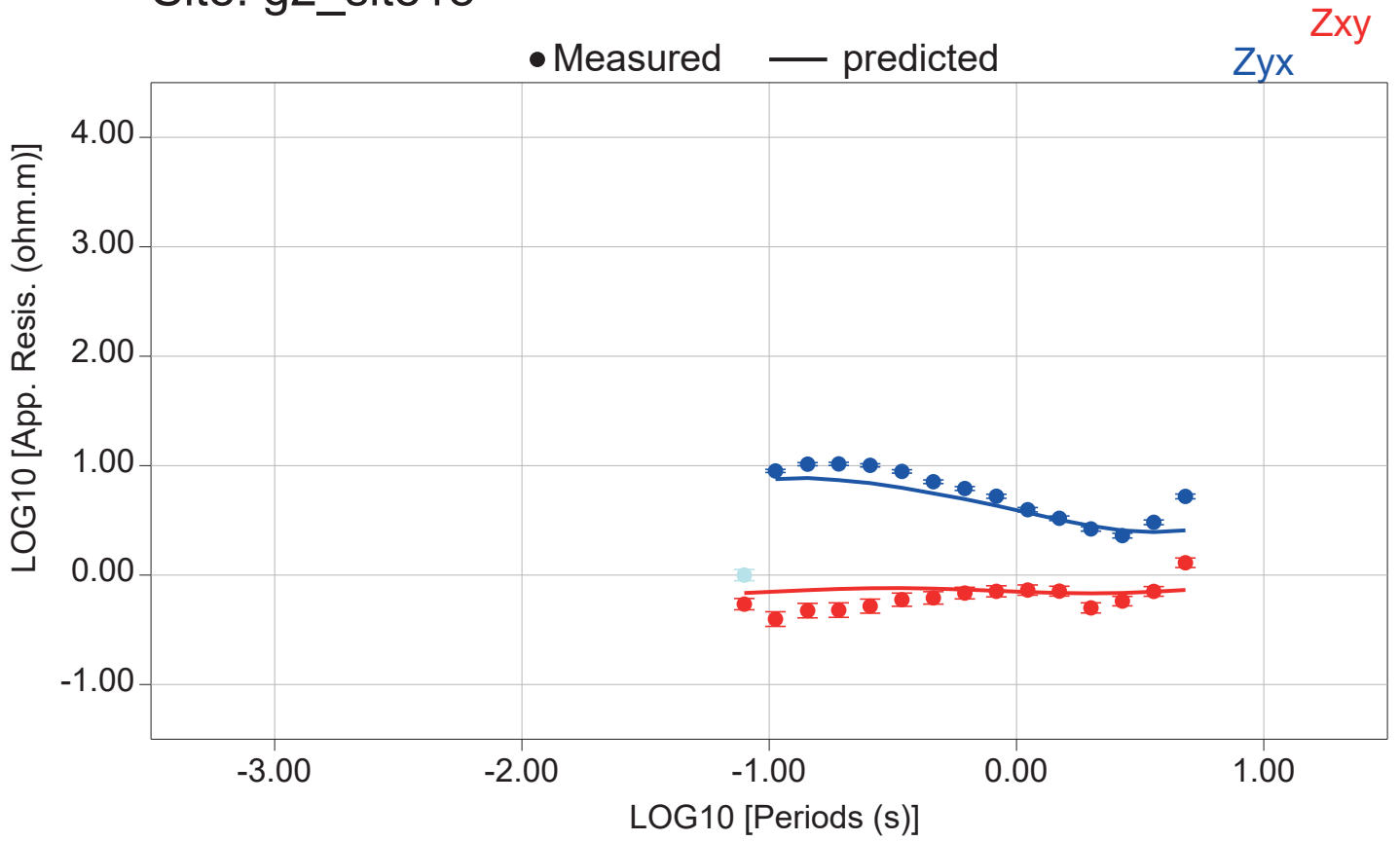
# Site: g2\_site16



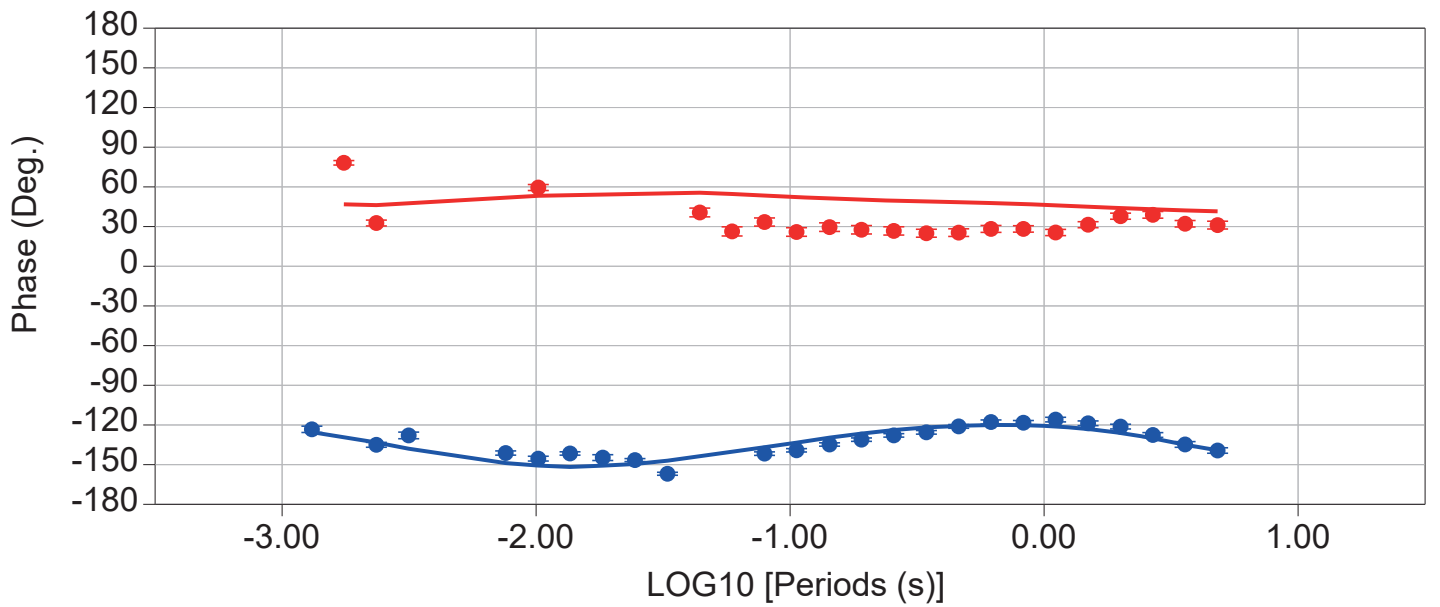
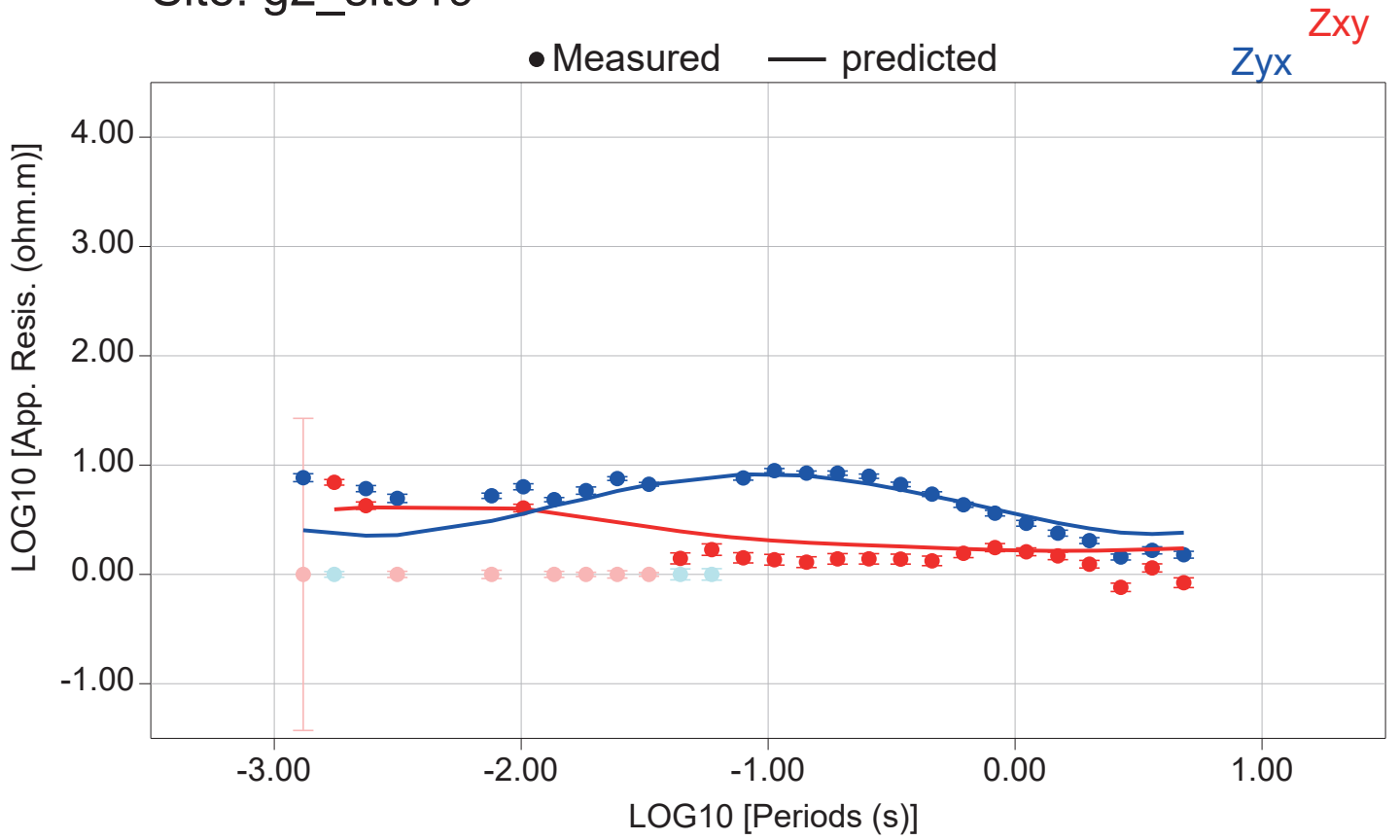
# Site: g2\_site17



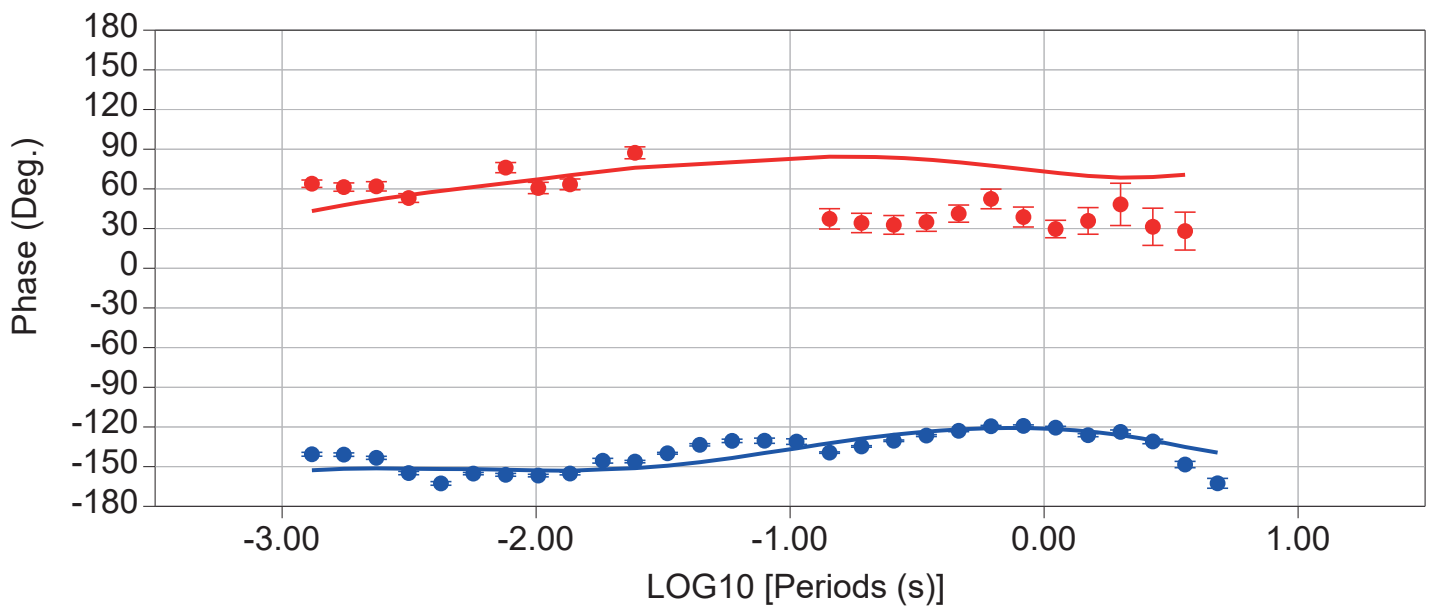
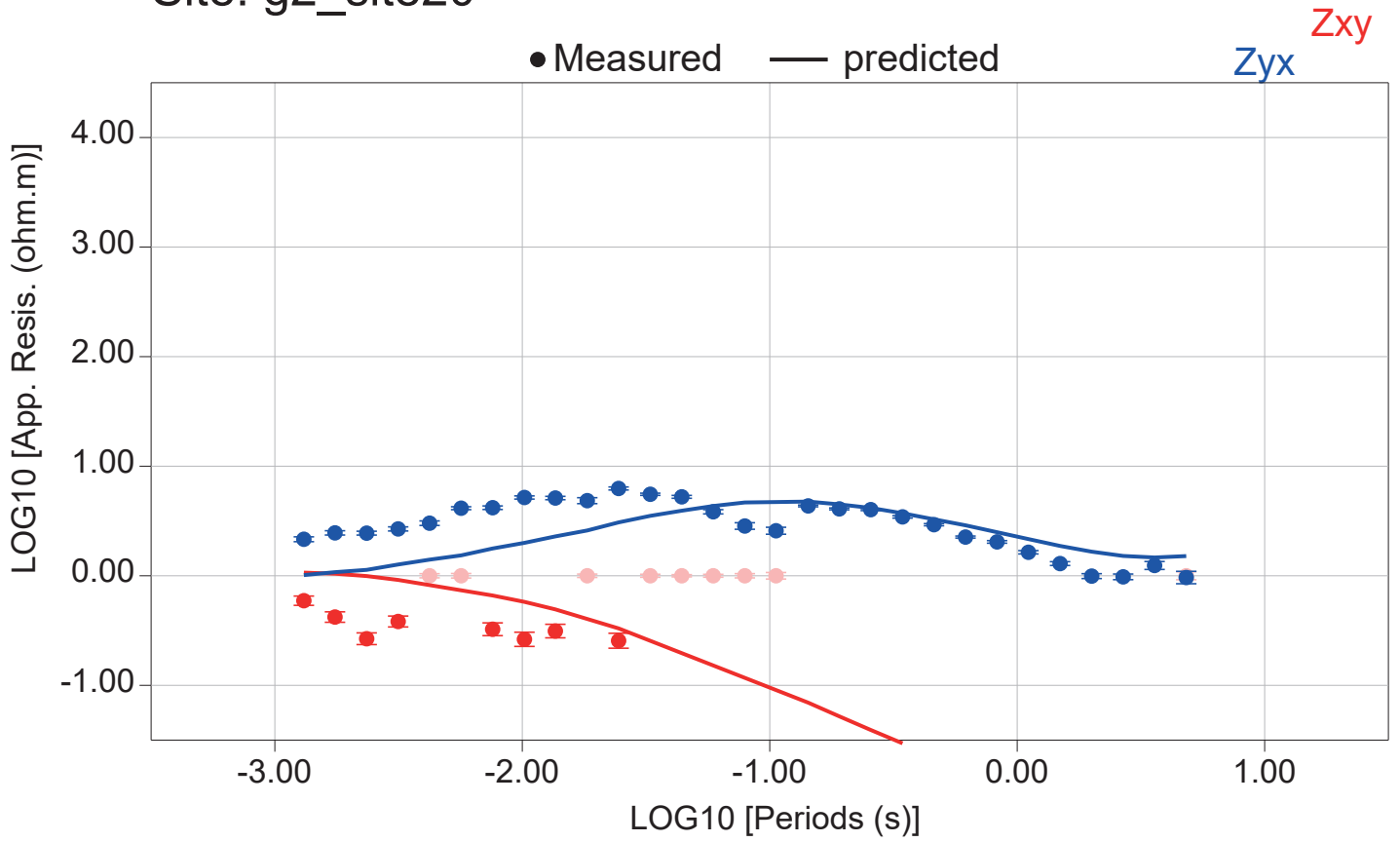
# Site: g2\_site18



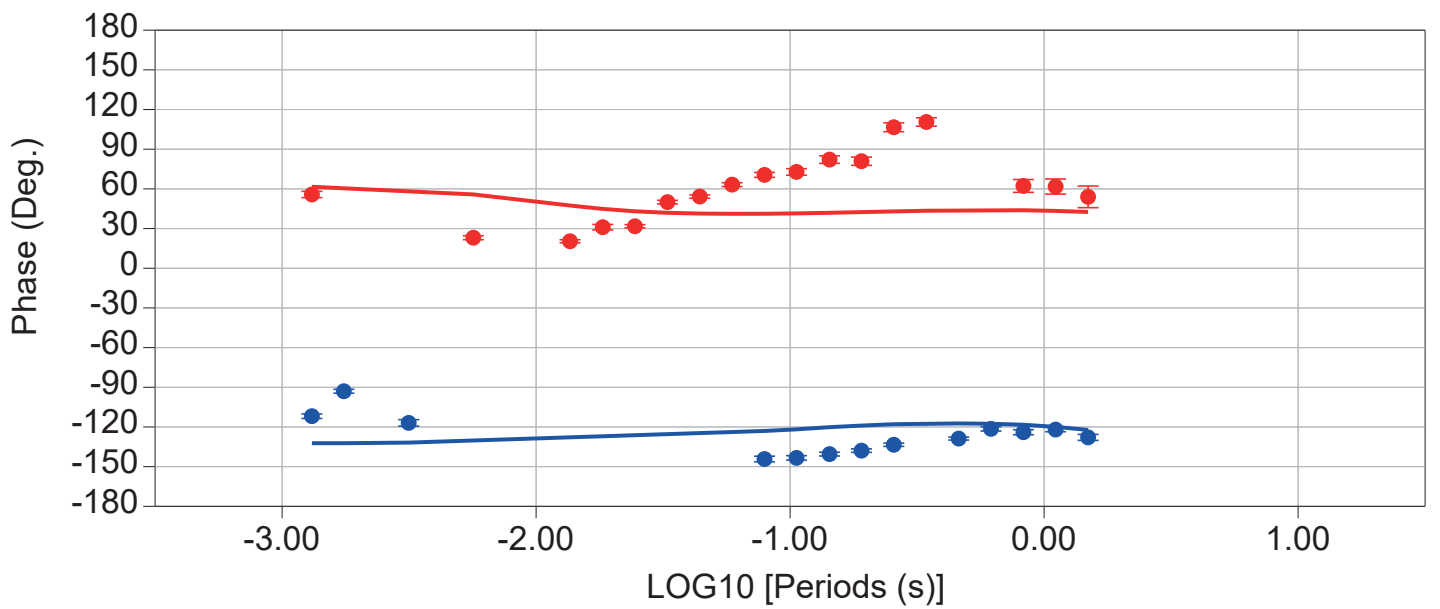
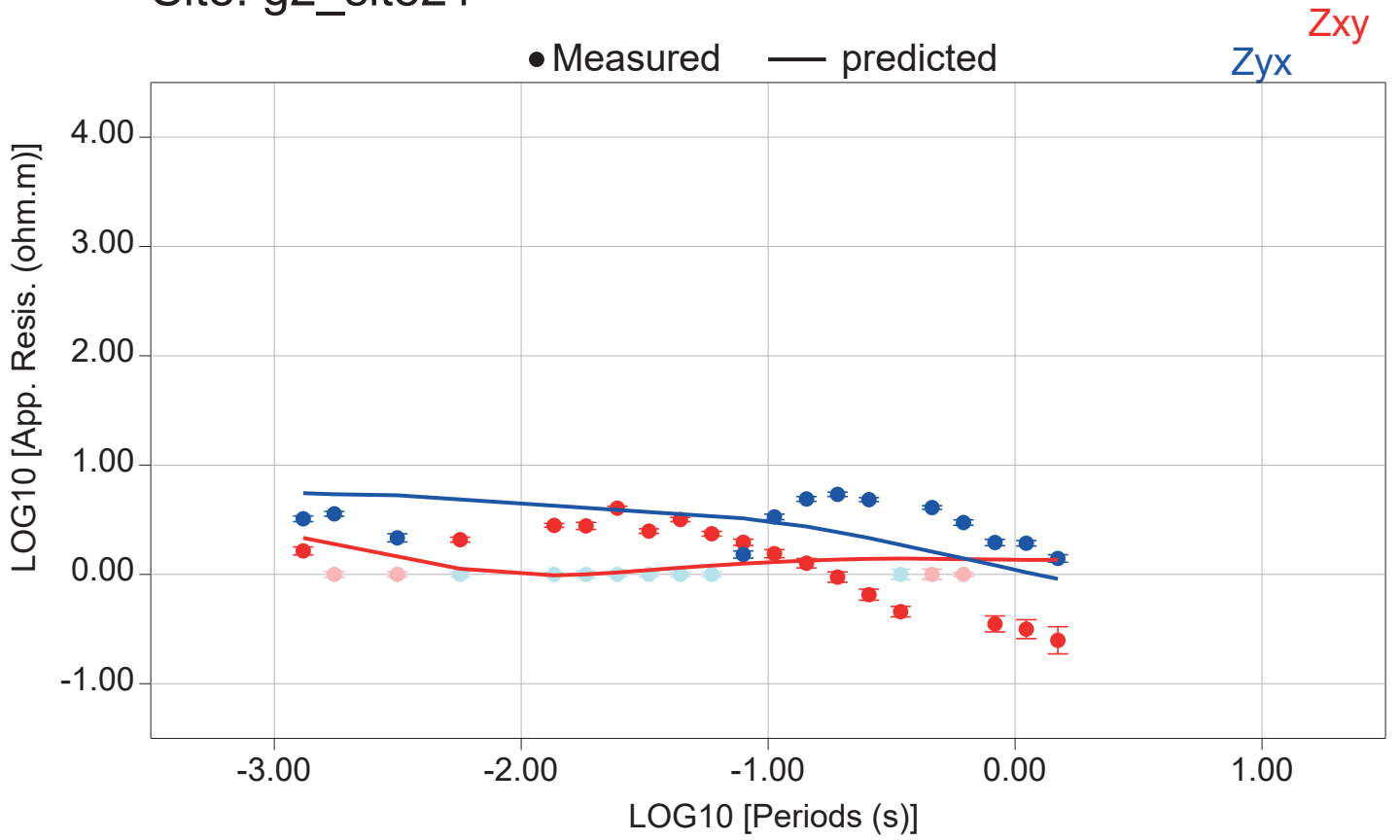
# Site: g2\_site19



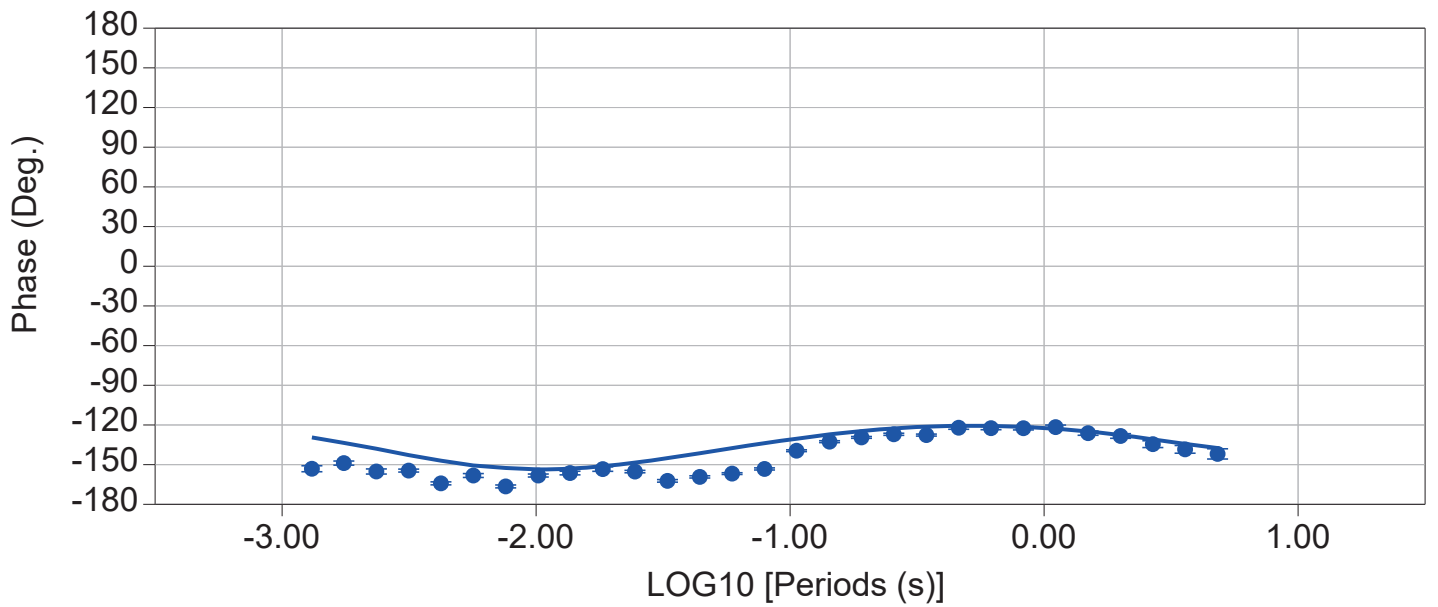
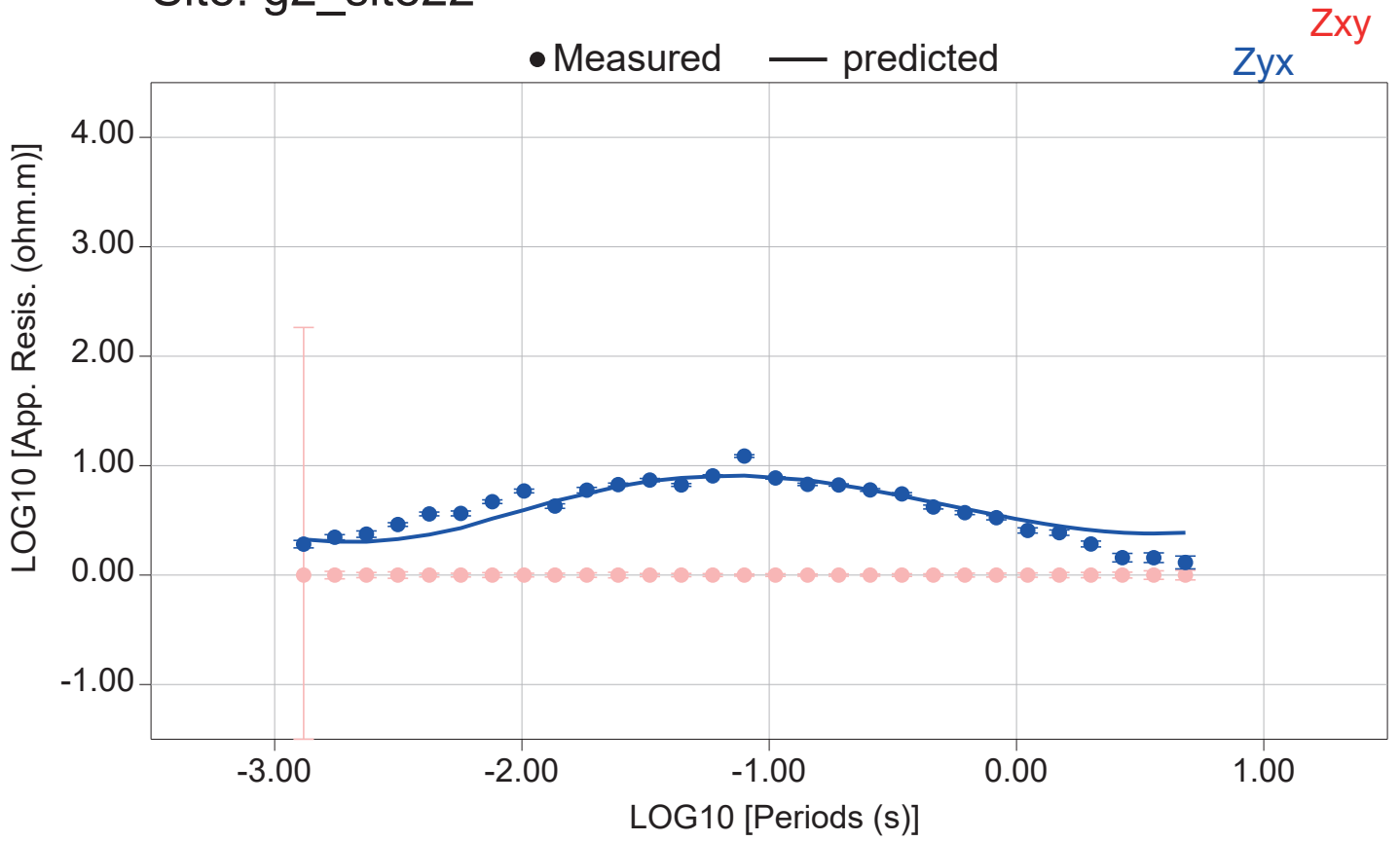
# Site: g2\_site20



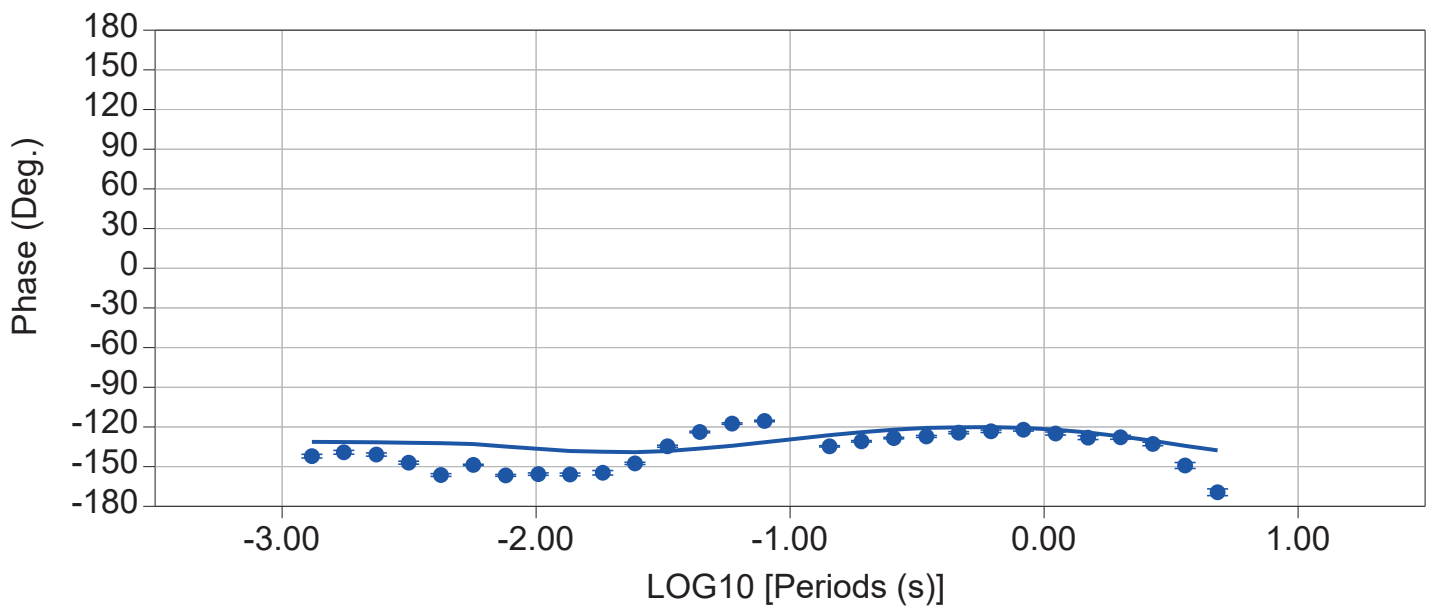
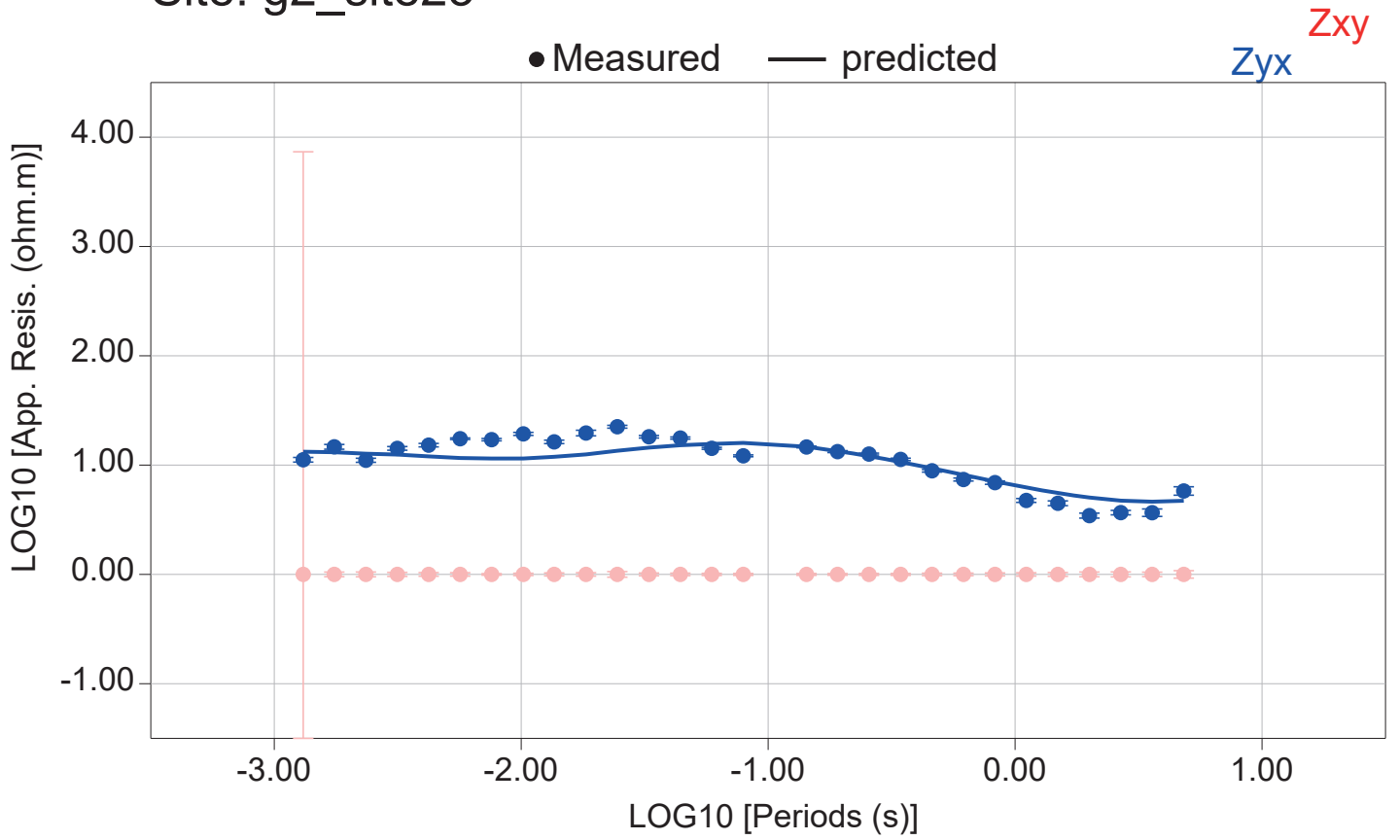
# Site: g2\_site21



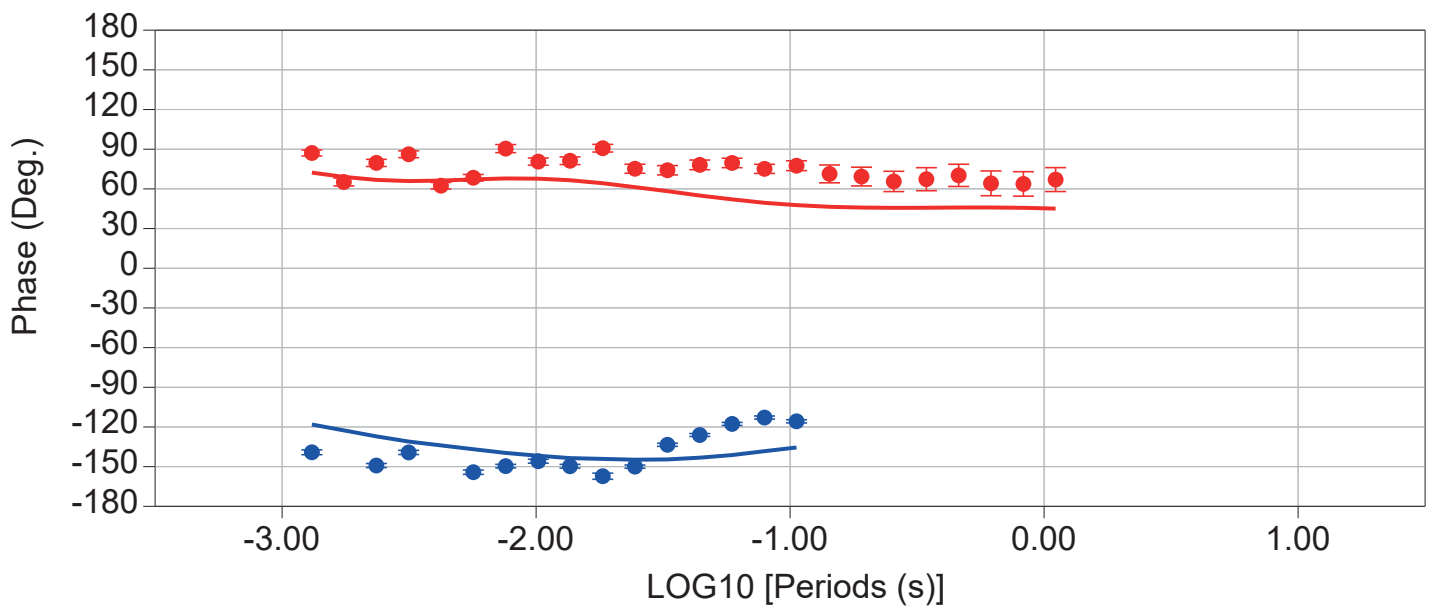
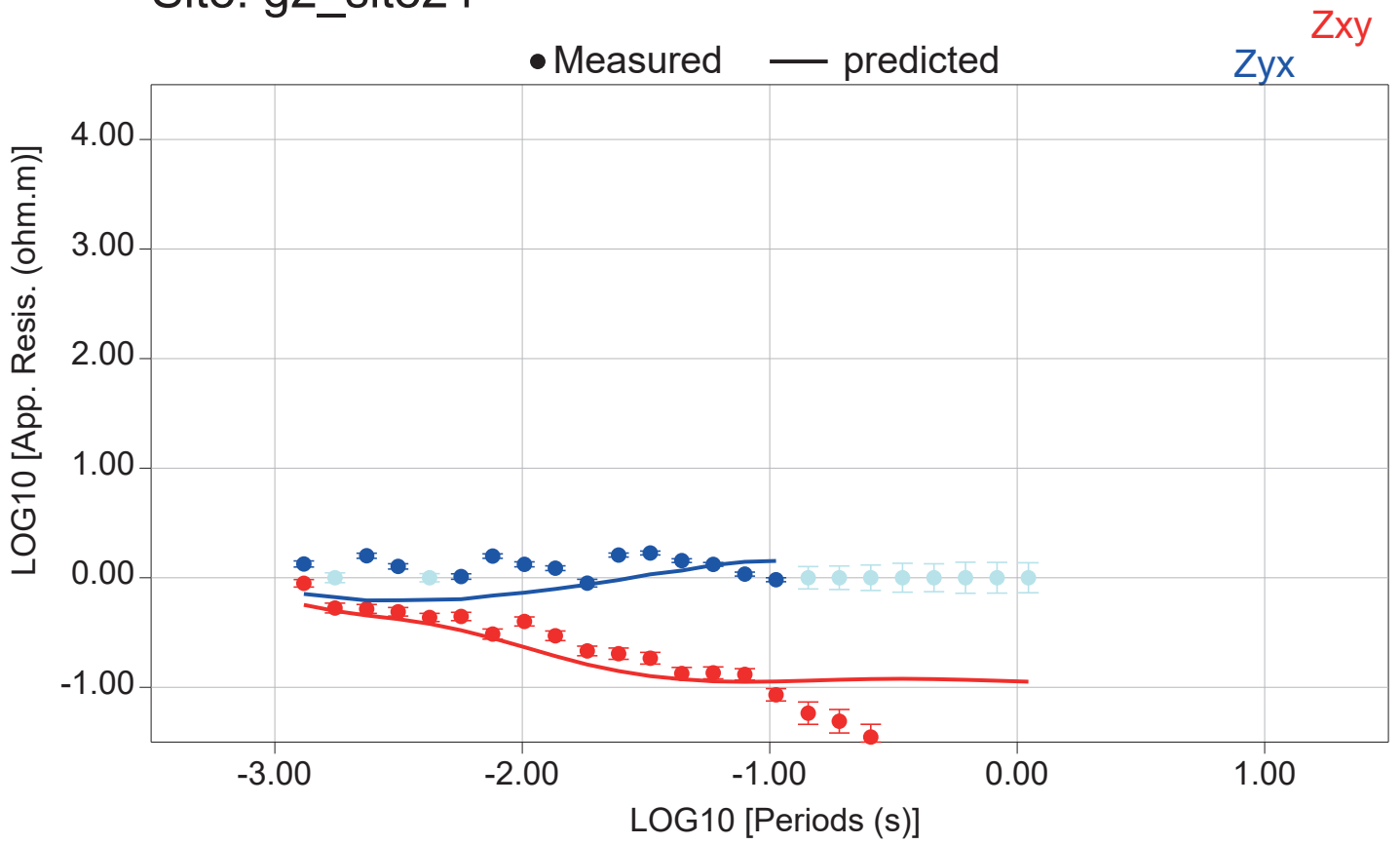
# Site: g2\_site22



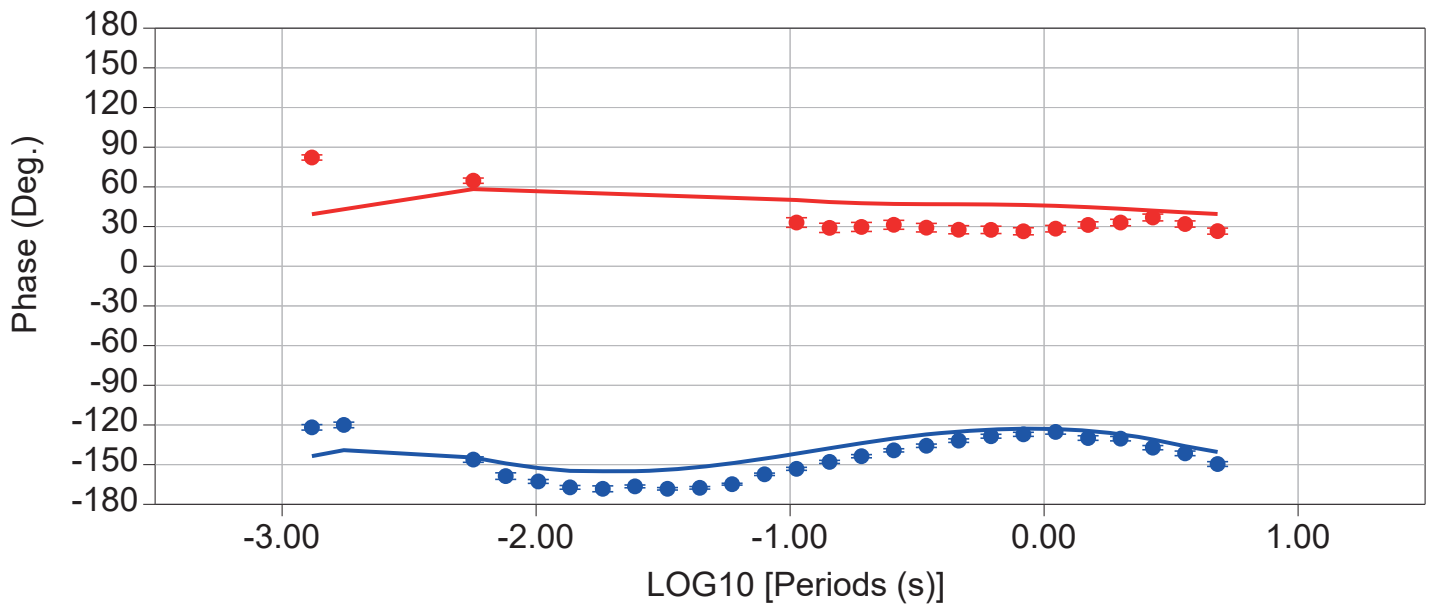
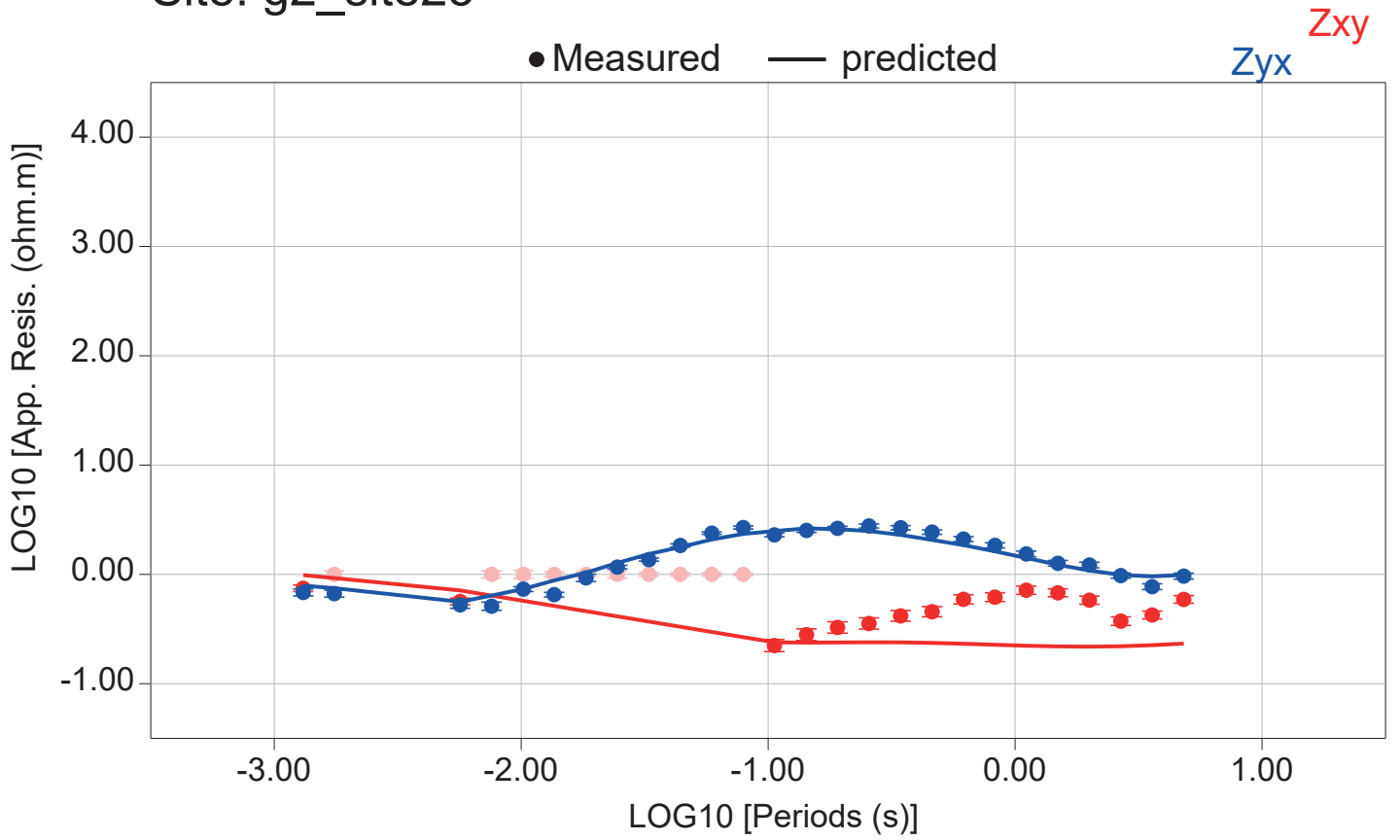
# Site: g2\_site23



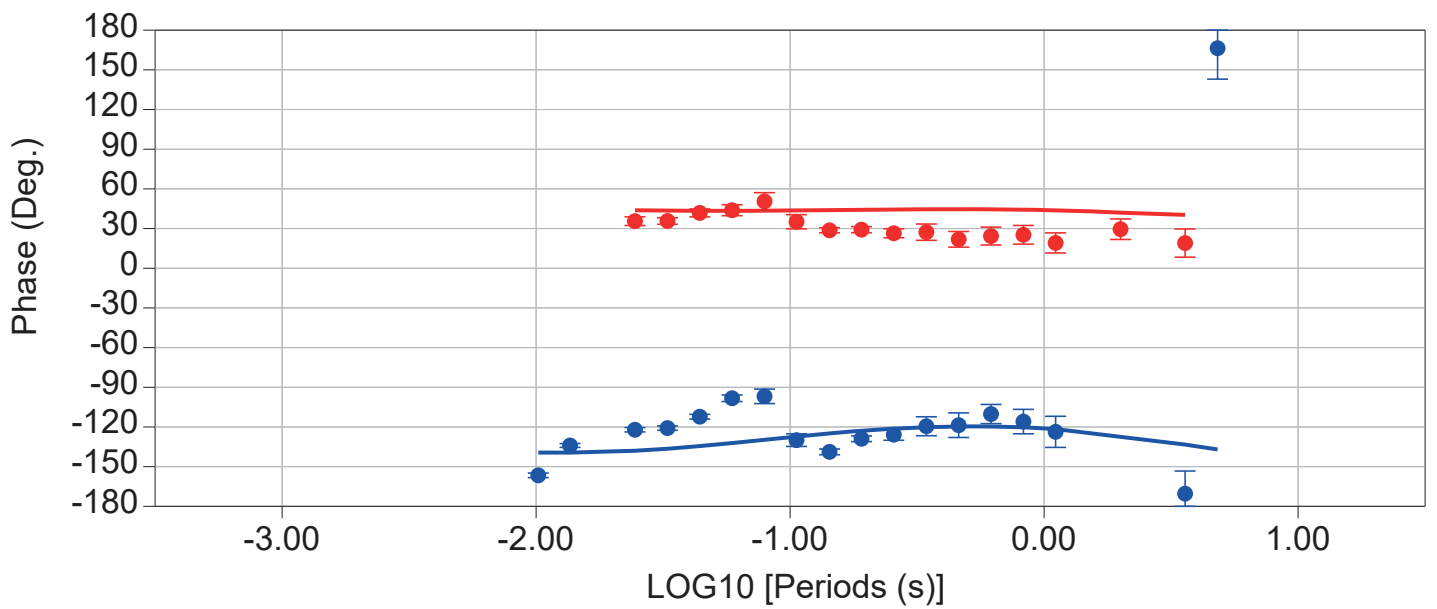
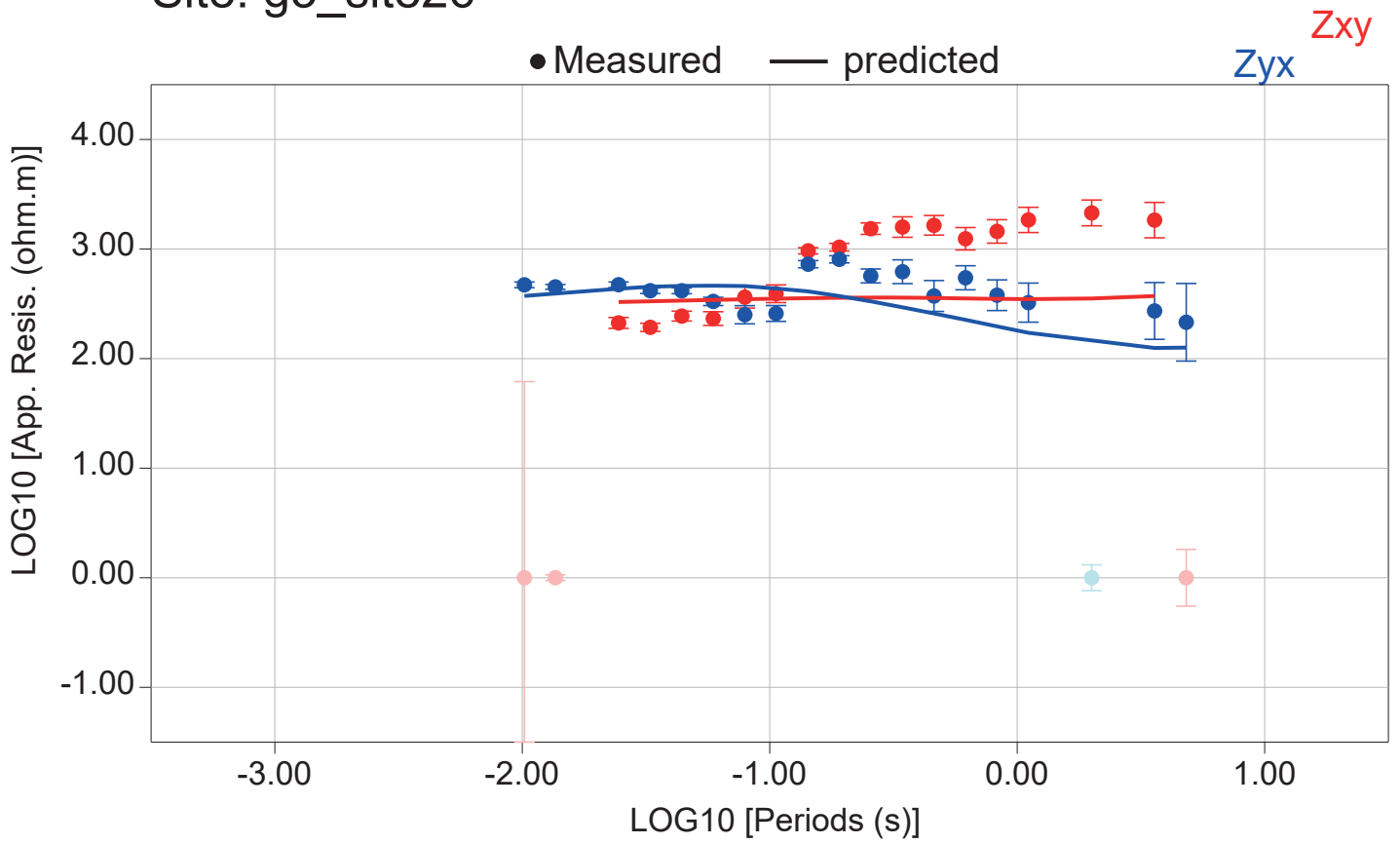
# Site: g2\_site24



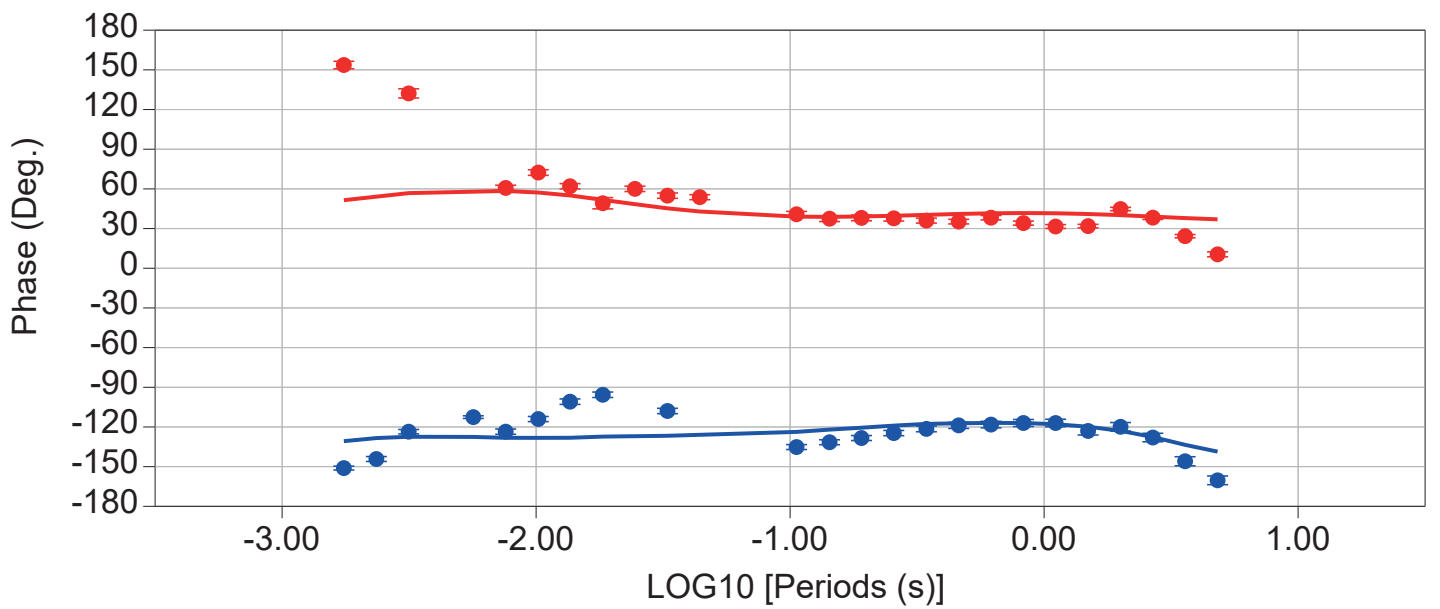
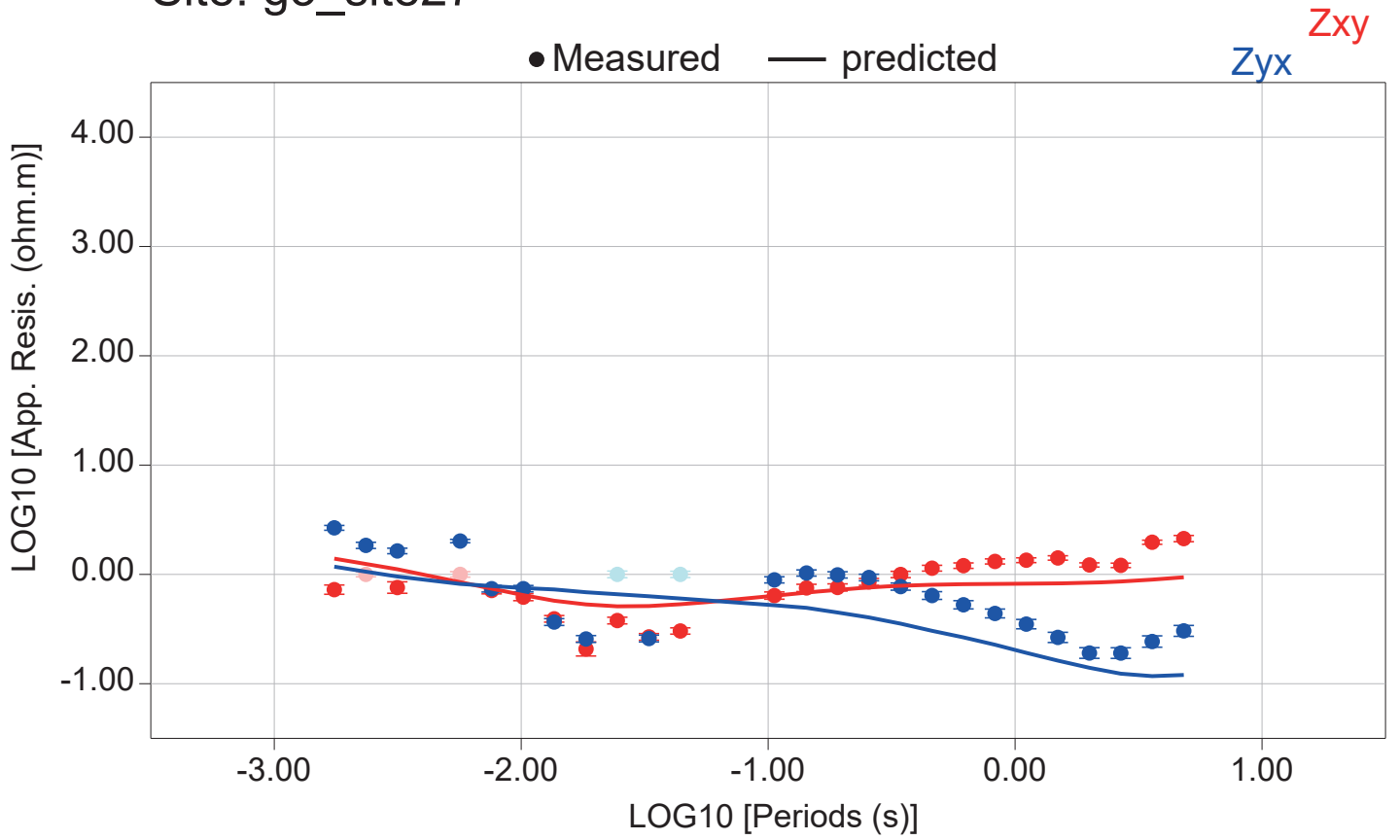
# Site: g2\_site25



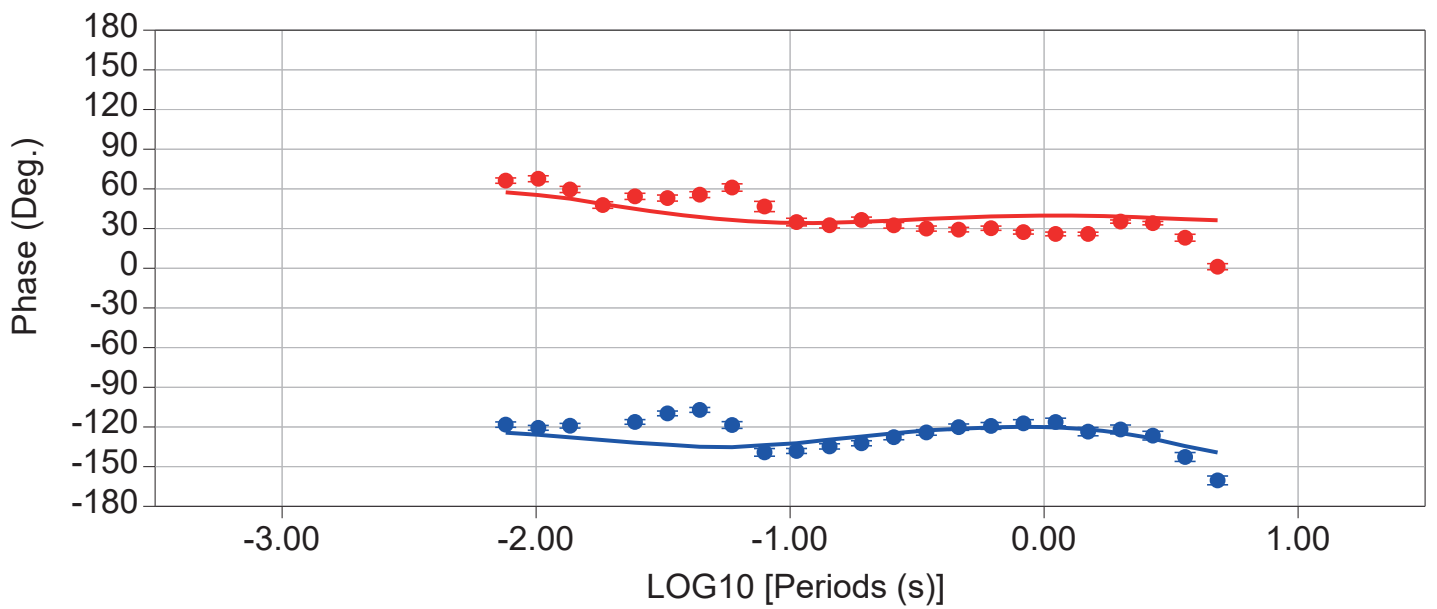
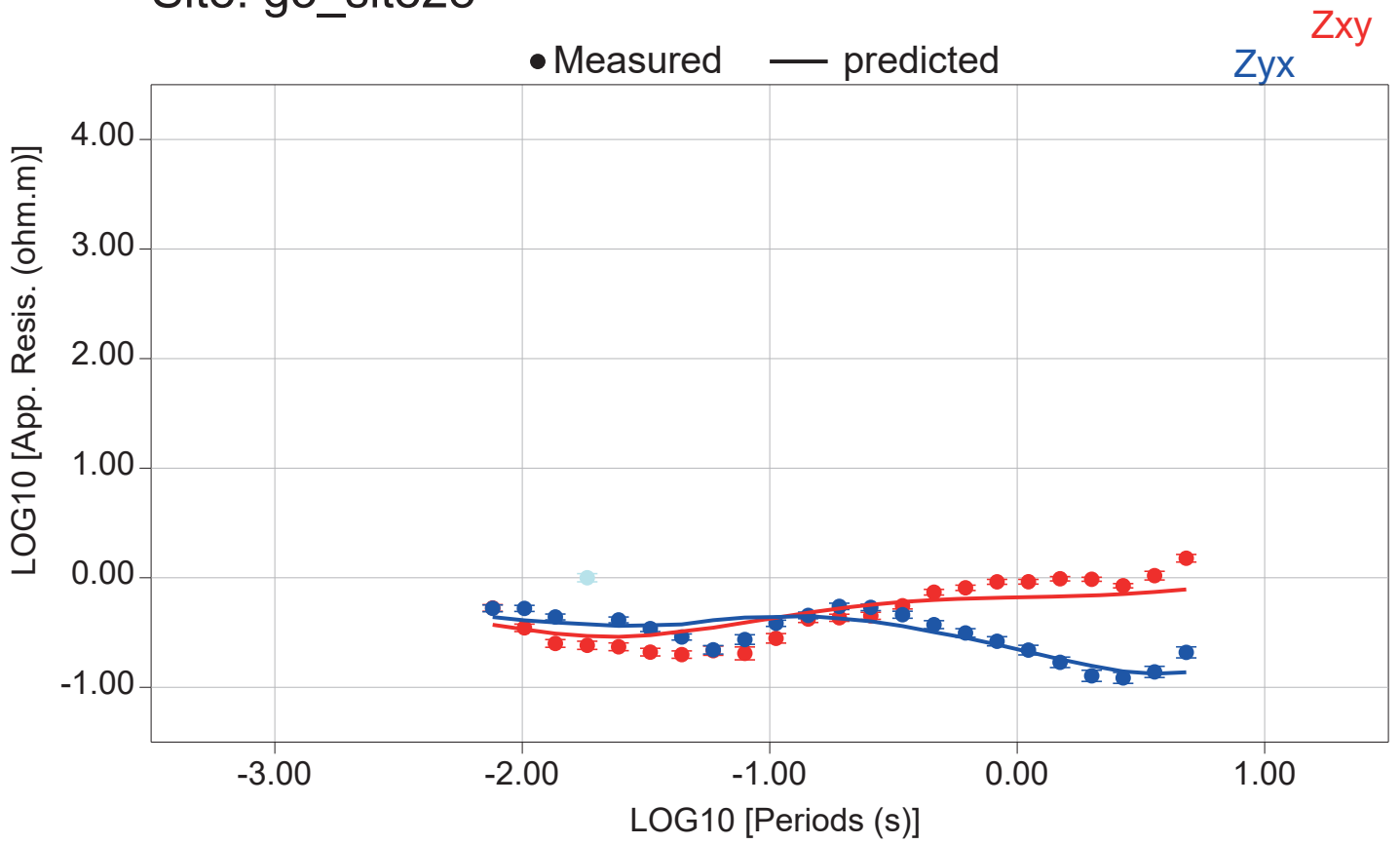
# Site: g3\_site26



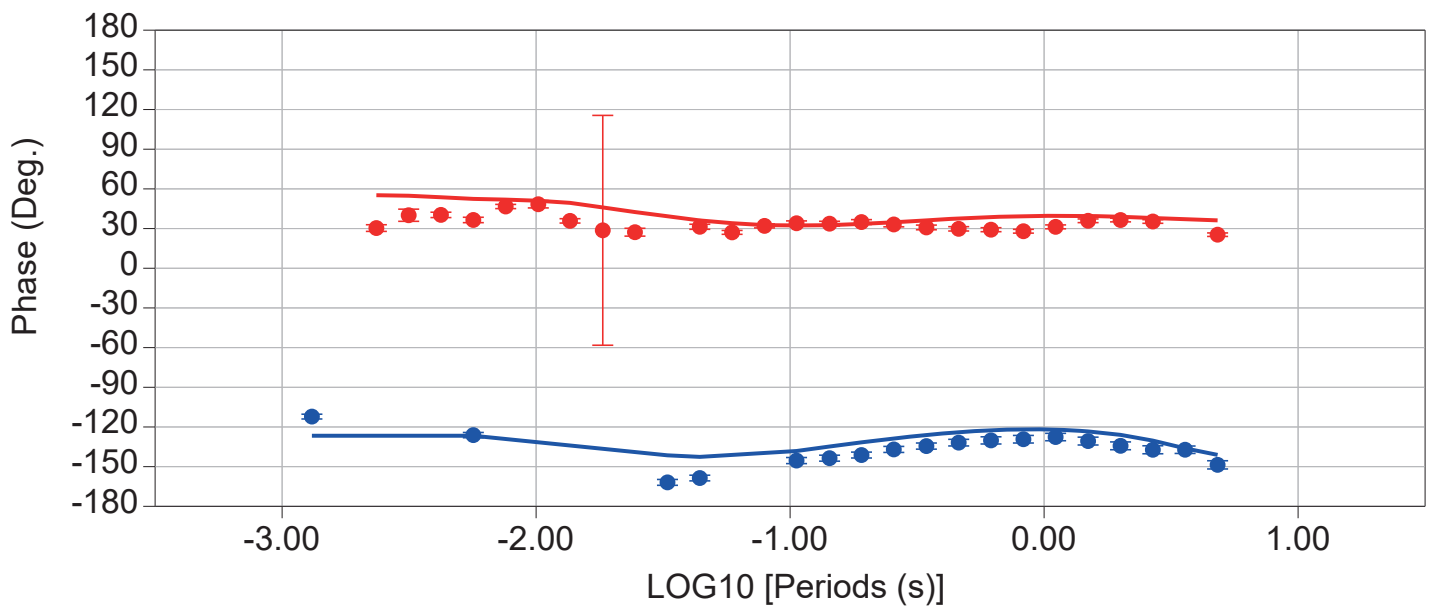
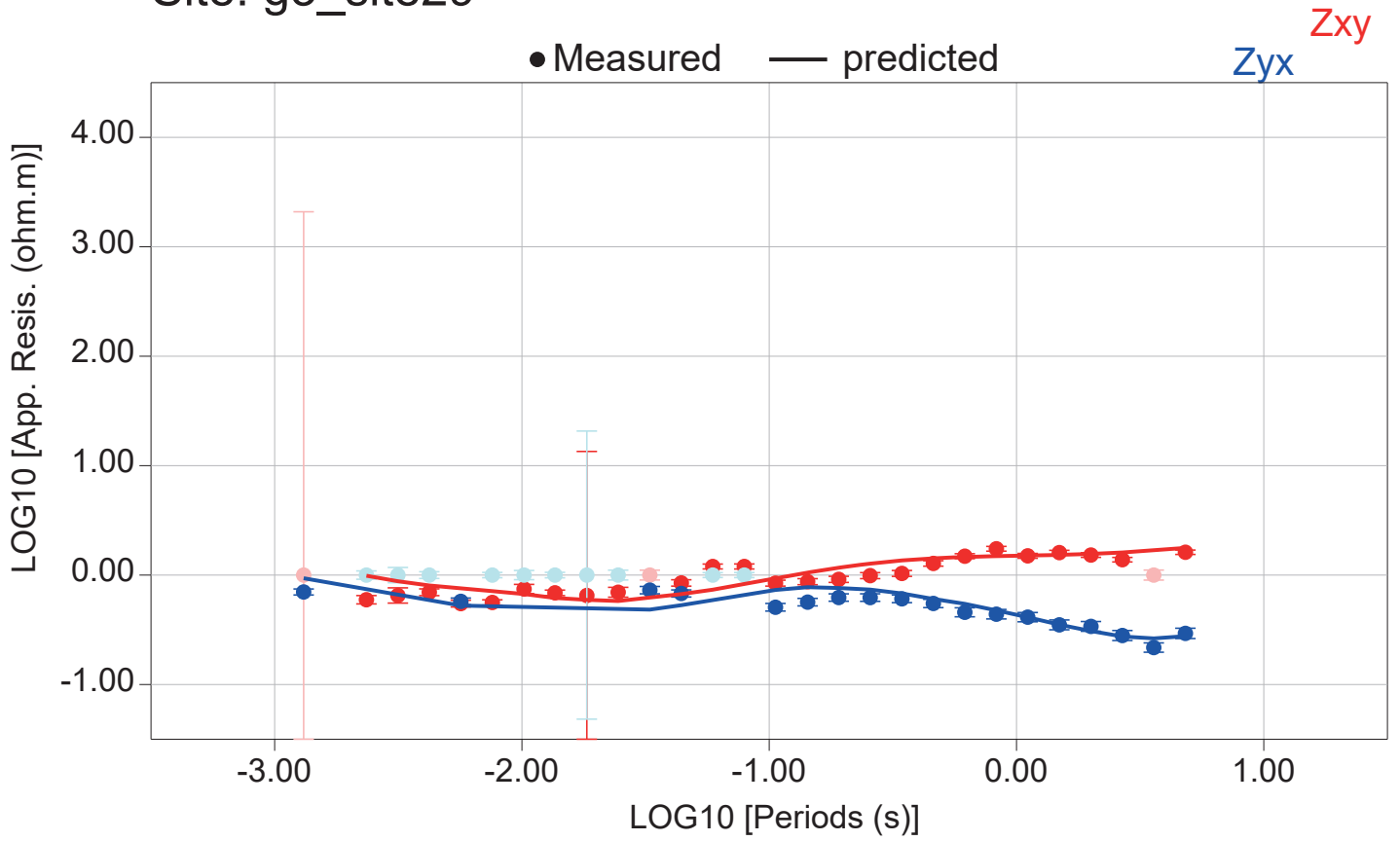
# Site: g3\_site27



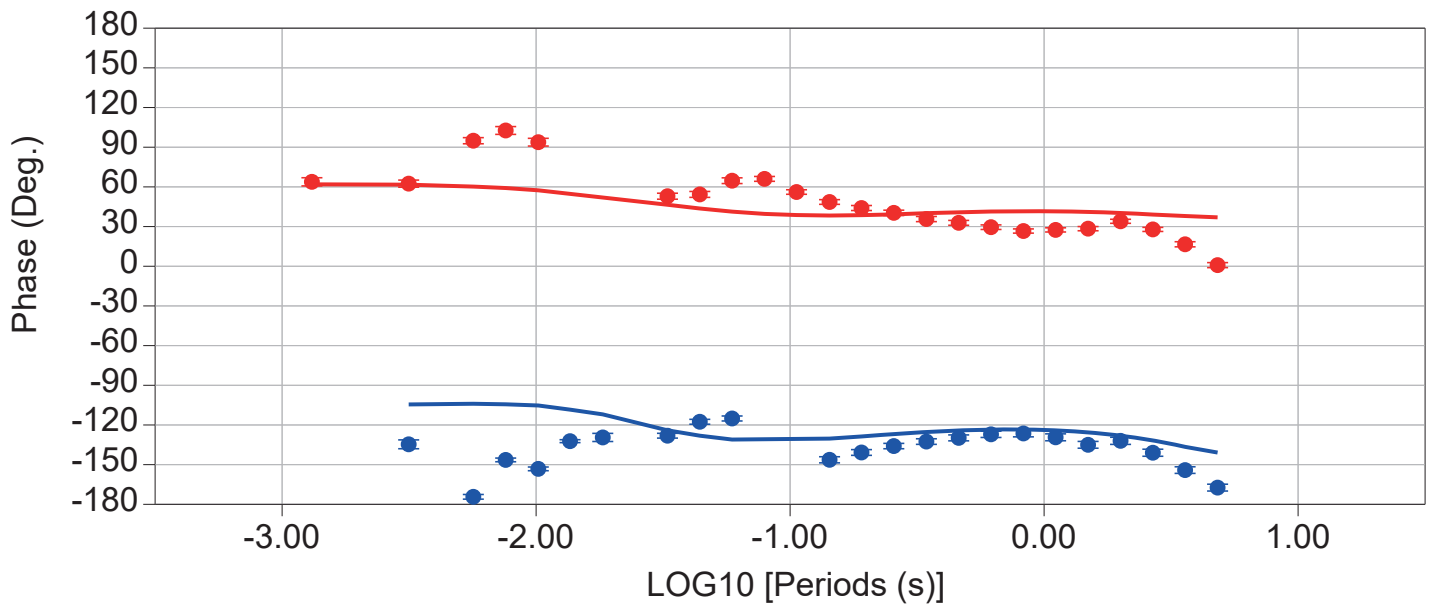
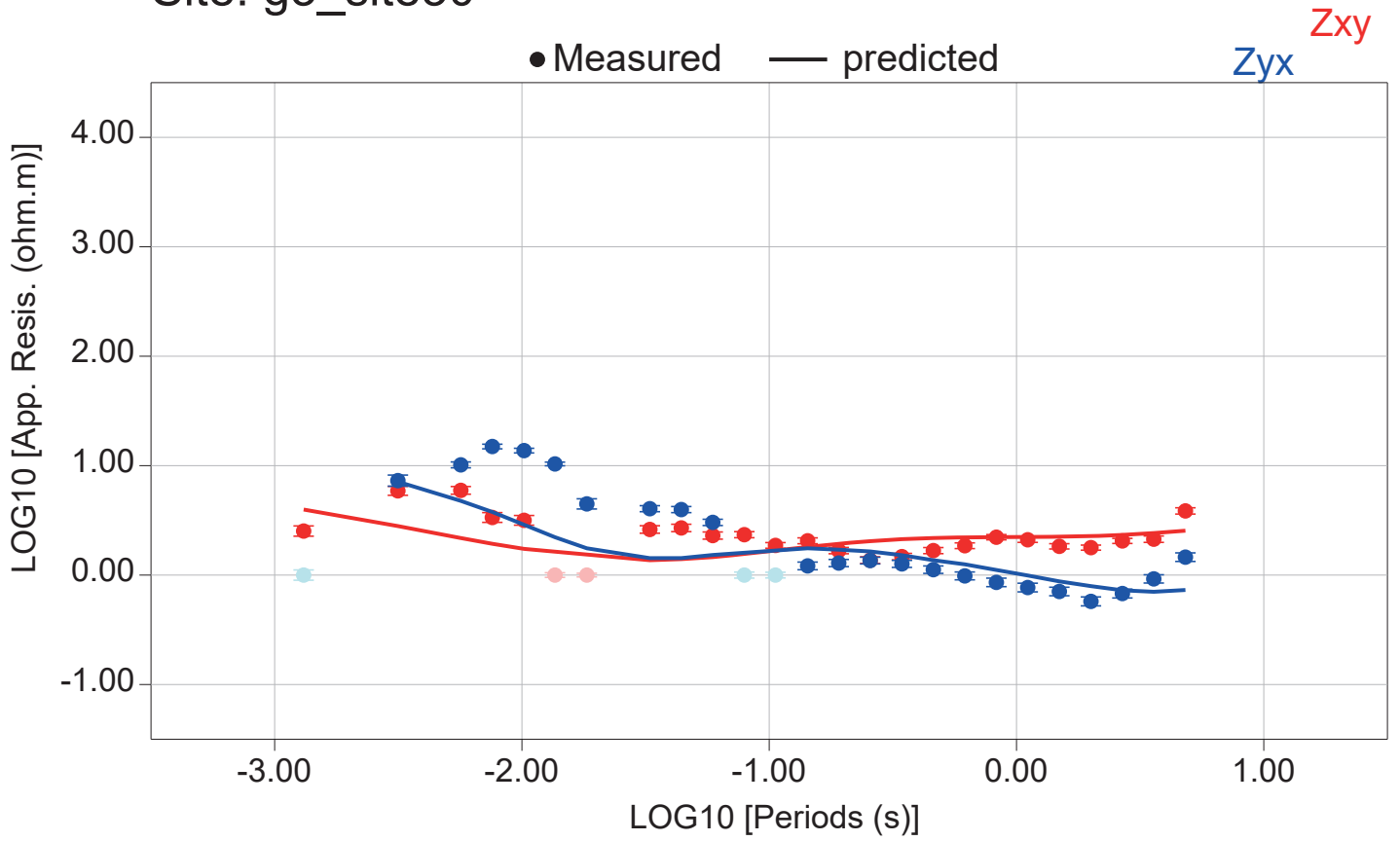
# Site: g3\_site28



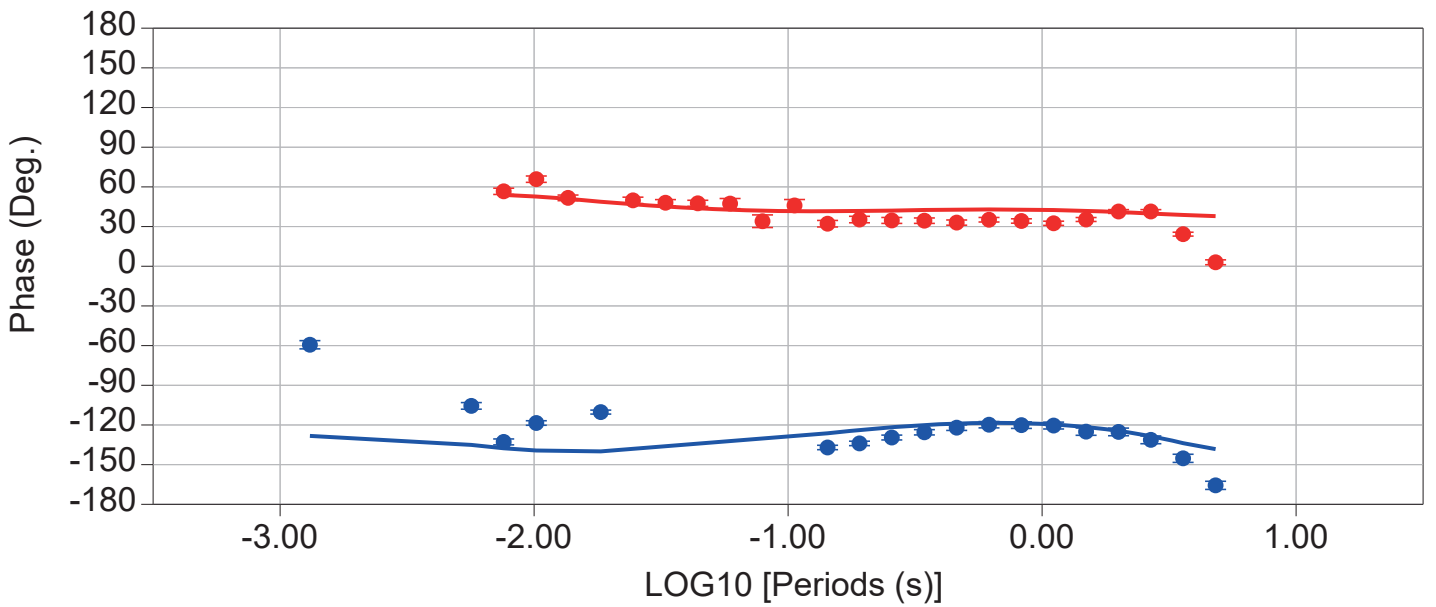
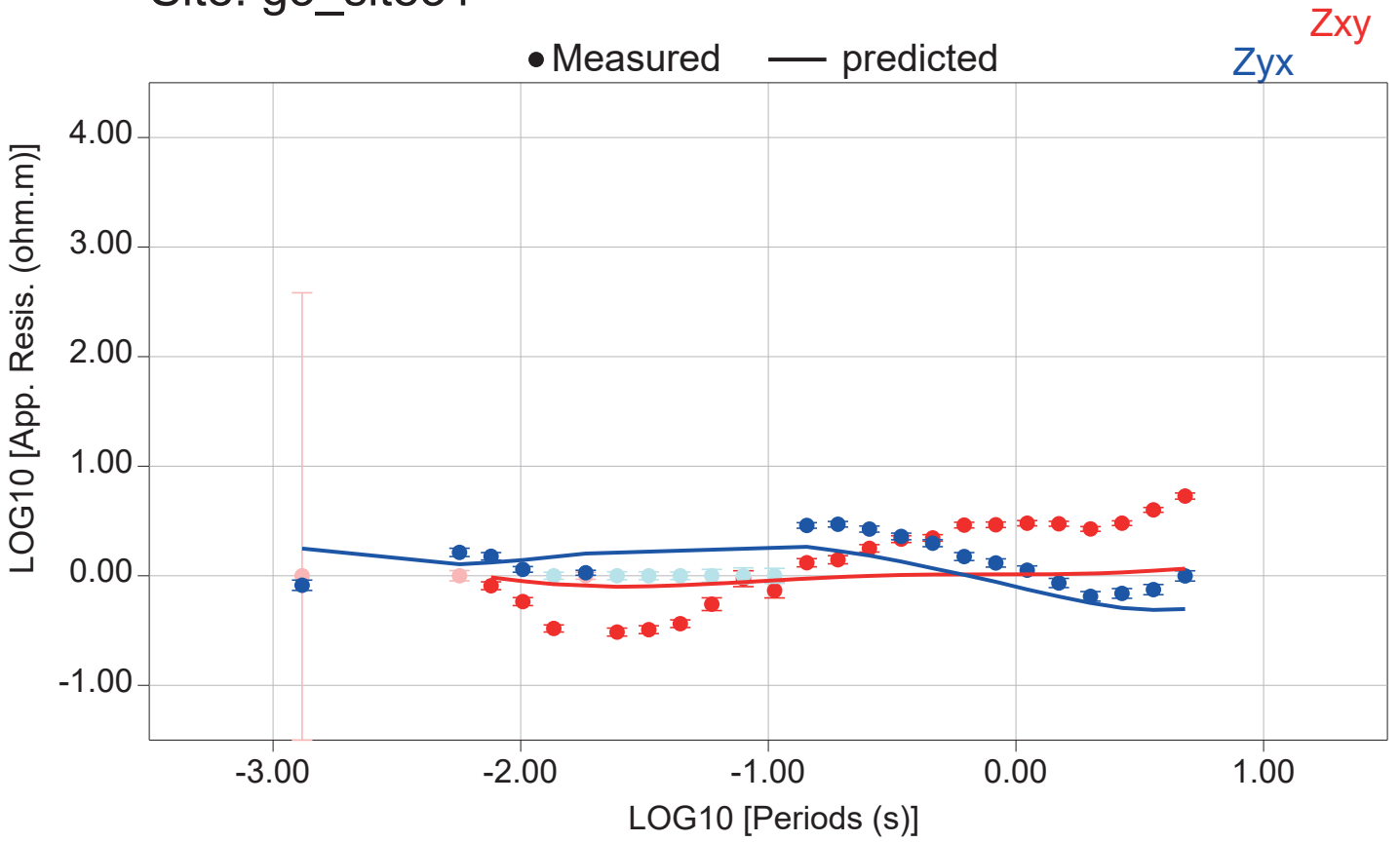
# Site: g3\_site29



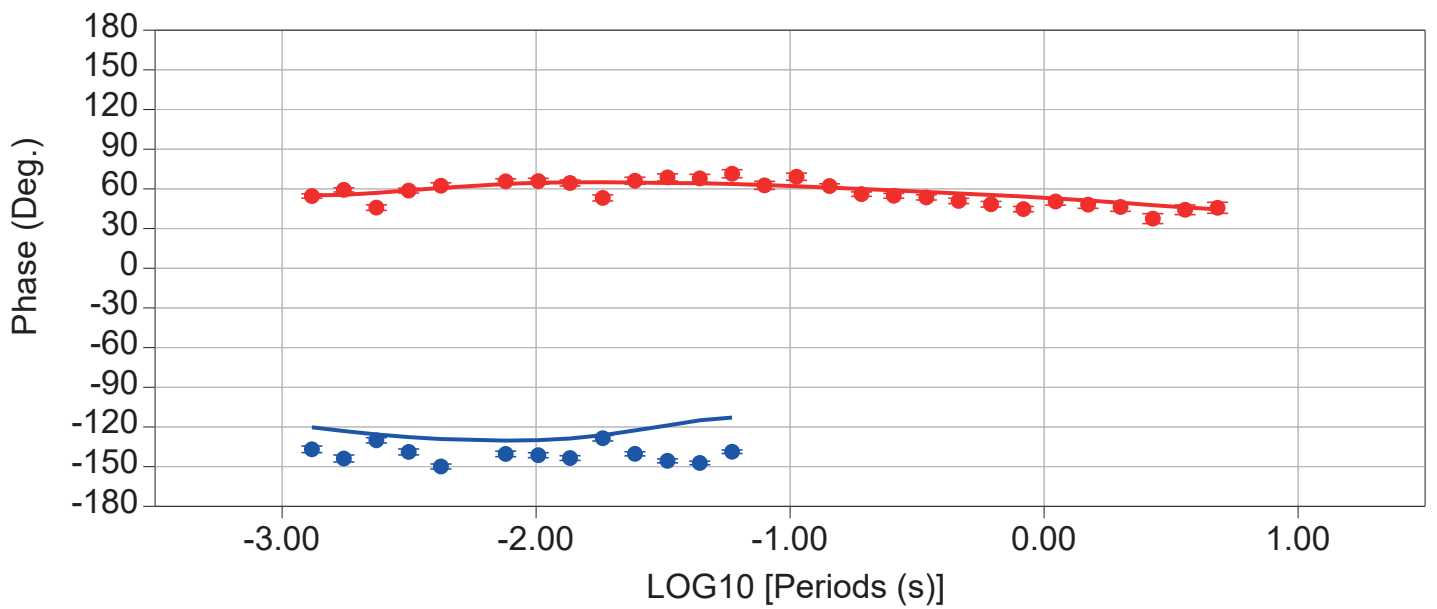
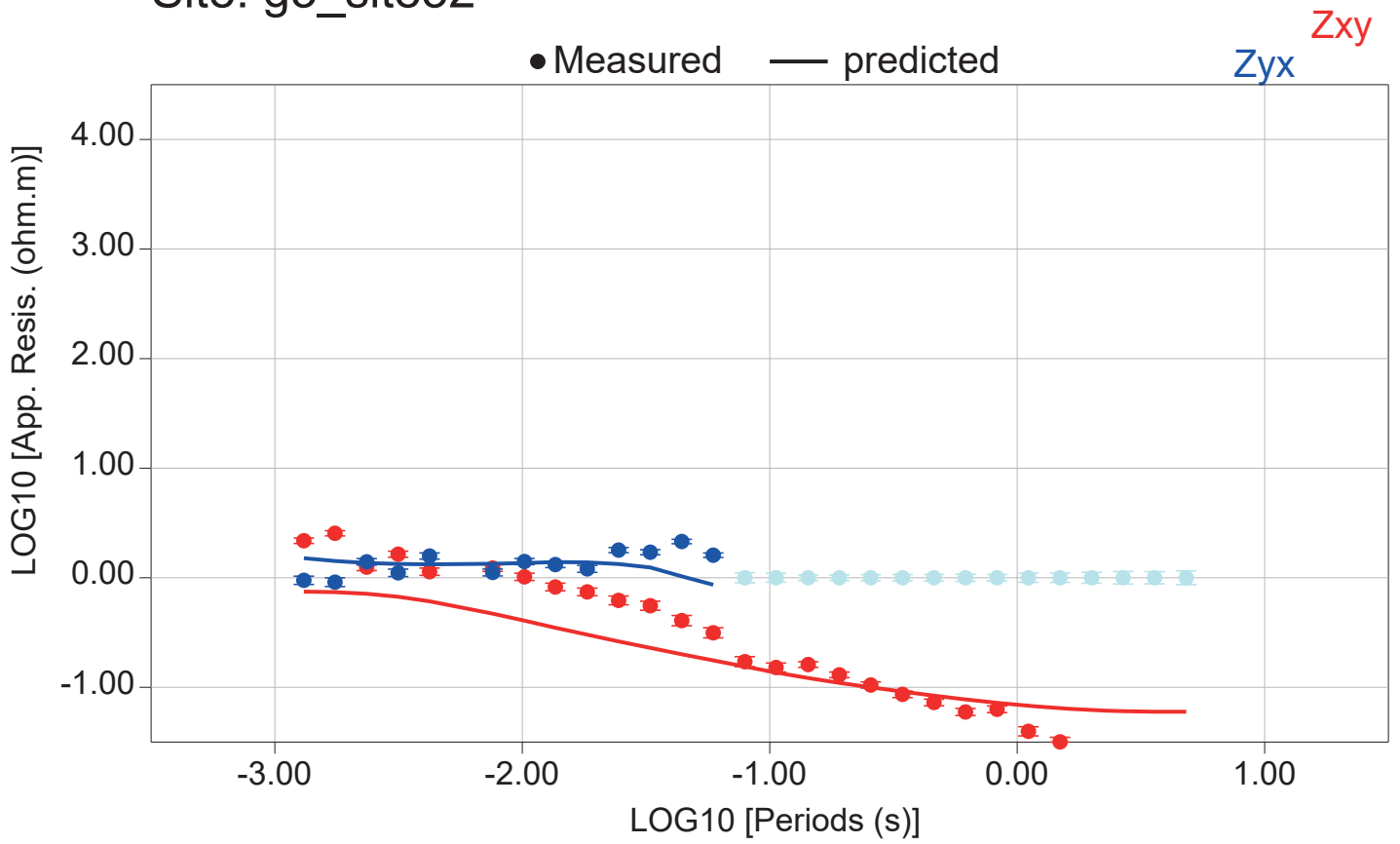
# Site: g3\_site30



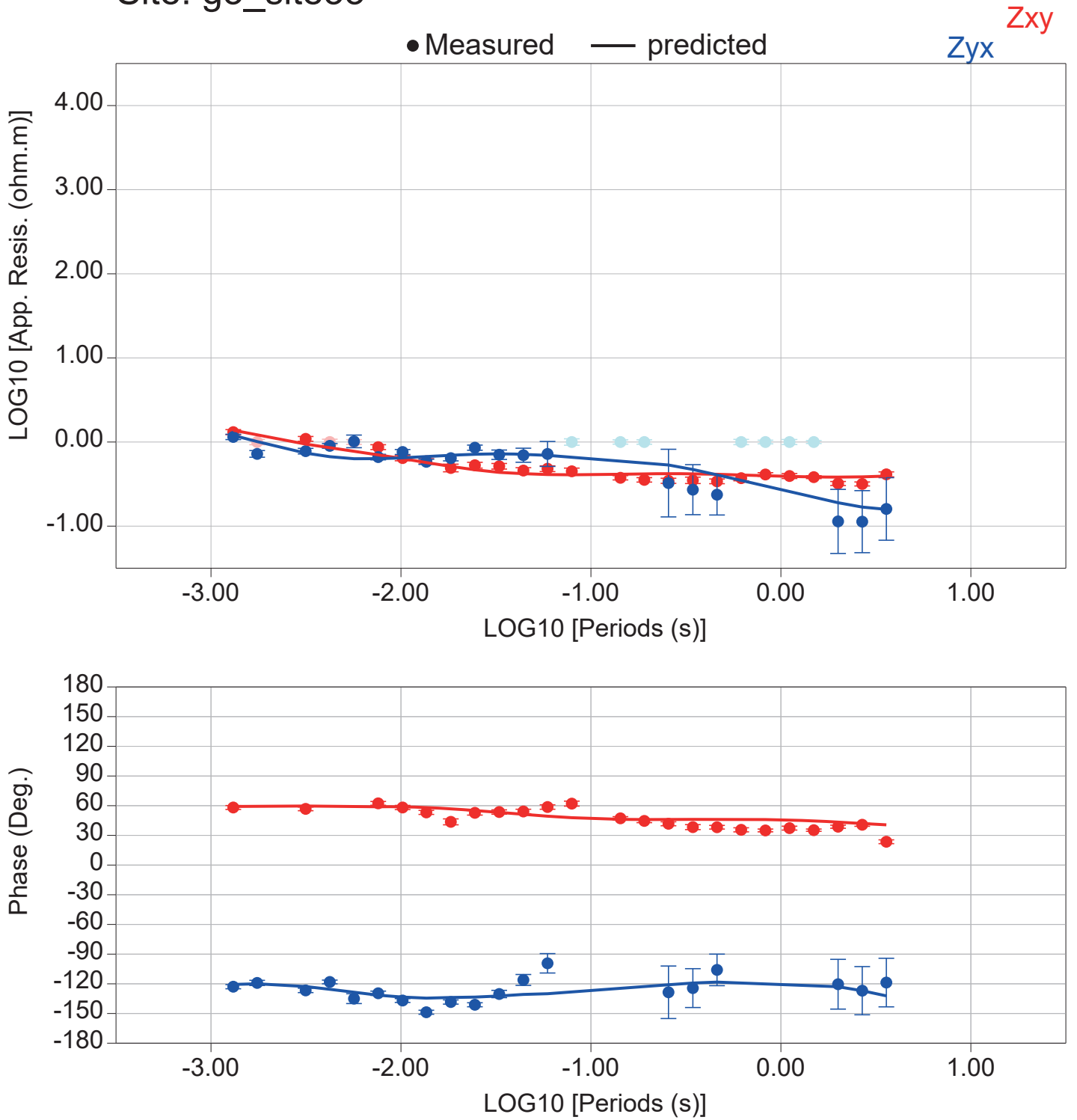
# Site: g3\_site31



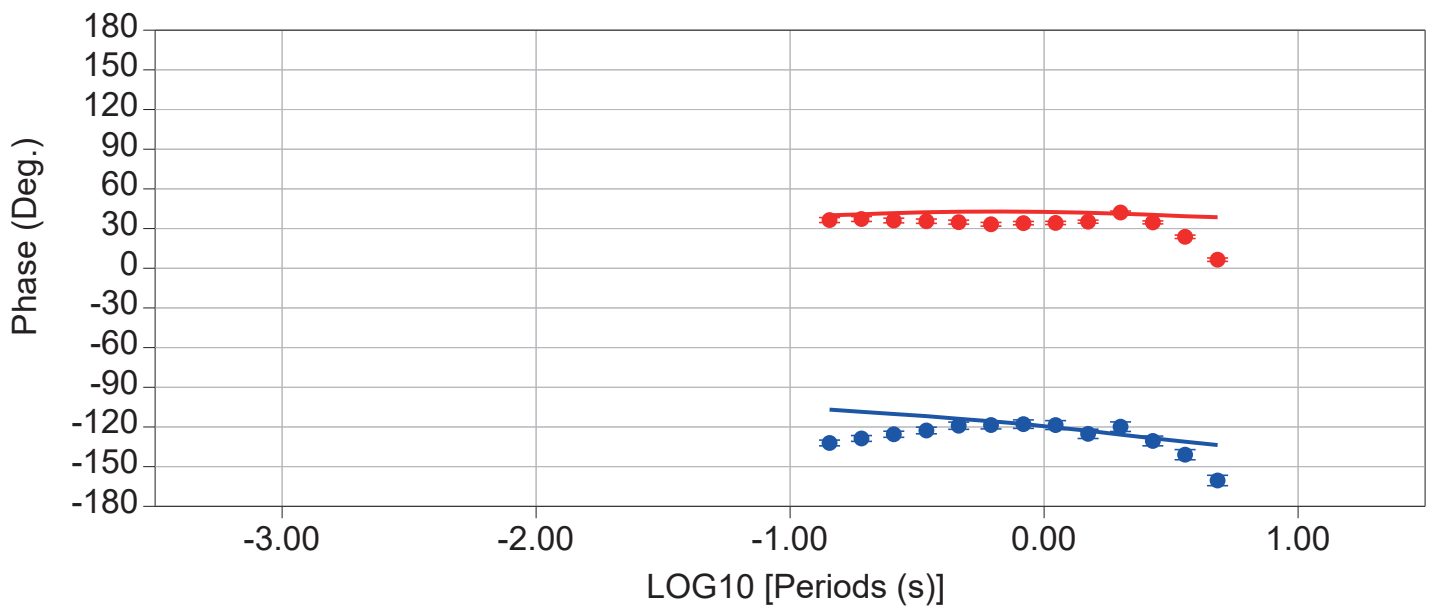
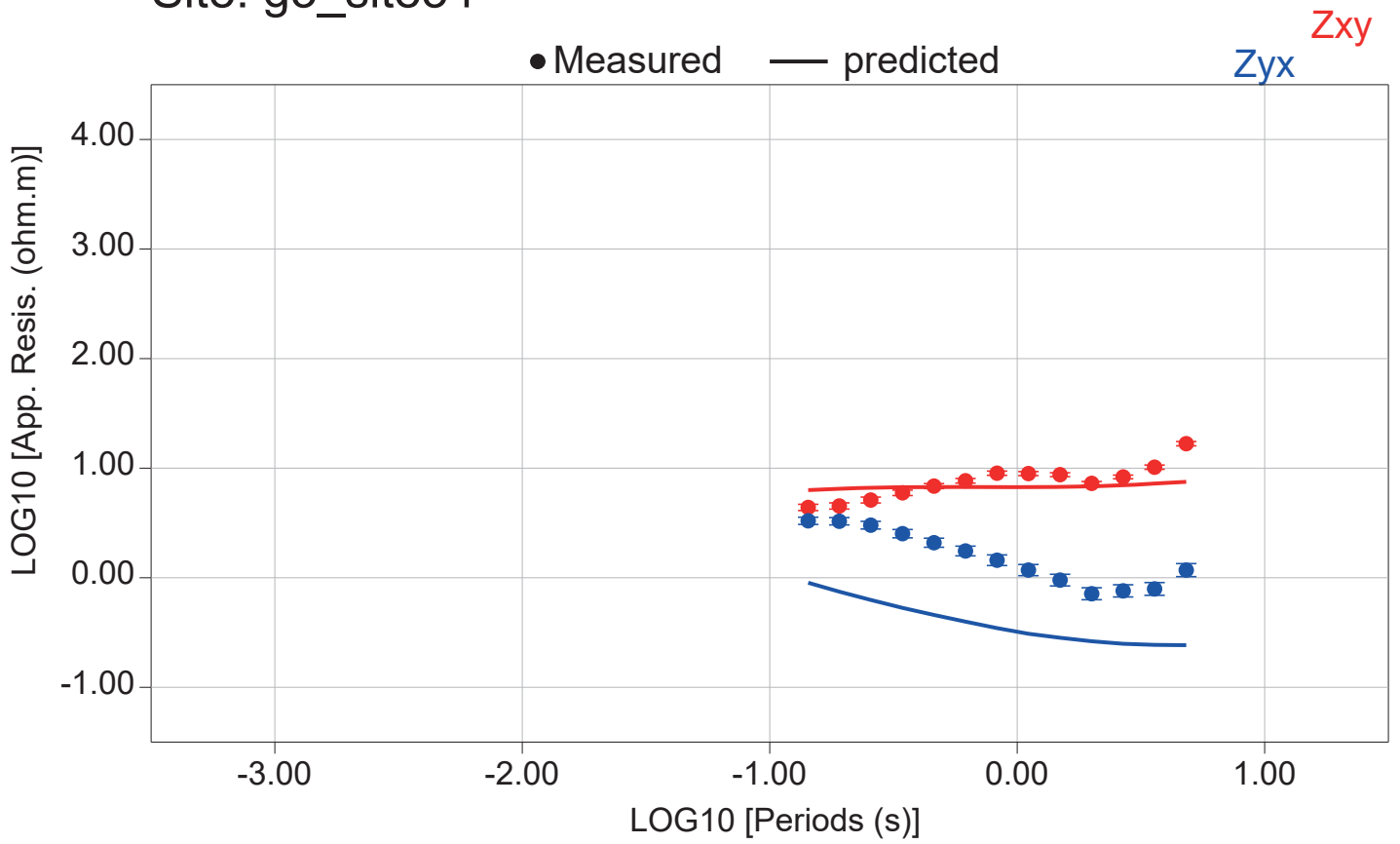
# Site: g3\_site32



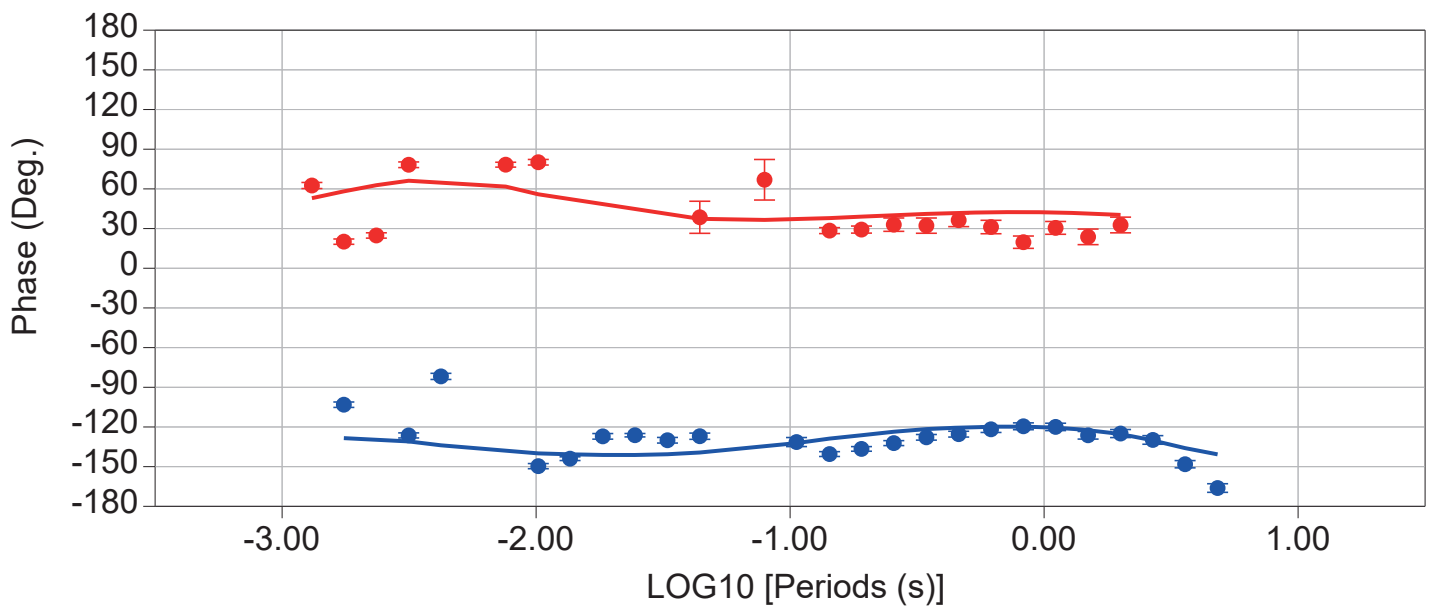
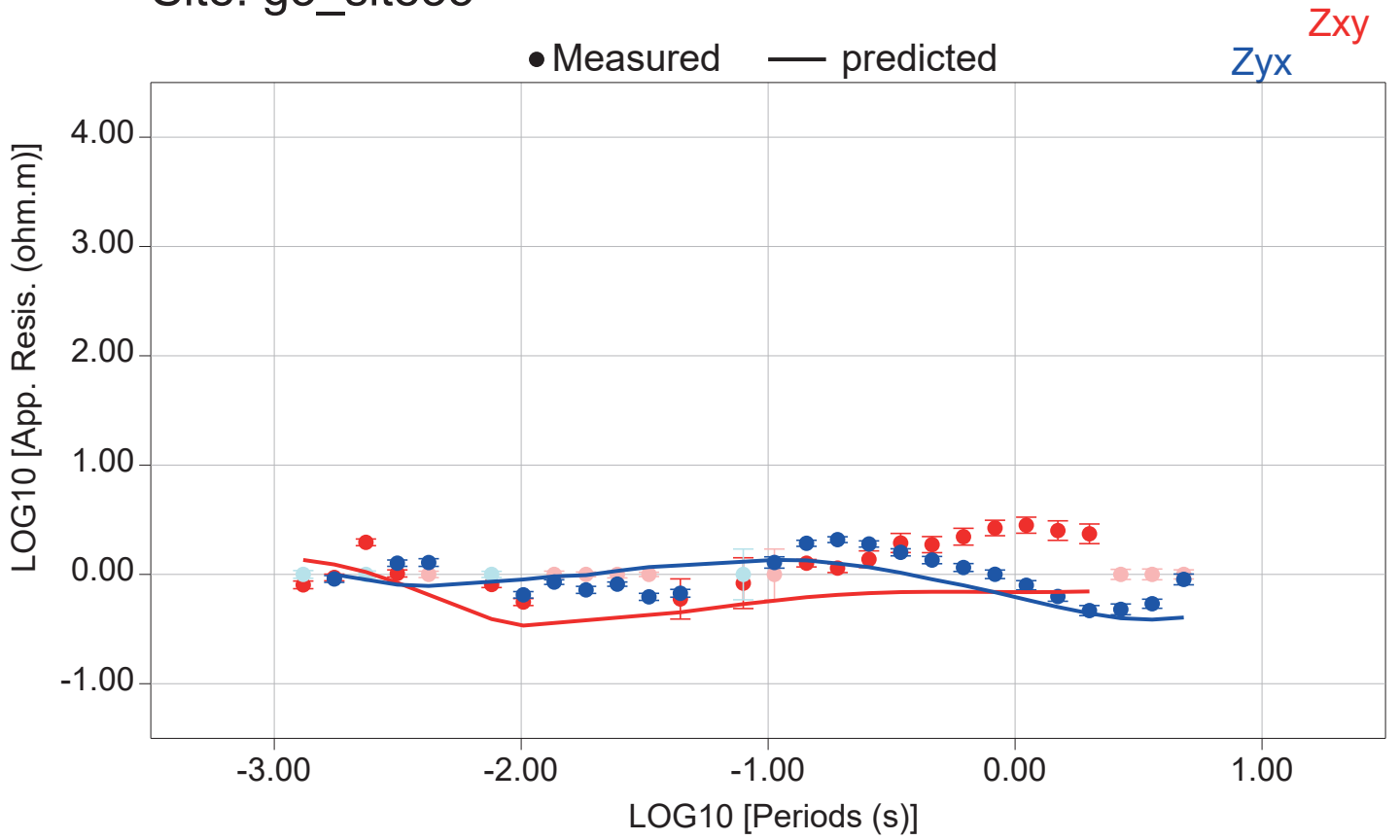
# Site: g3\_site33



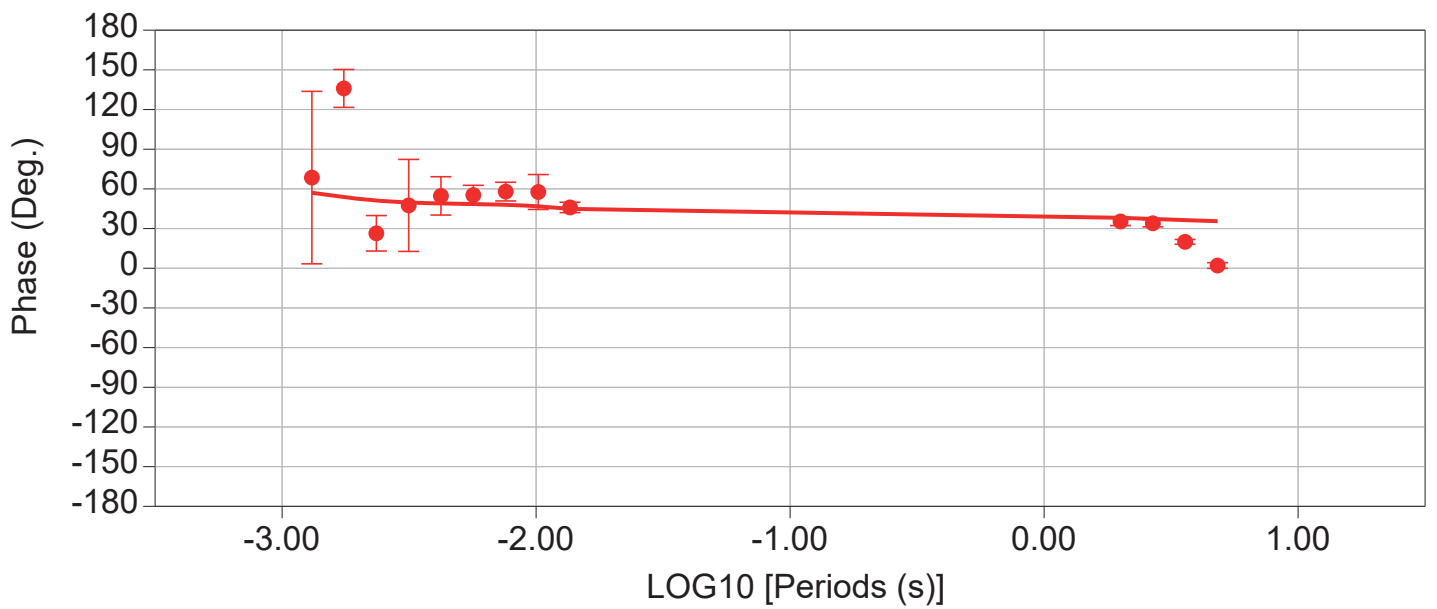
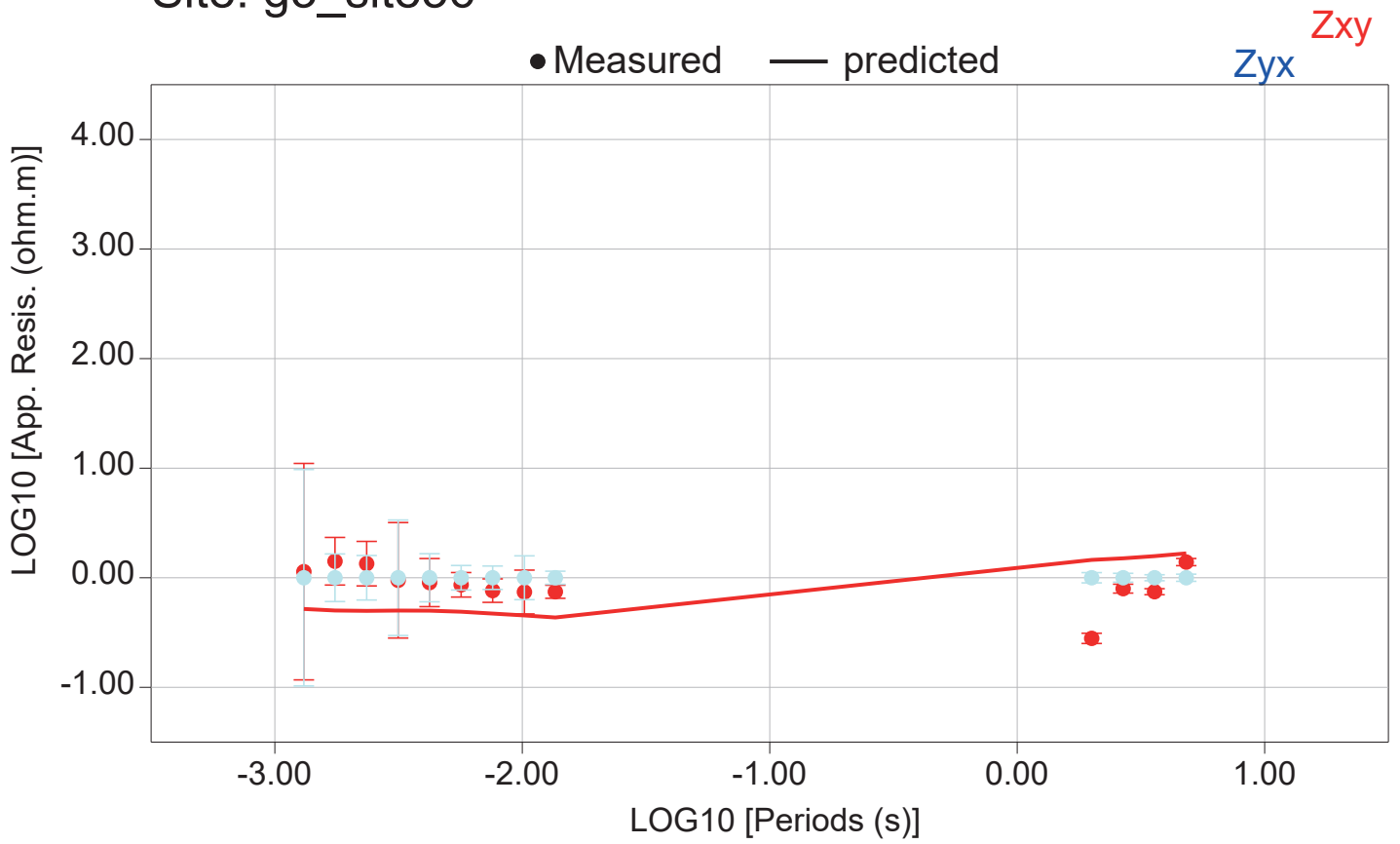
# Site: g3\_site34



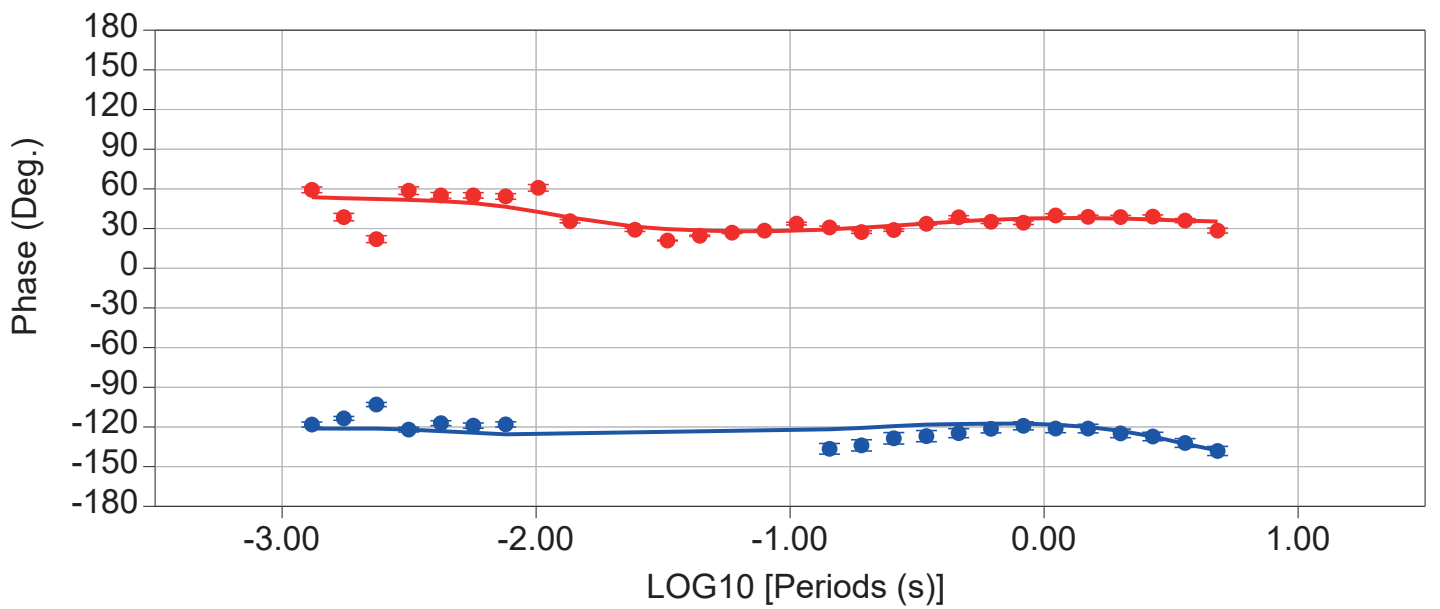
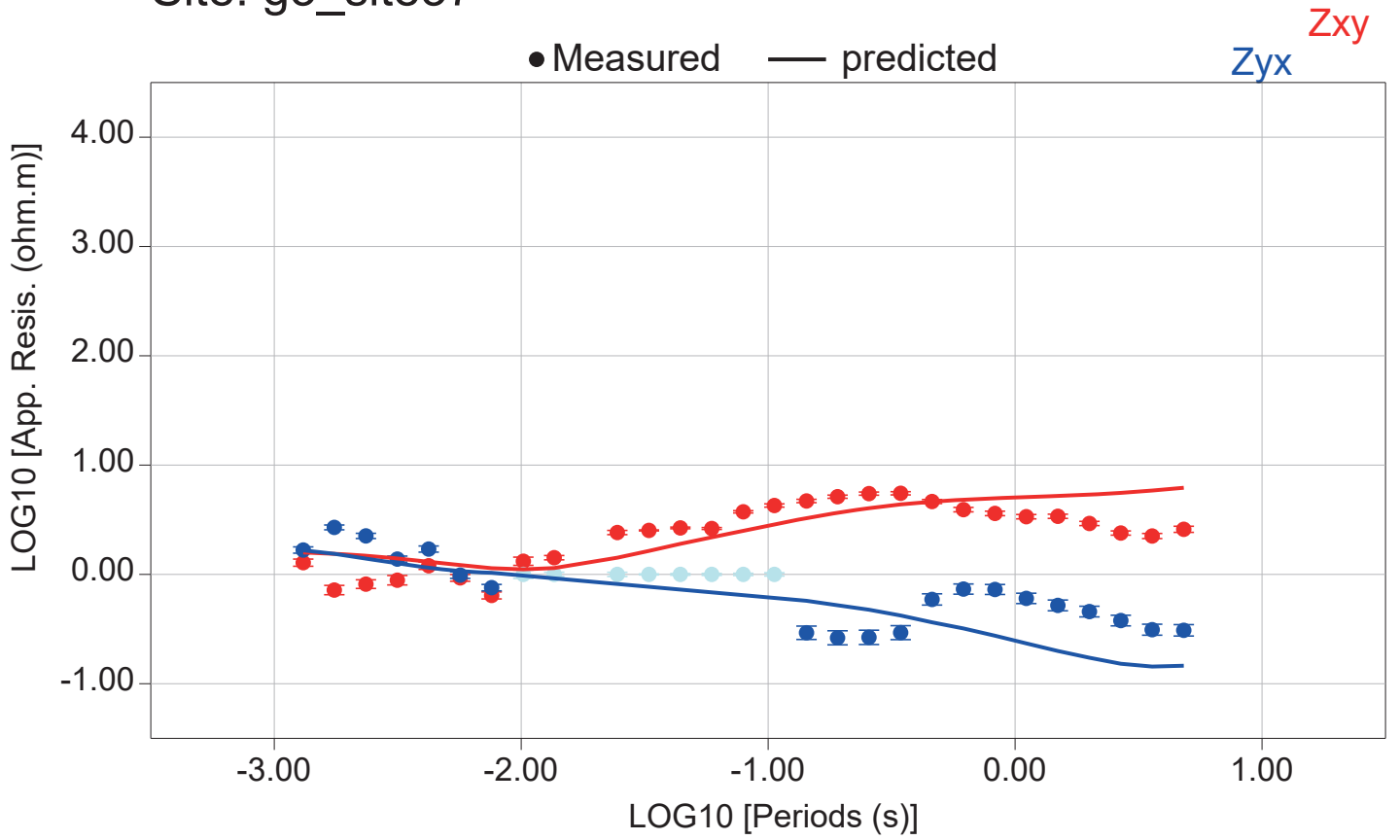
# Site: g3\_site35



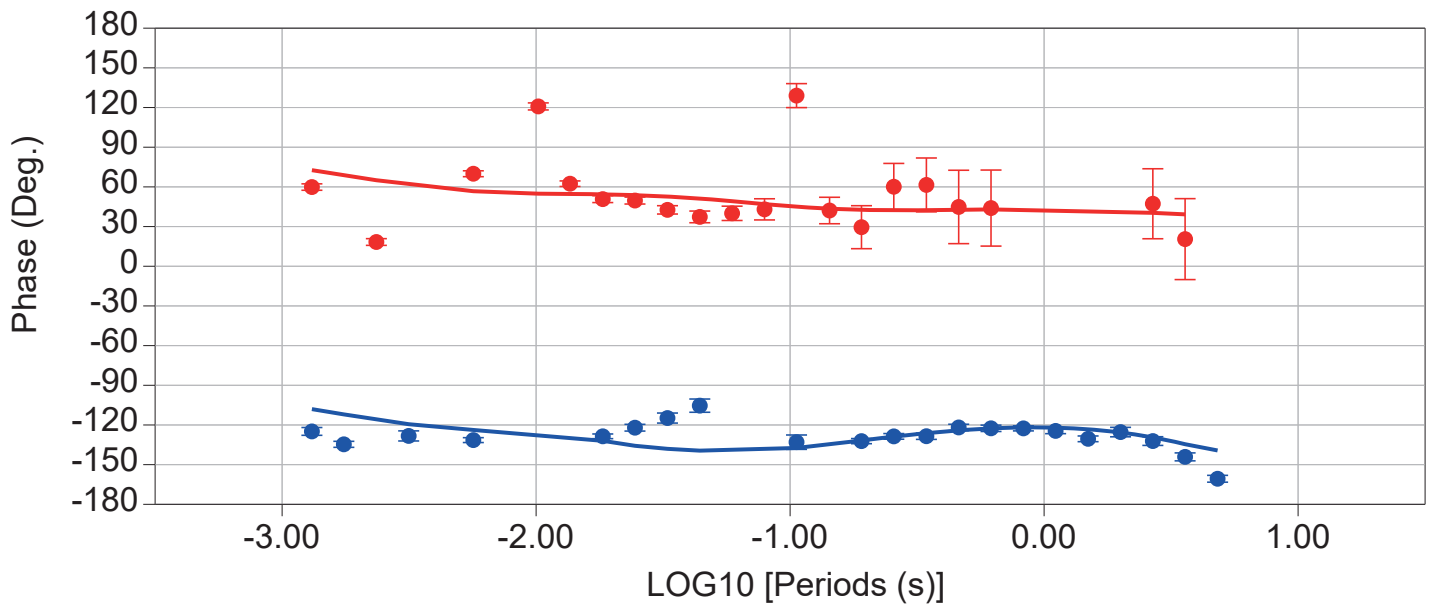
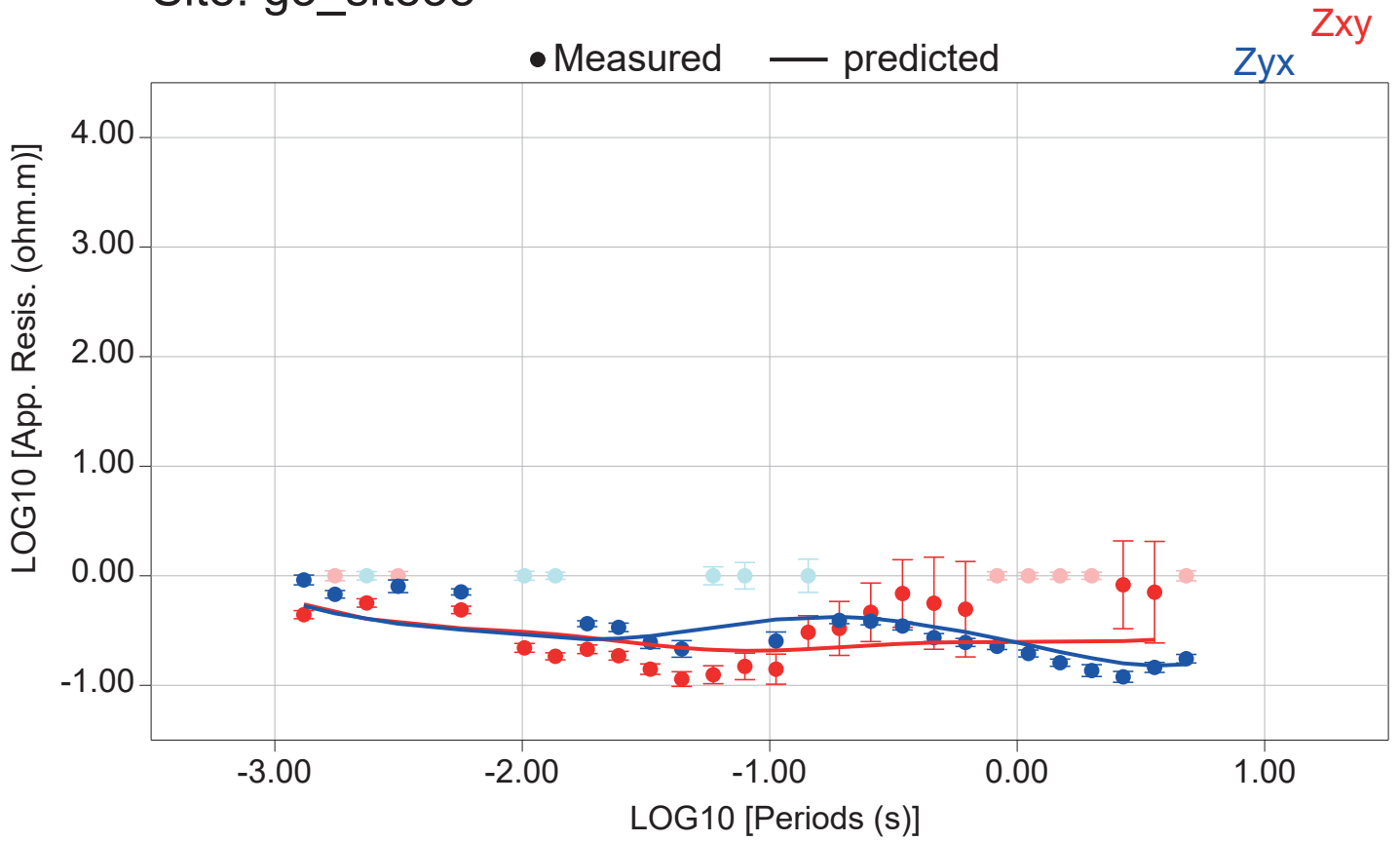
# Site: g3\_site36



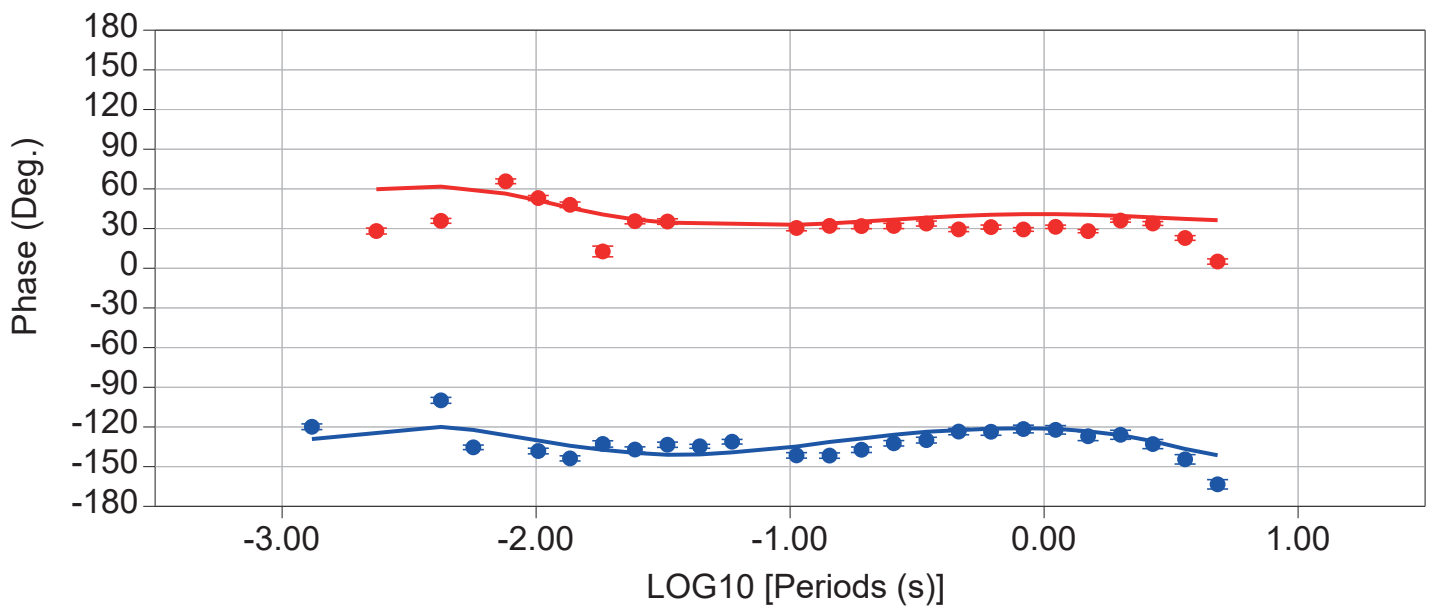
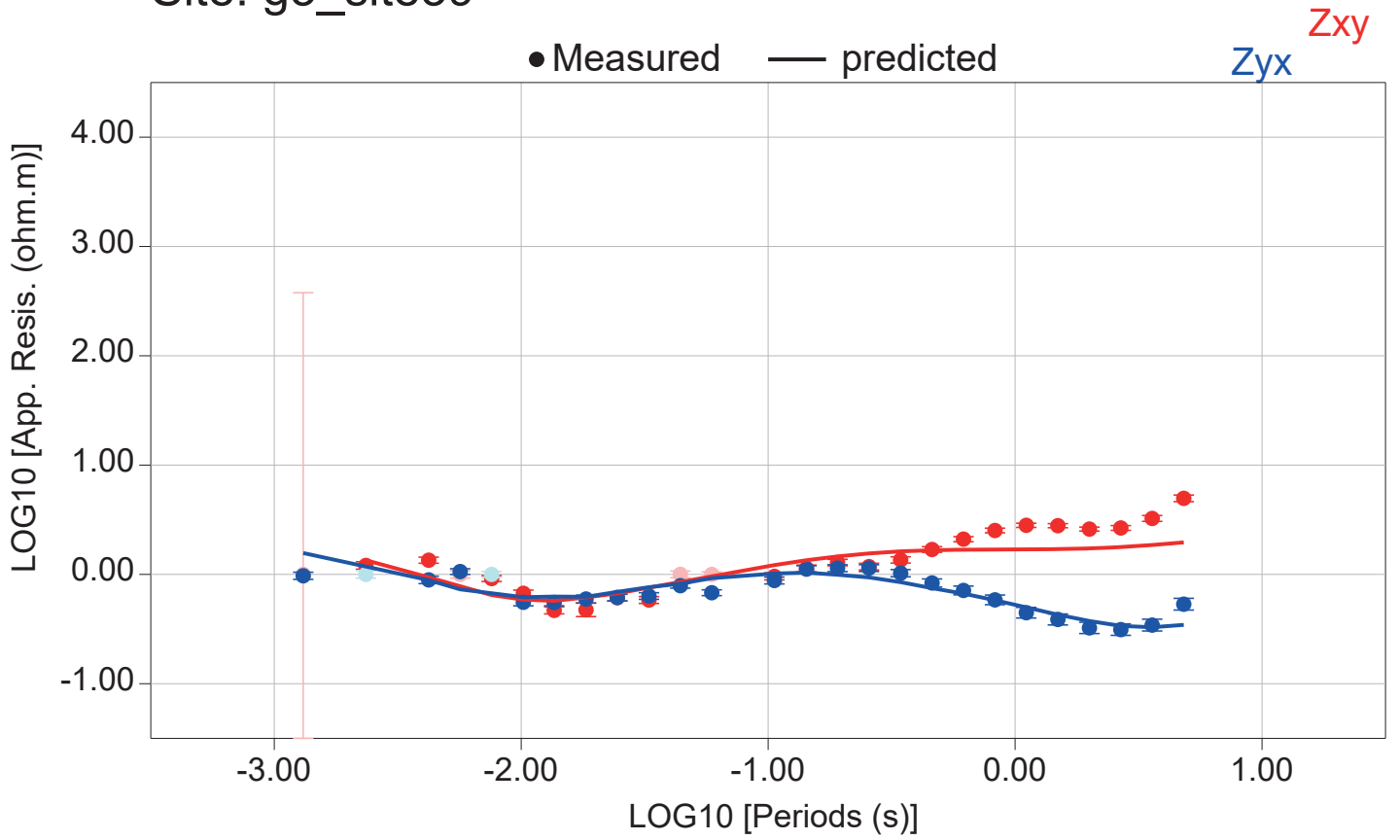
# Site: g3\_site37



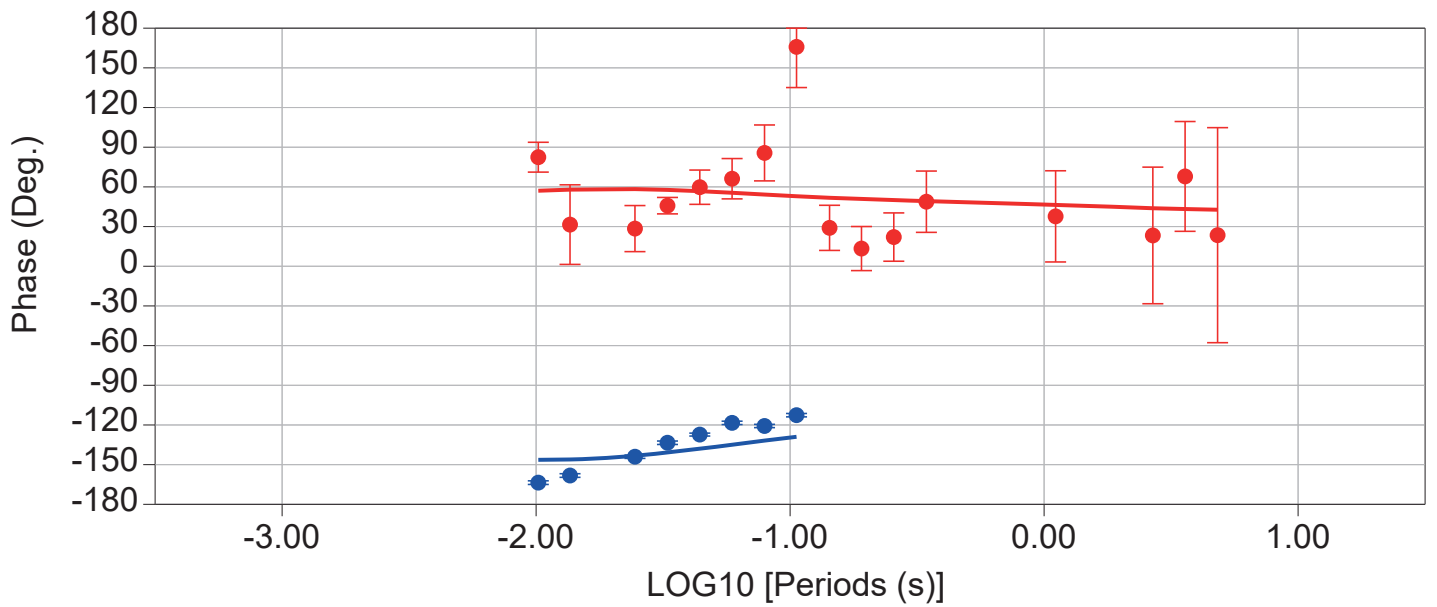
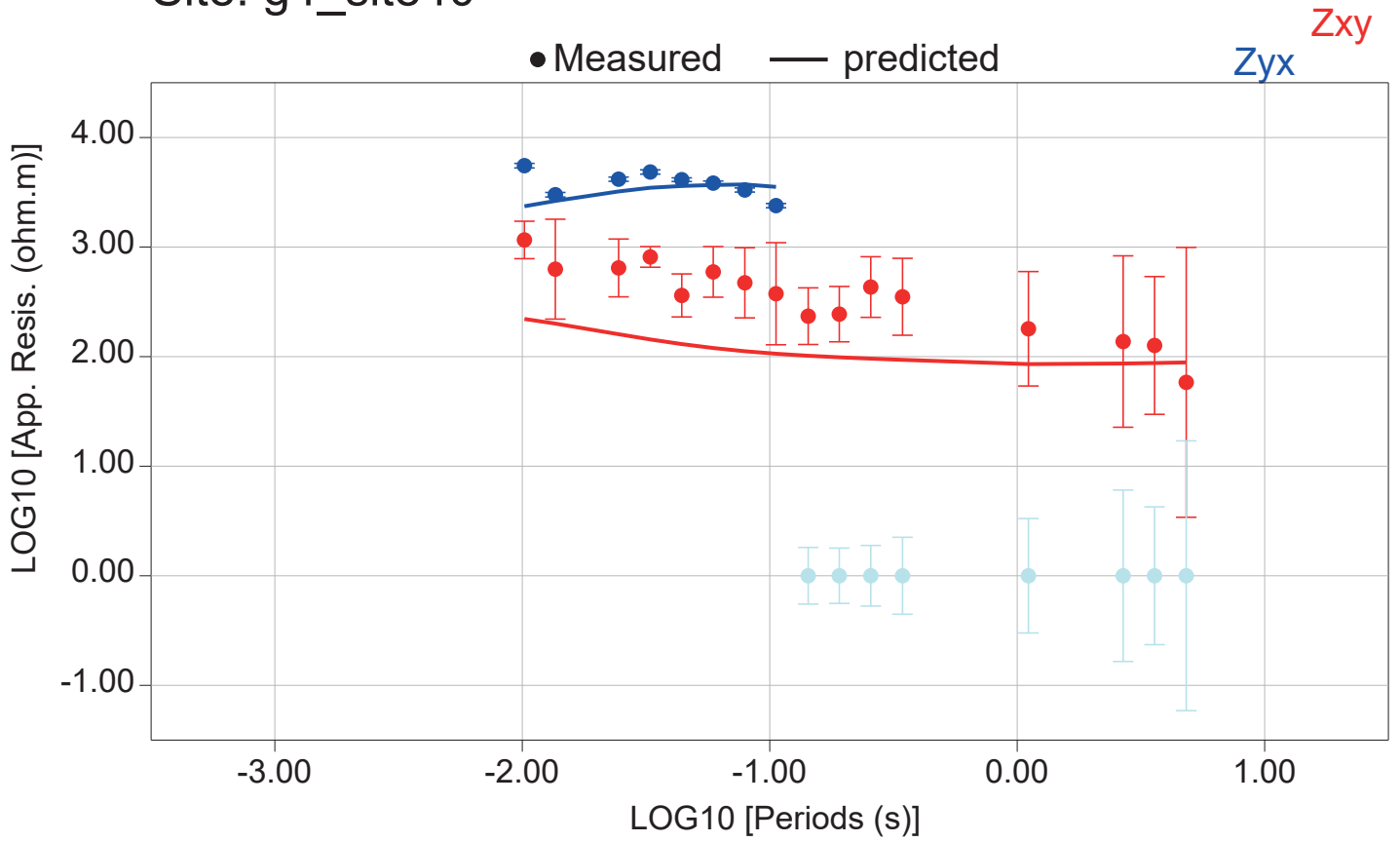
# Site: g3\_site38



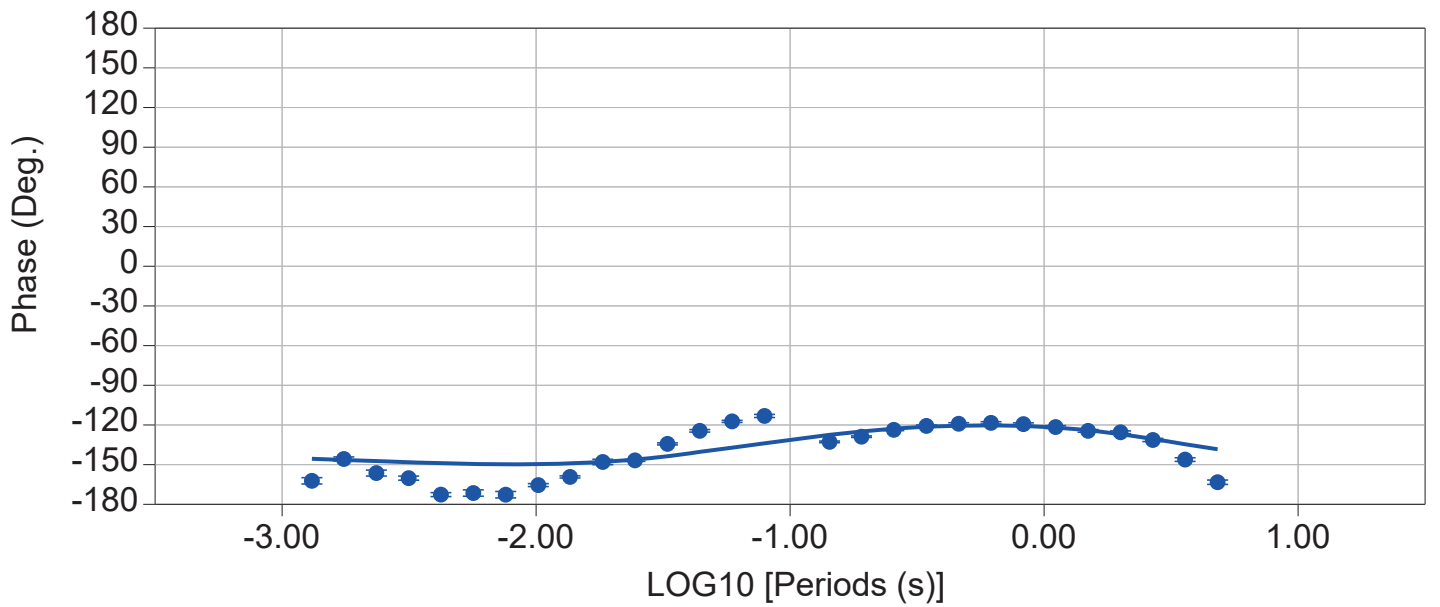
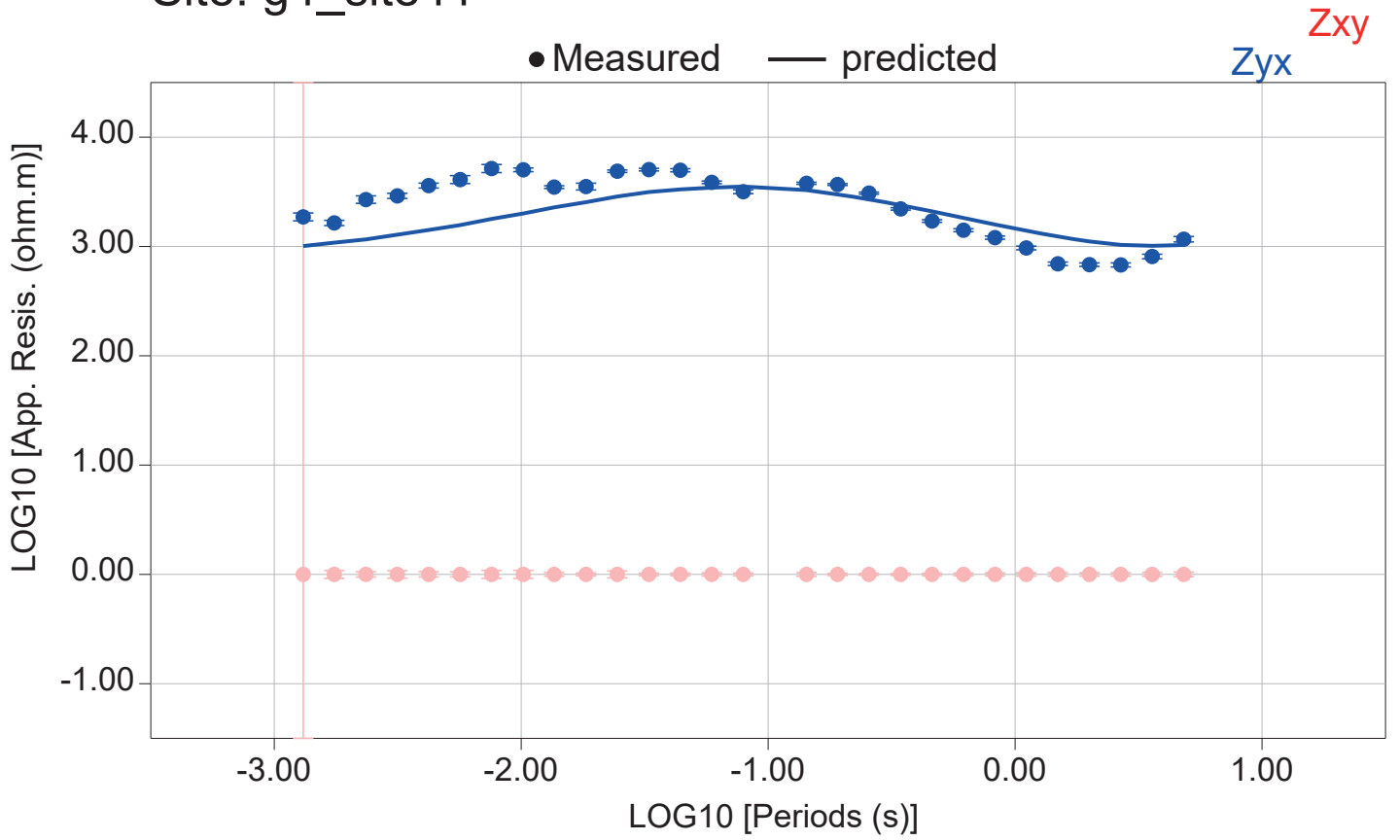
# Site: g3\_site39



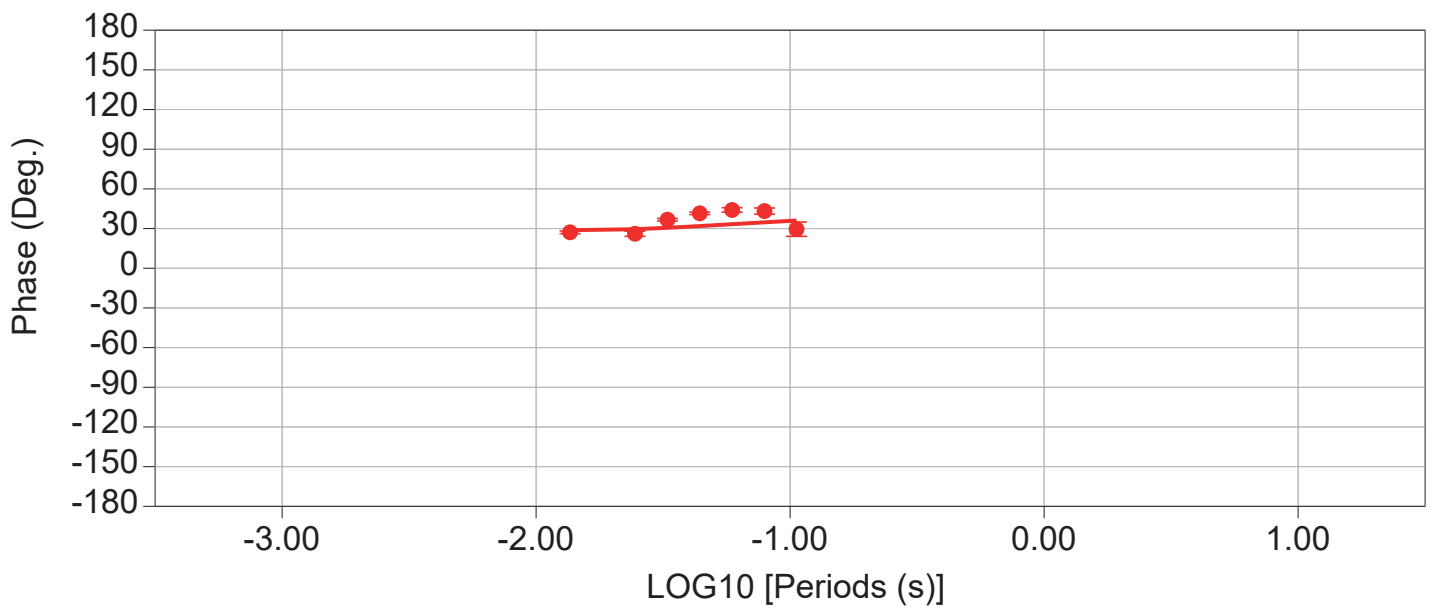
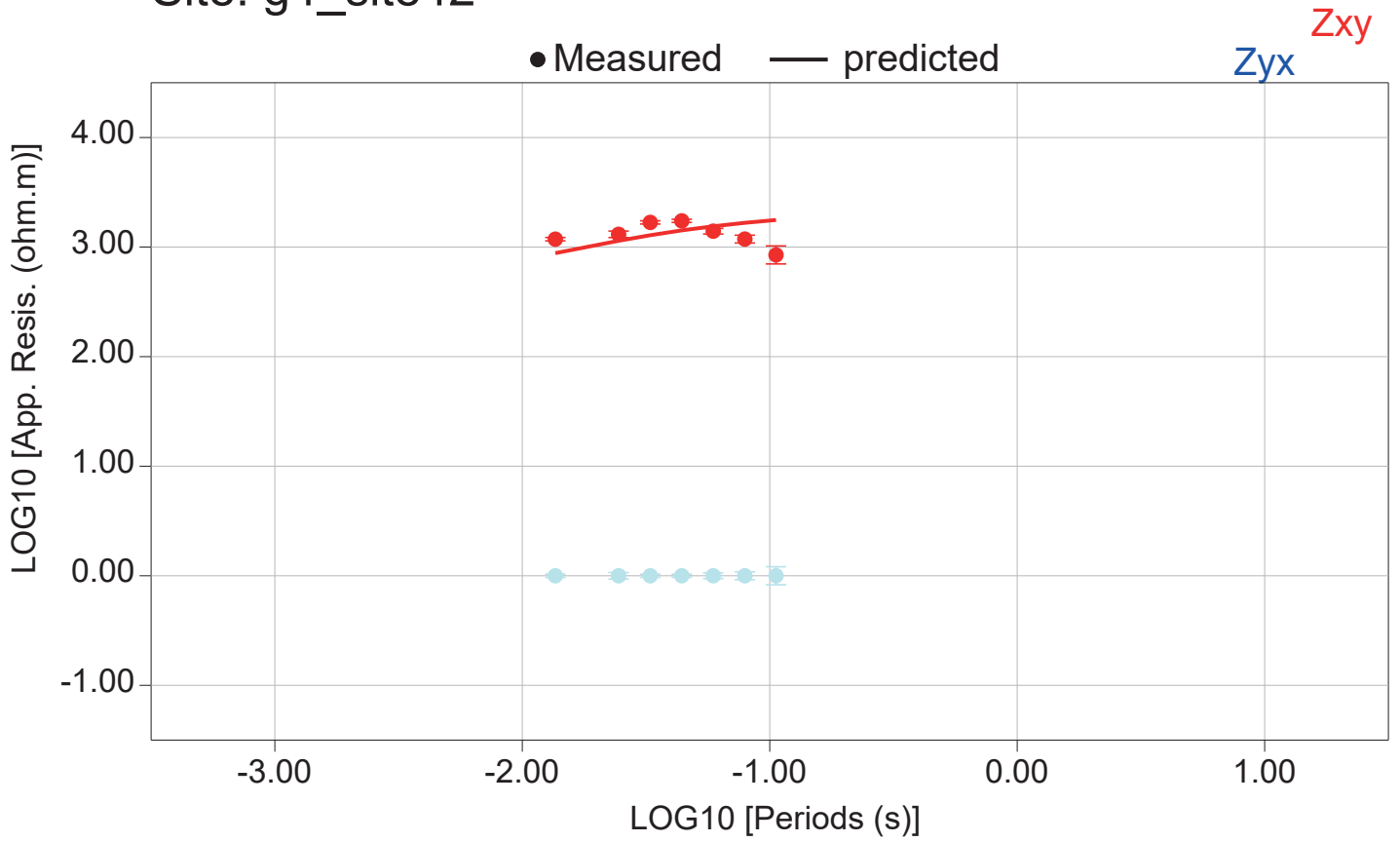
# Site: g4\_site40



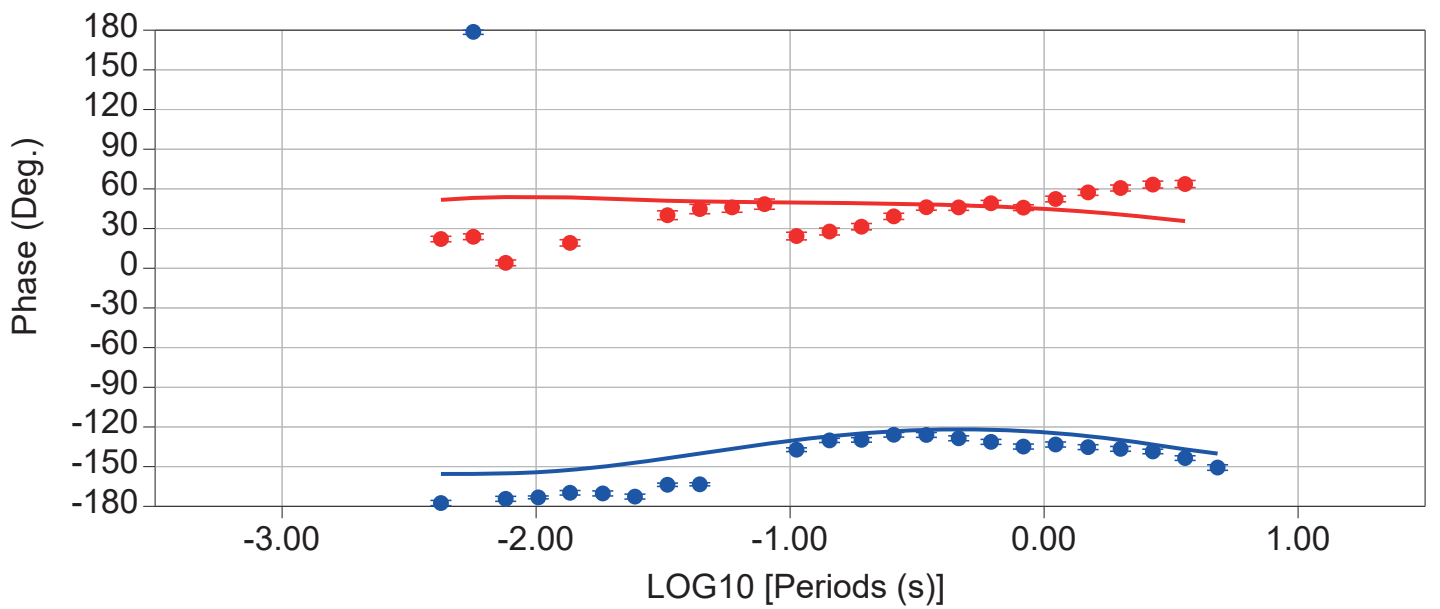
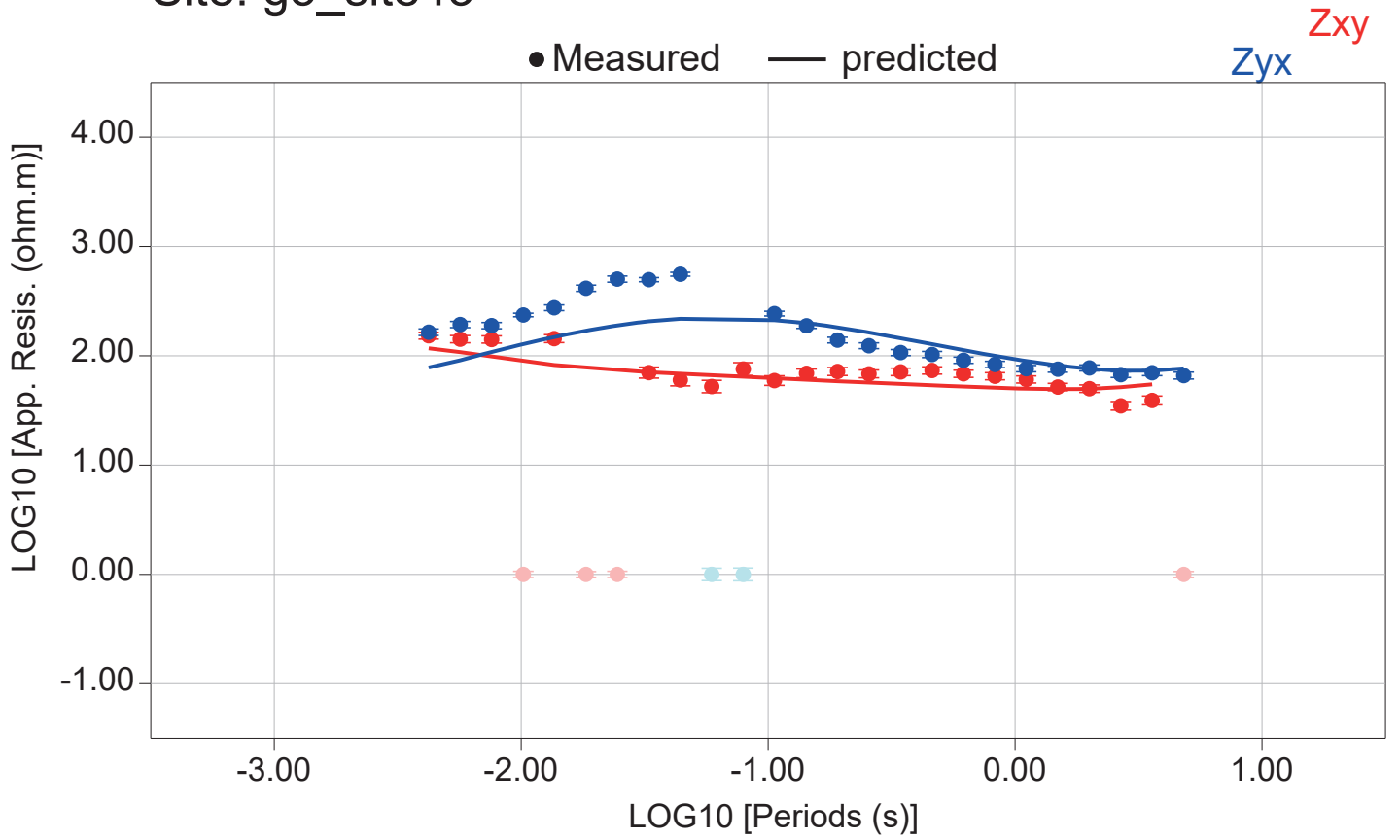
# Site: g4\_site41



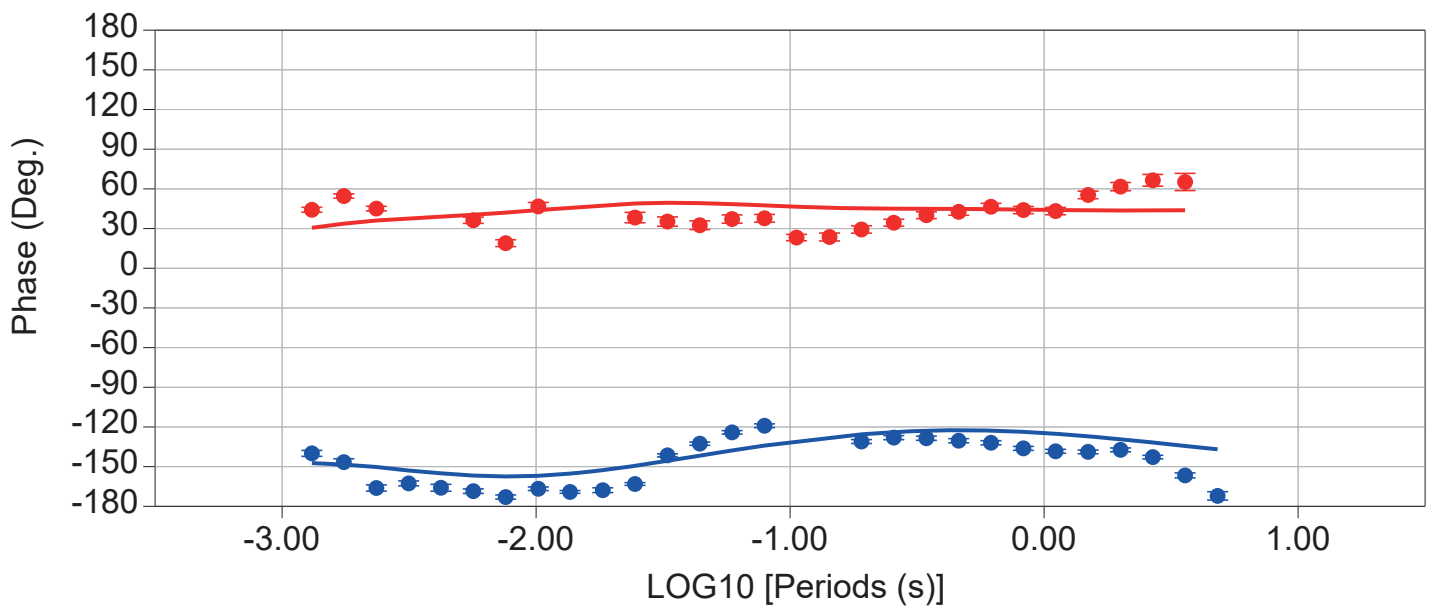
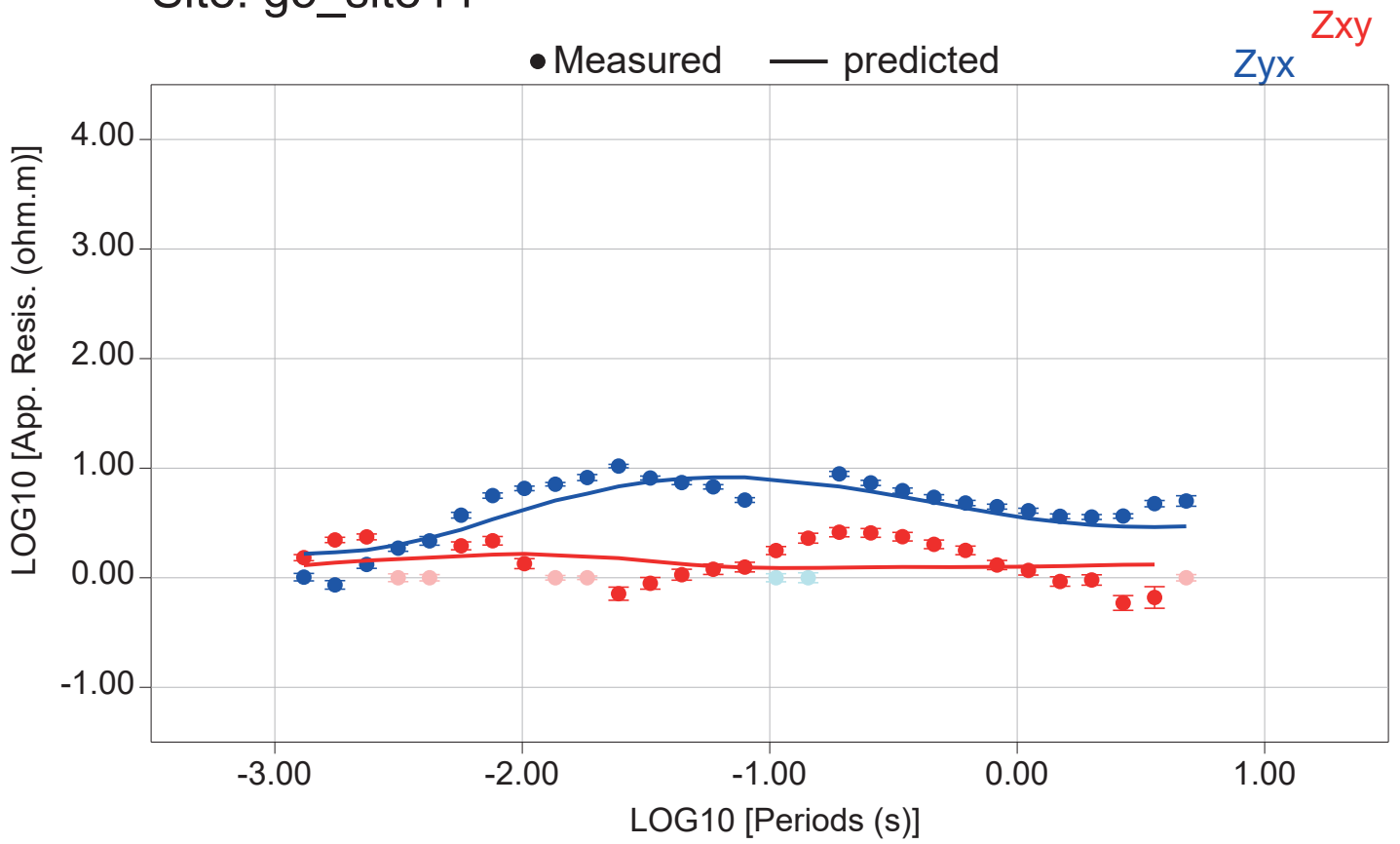
# Site: g4\_site42



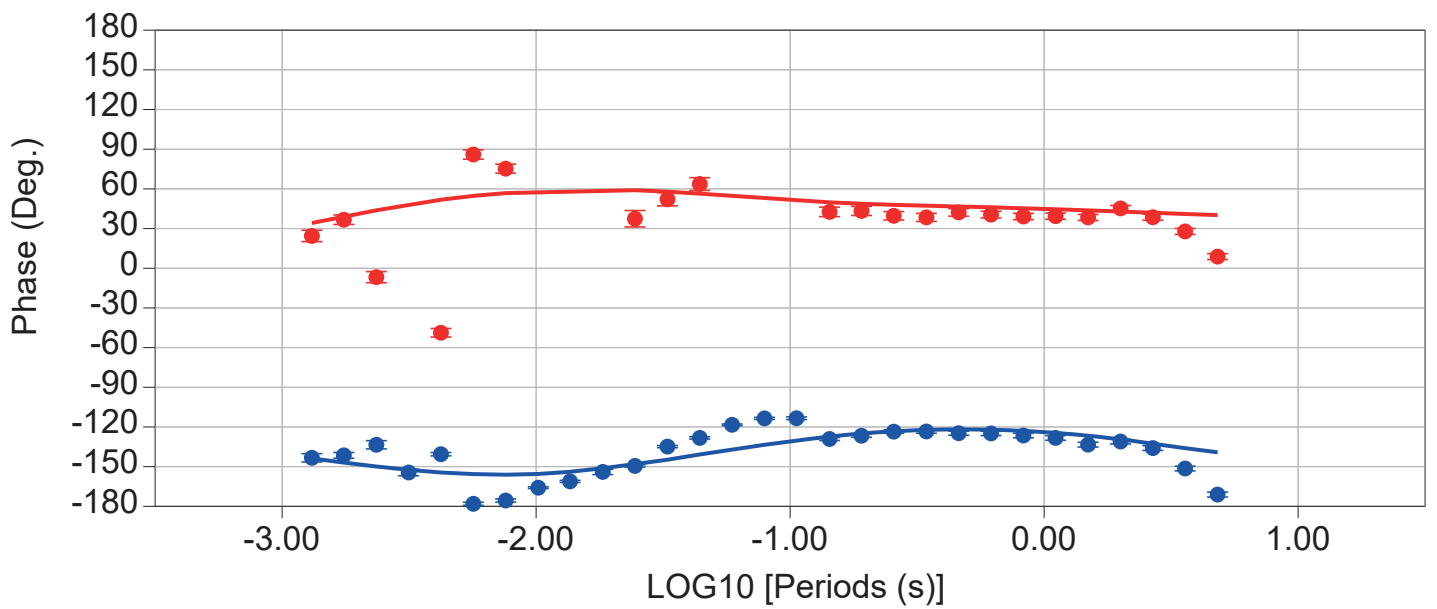
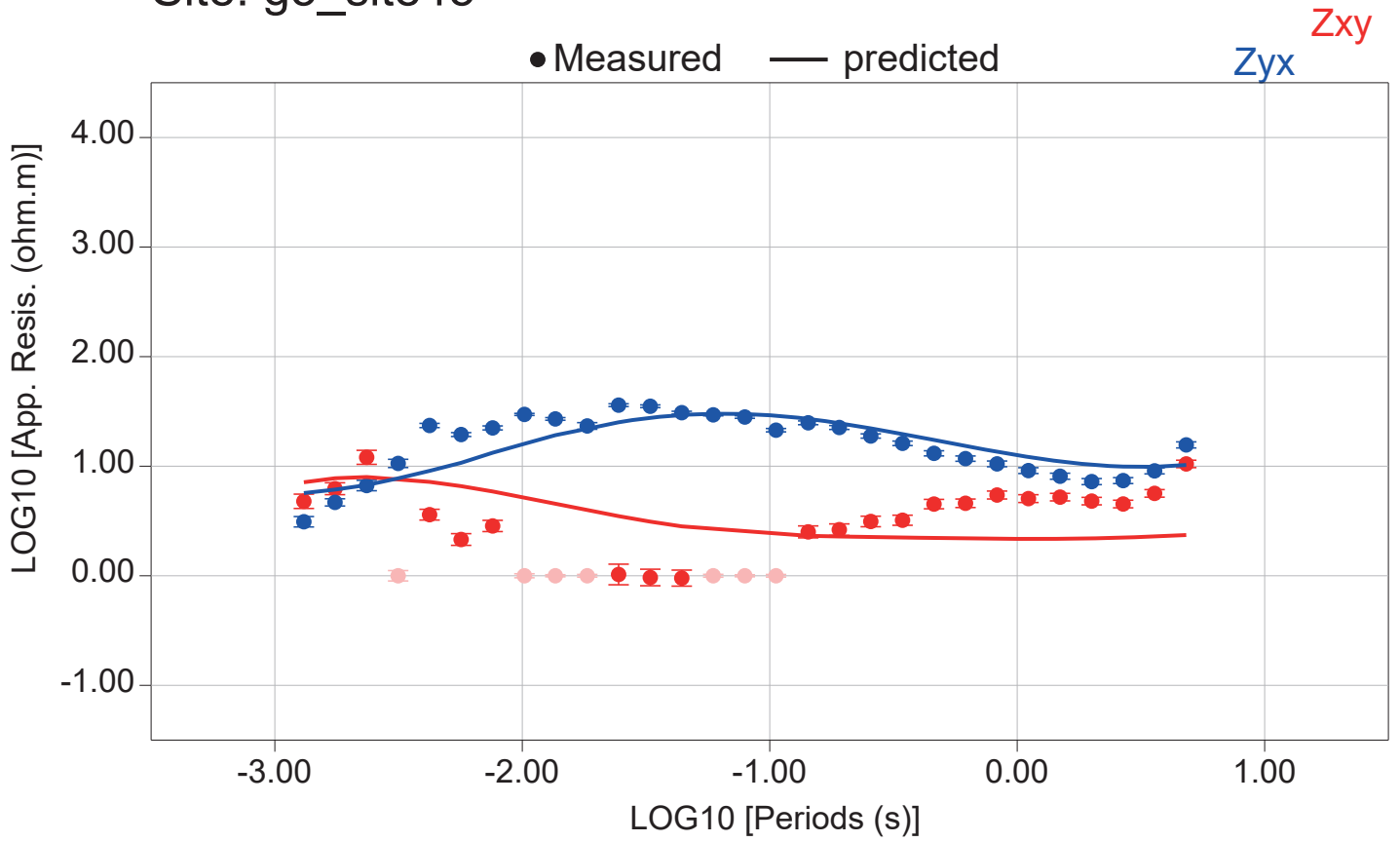
# Site: g5\_site43



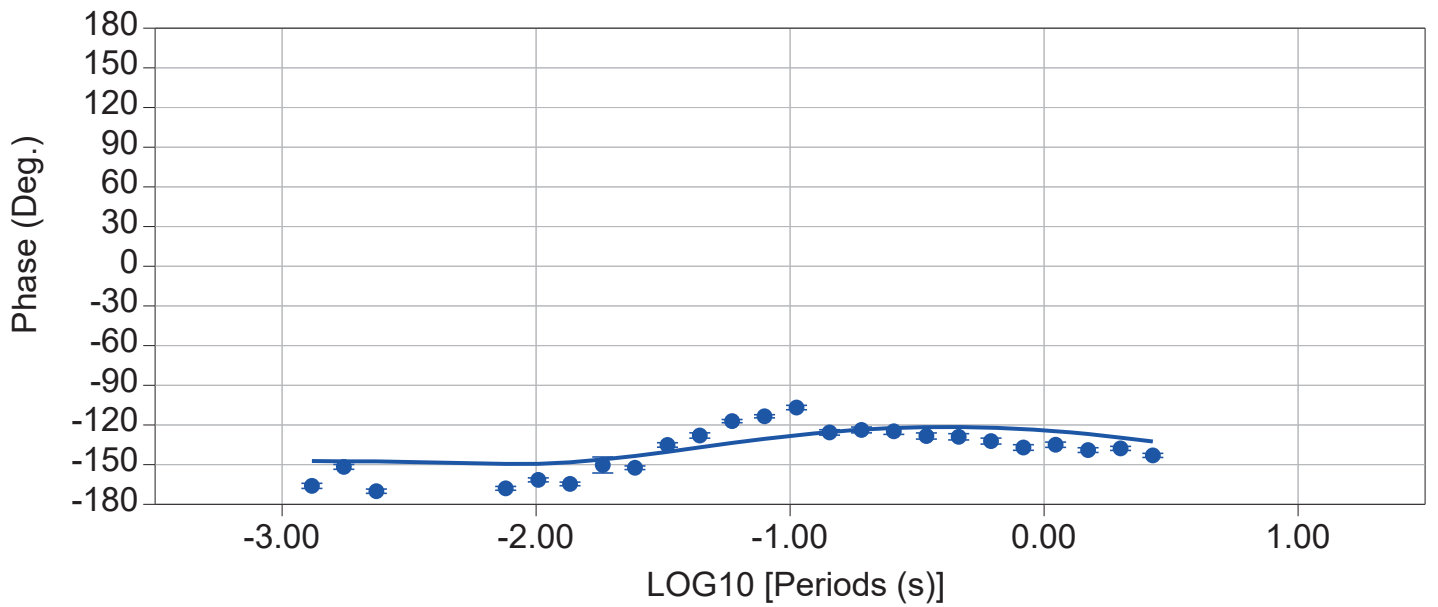
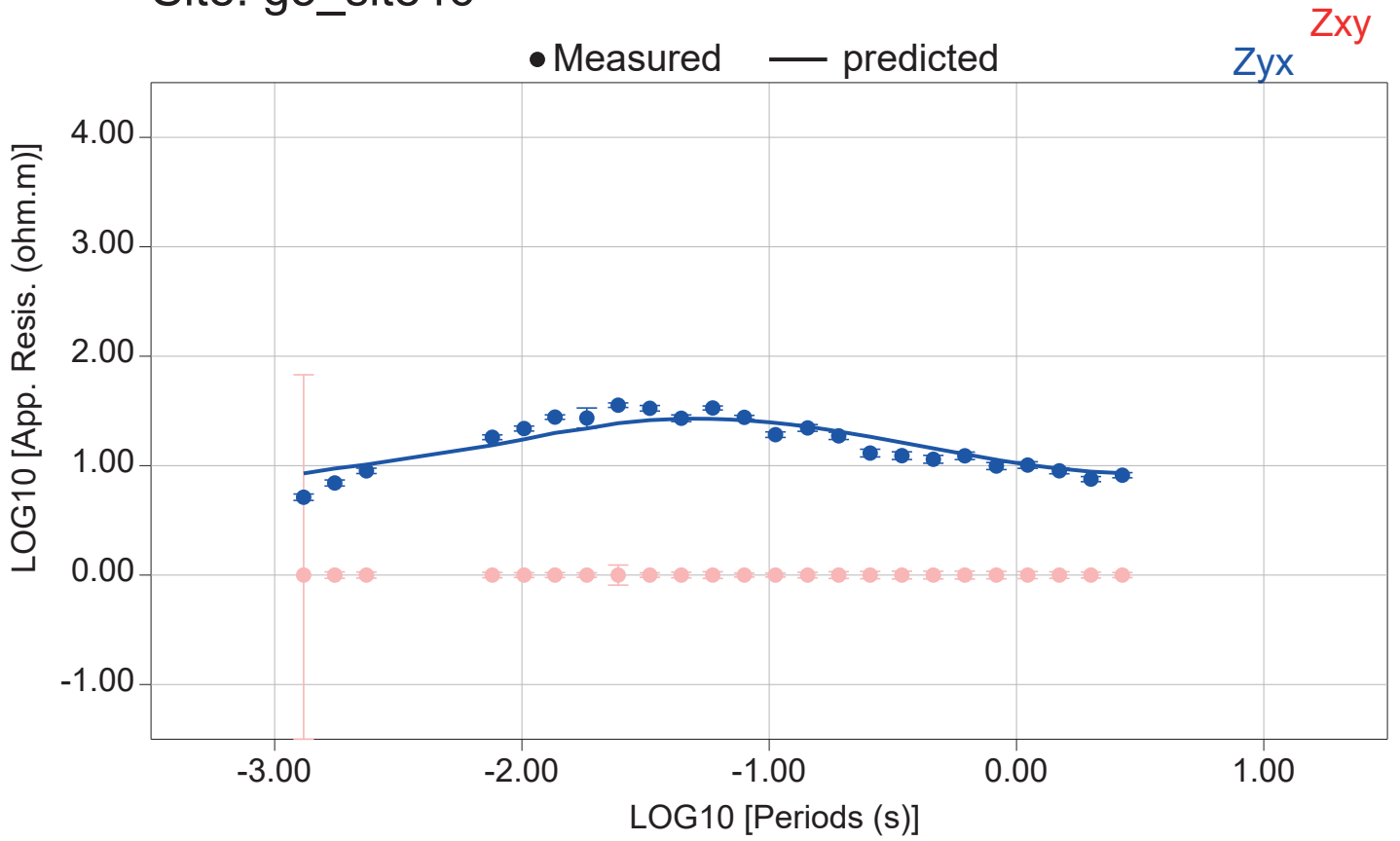
# Site: g5\_site44



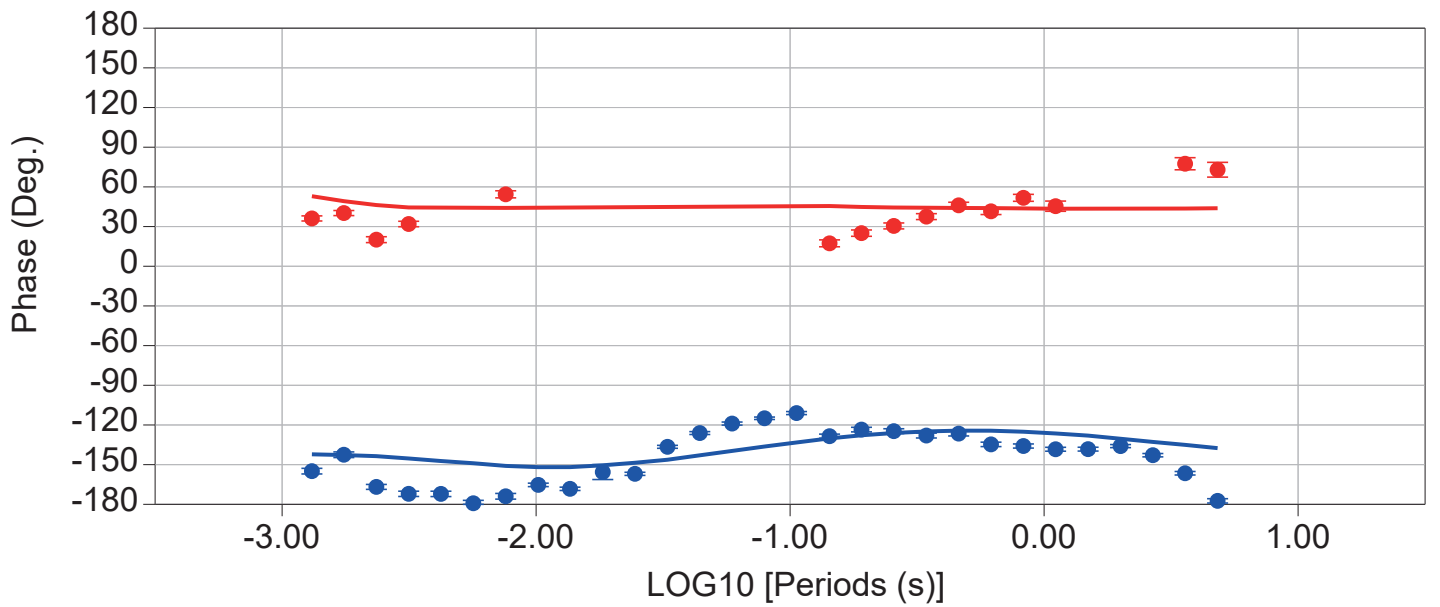
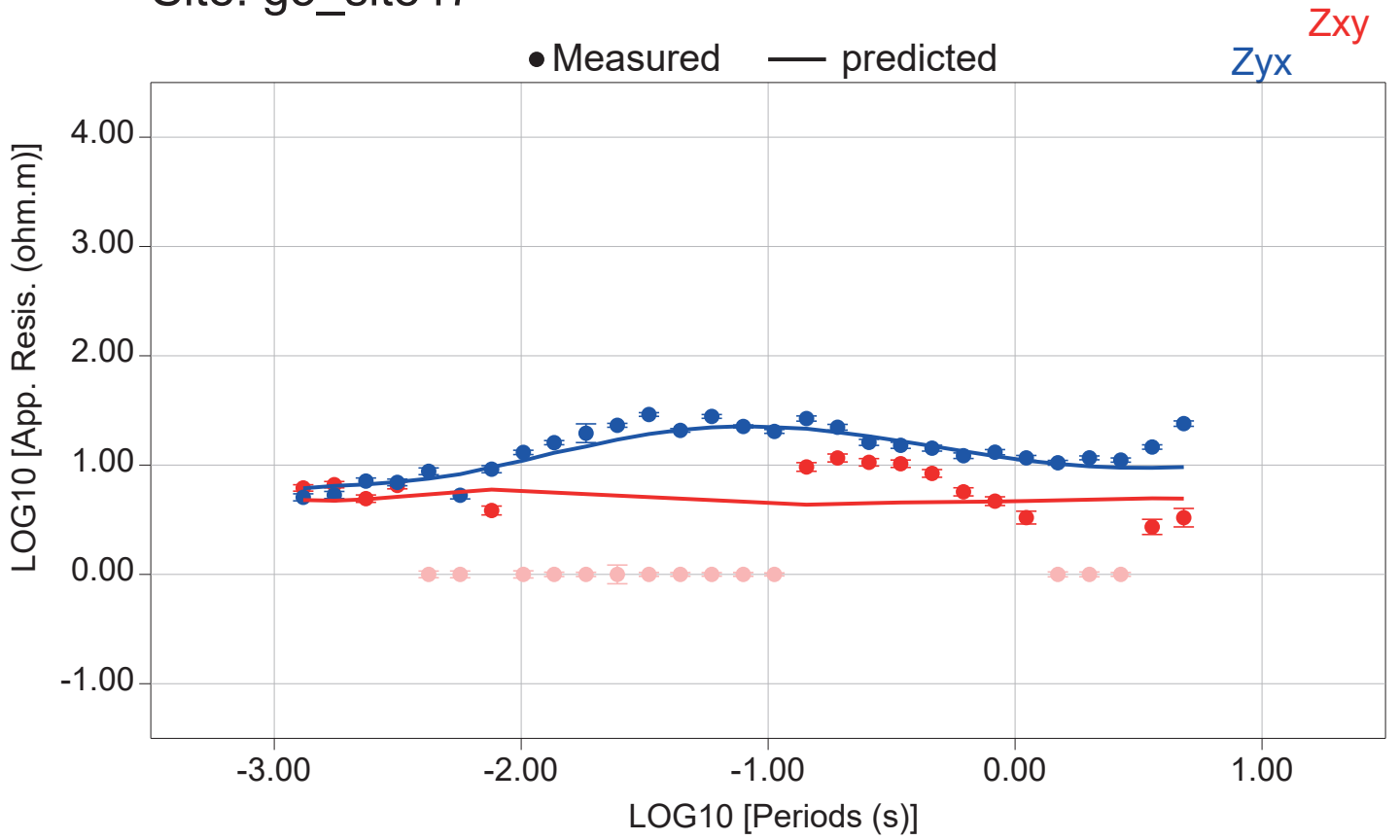
# Site: g5\_site45



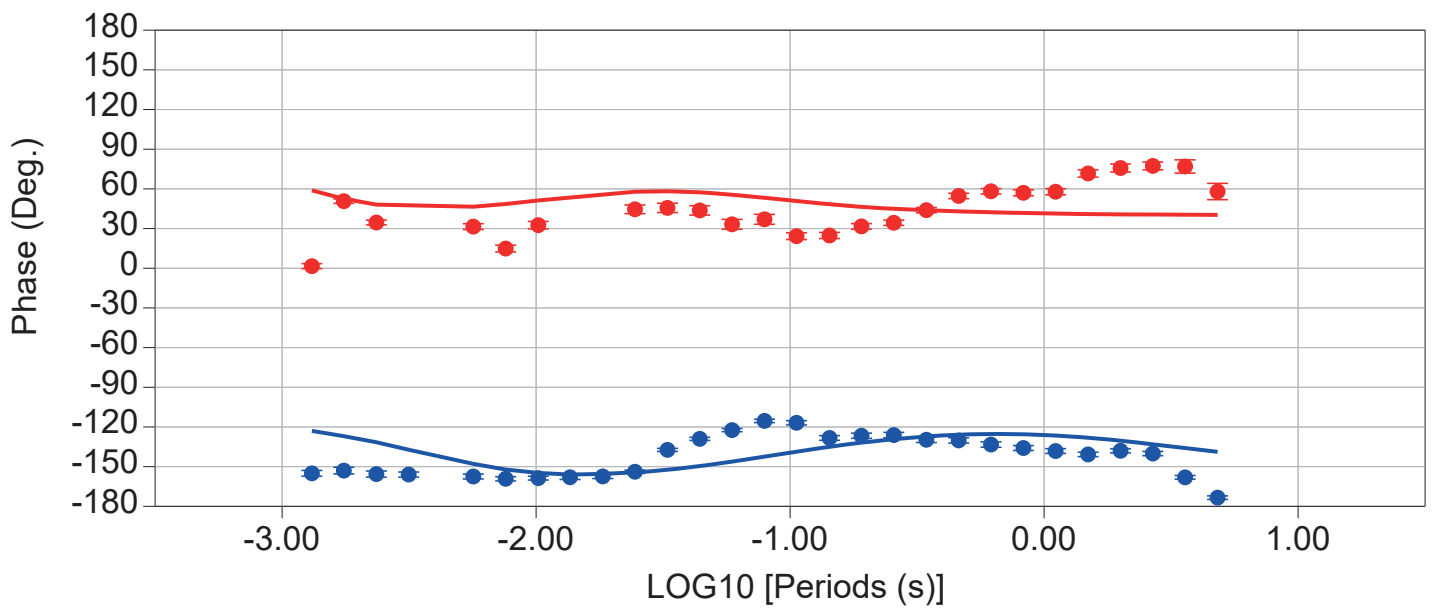
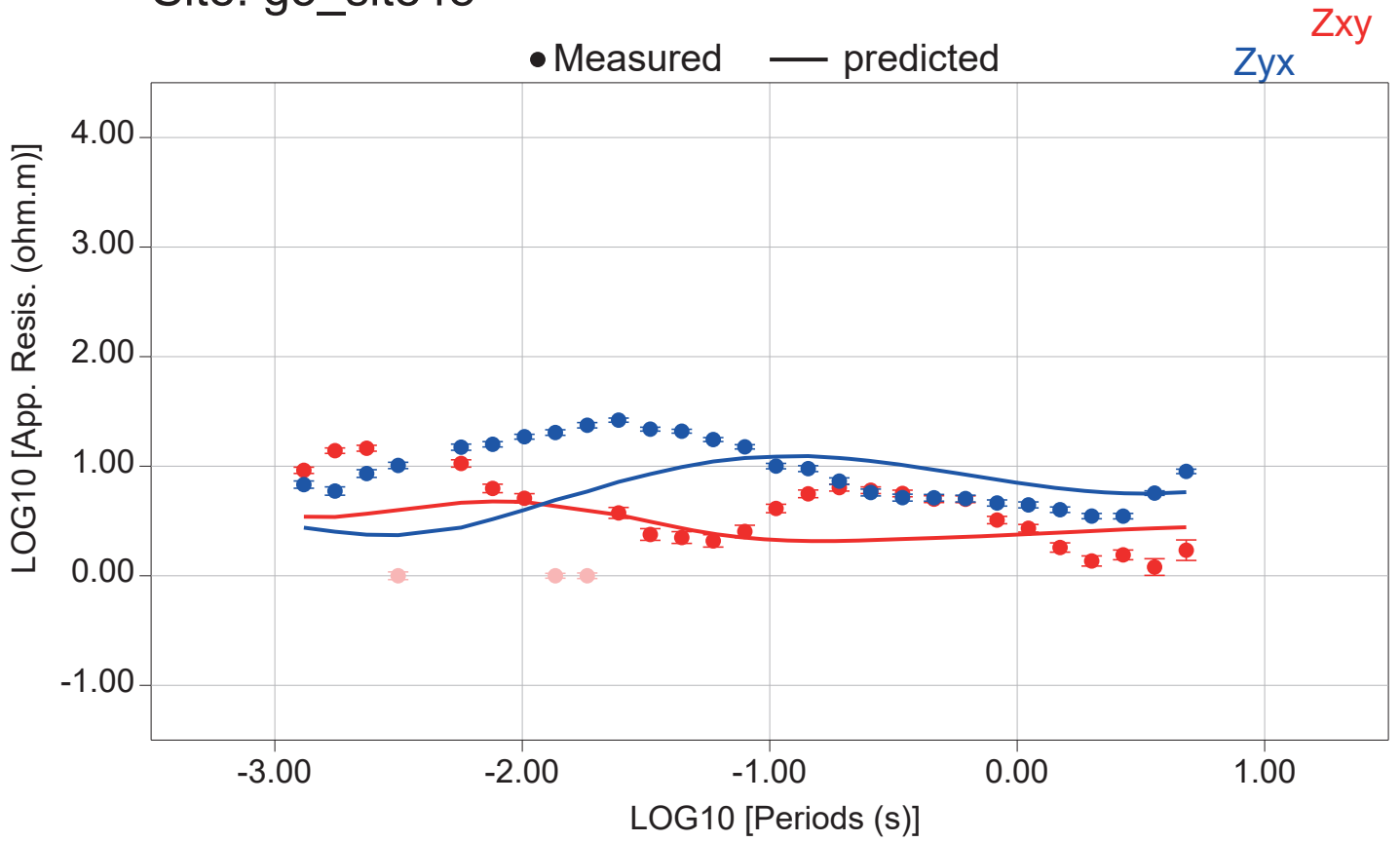
# Site: g5\_site46



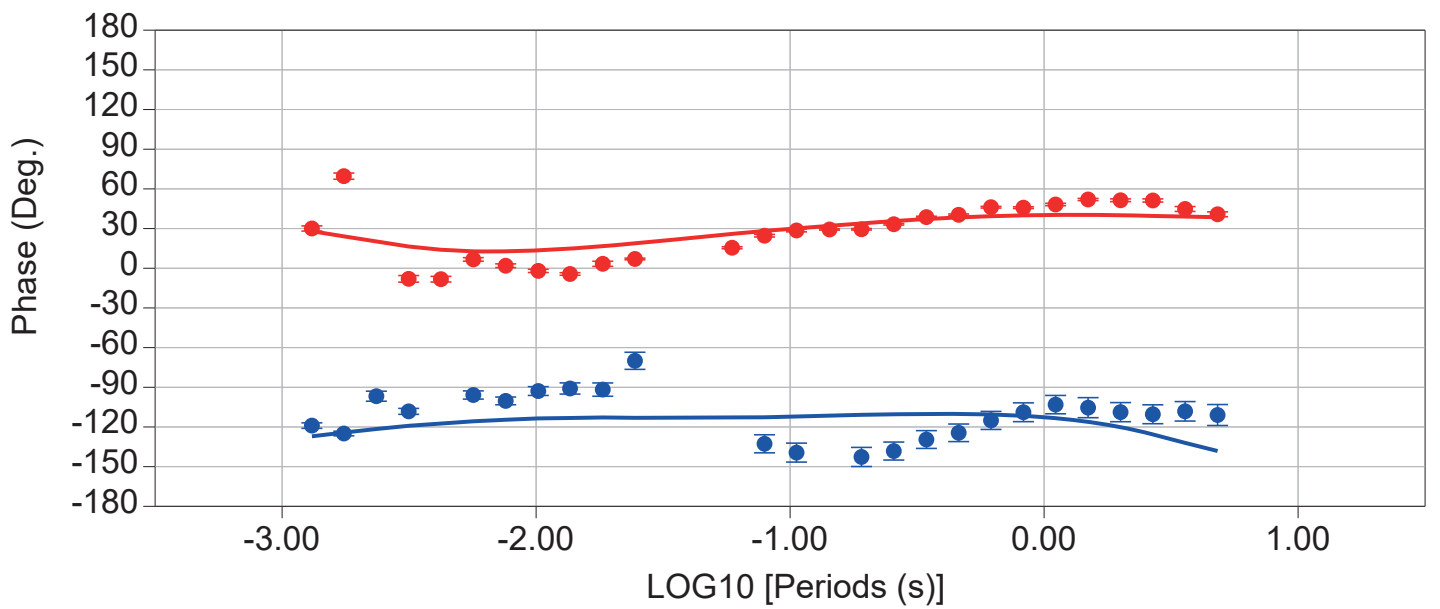
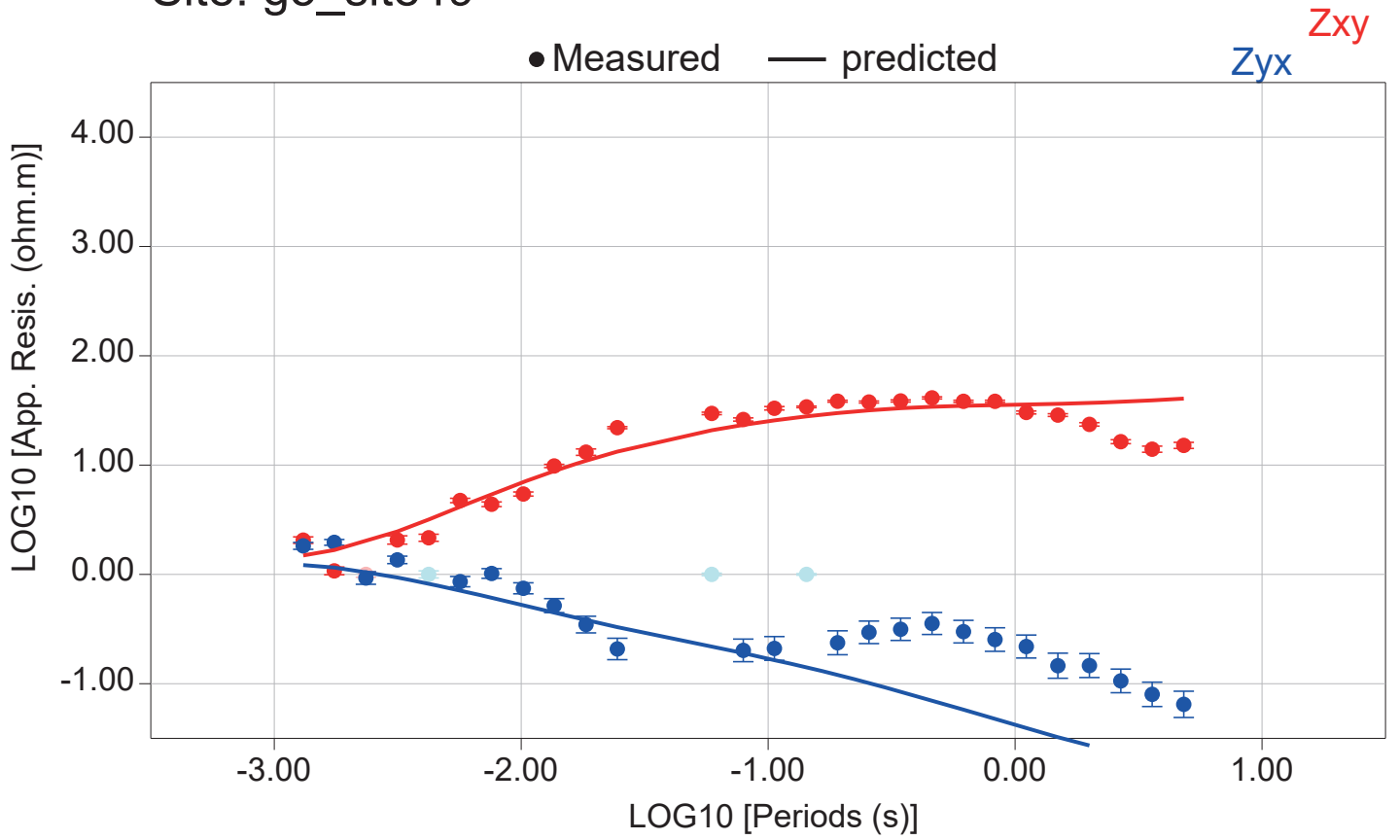
# Site: g5\_site47



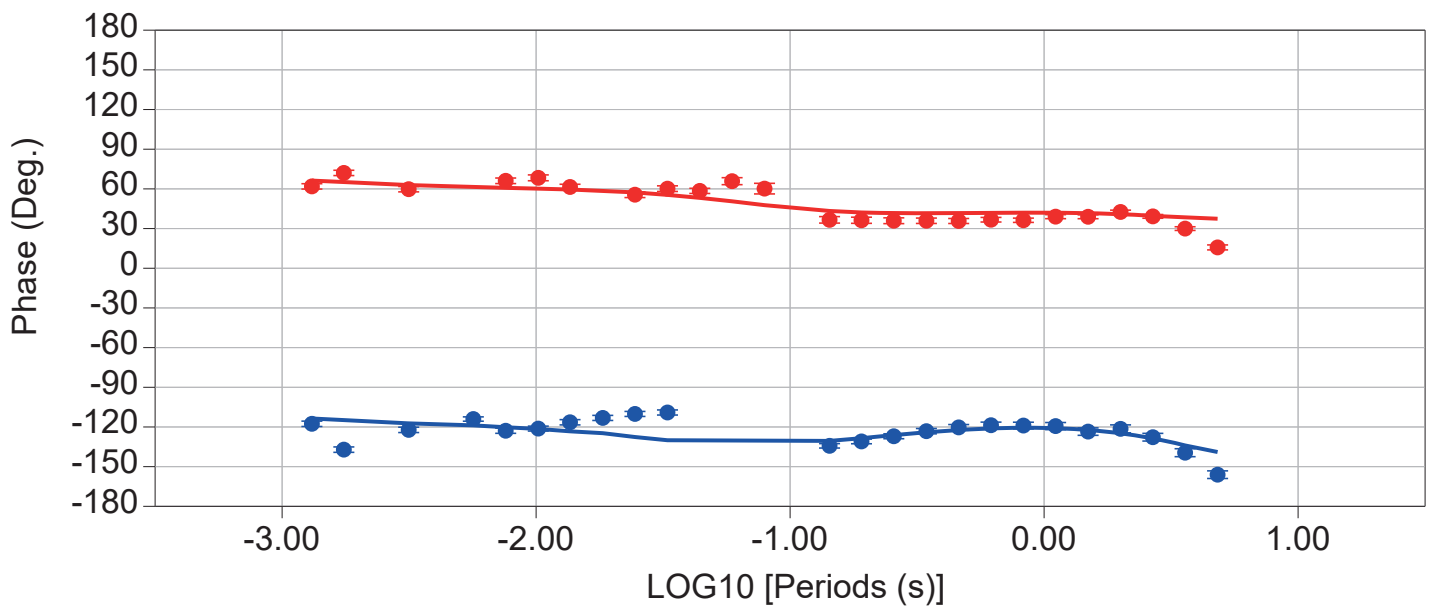
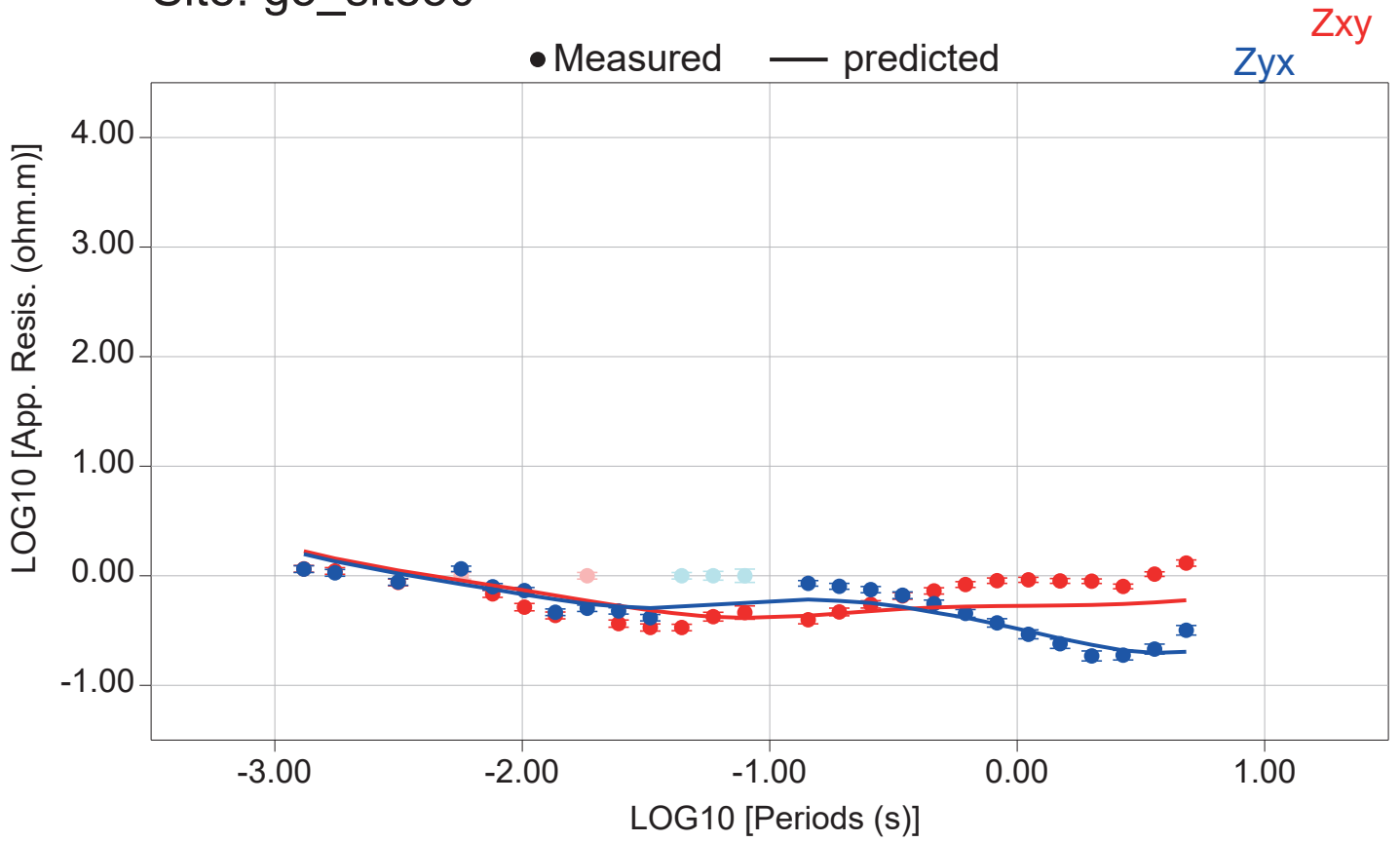
# Site: g5\_site48



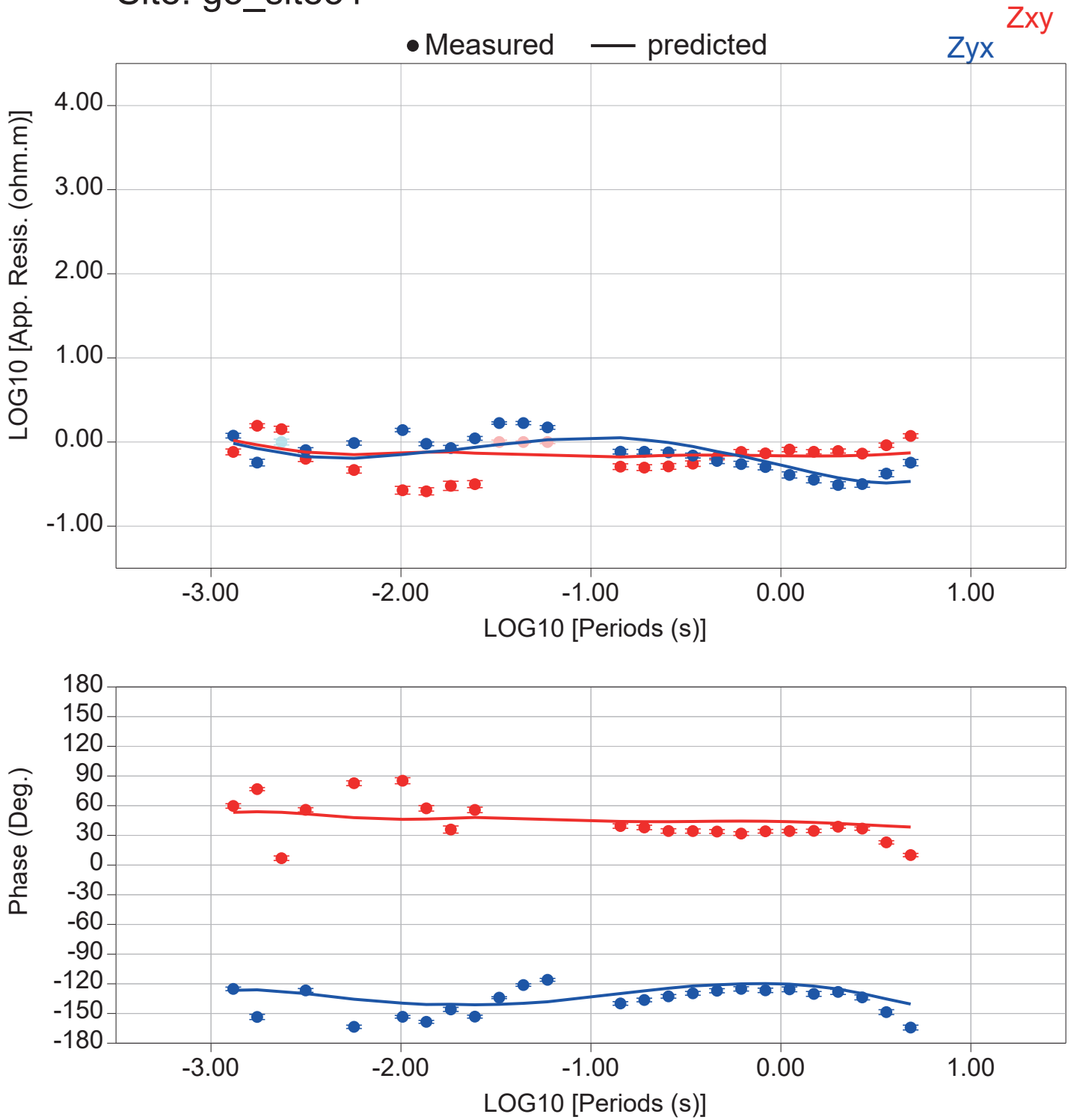
# Site: g5\_site49



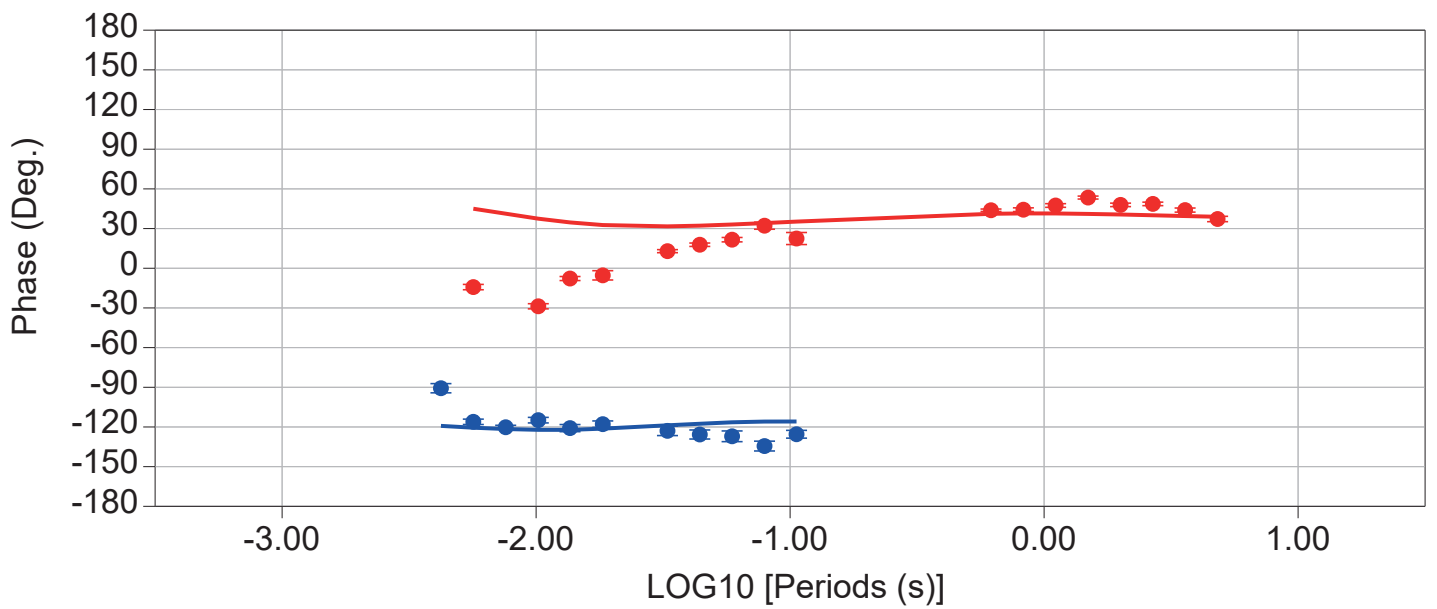
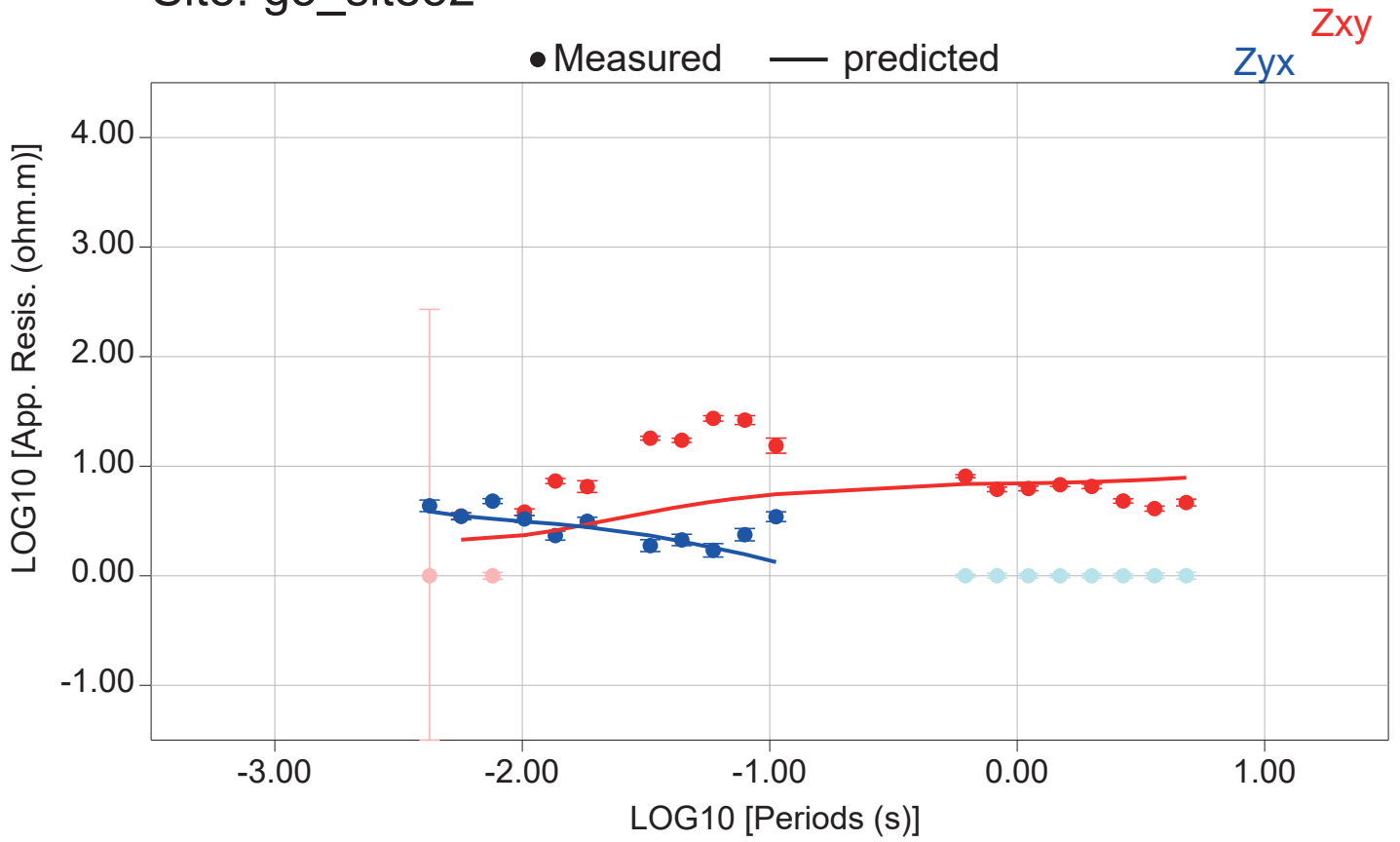
# Site: g5\_site50



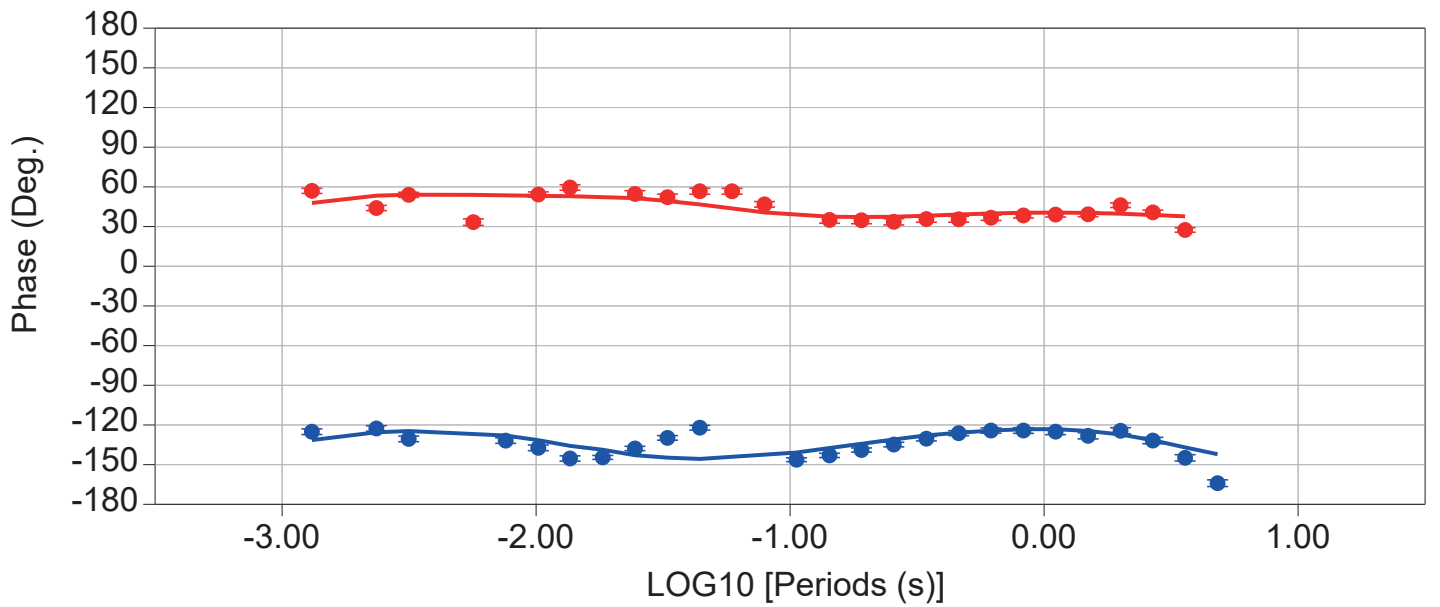
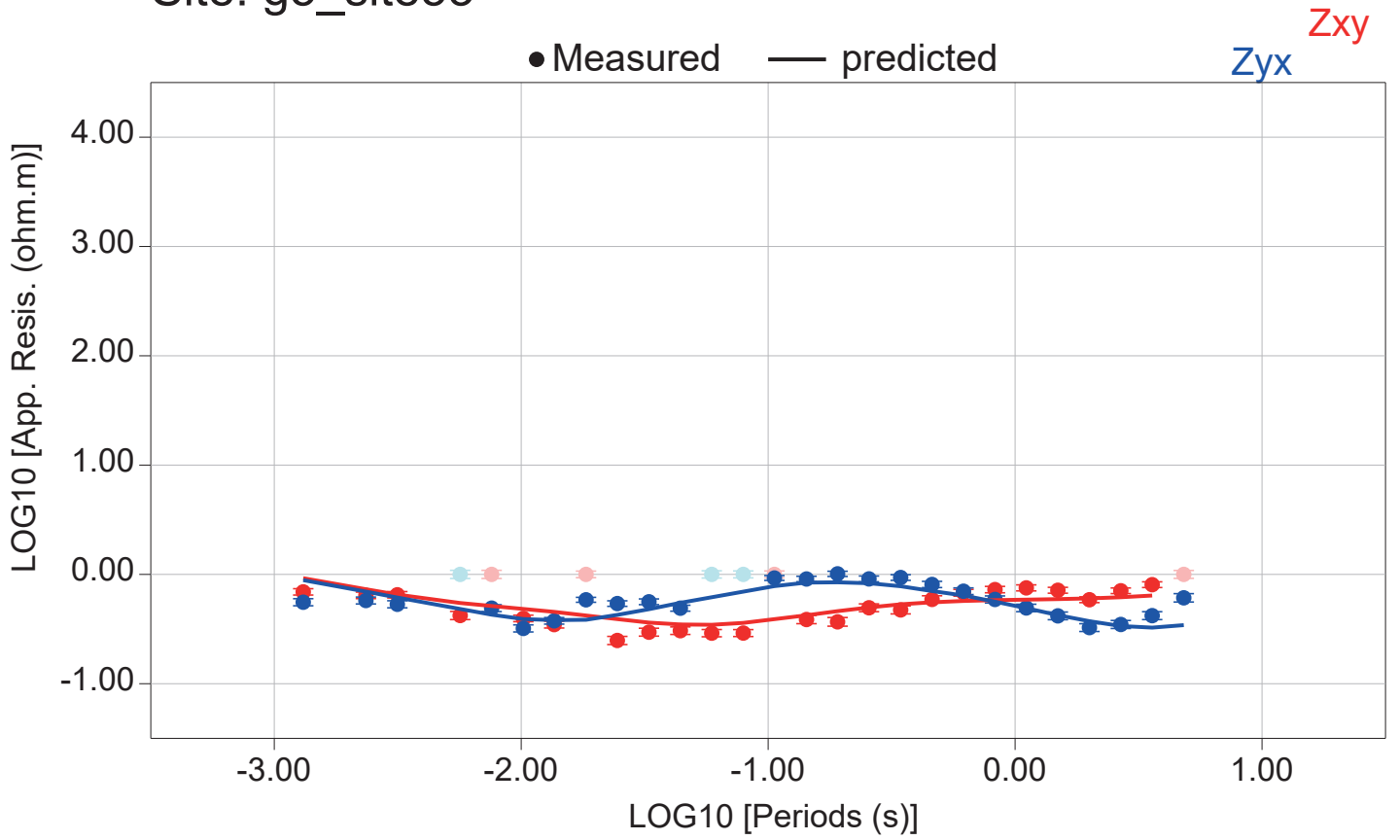
# Site: g5\_site51



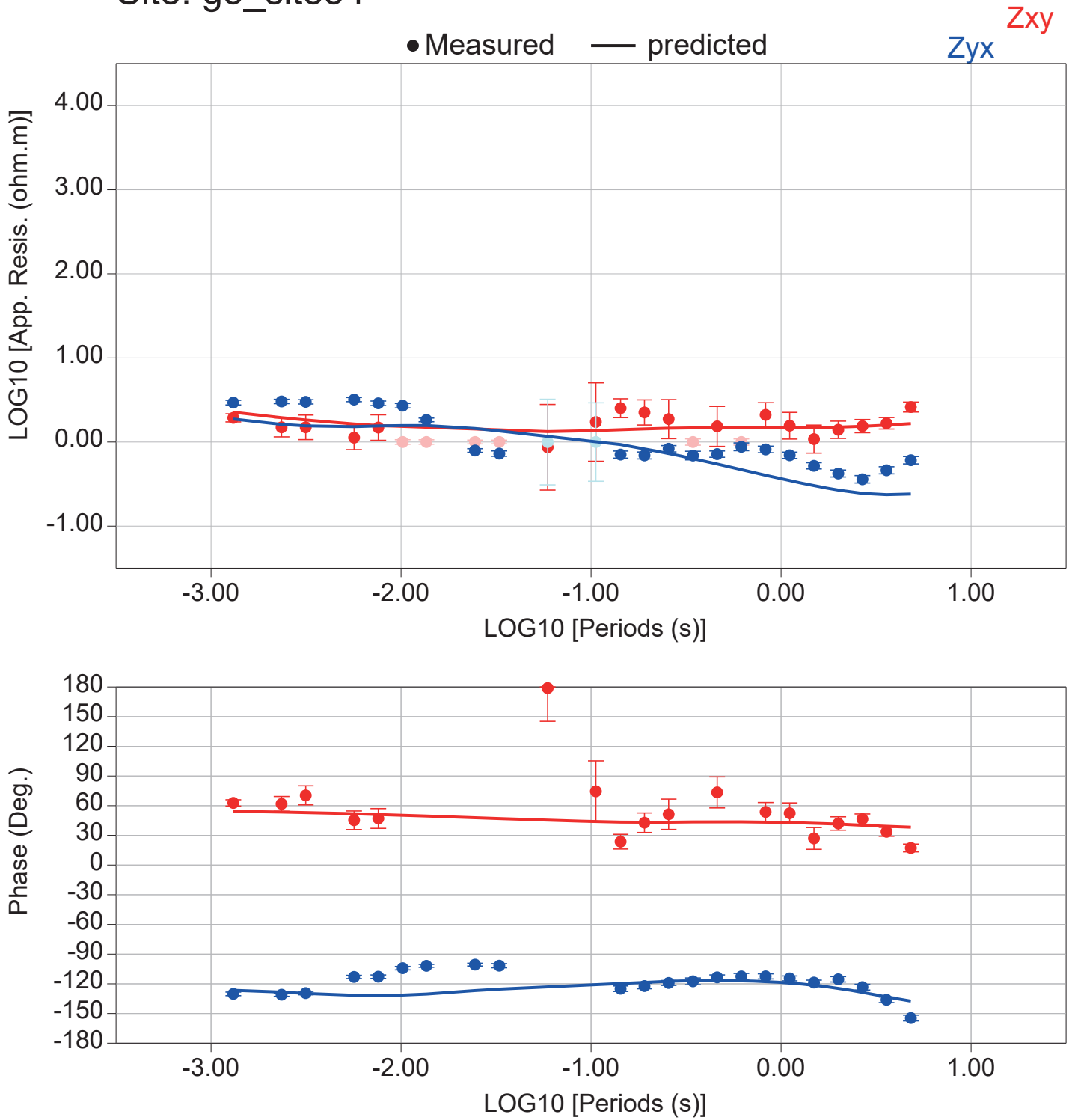
# Site: g5\_site52



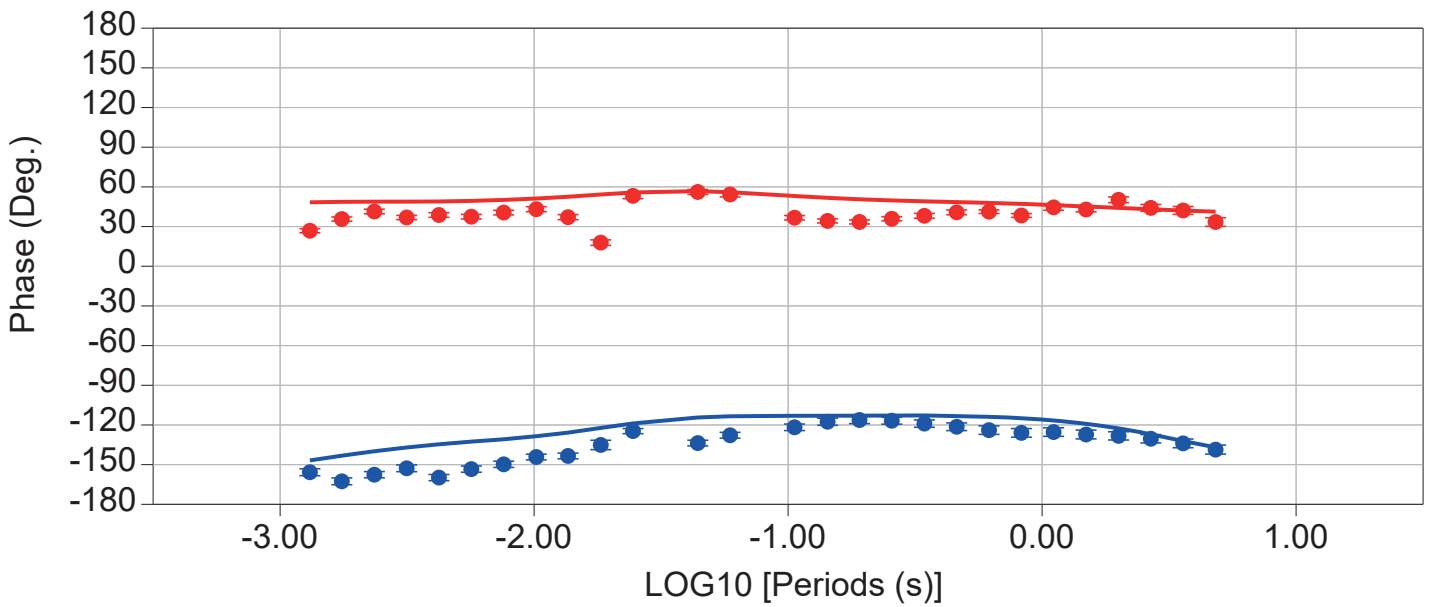
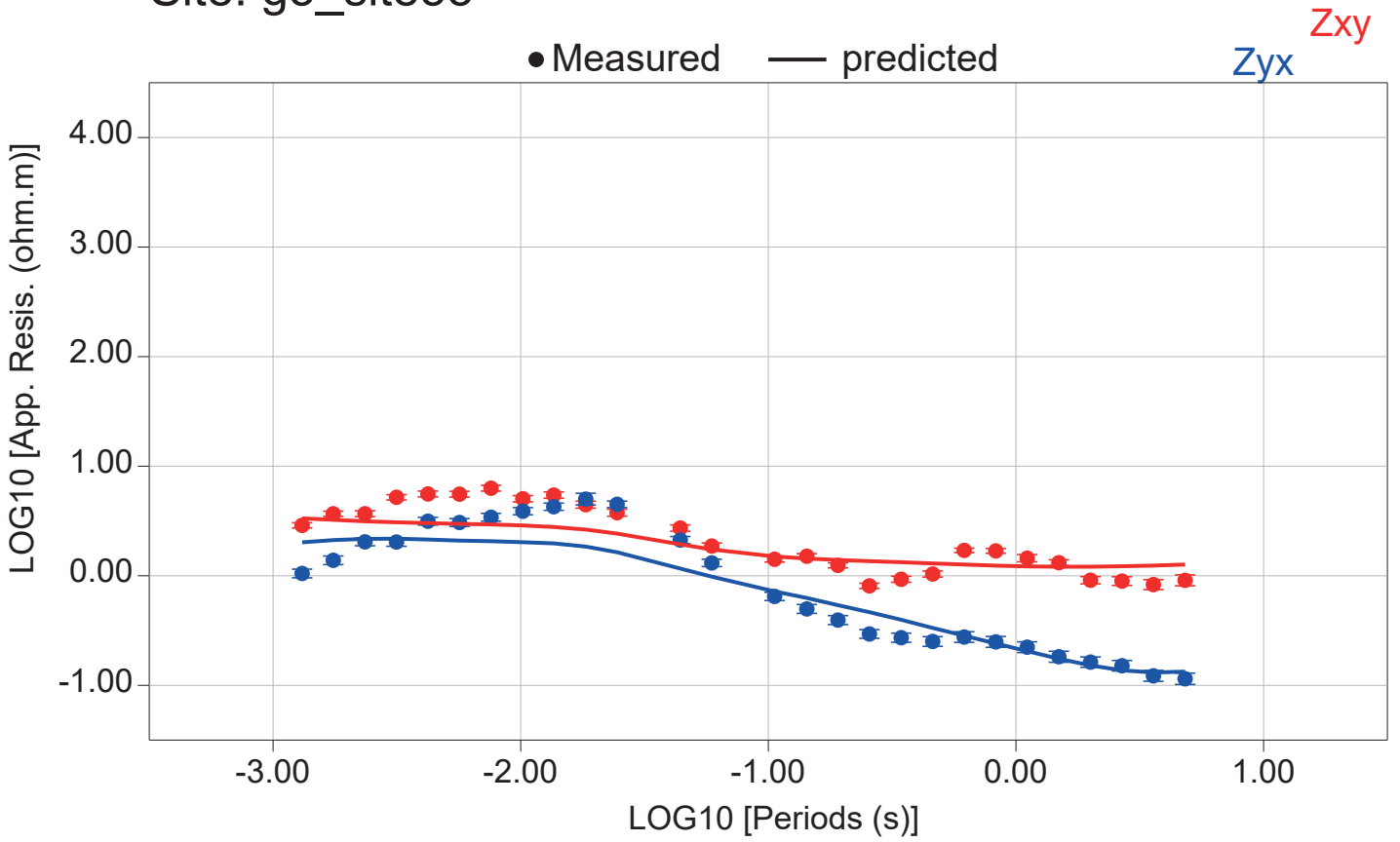
# Site: g5\_site53



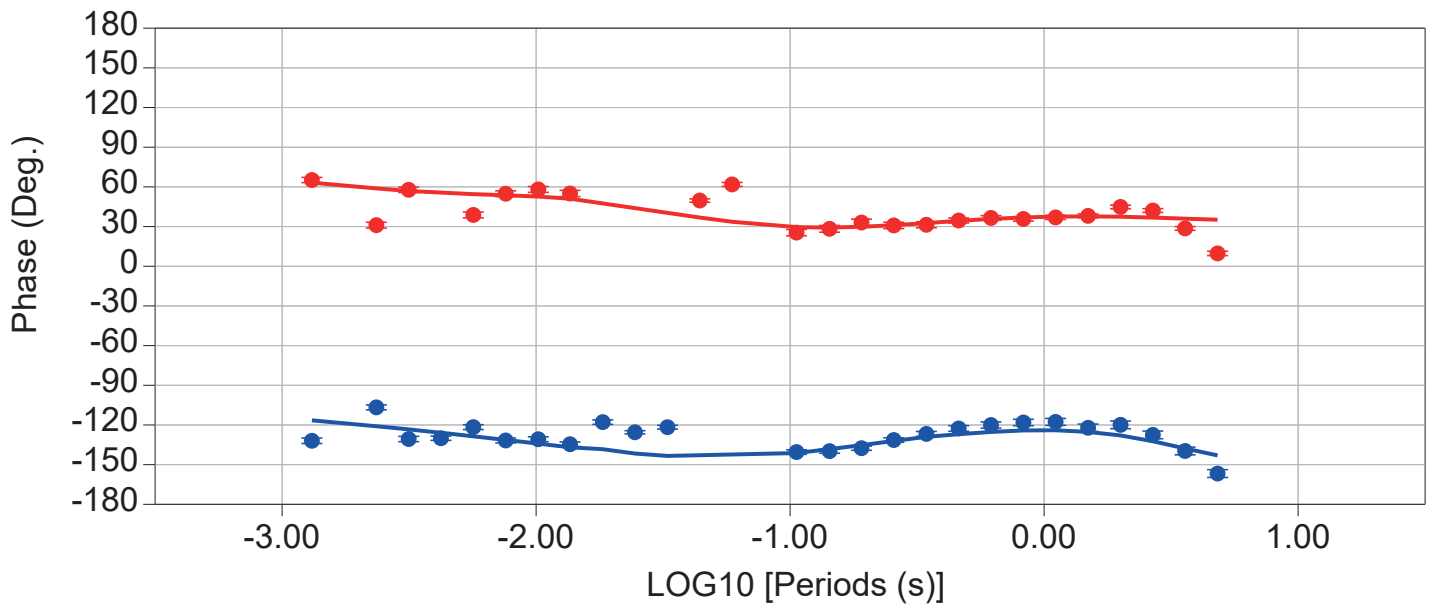
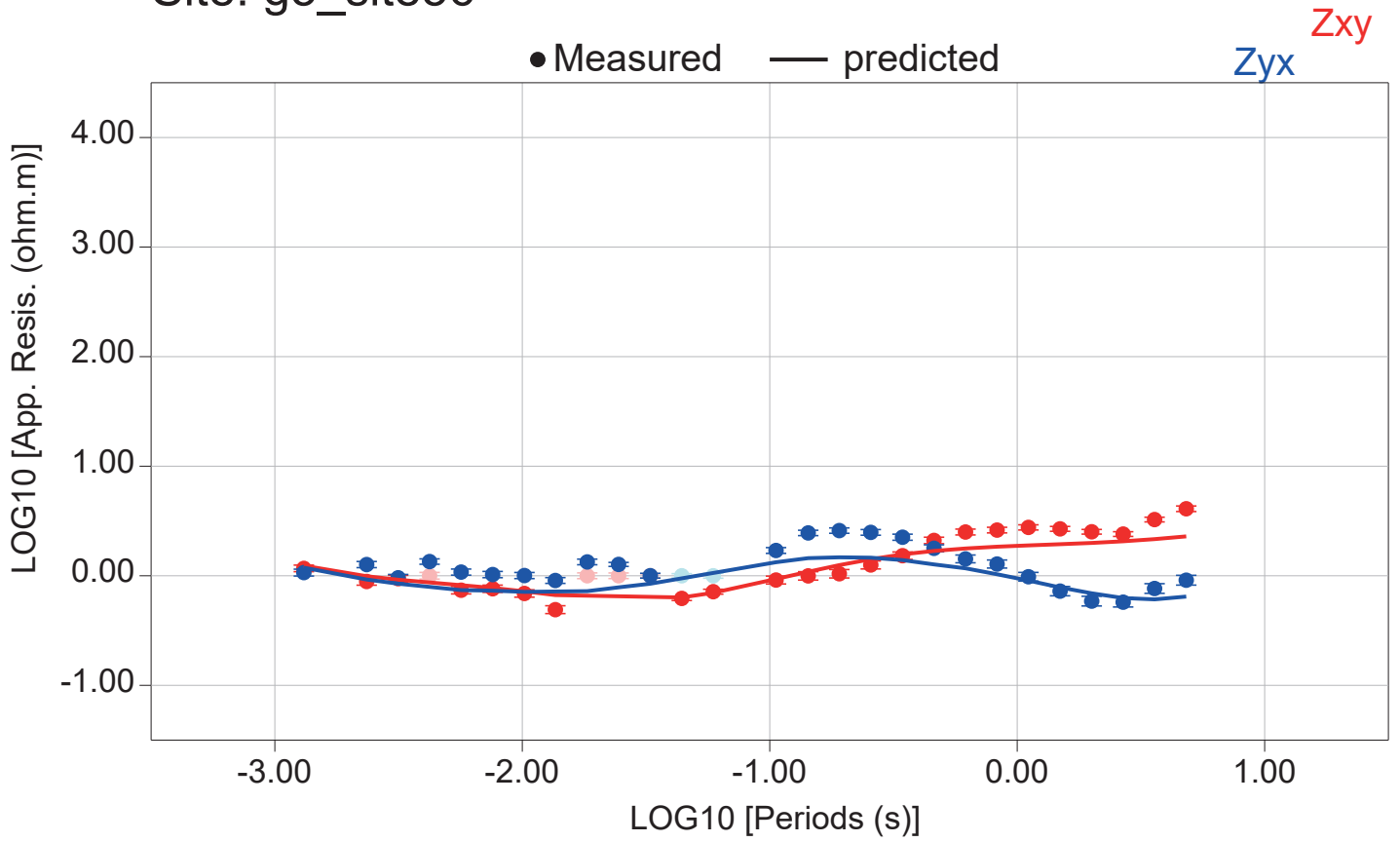
# Site: g5\_site54



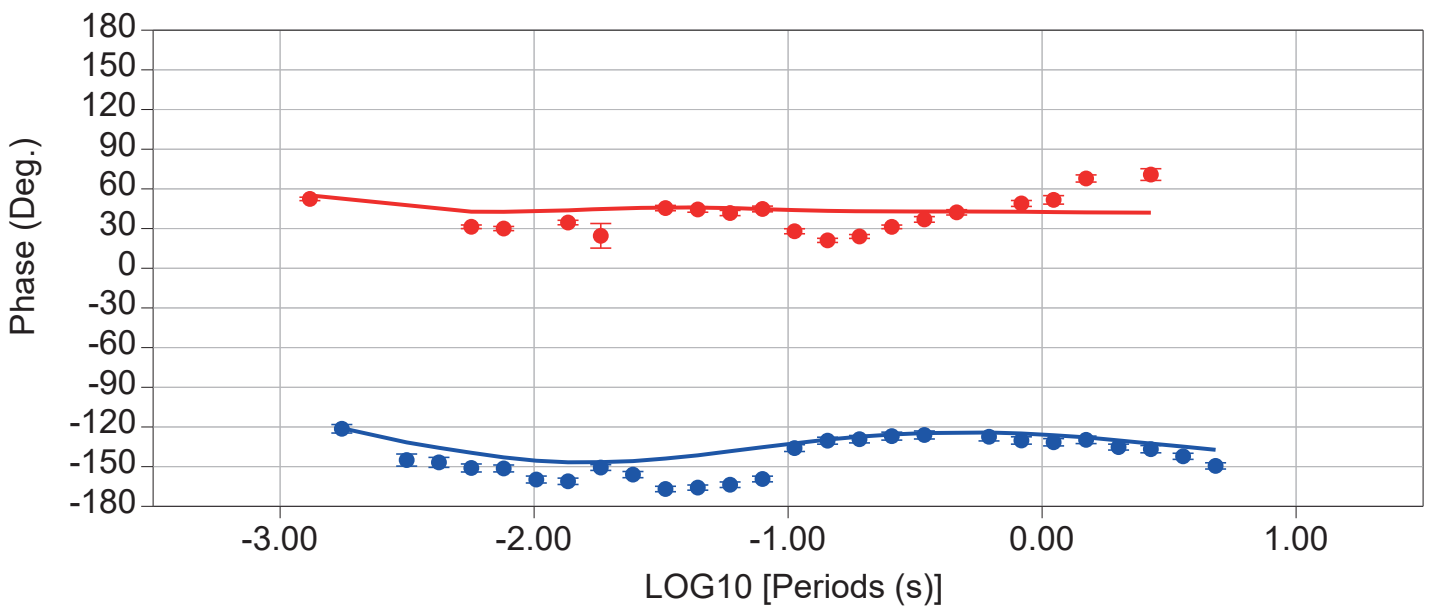
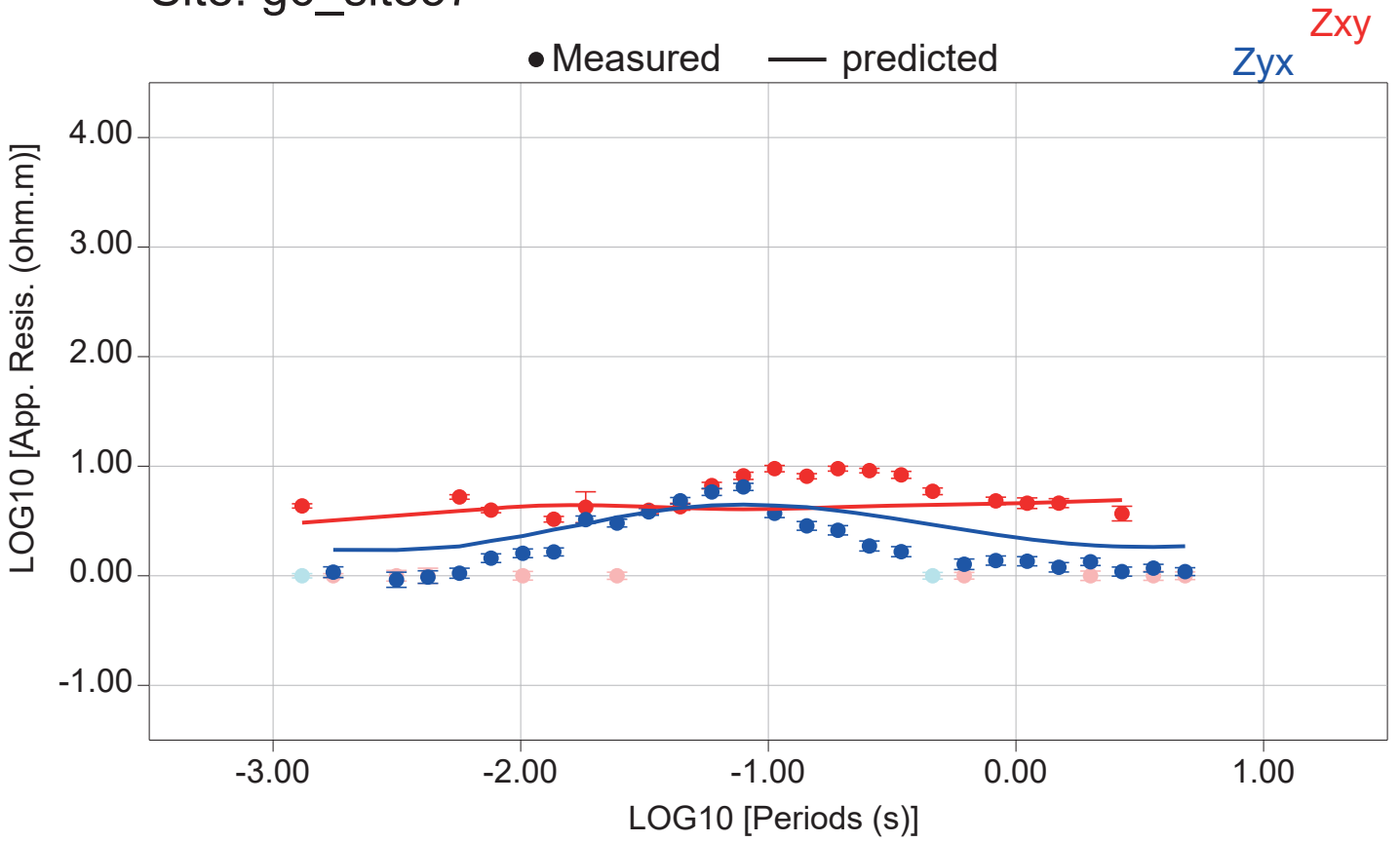
# Site: g5\_site55



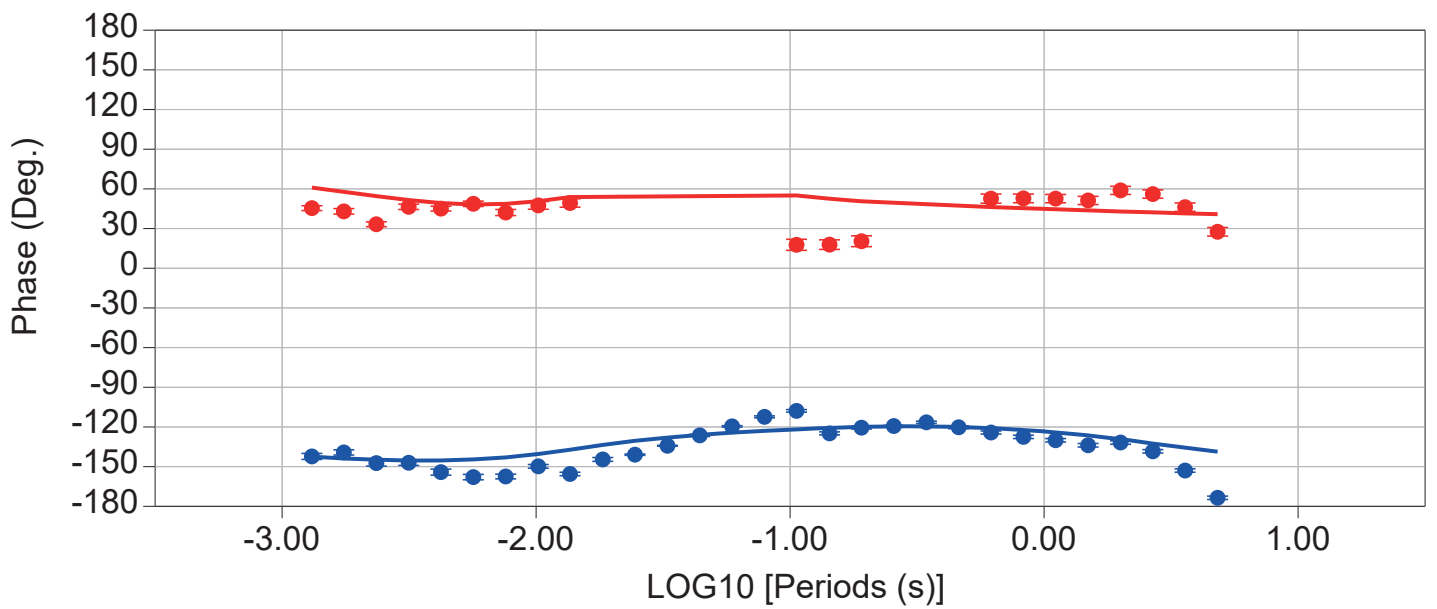
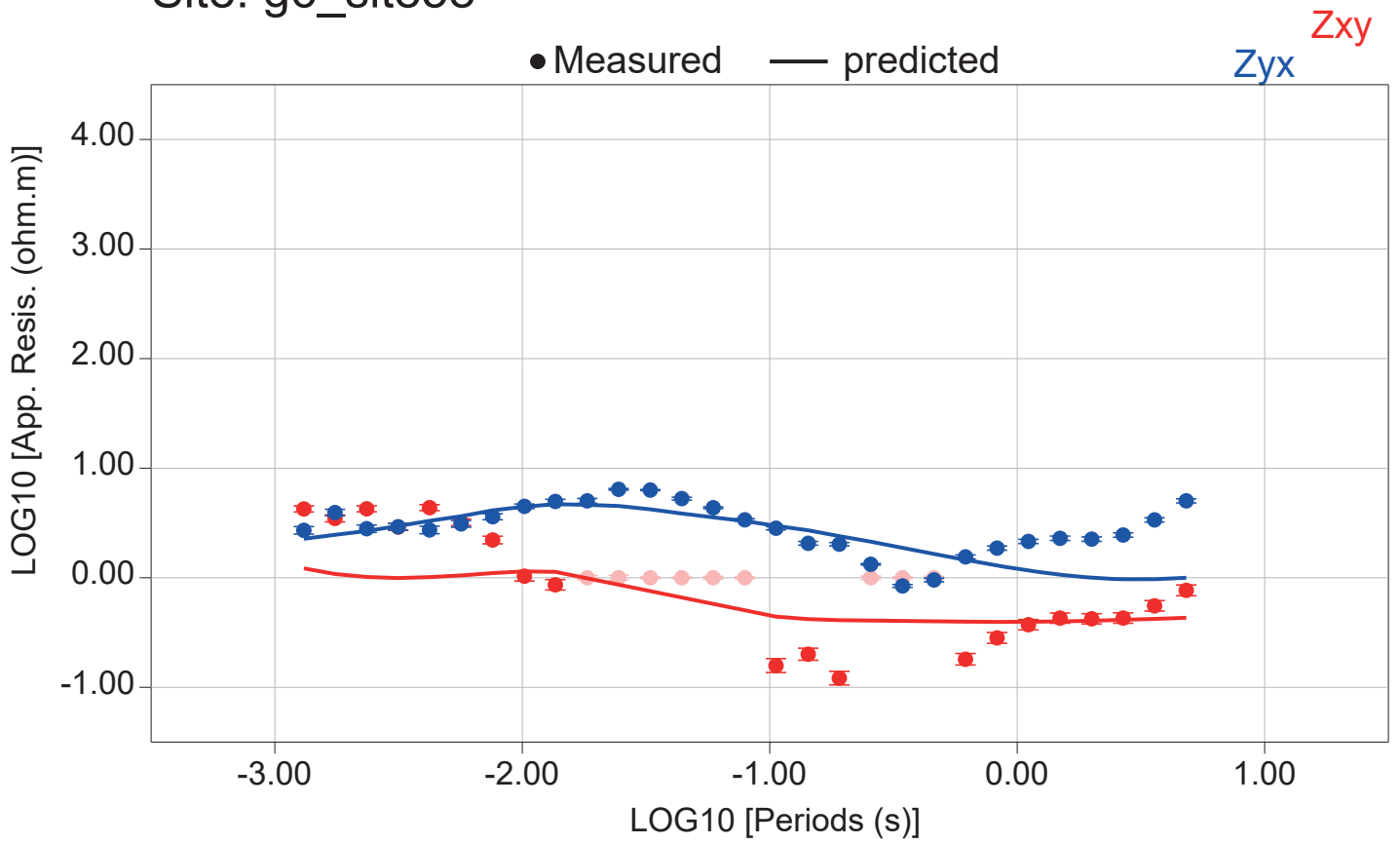
# Site: g5\_site56



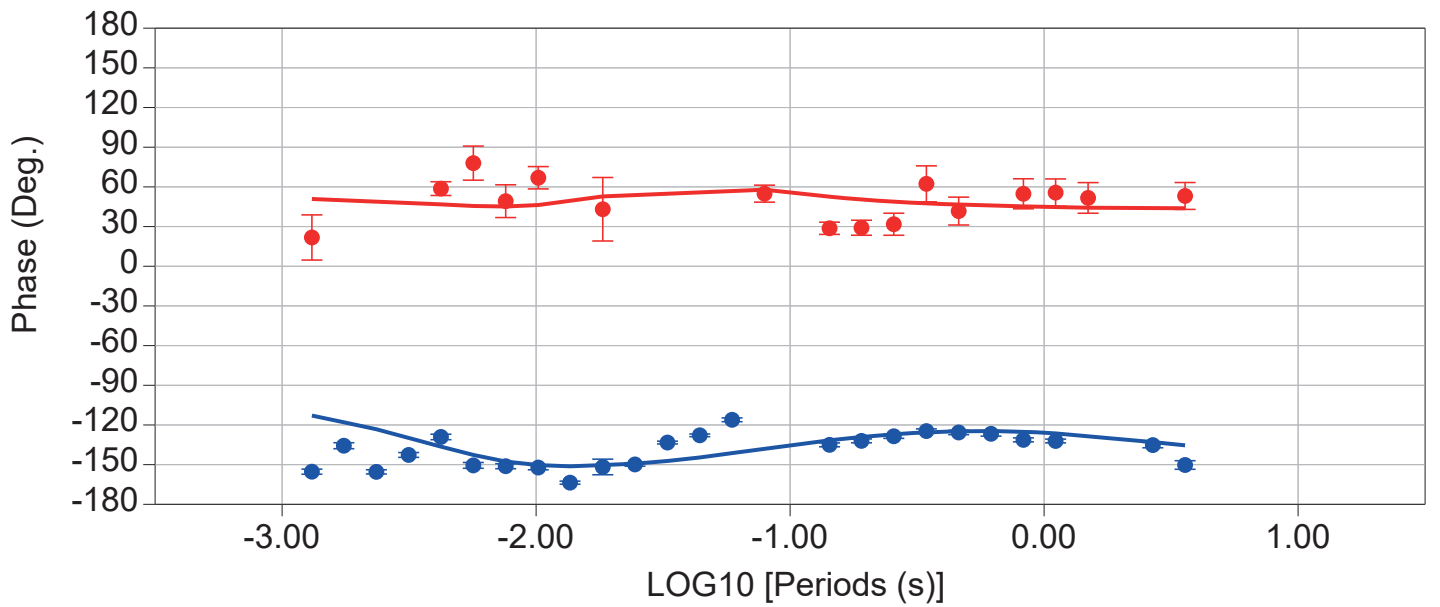
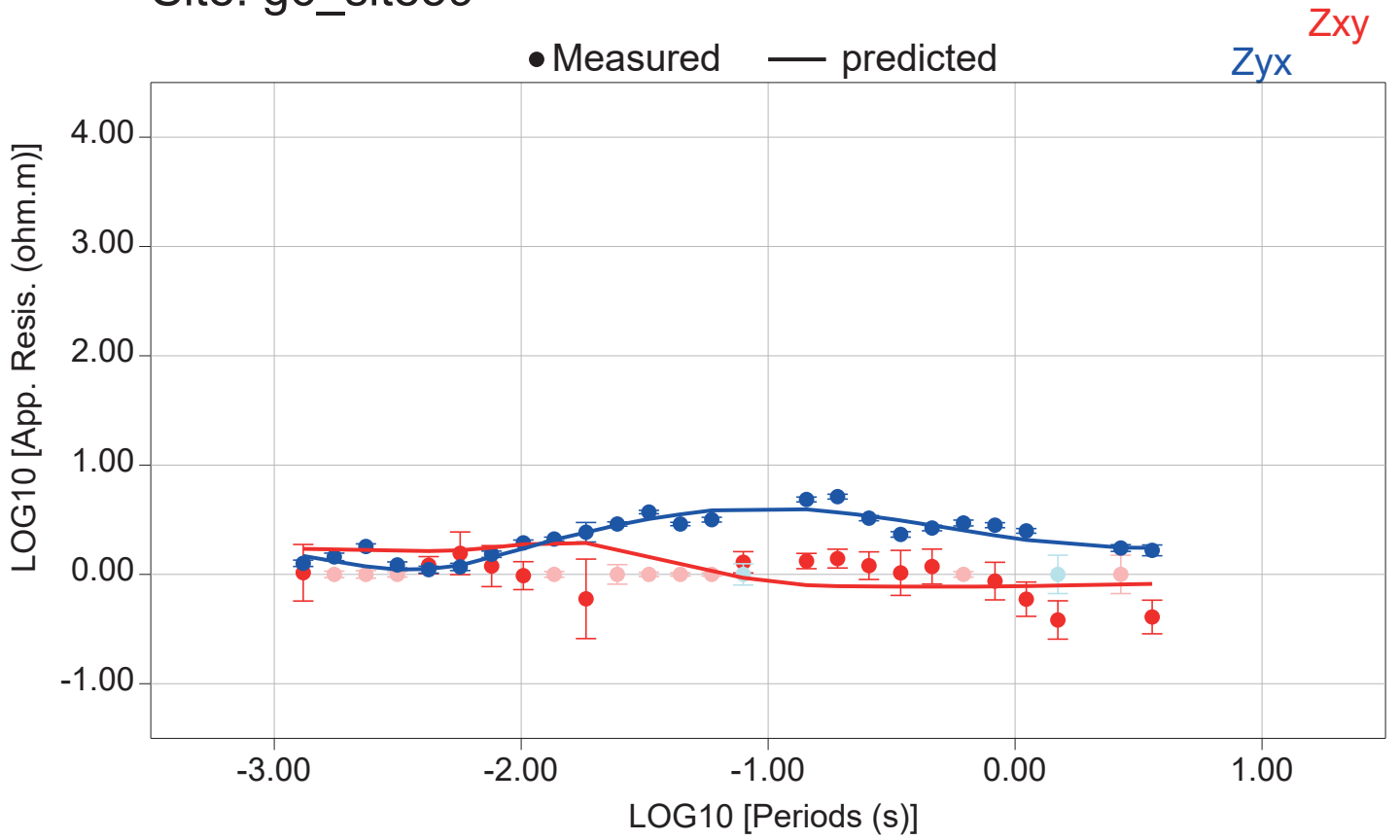
# Site: g6\_site57



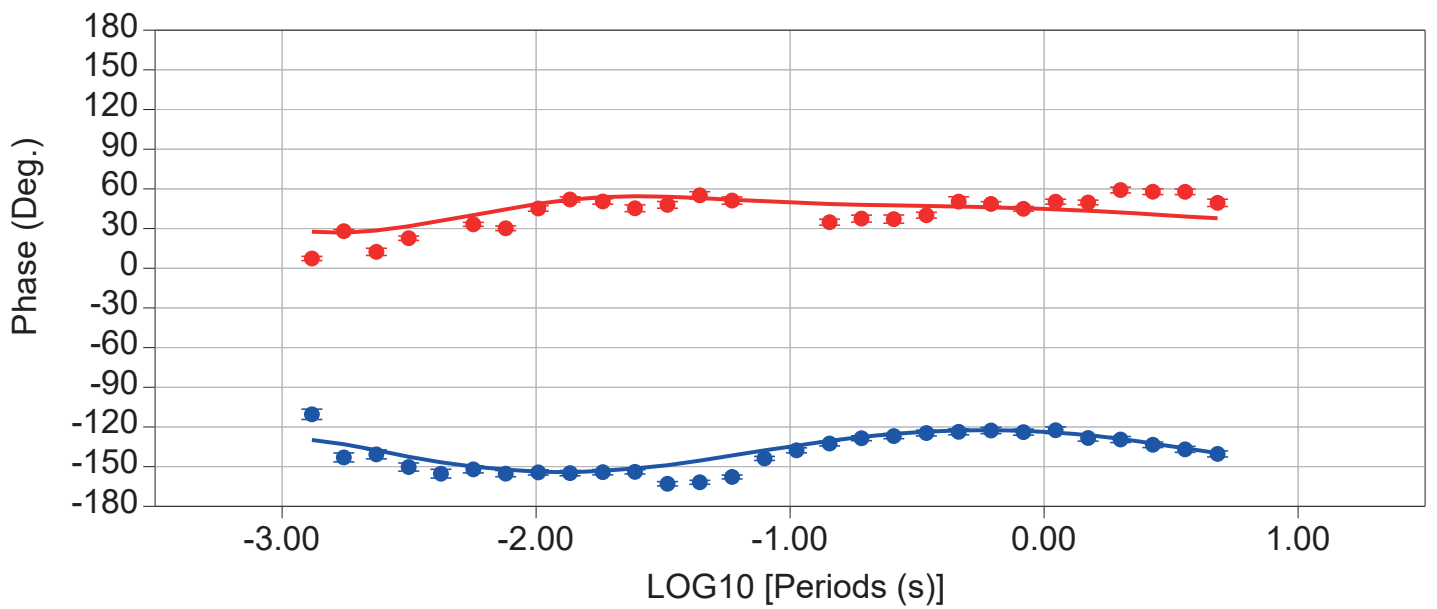
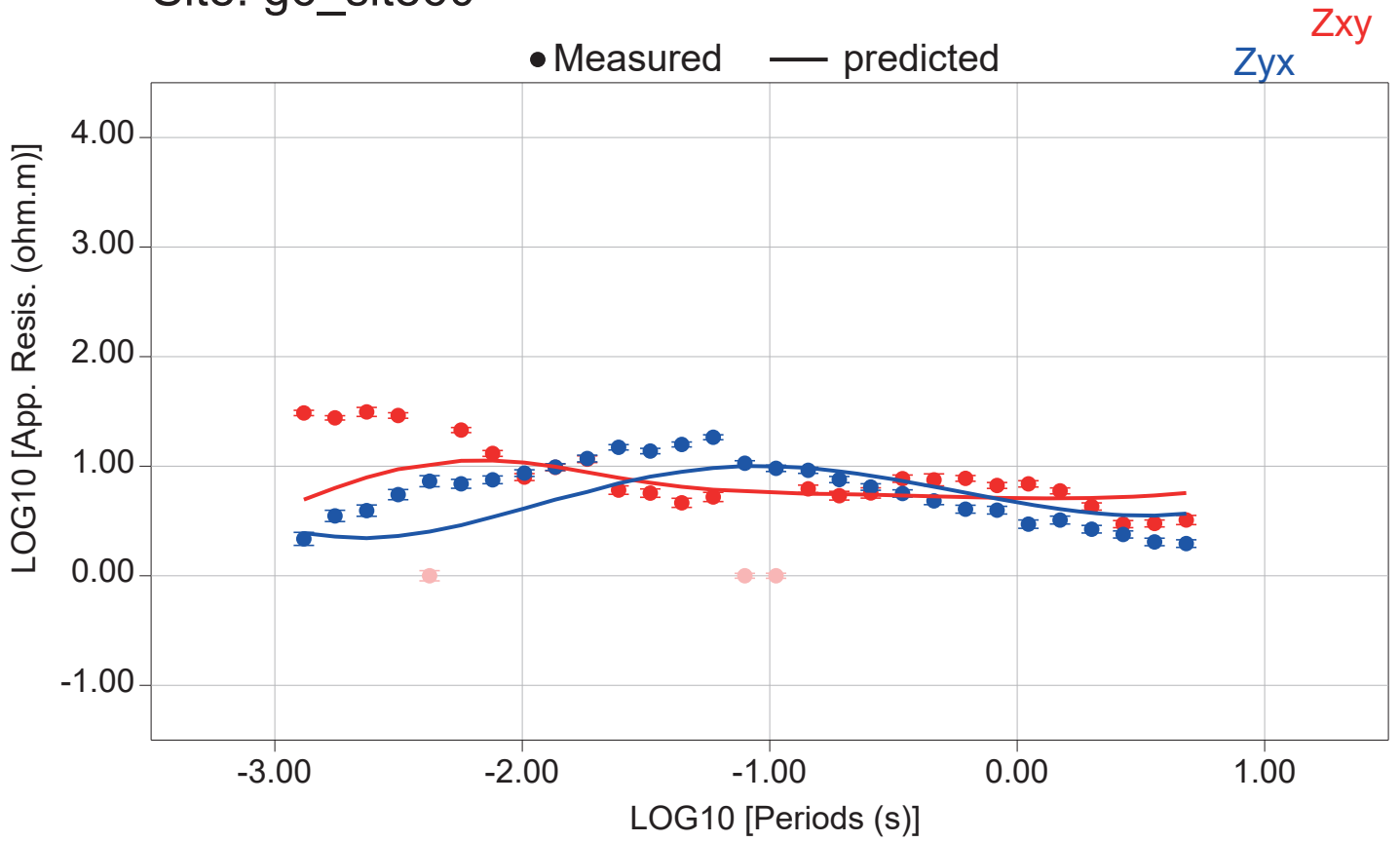
# Site: g6\_site58



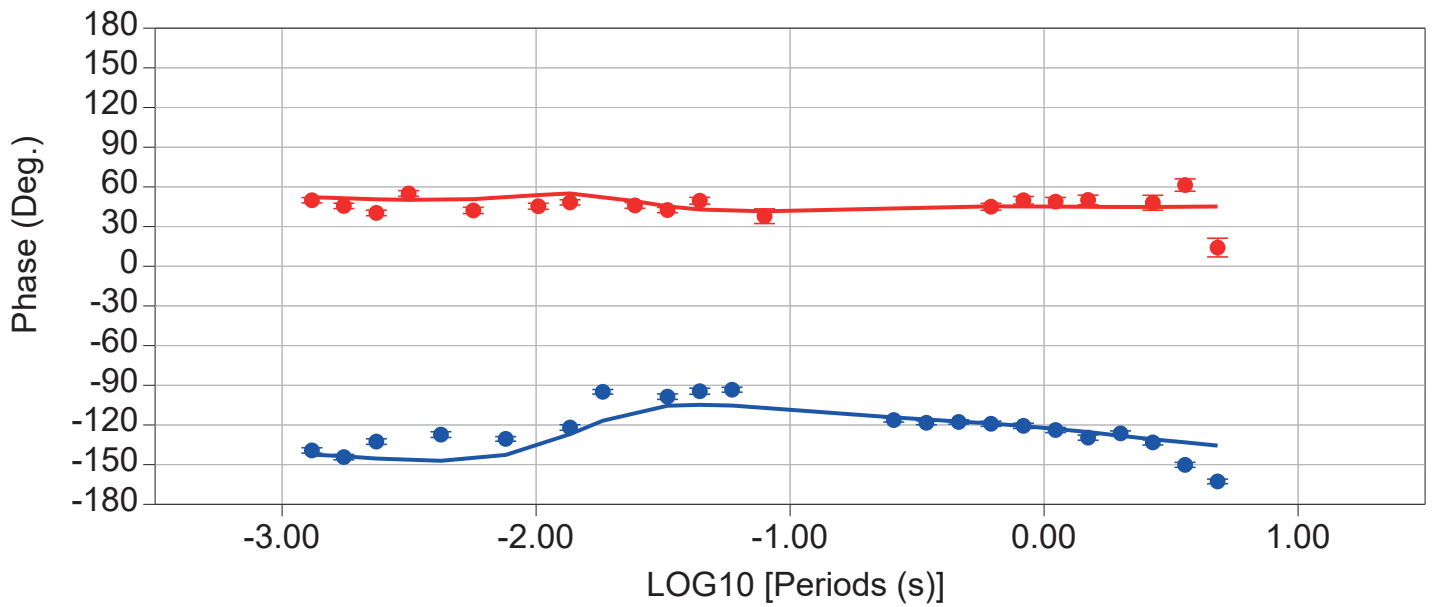
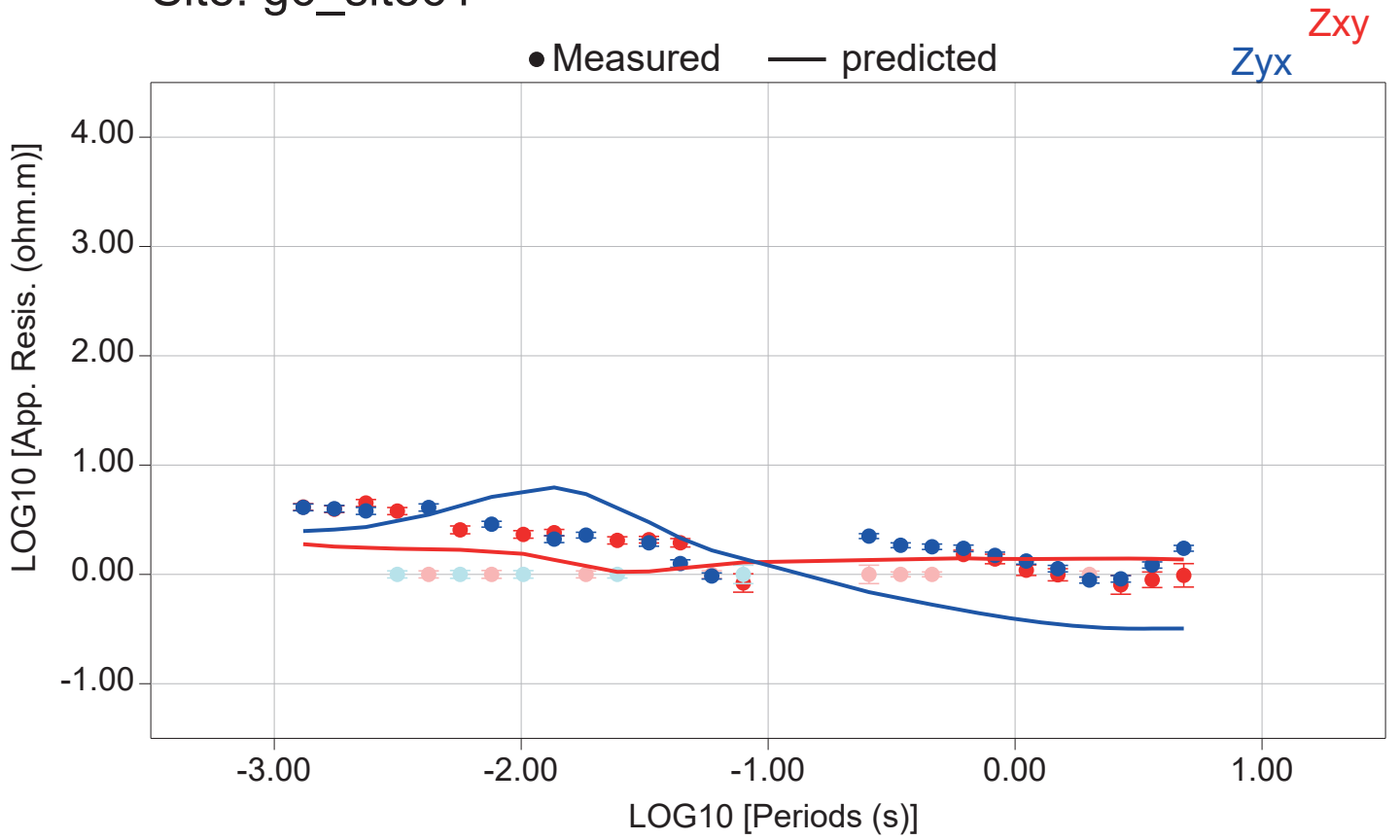
# Site: g6\_site59



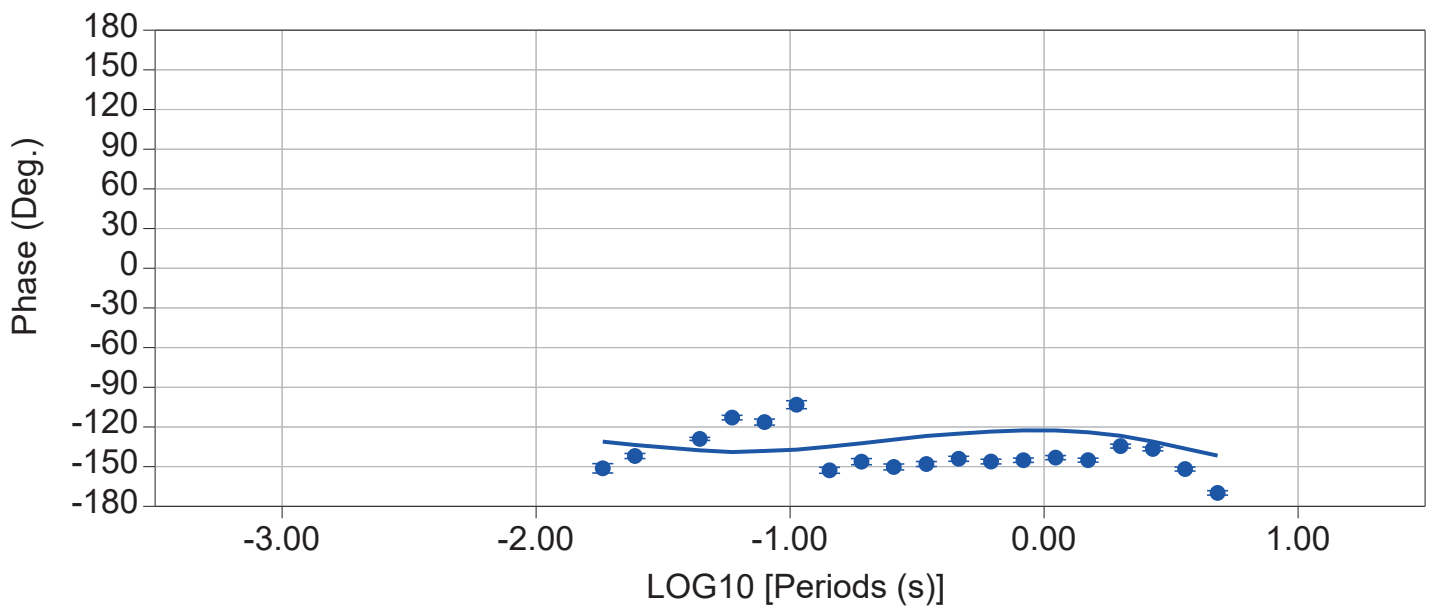
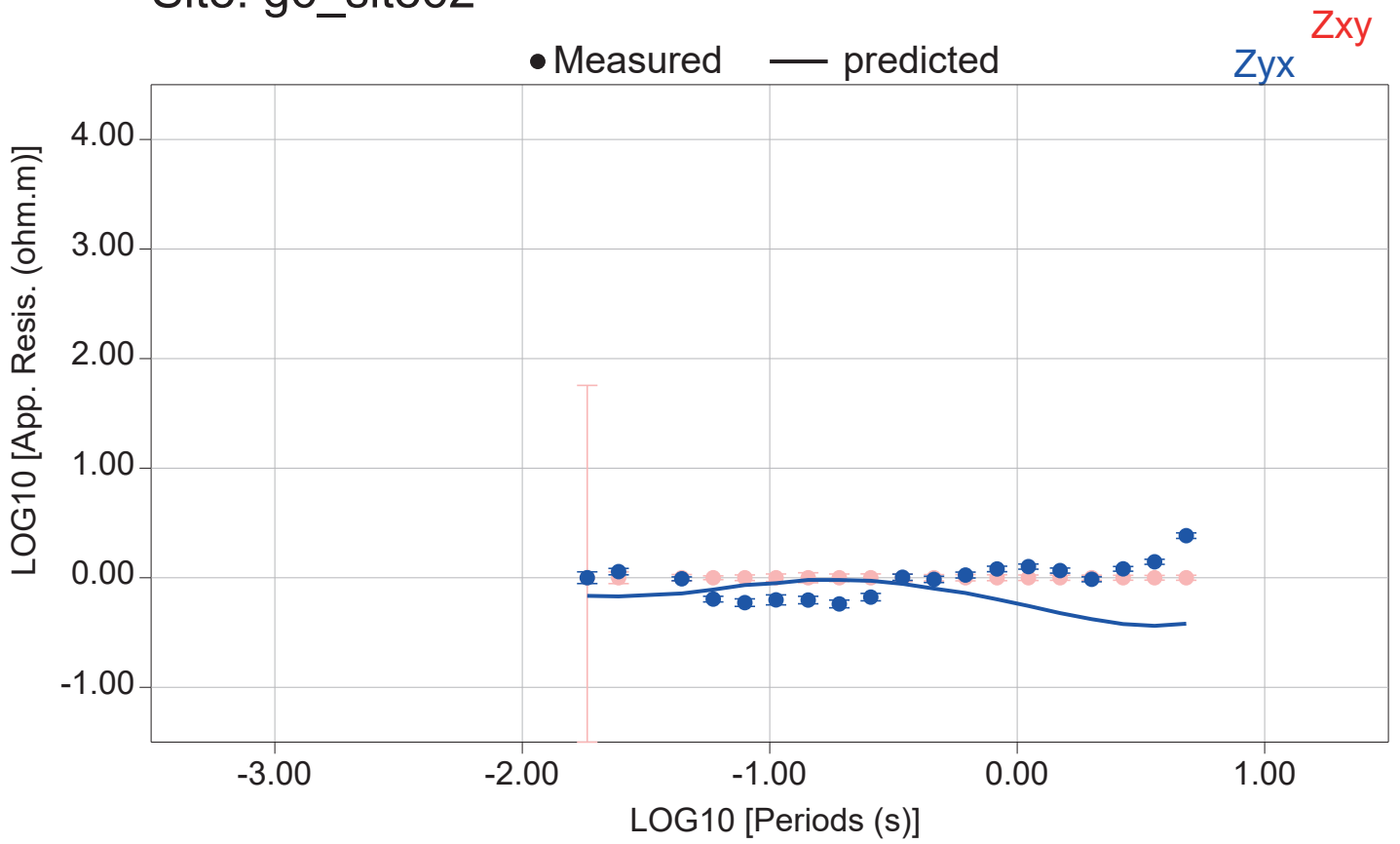
# Site: g6\_site60



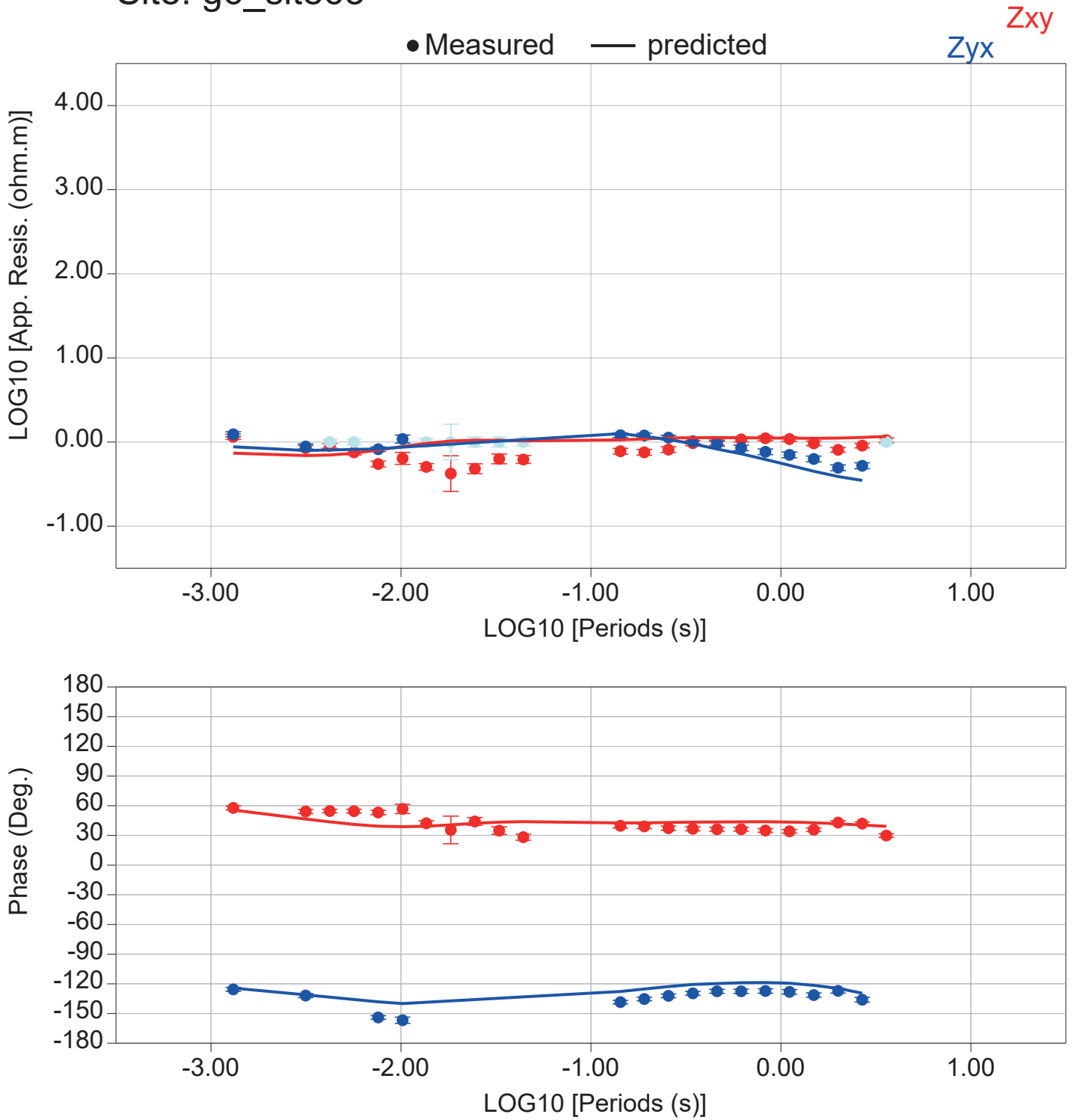
# Site: g6\_site61



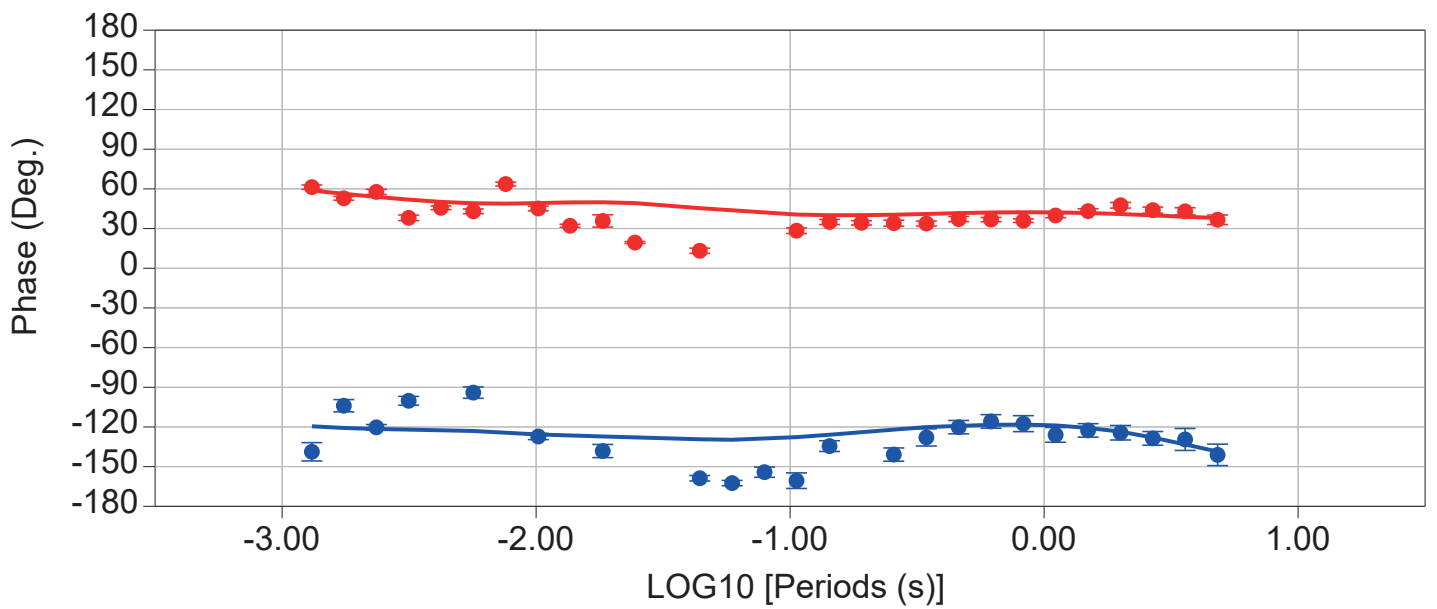
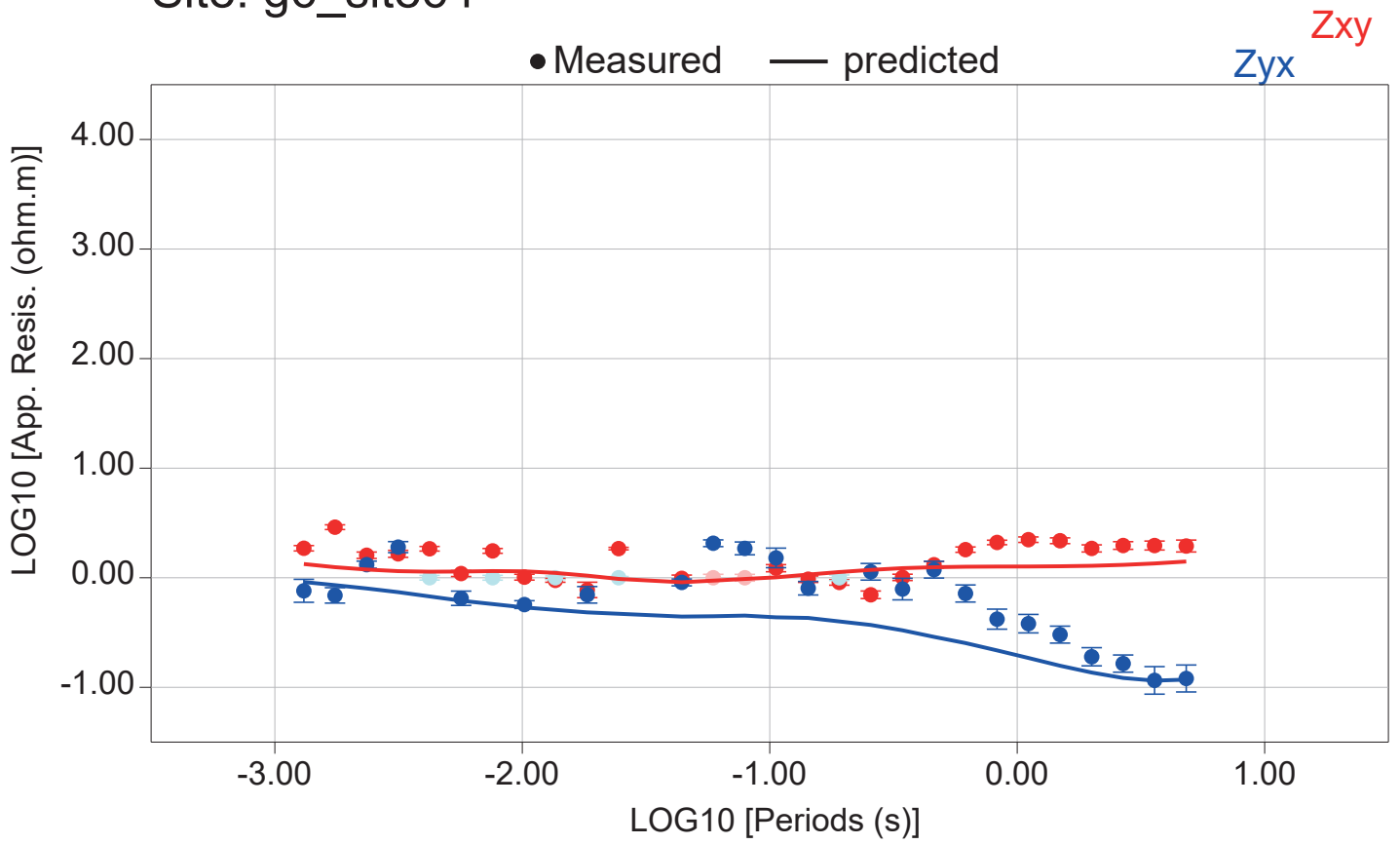
# Site: g6\_site62



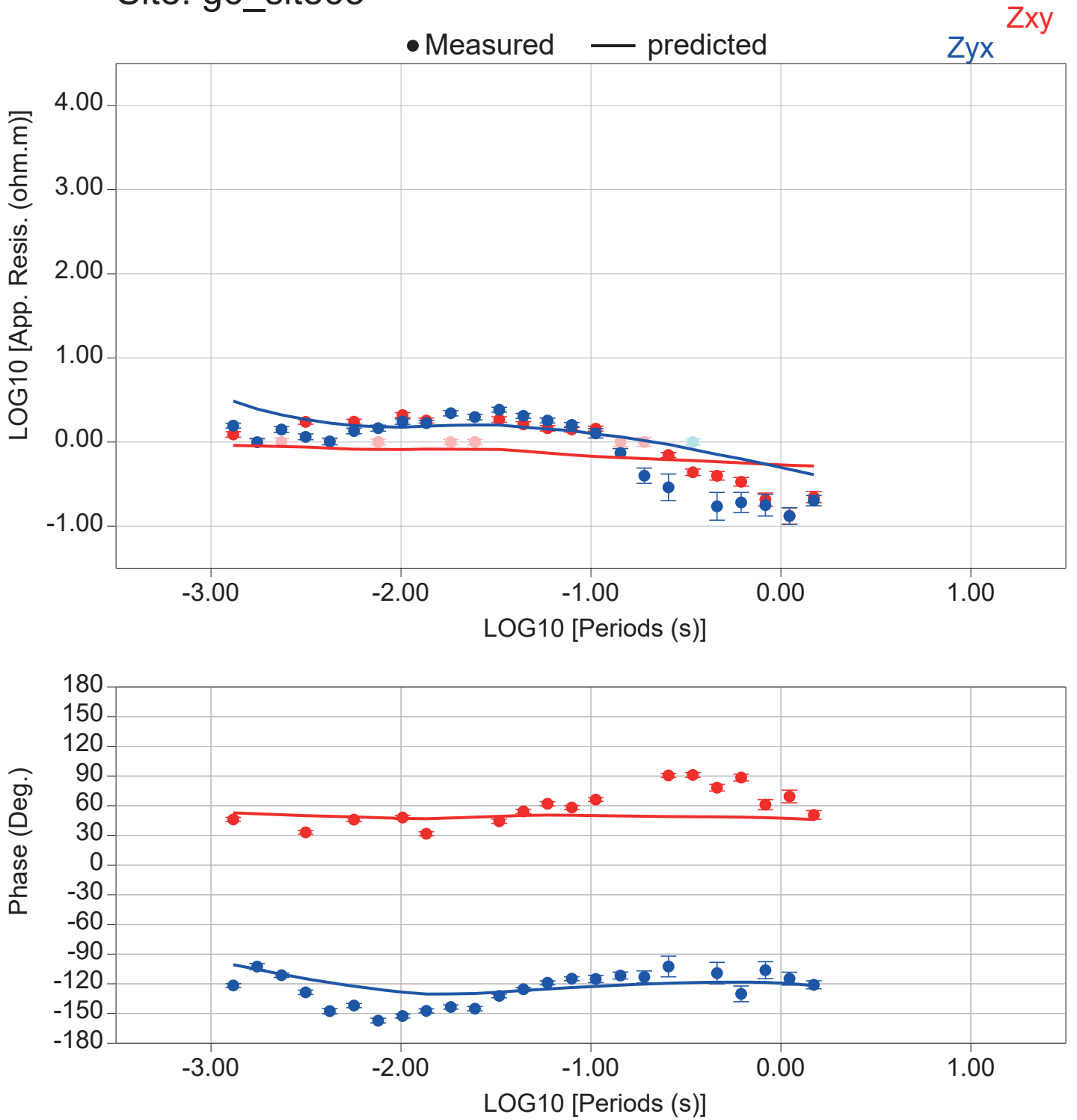
# Site: g6\_site63



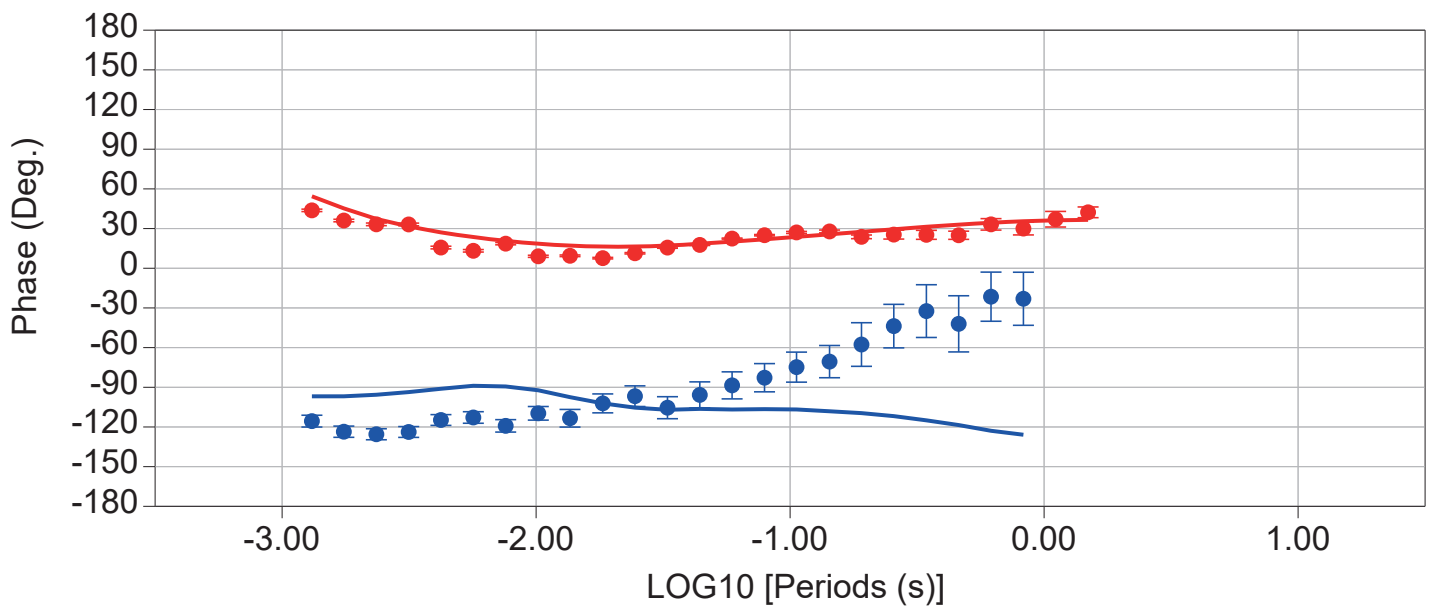
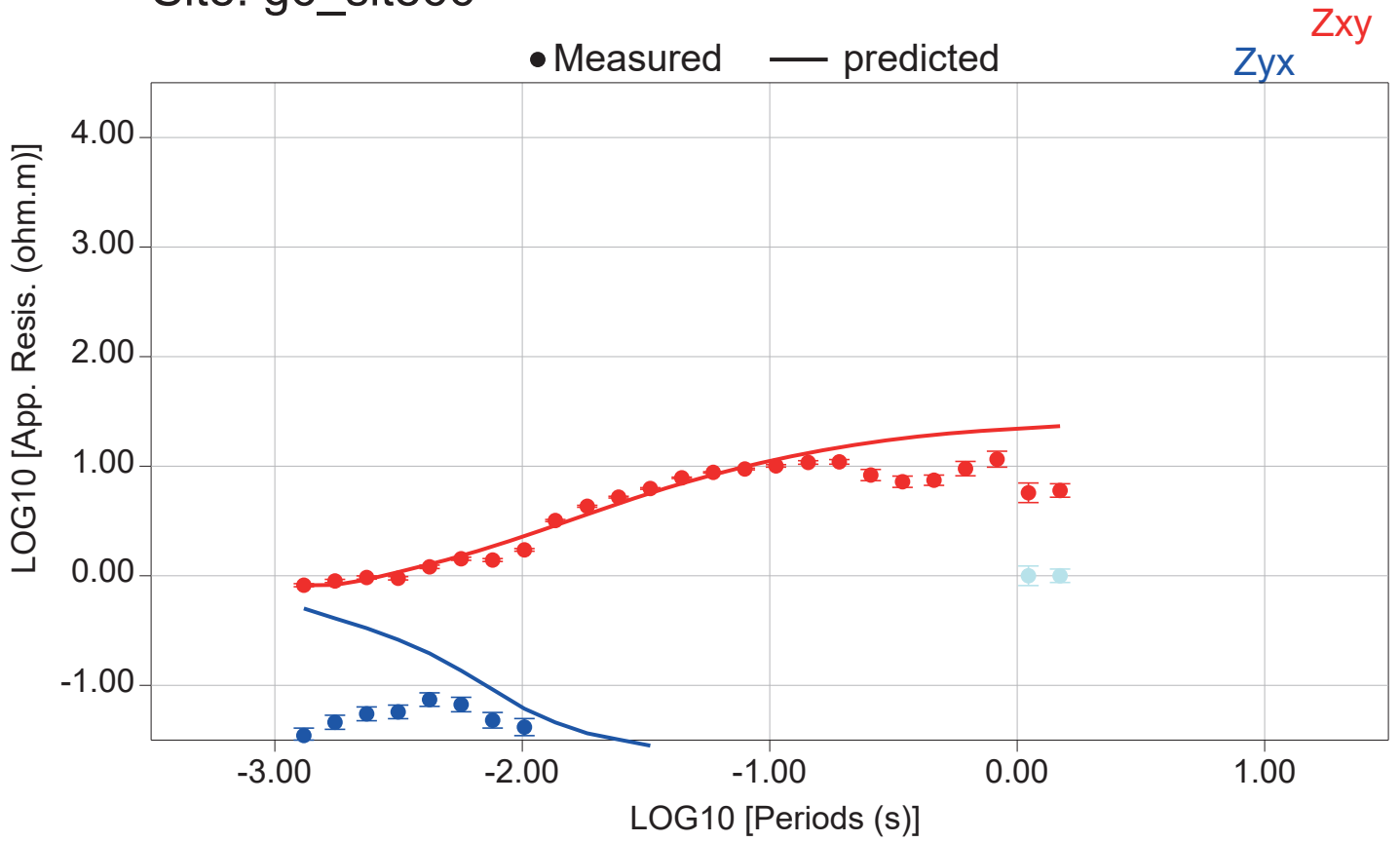
# Site: g6\_site64



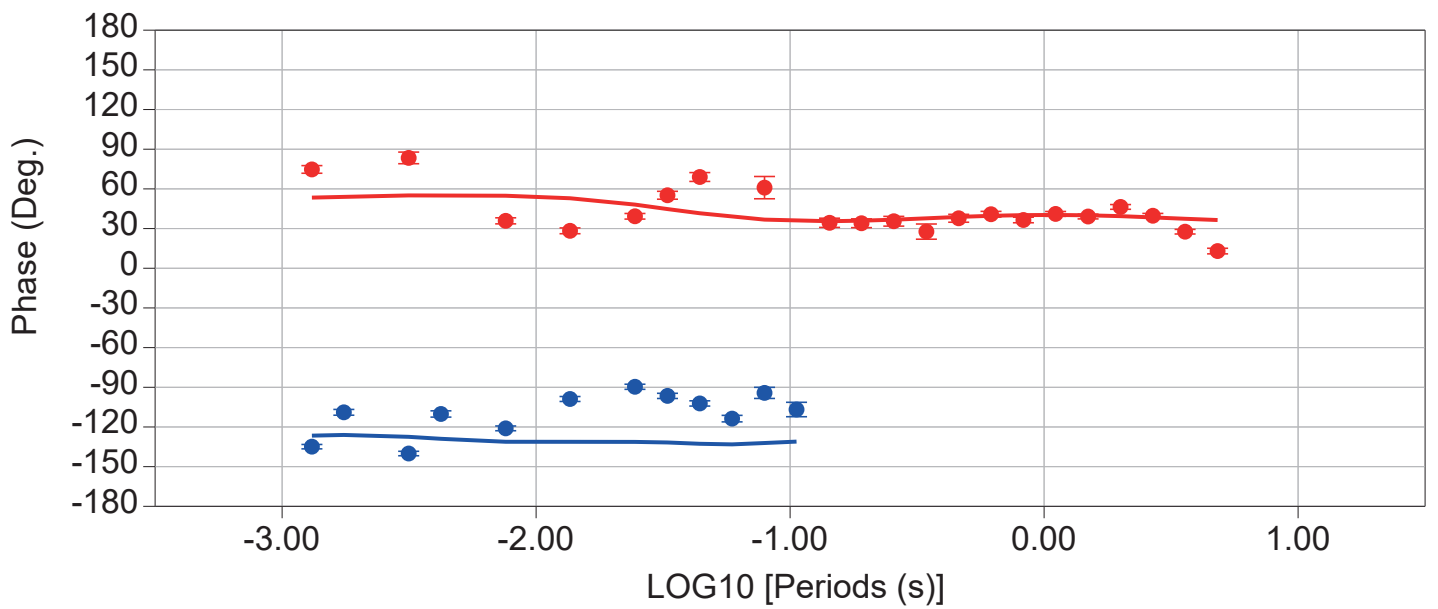
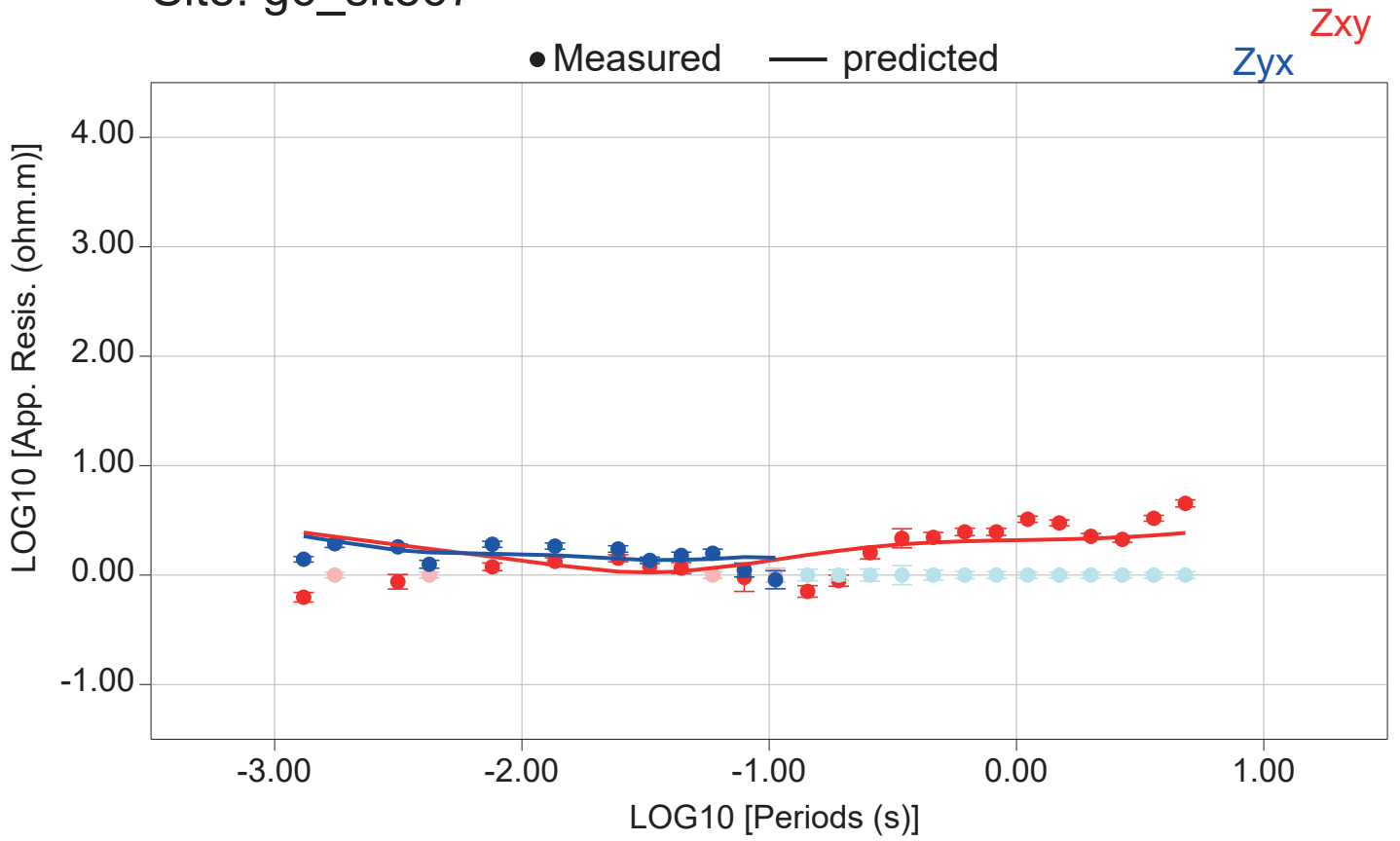
# Site: g6\_site65



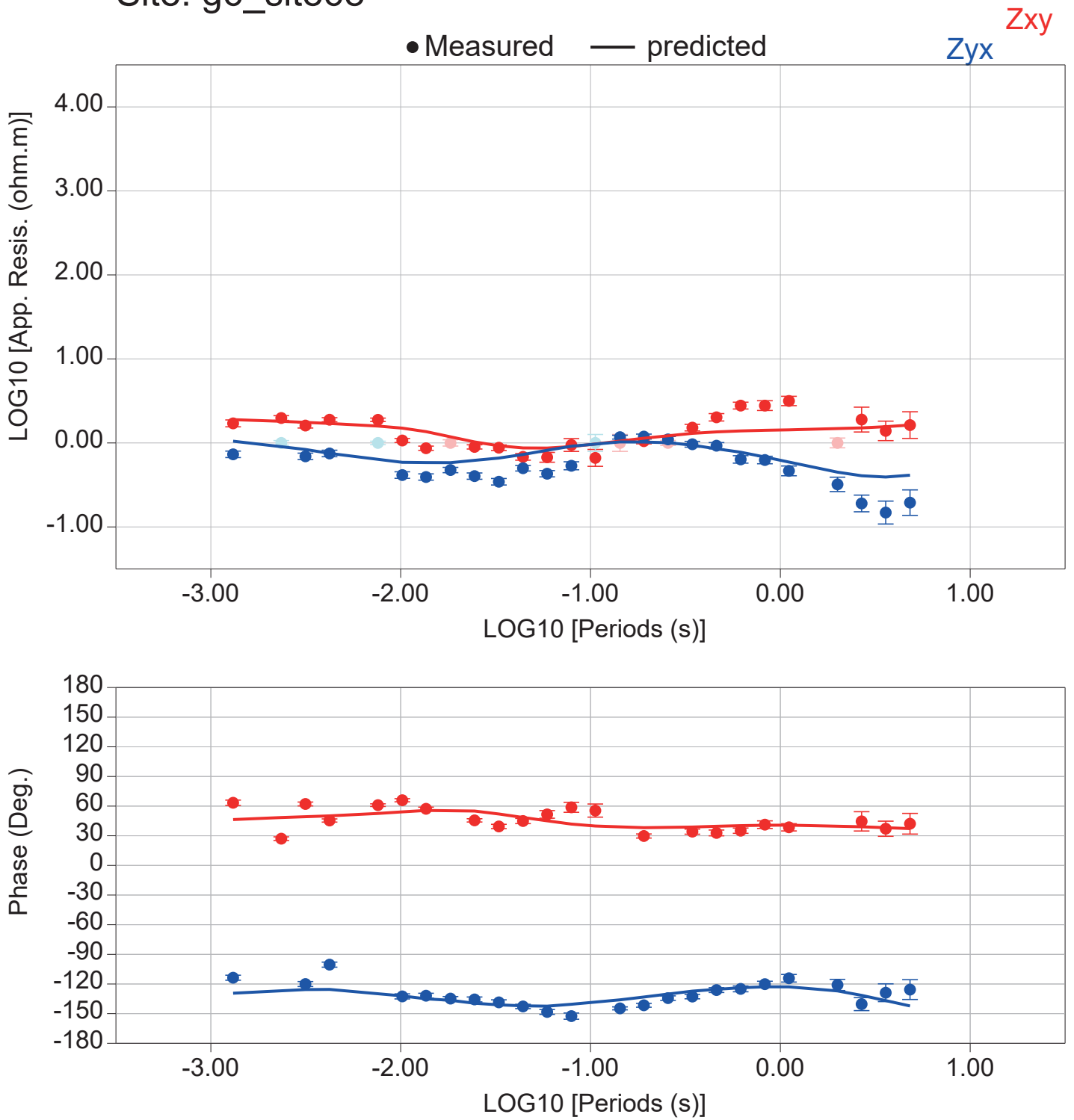
# Site: g6\_site66



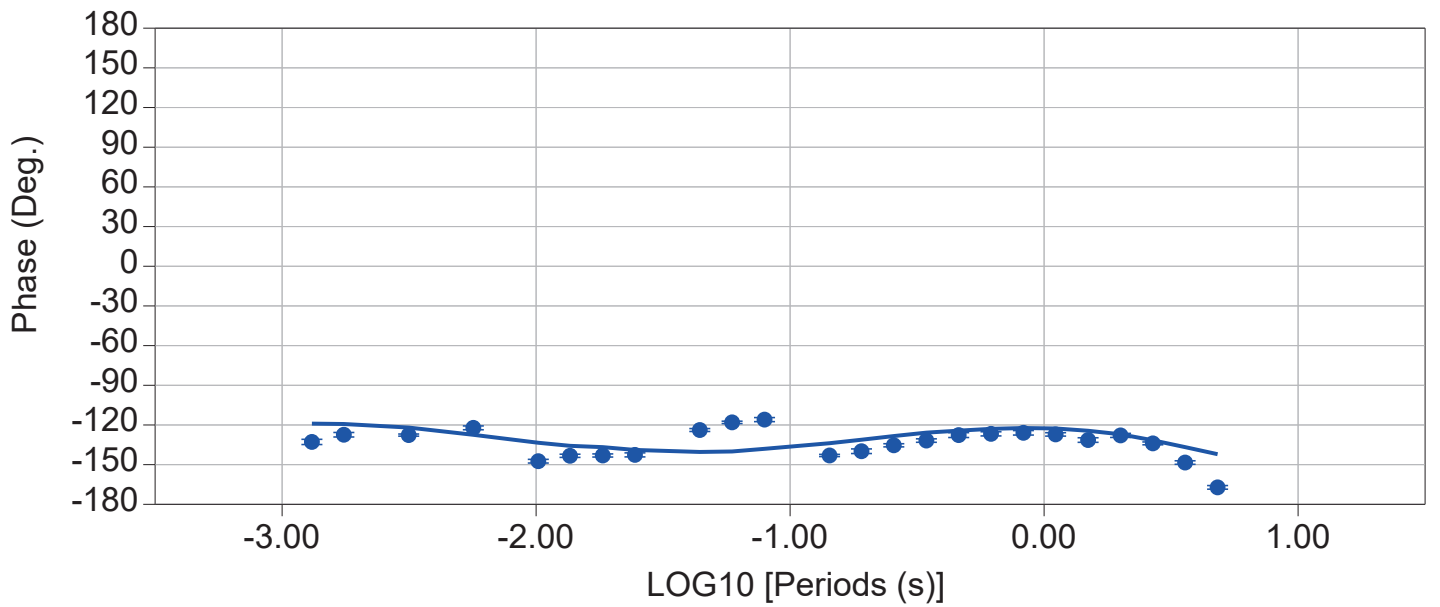
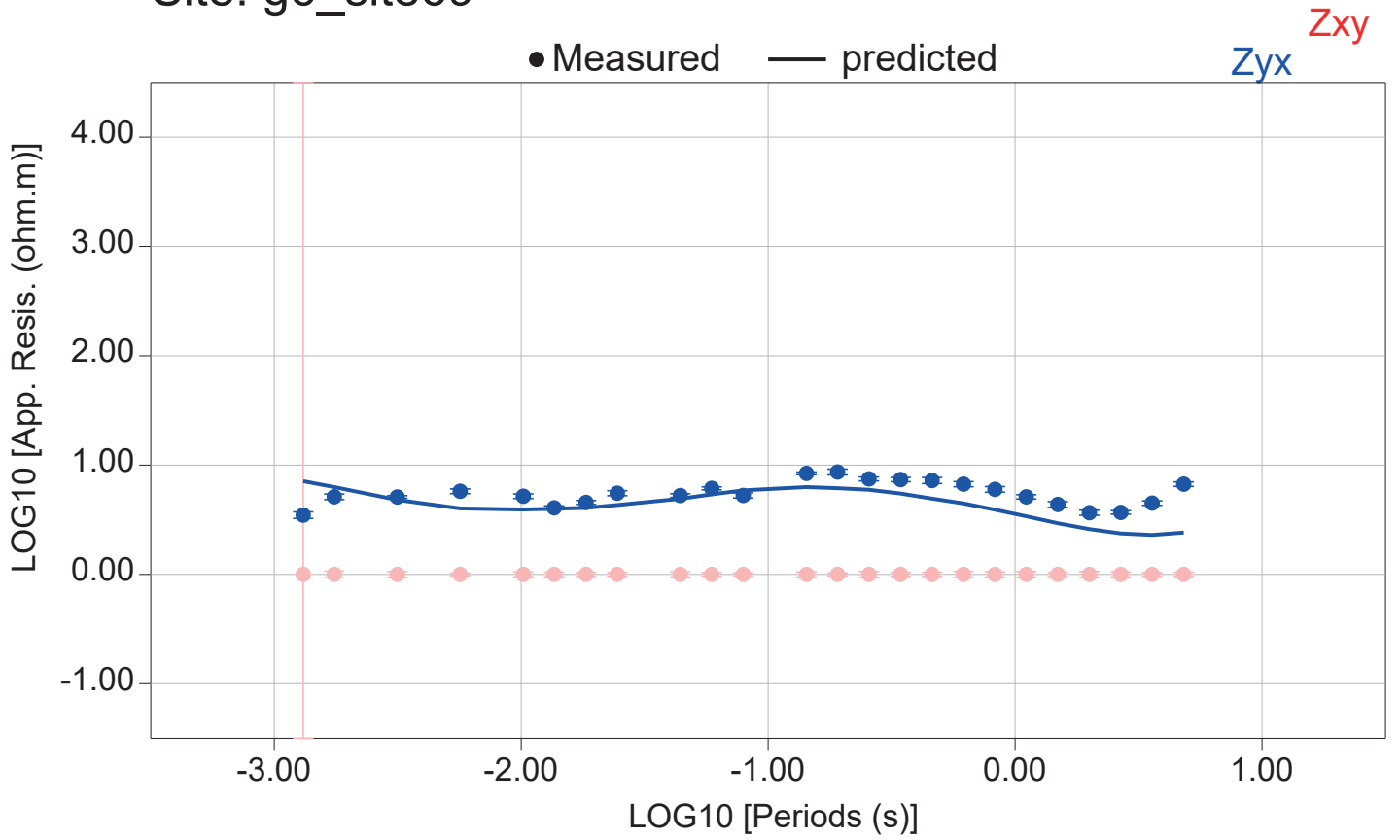
# Site: g6\_site67



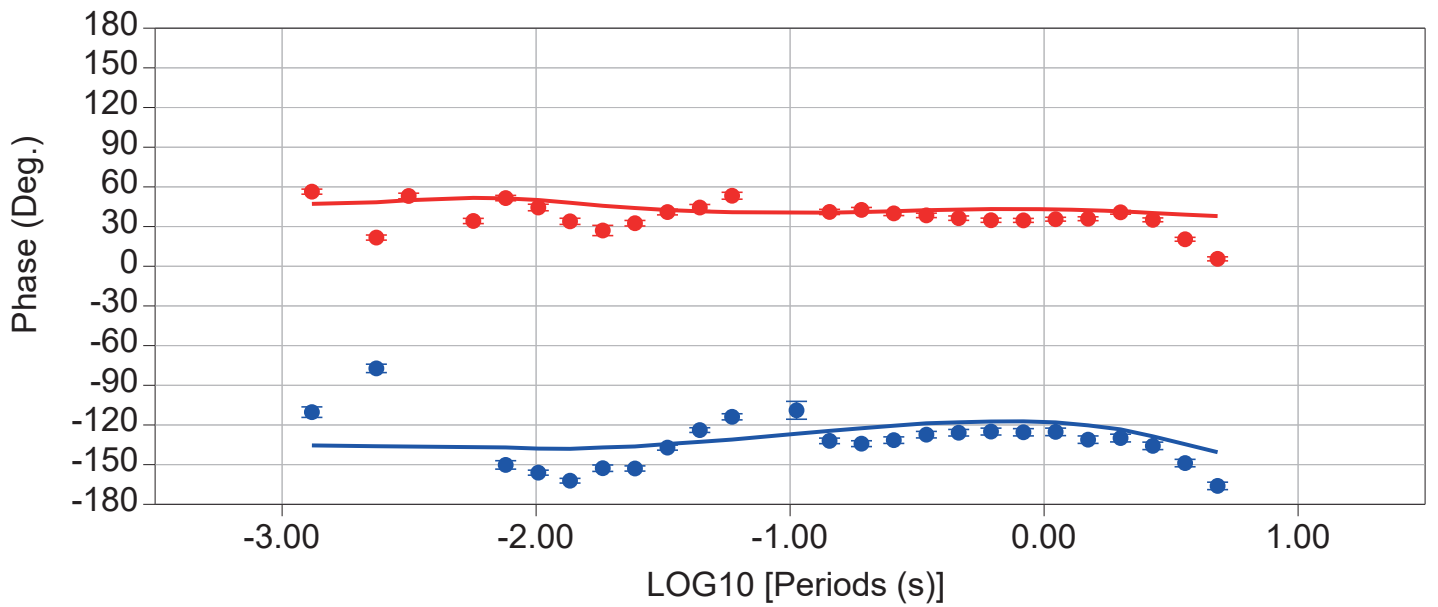
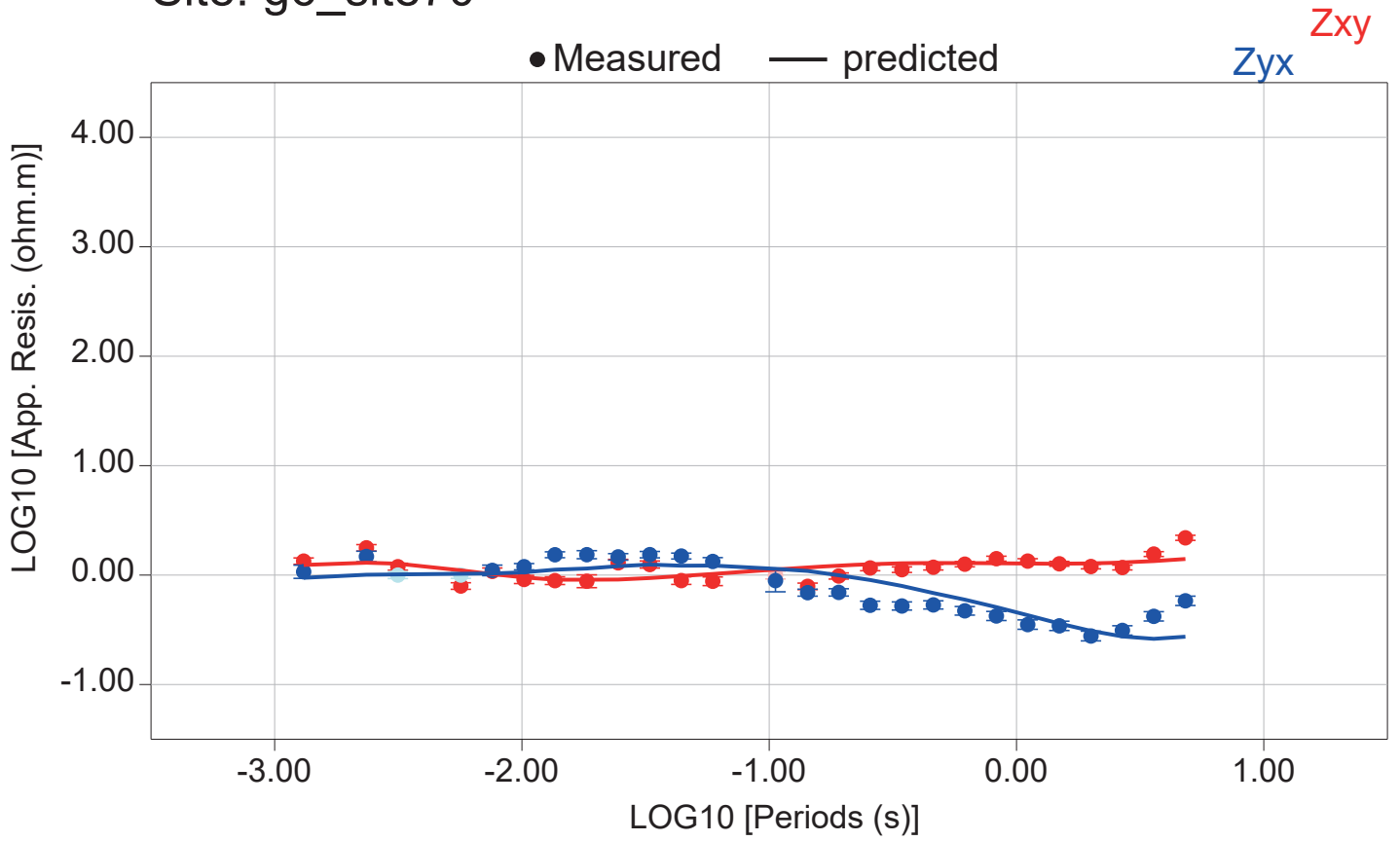
# Site: g6\_site68



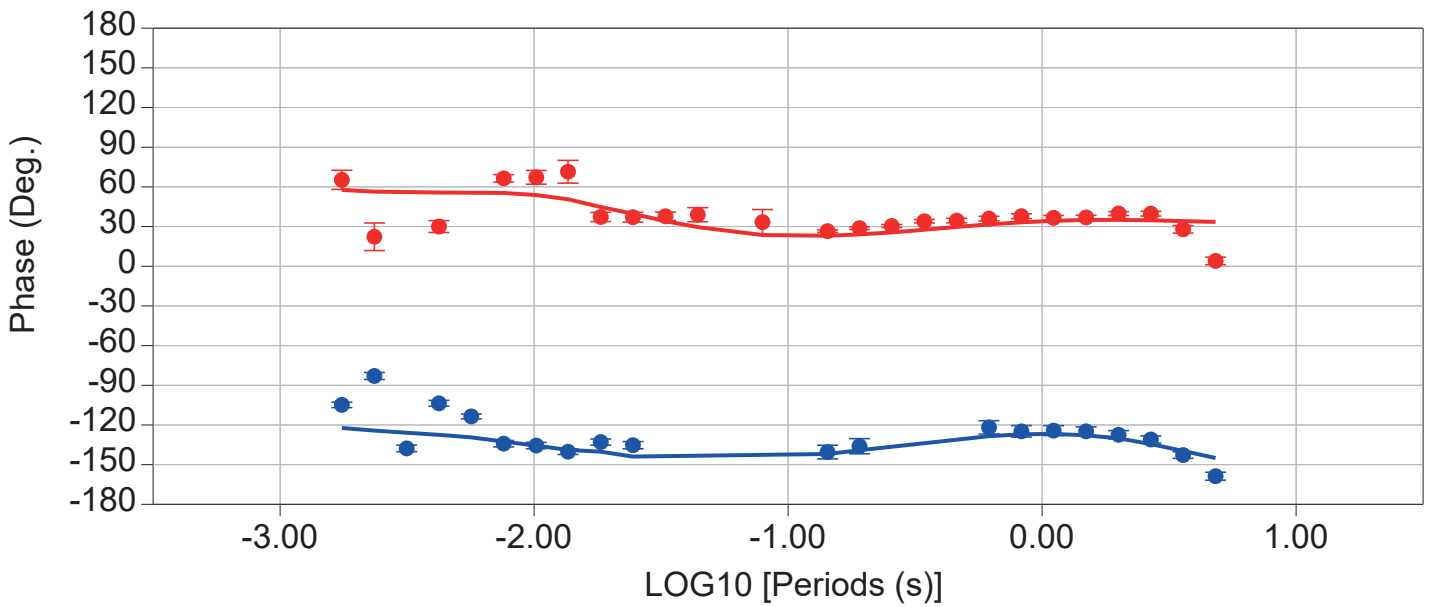
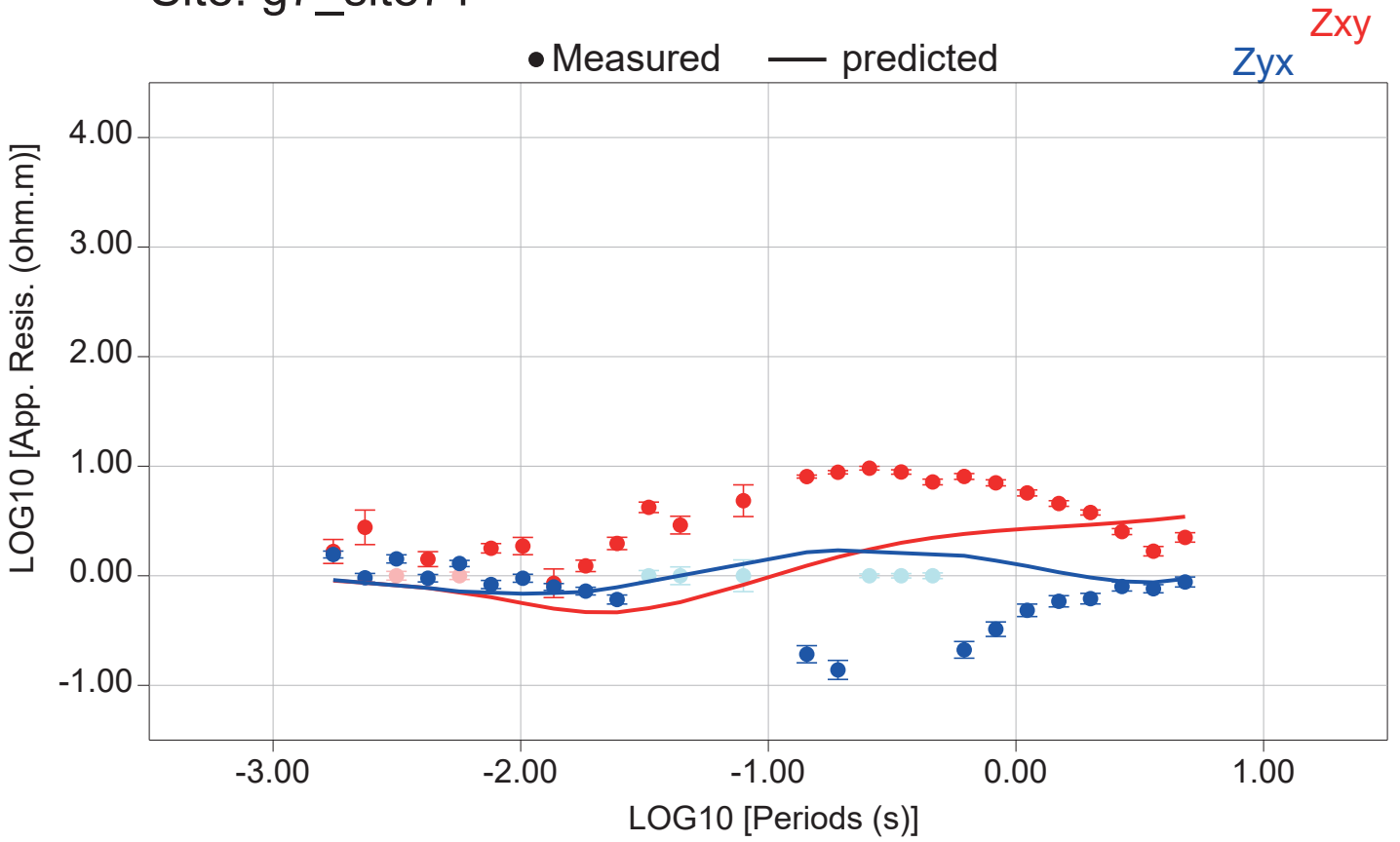
# Site: g6\_site69



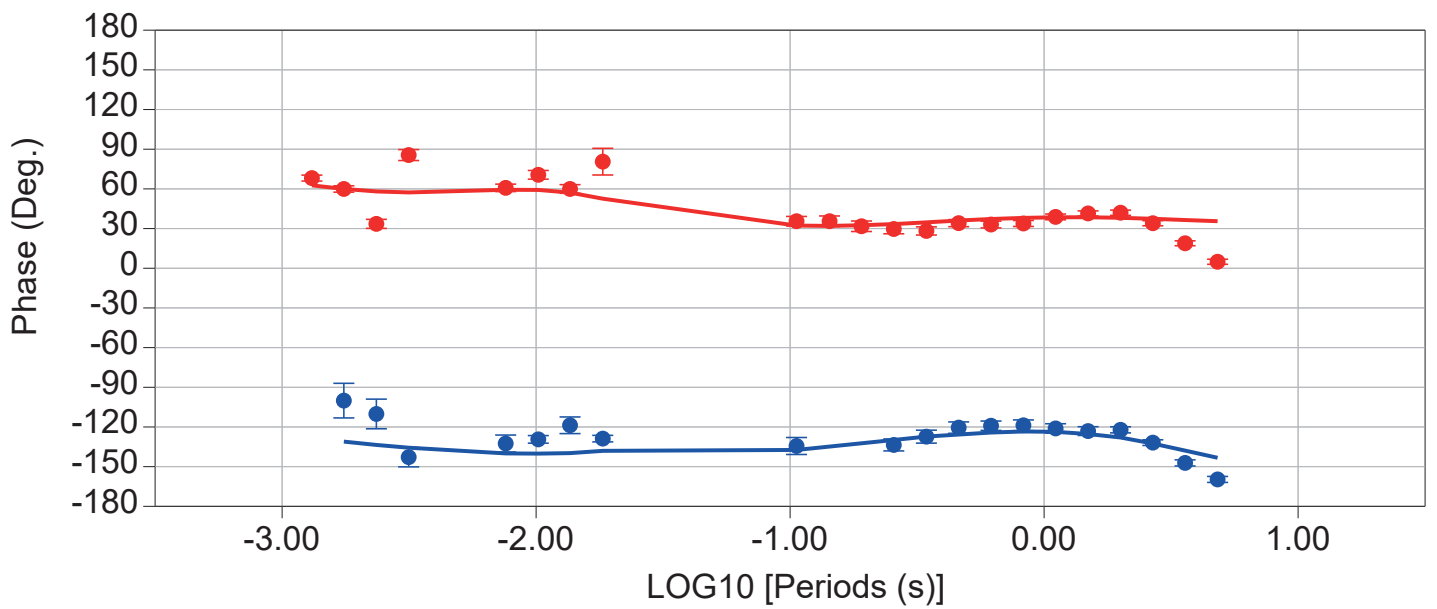
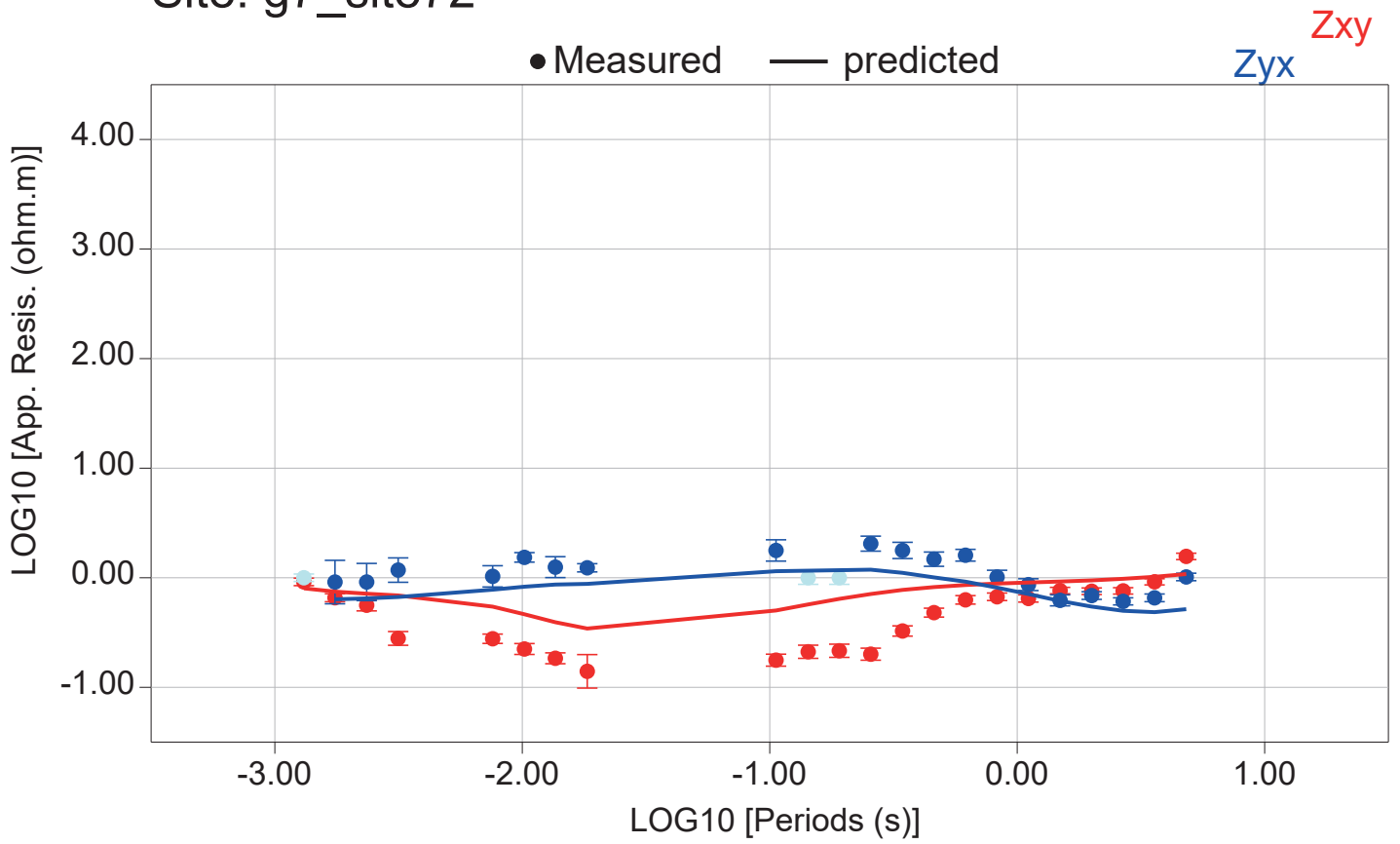
# Site: g6\_site70



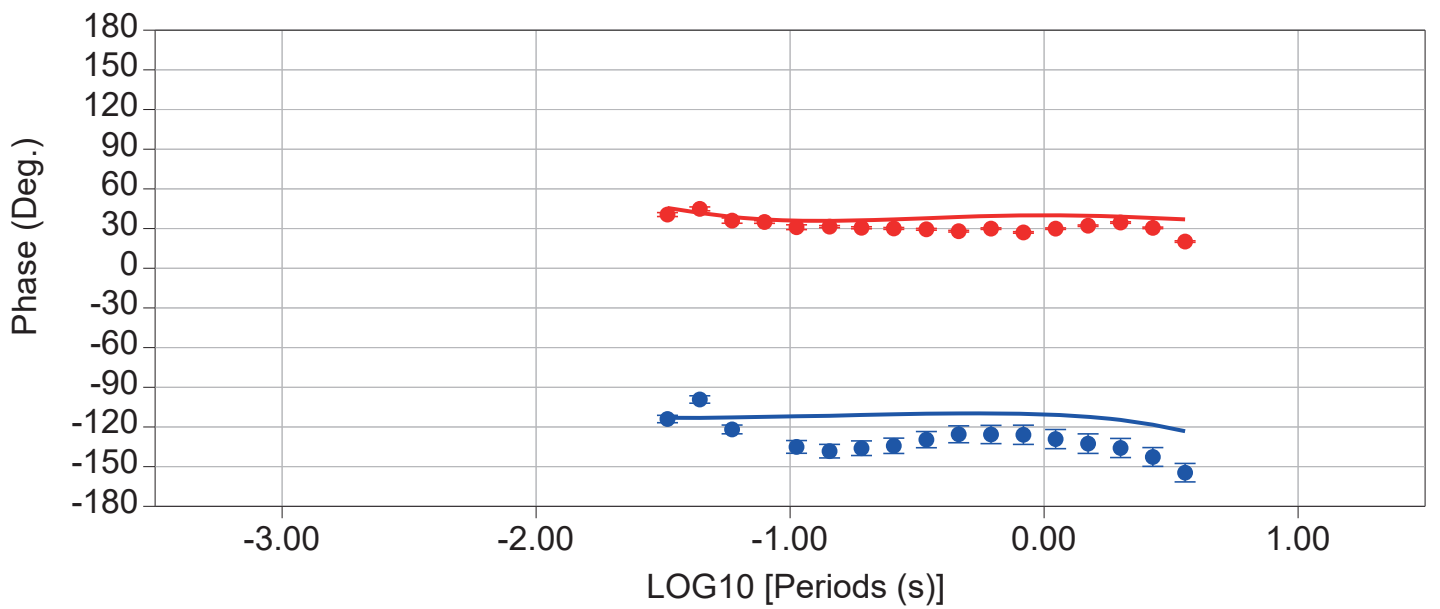
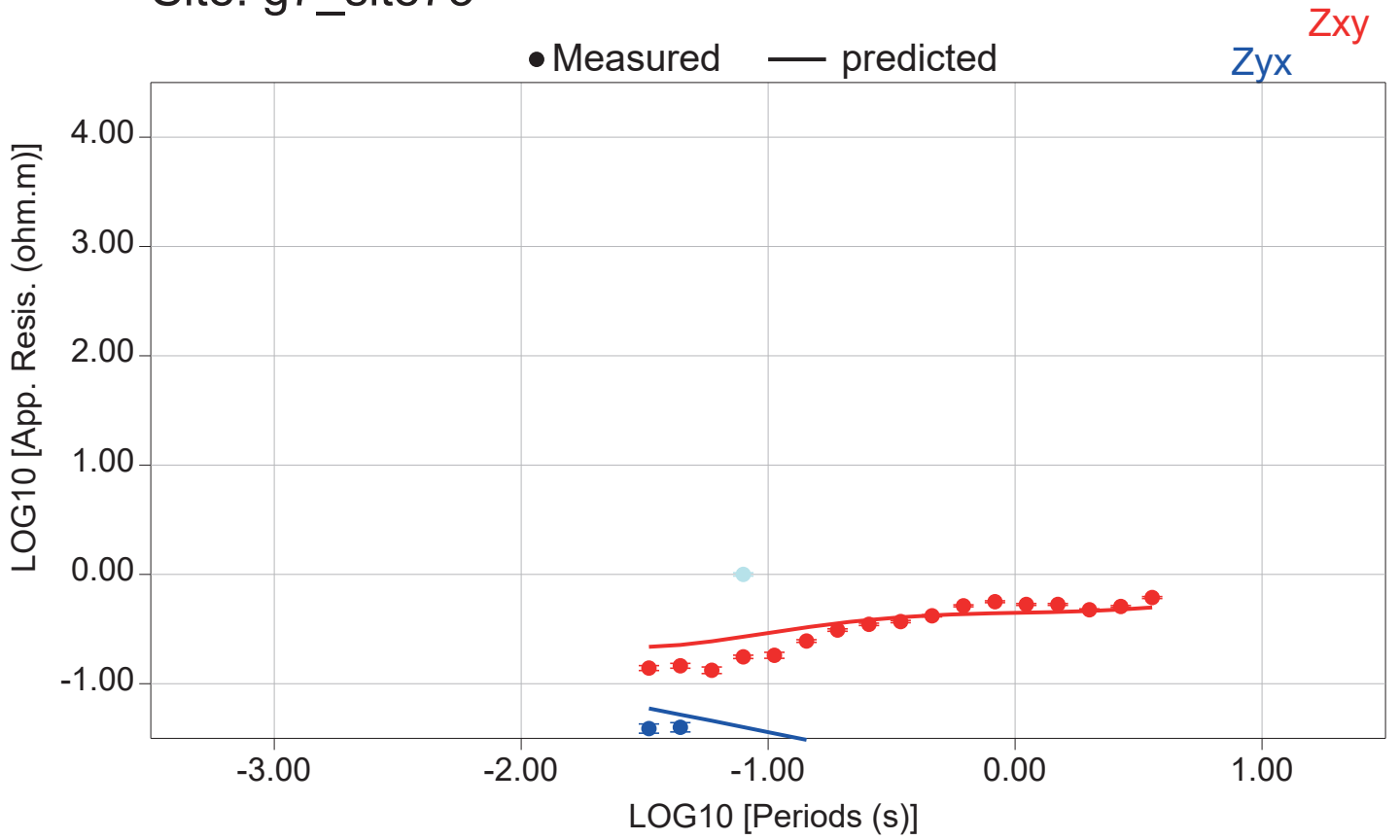
# Site: g7\_site71



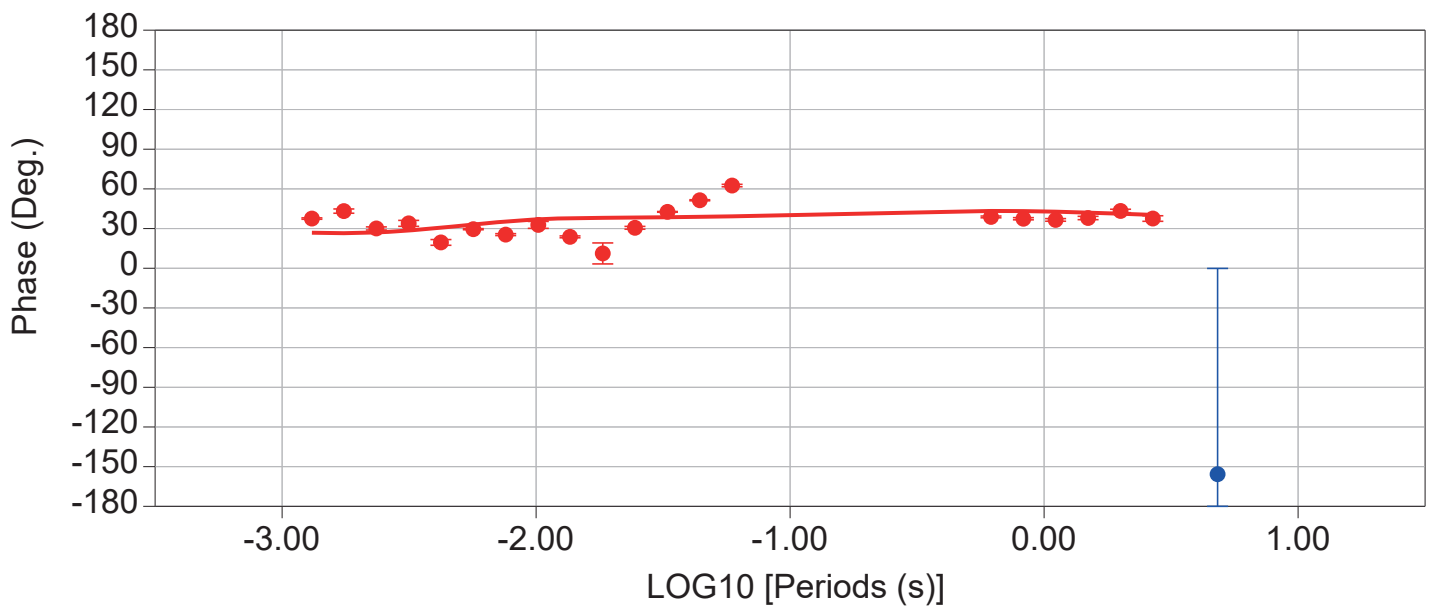
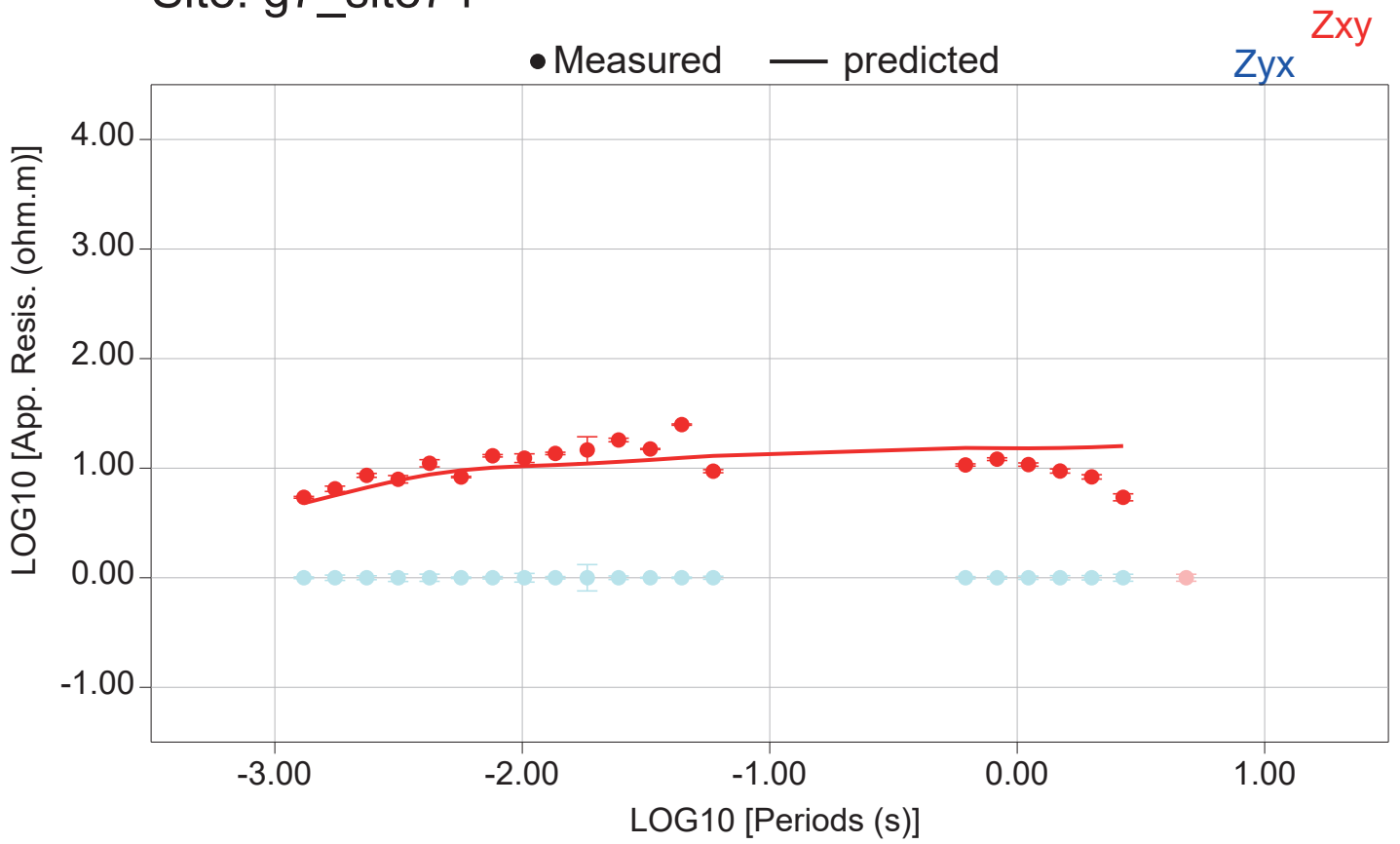
# Site: g7\_site72



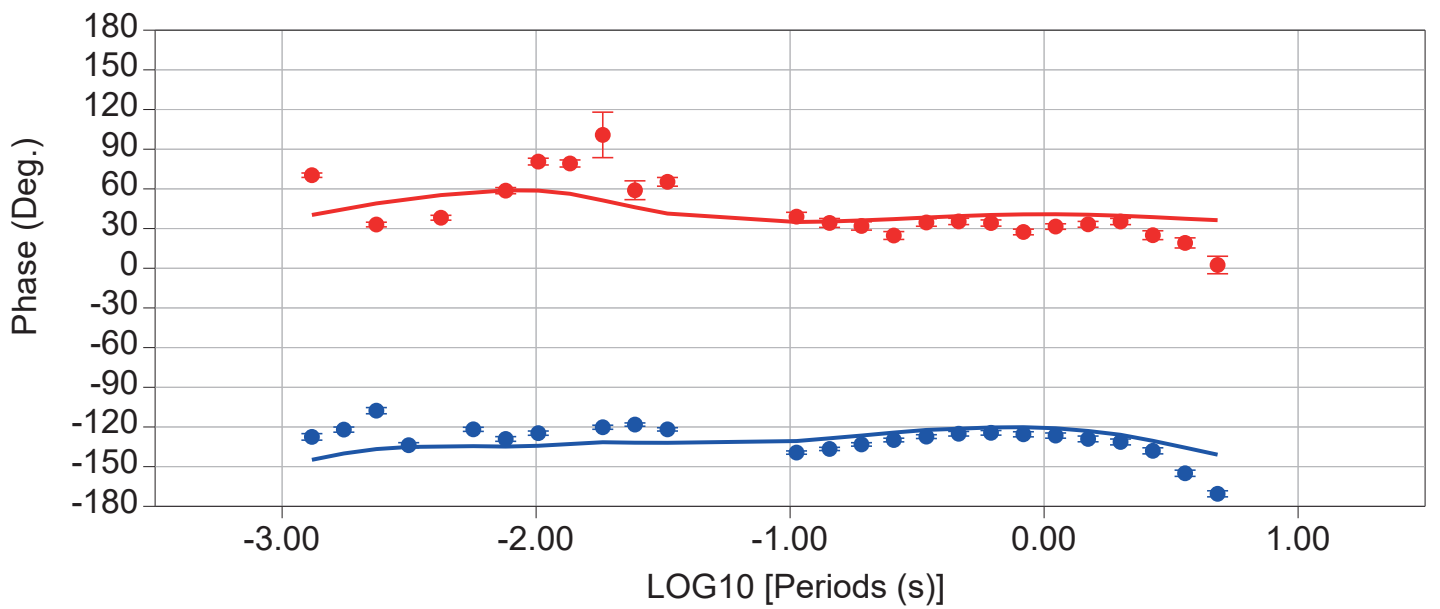
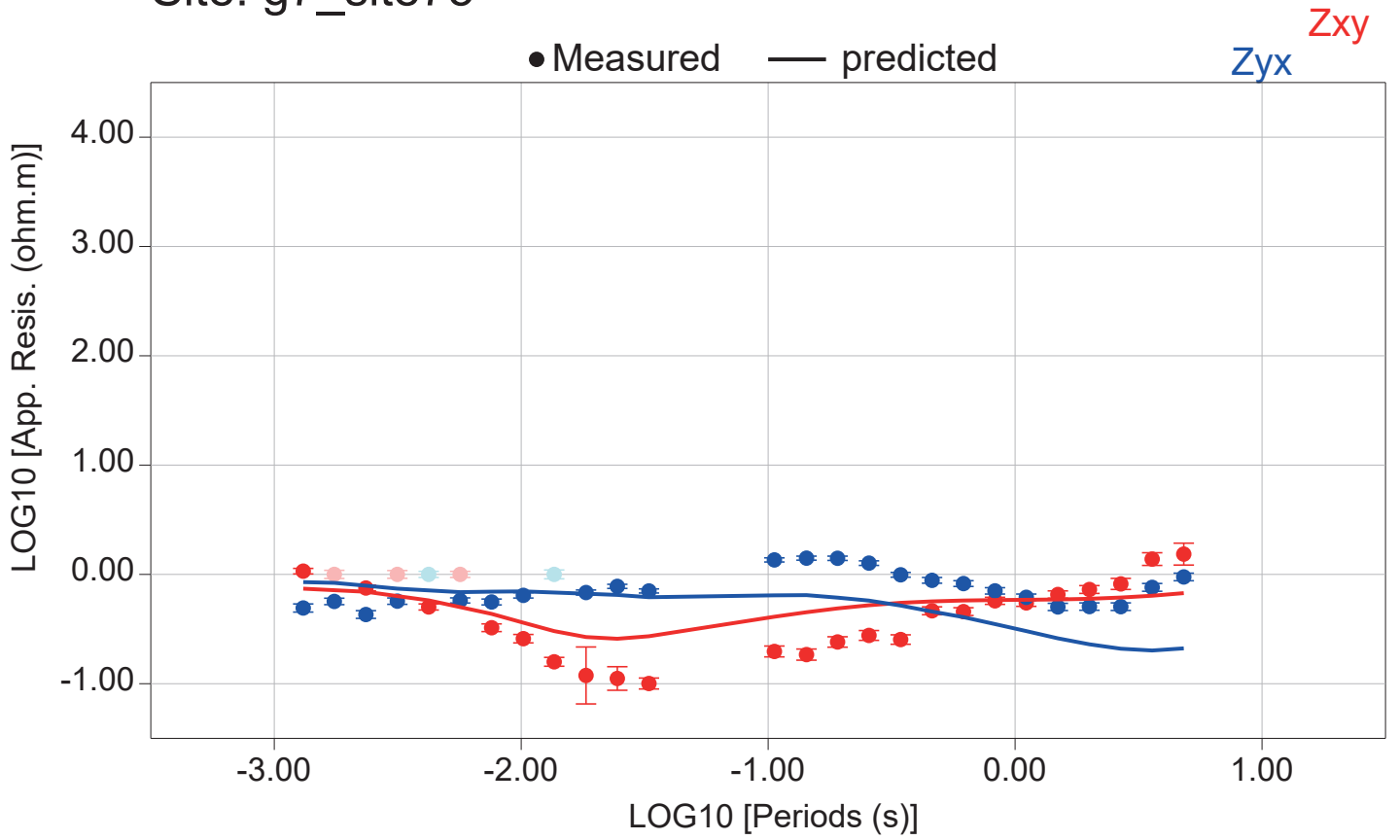
# Site: g7\_site73



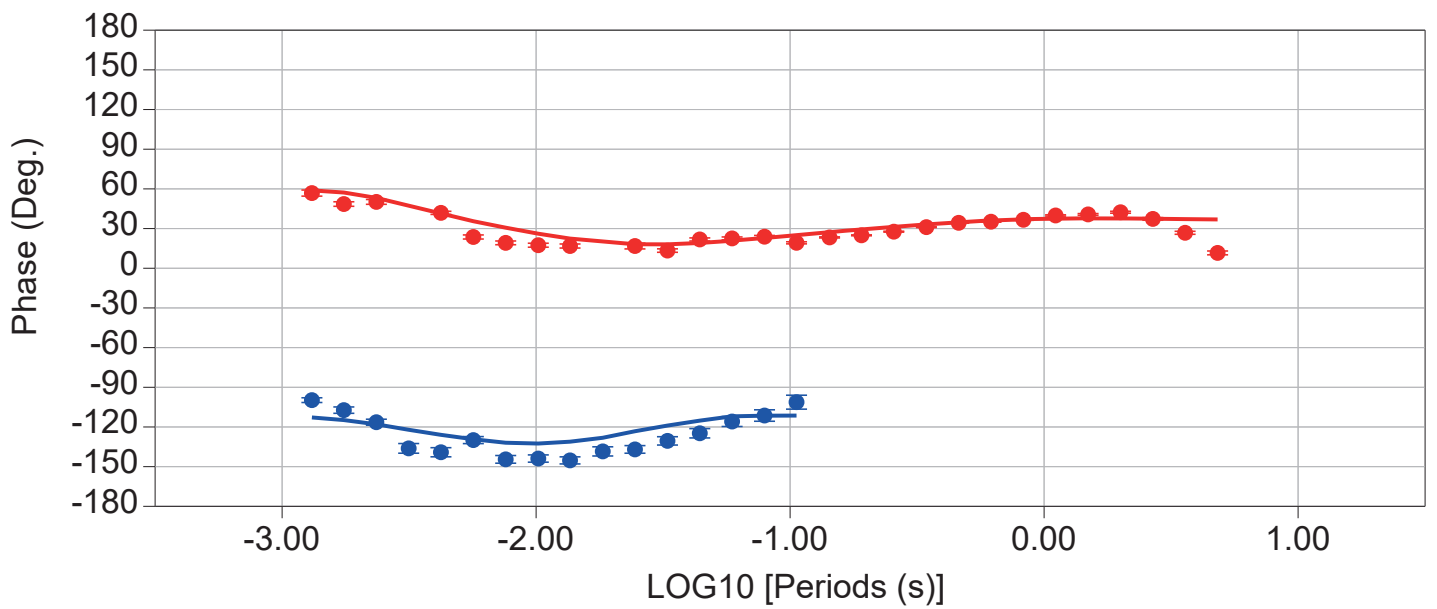
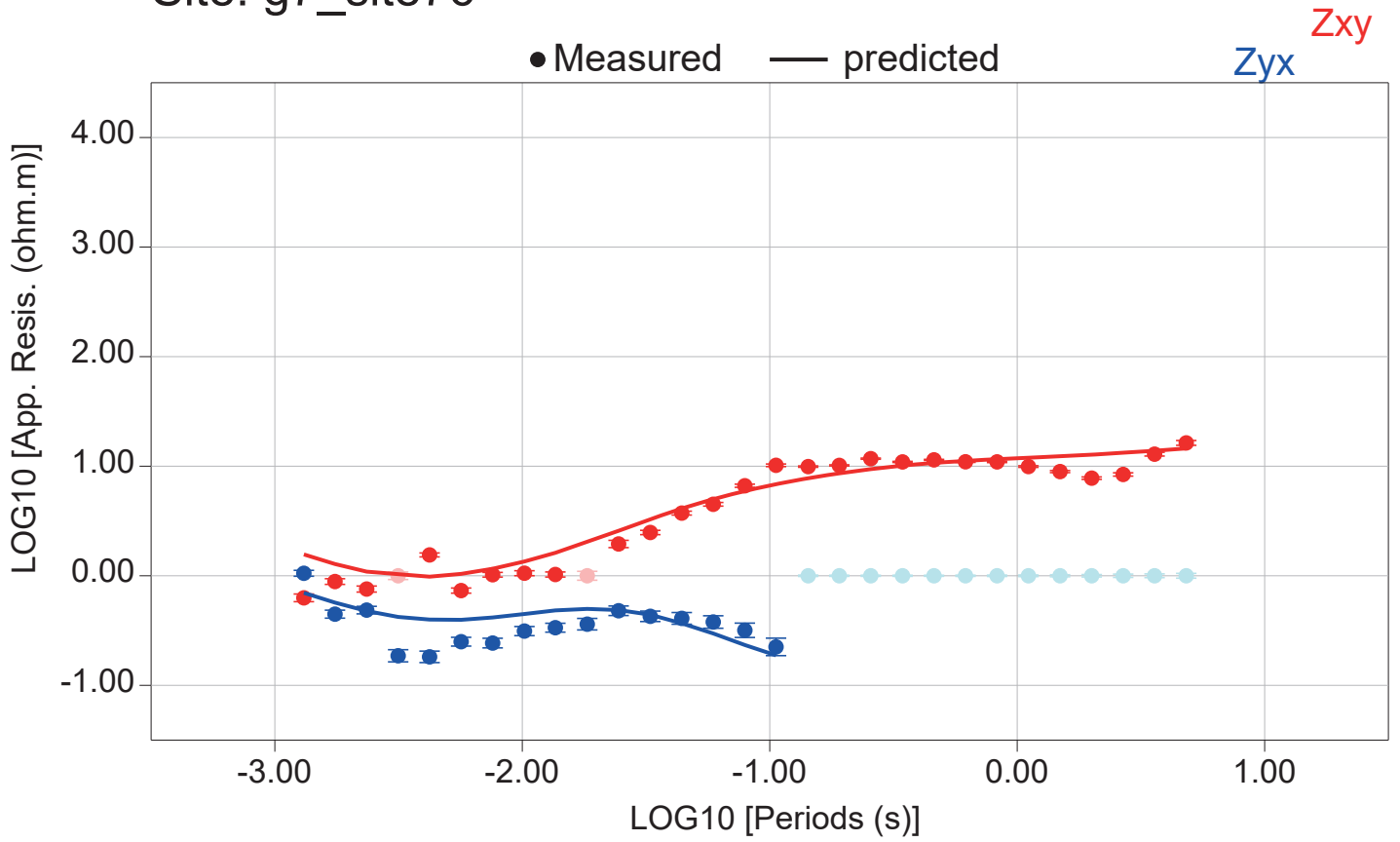
# Site: g7\_site74



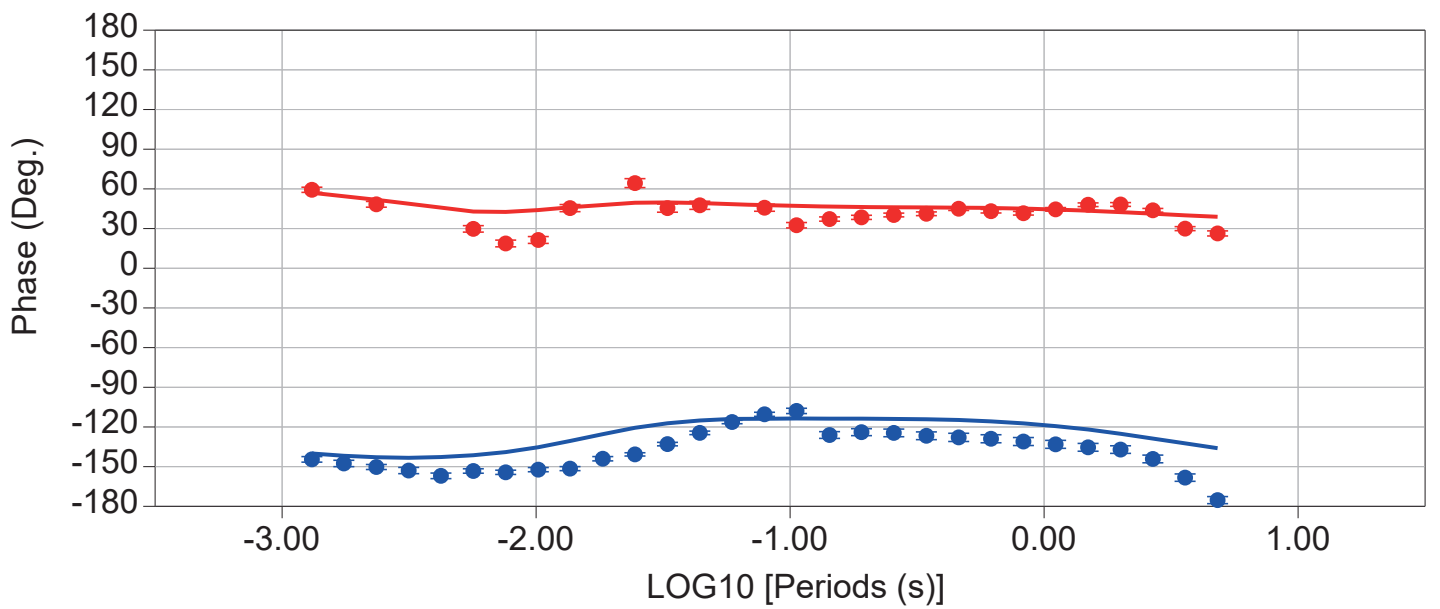
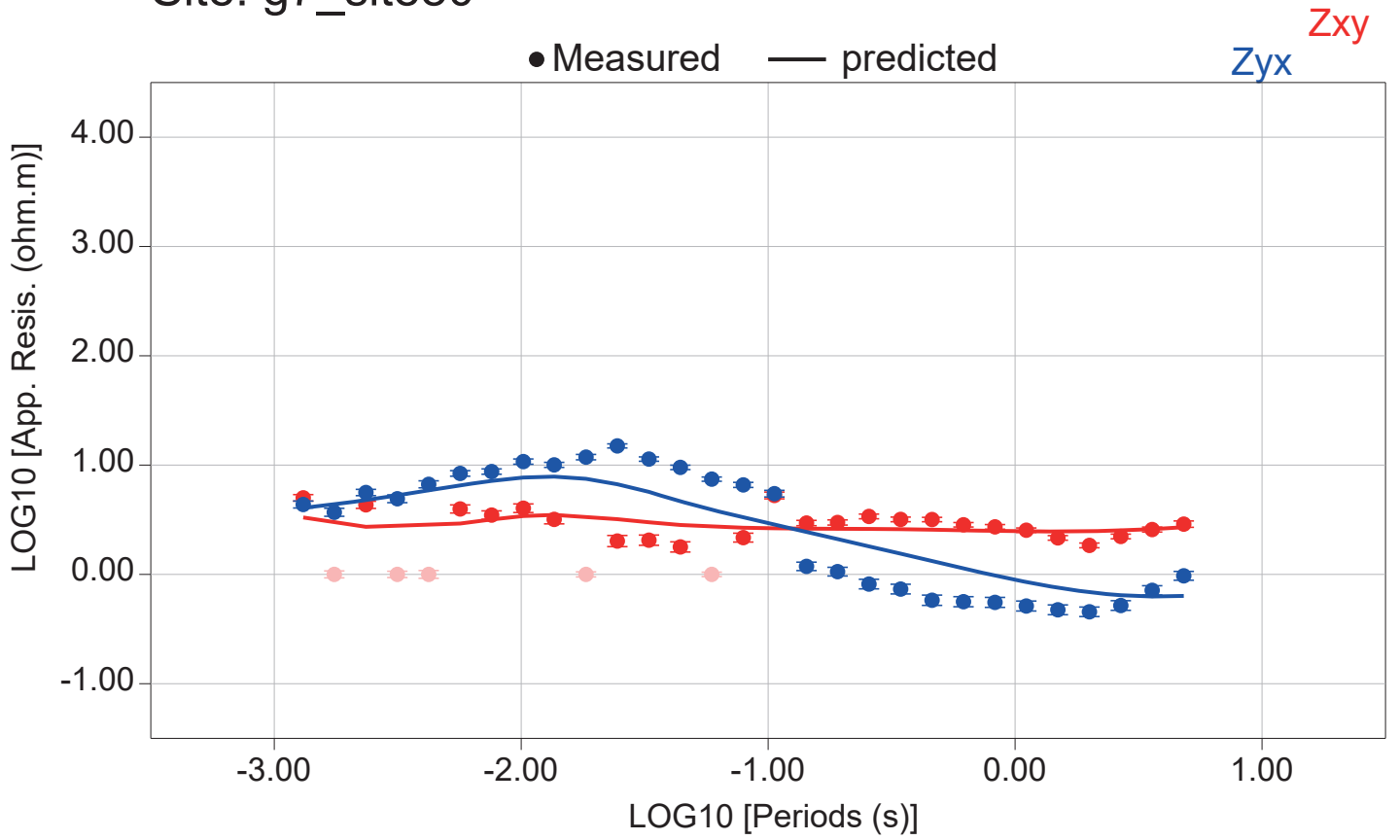
# Site: g7\_site75



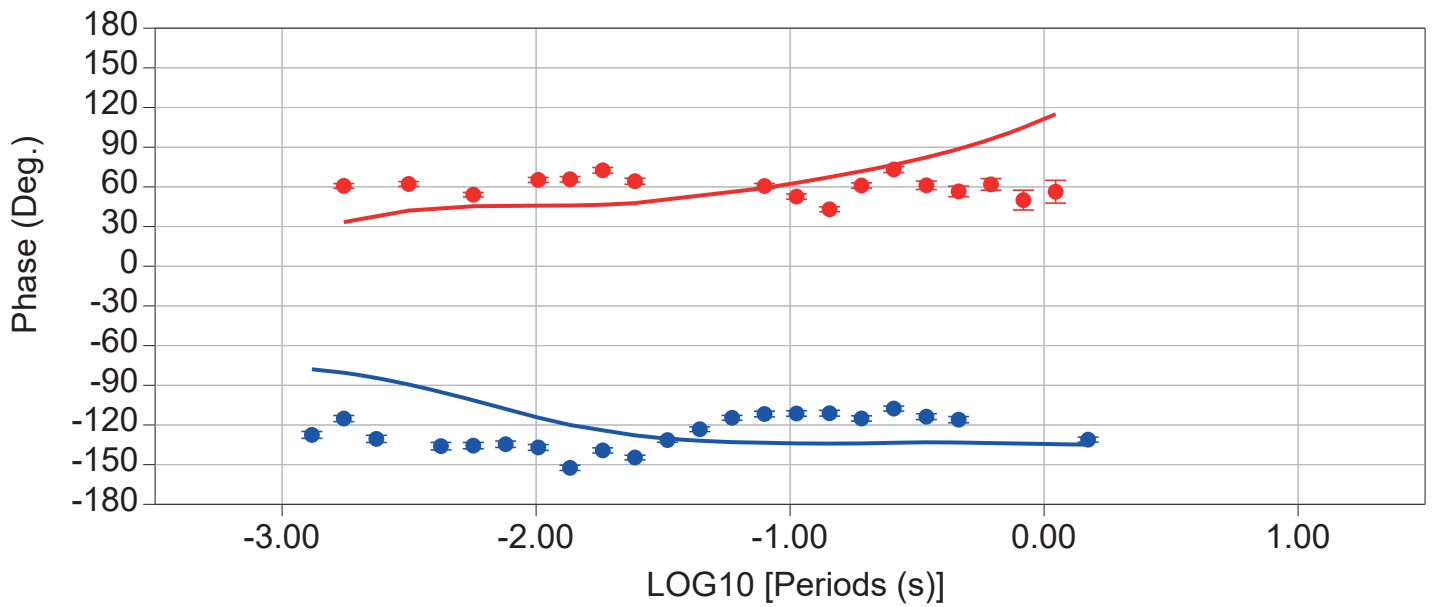
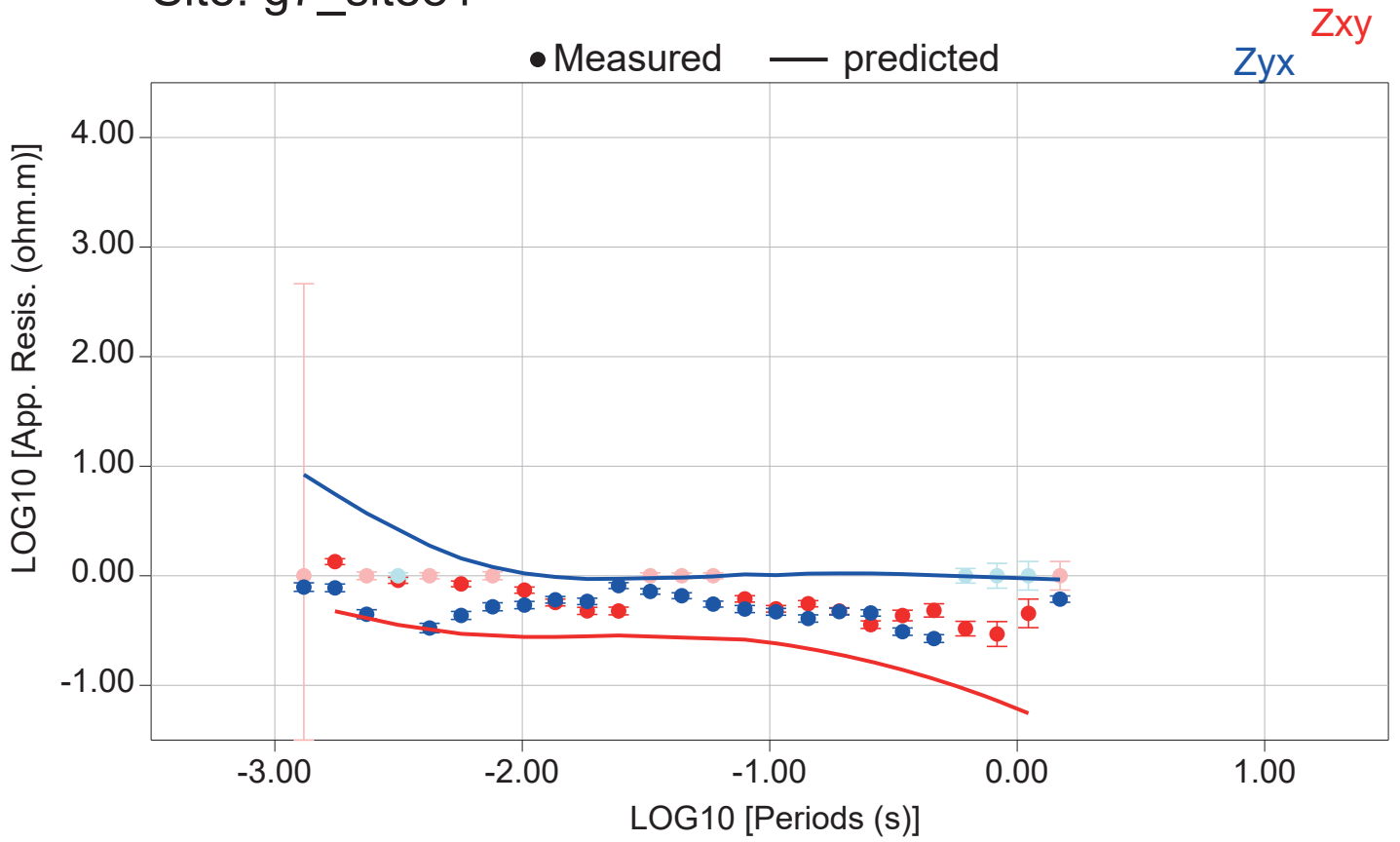
# Site: g7\_site76



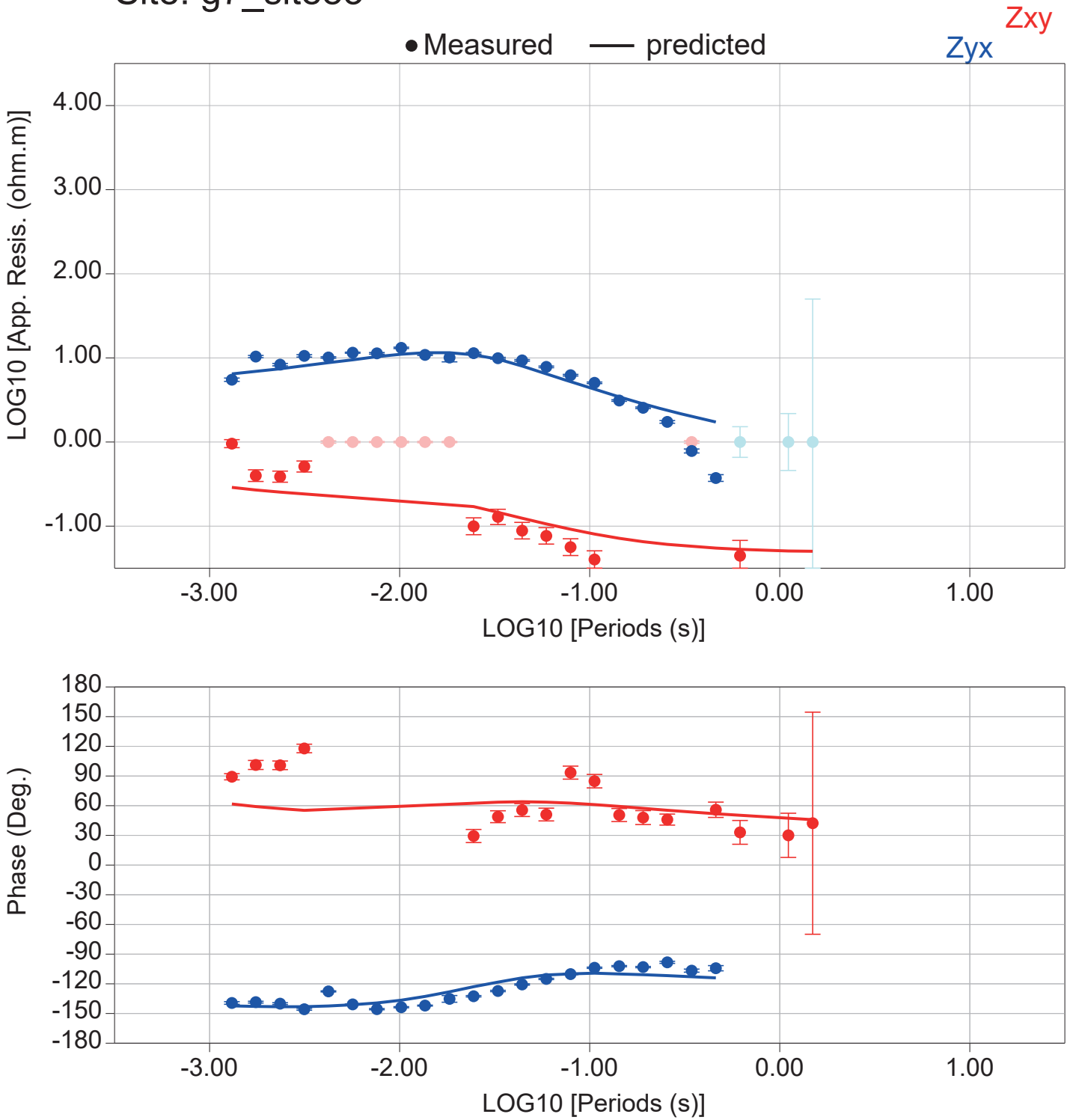
# Site: g7\_site80



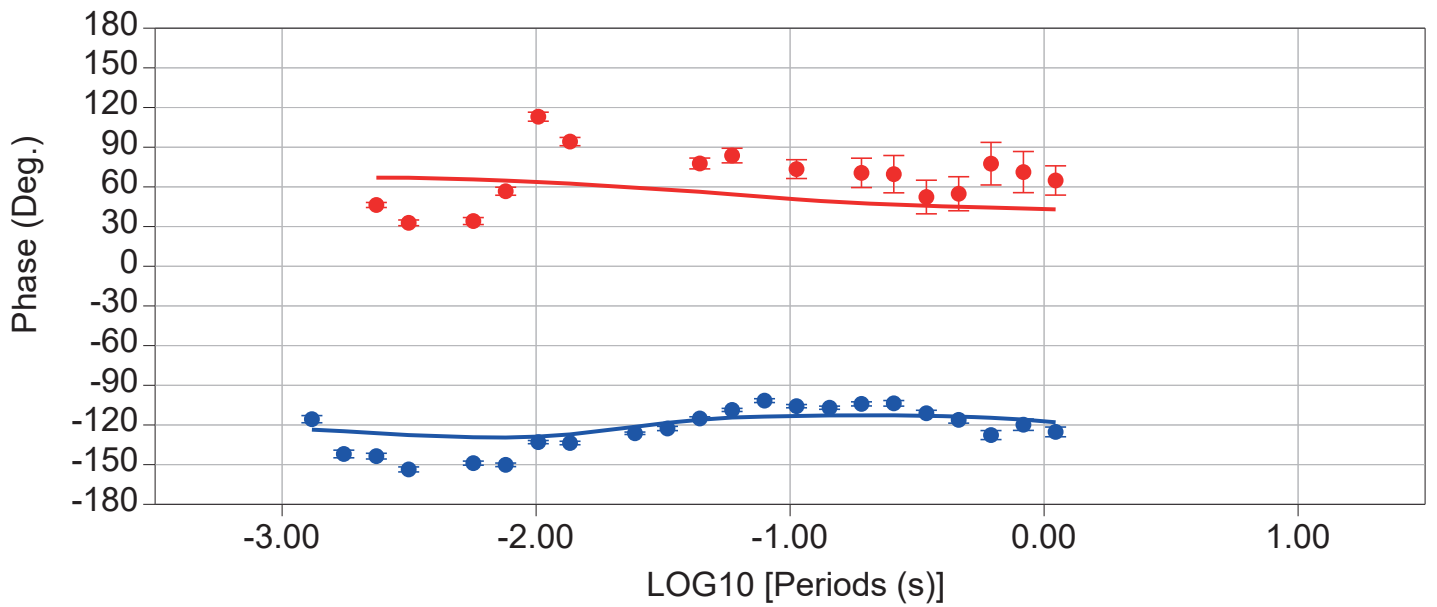
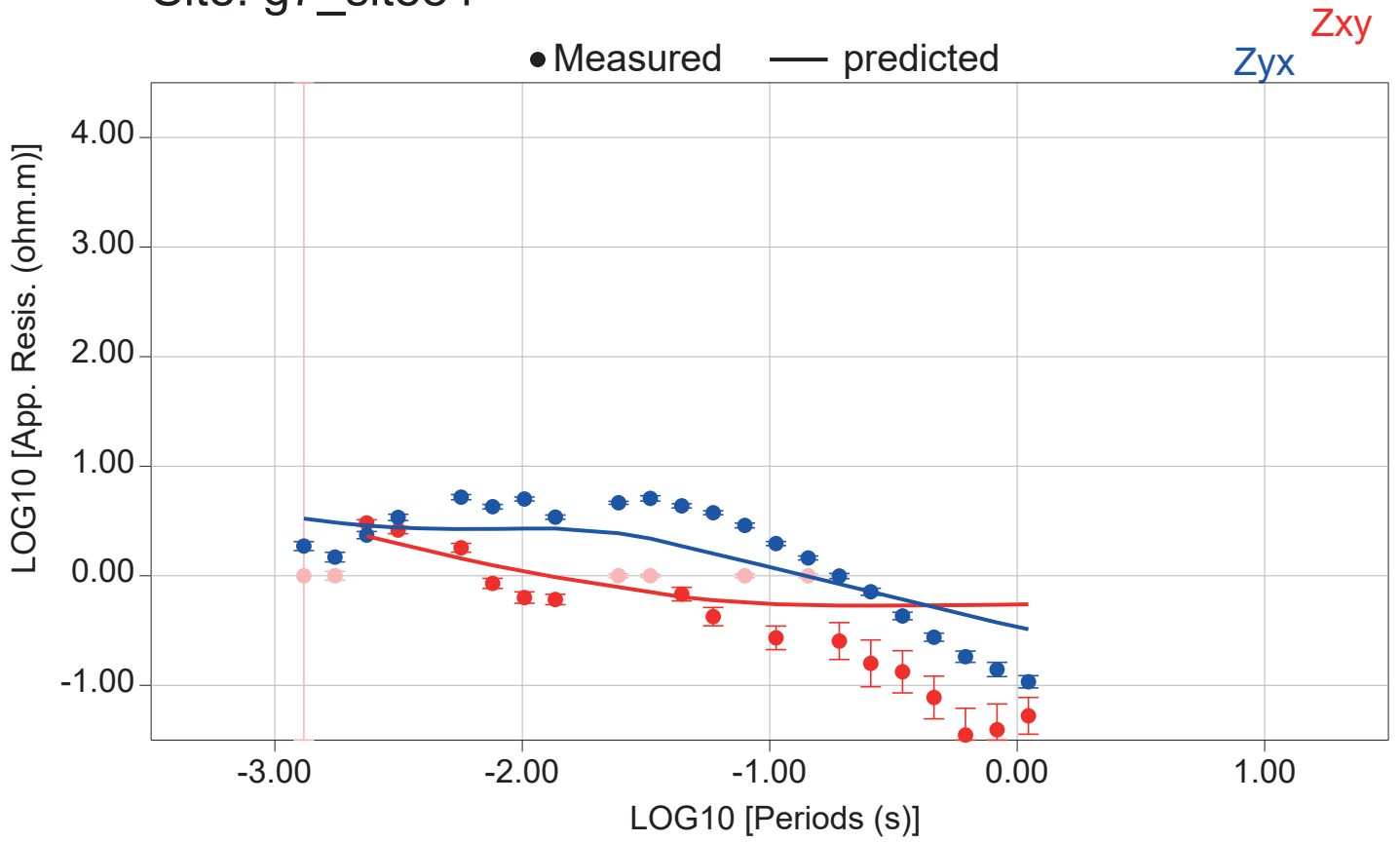
# Site: g7\_site81



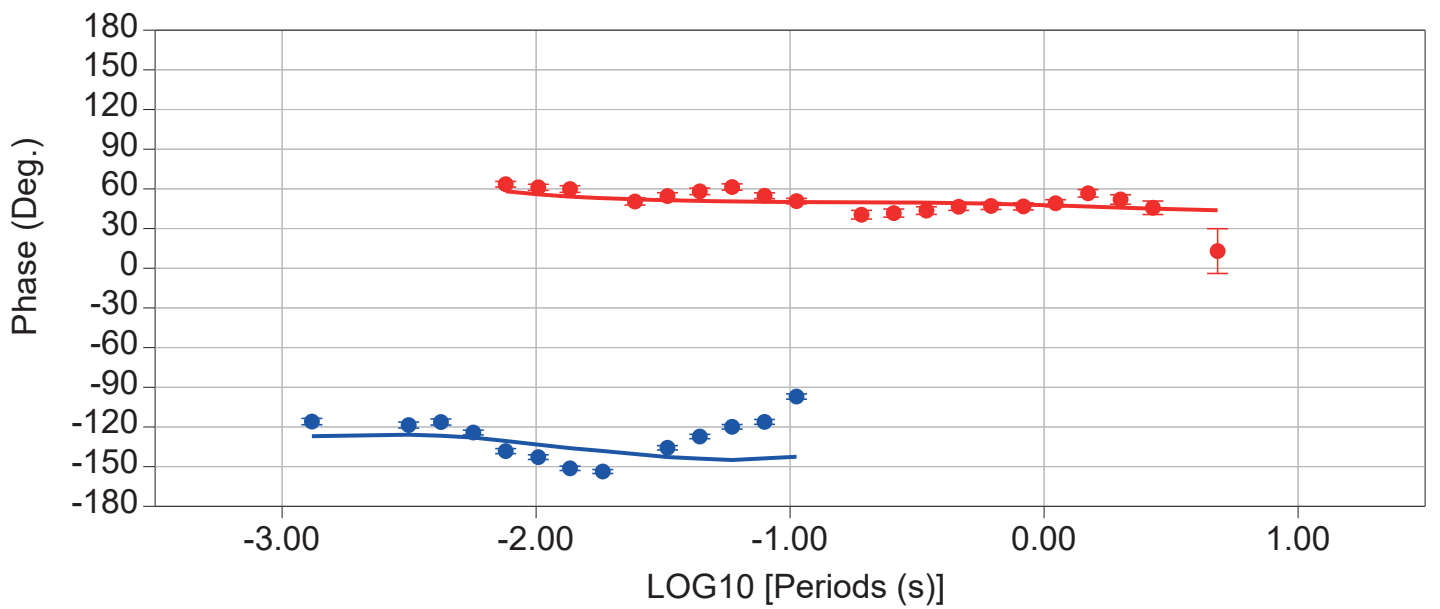
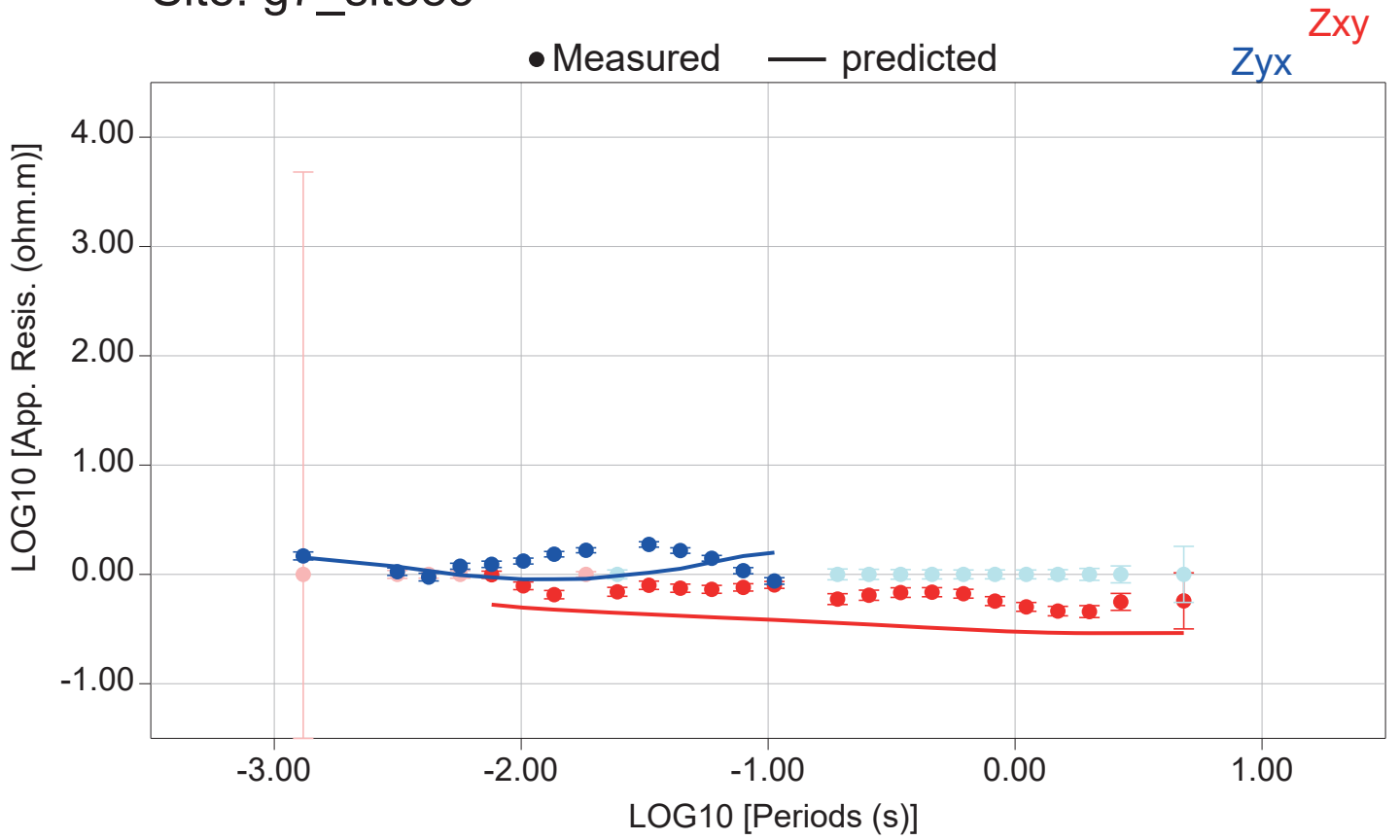
# Site: g7\_site83



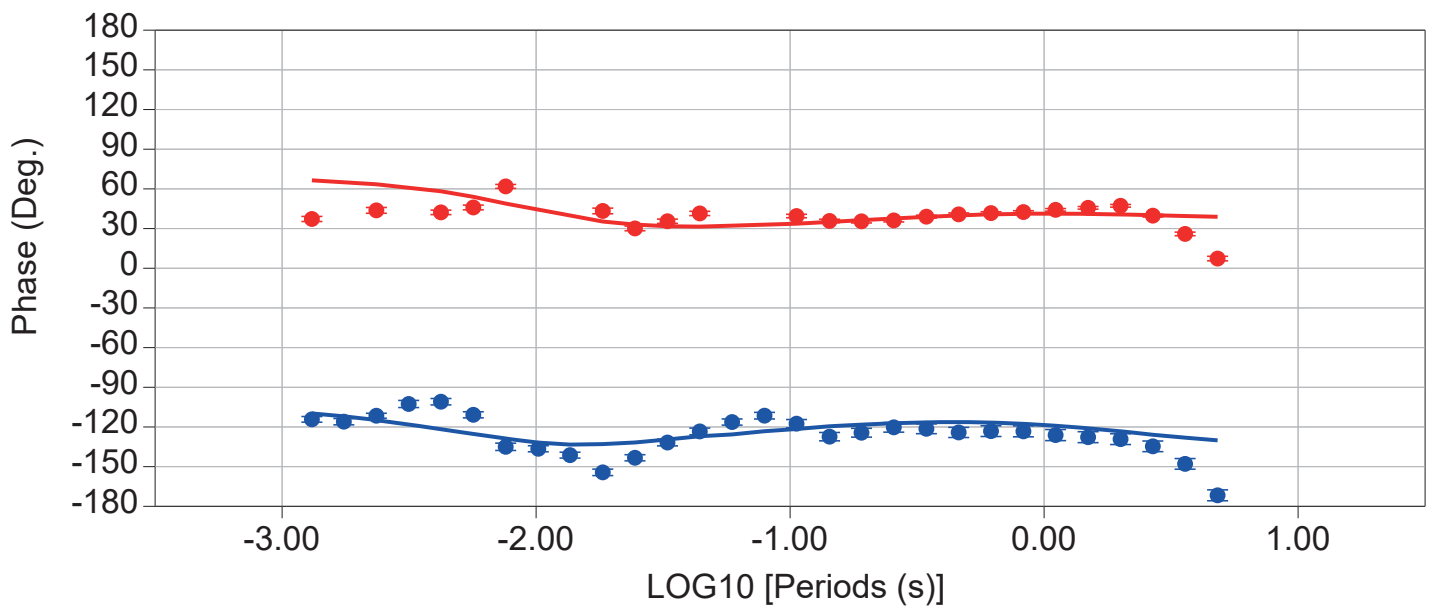
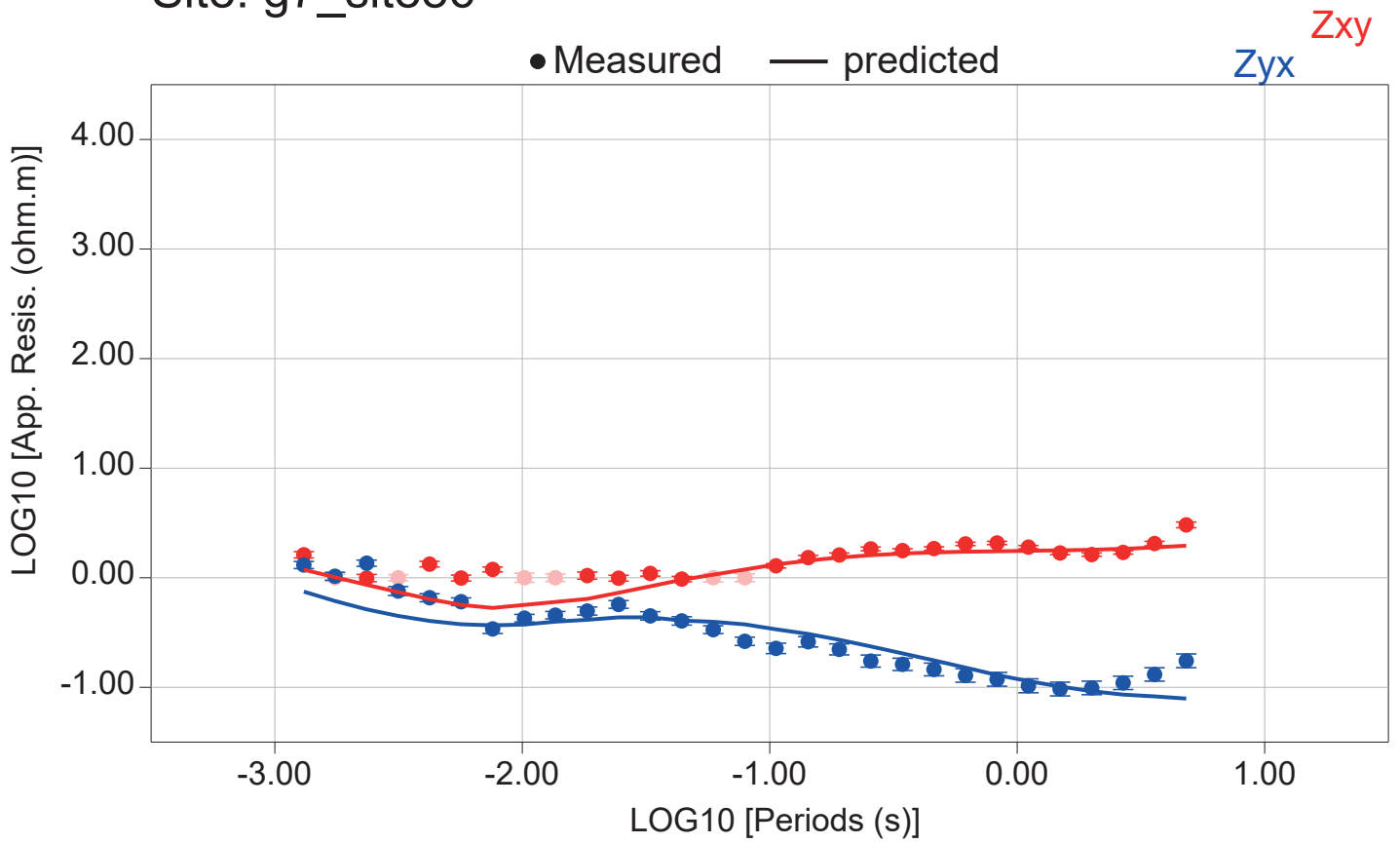
# Site: g7\_site84



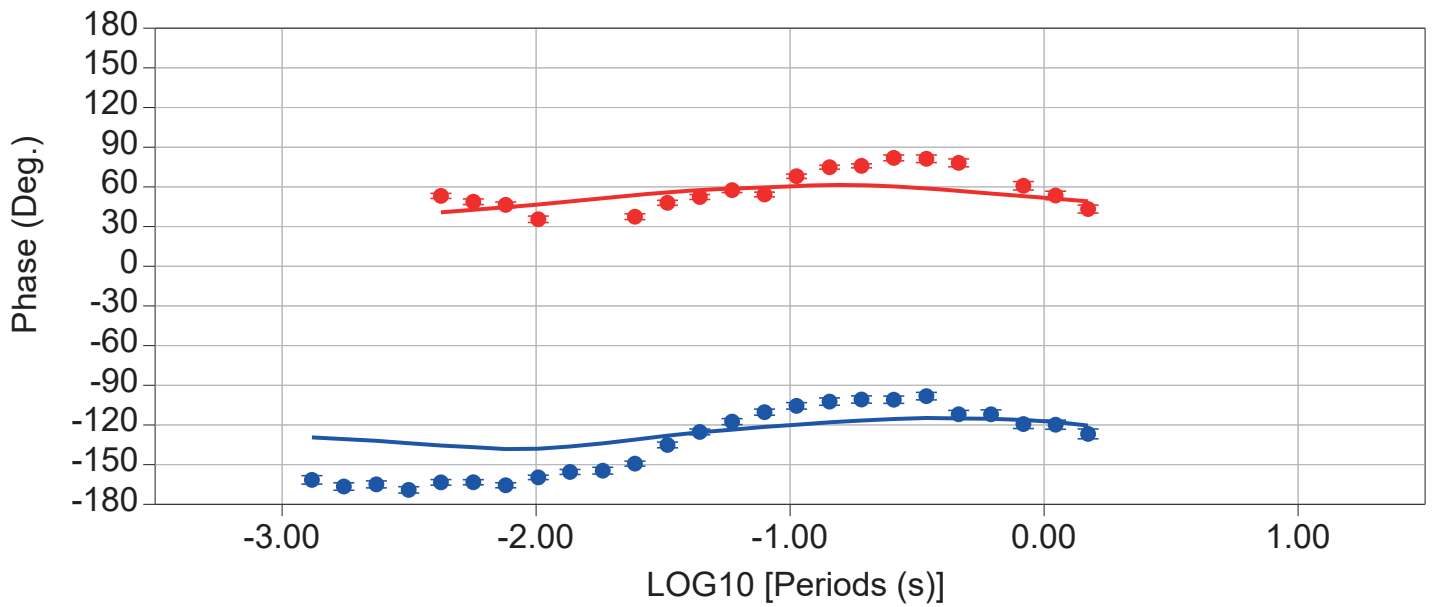
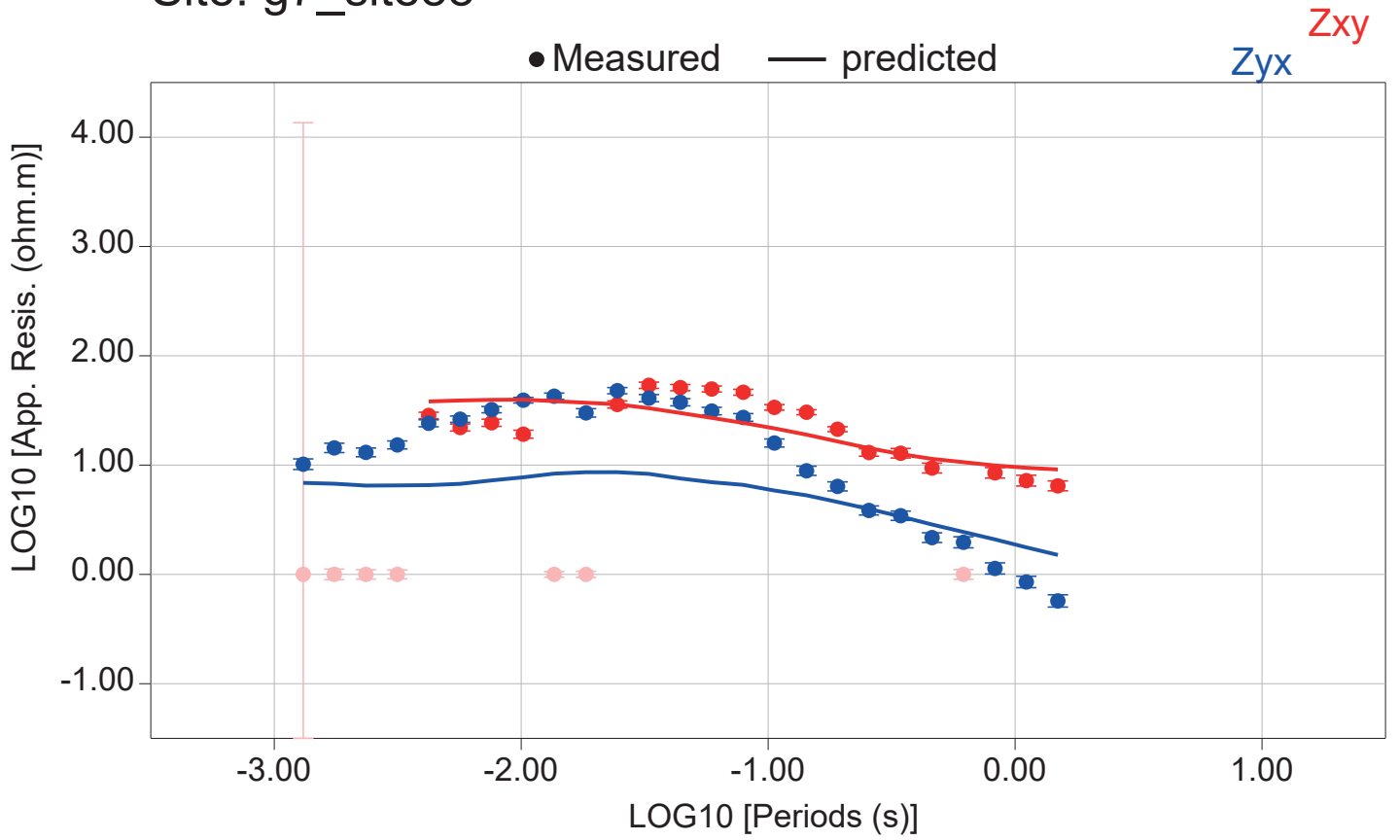
# Site: g7\_site85



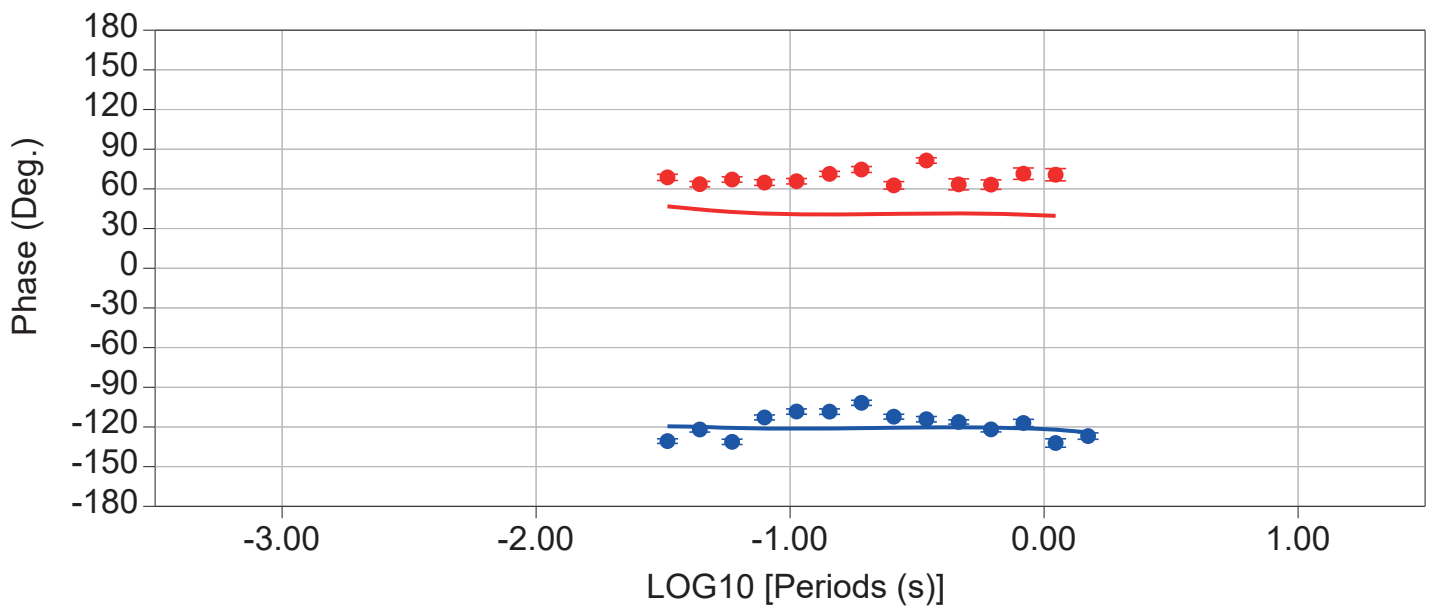
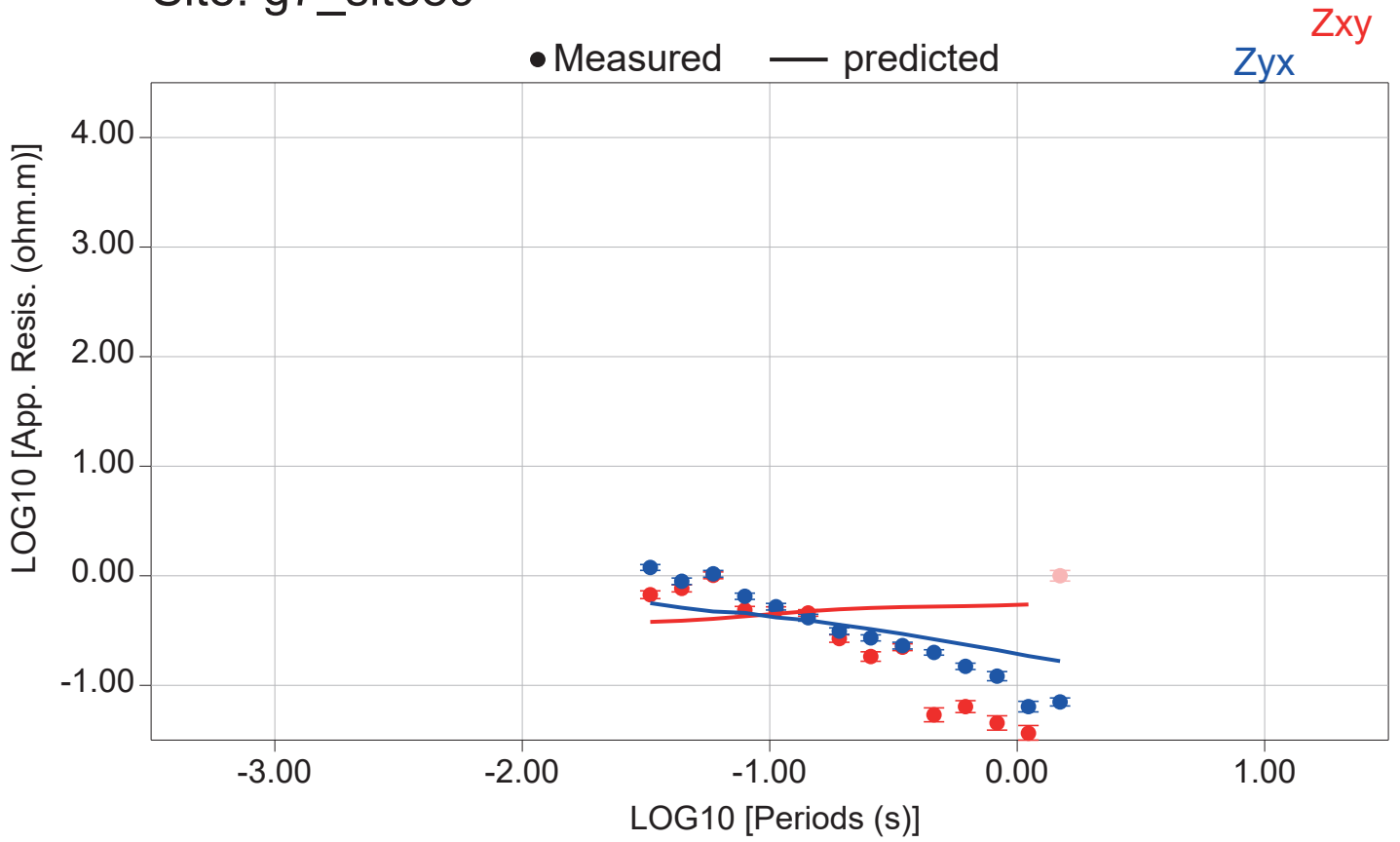
# Site: g7\_site86



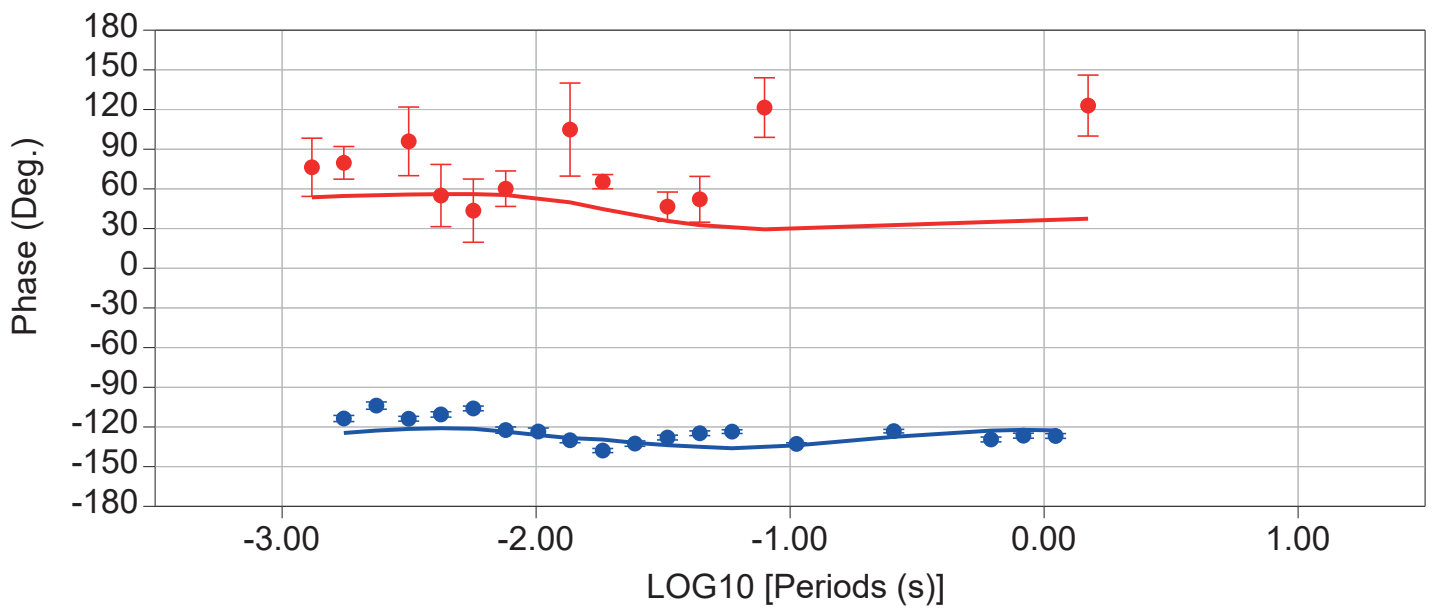
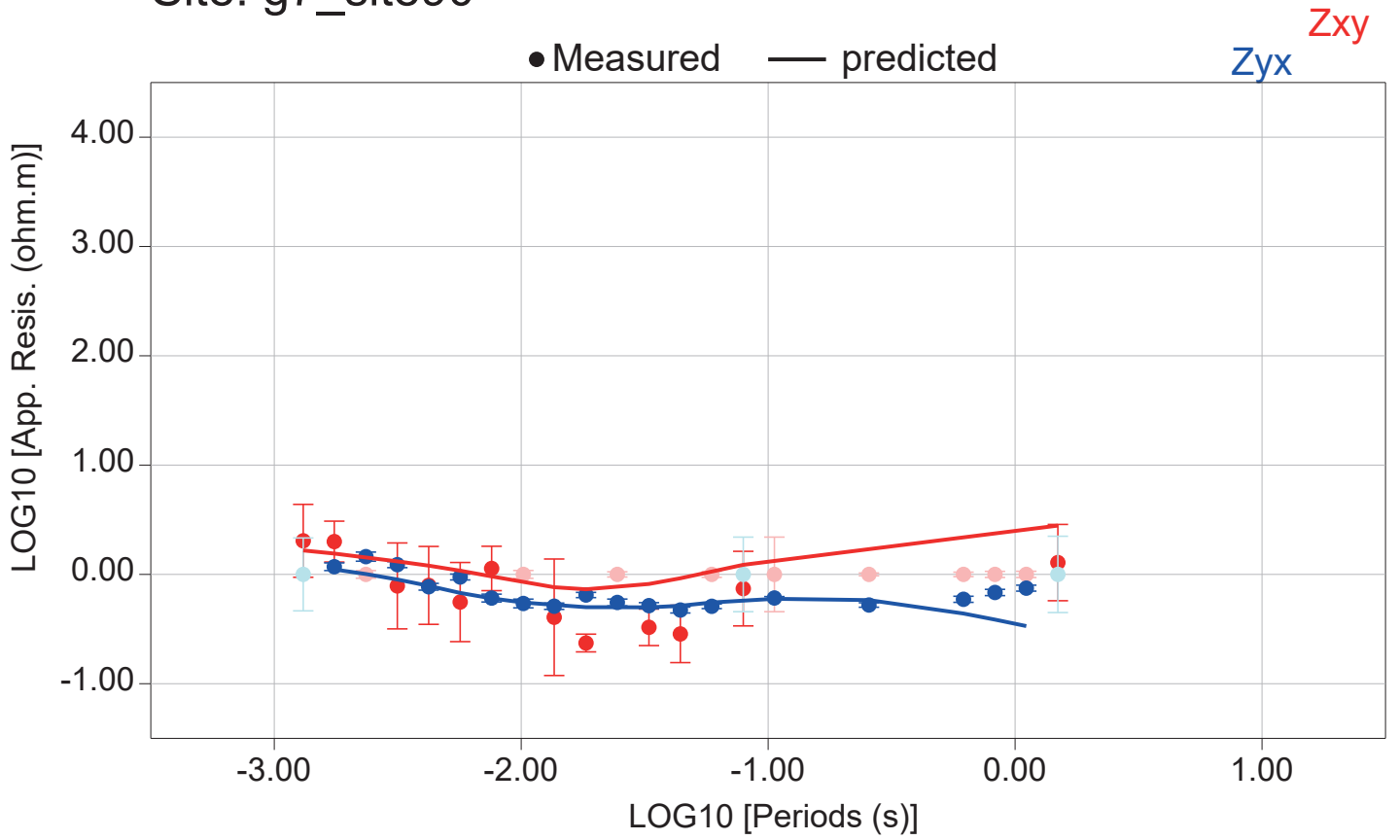
# Site: g7\_site88



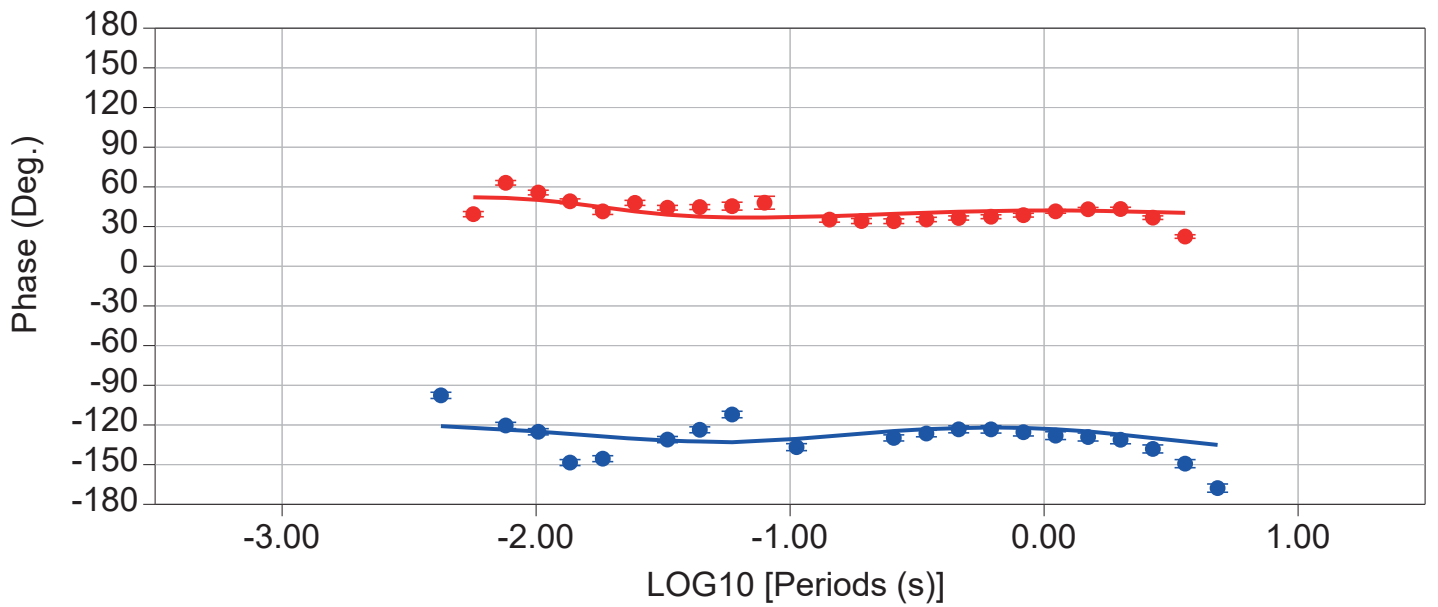
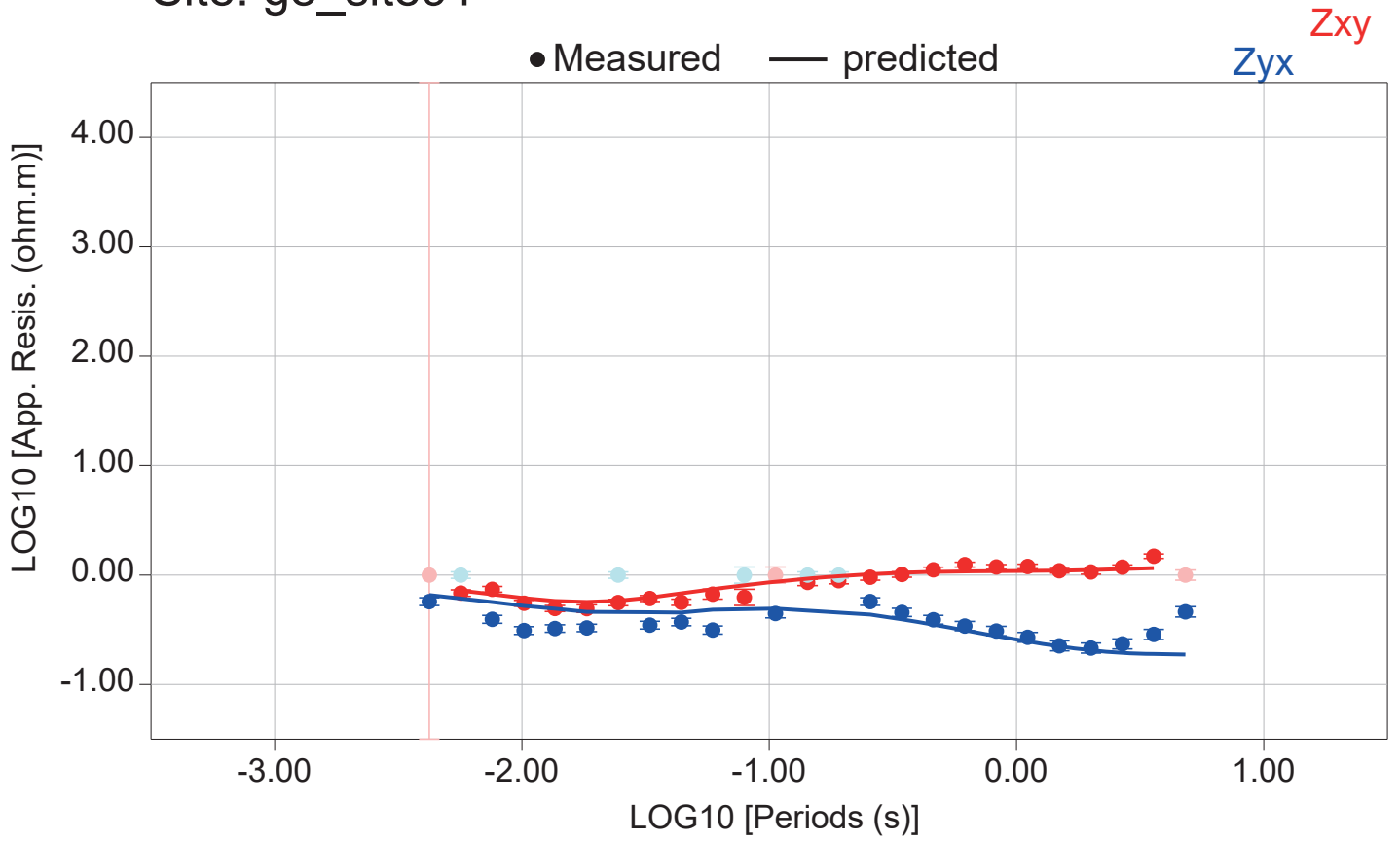
# Site: g7\_site89



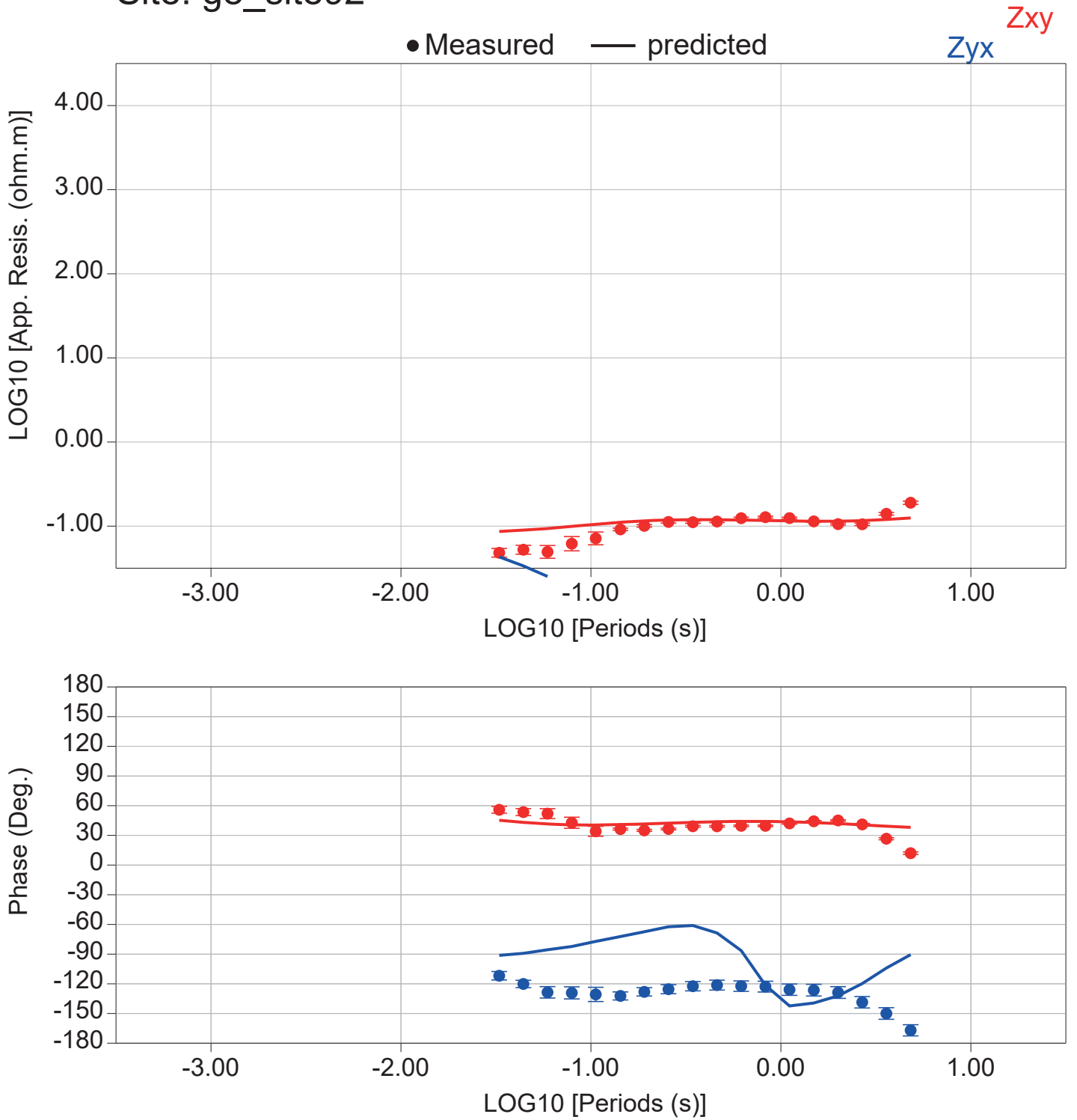
# Site: g7\_site90



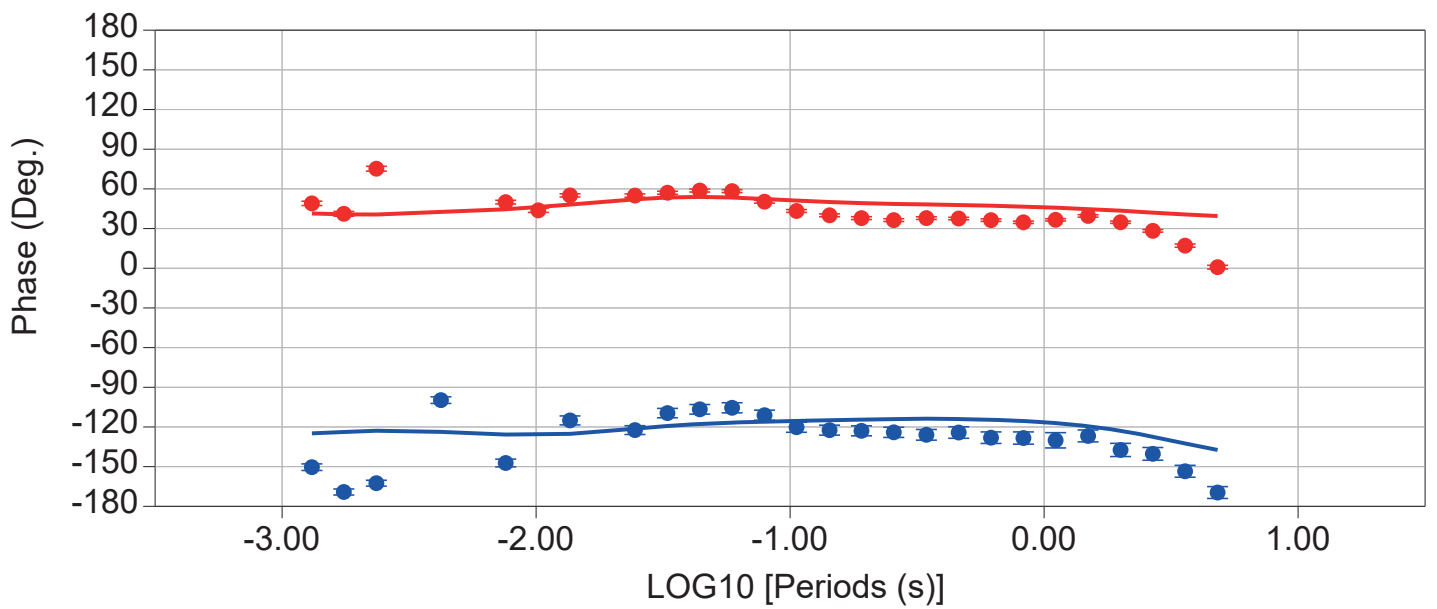
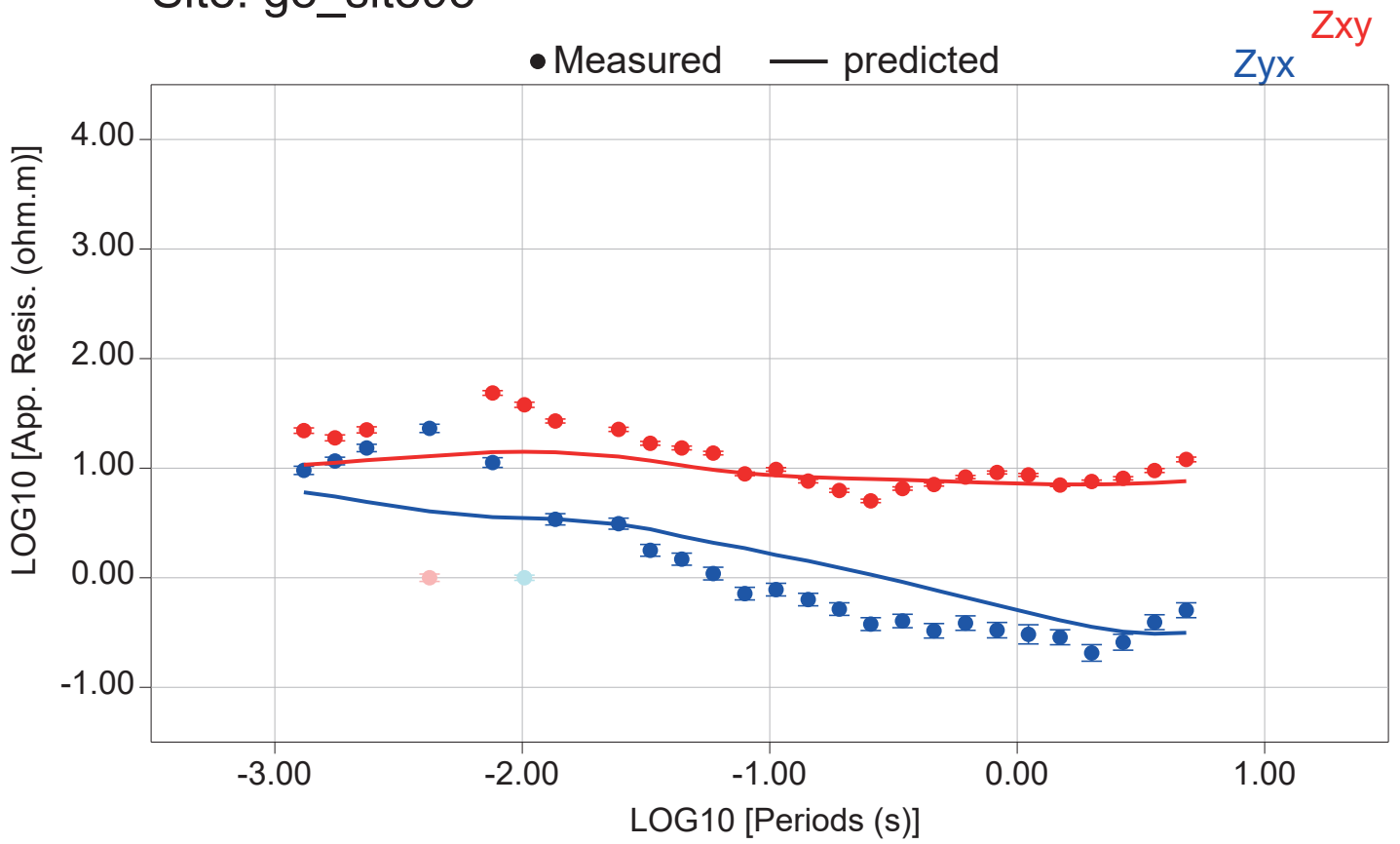
# Site: g8\_site91



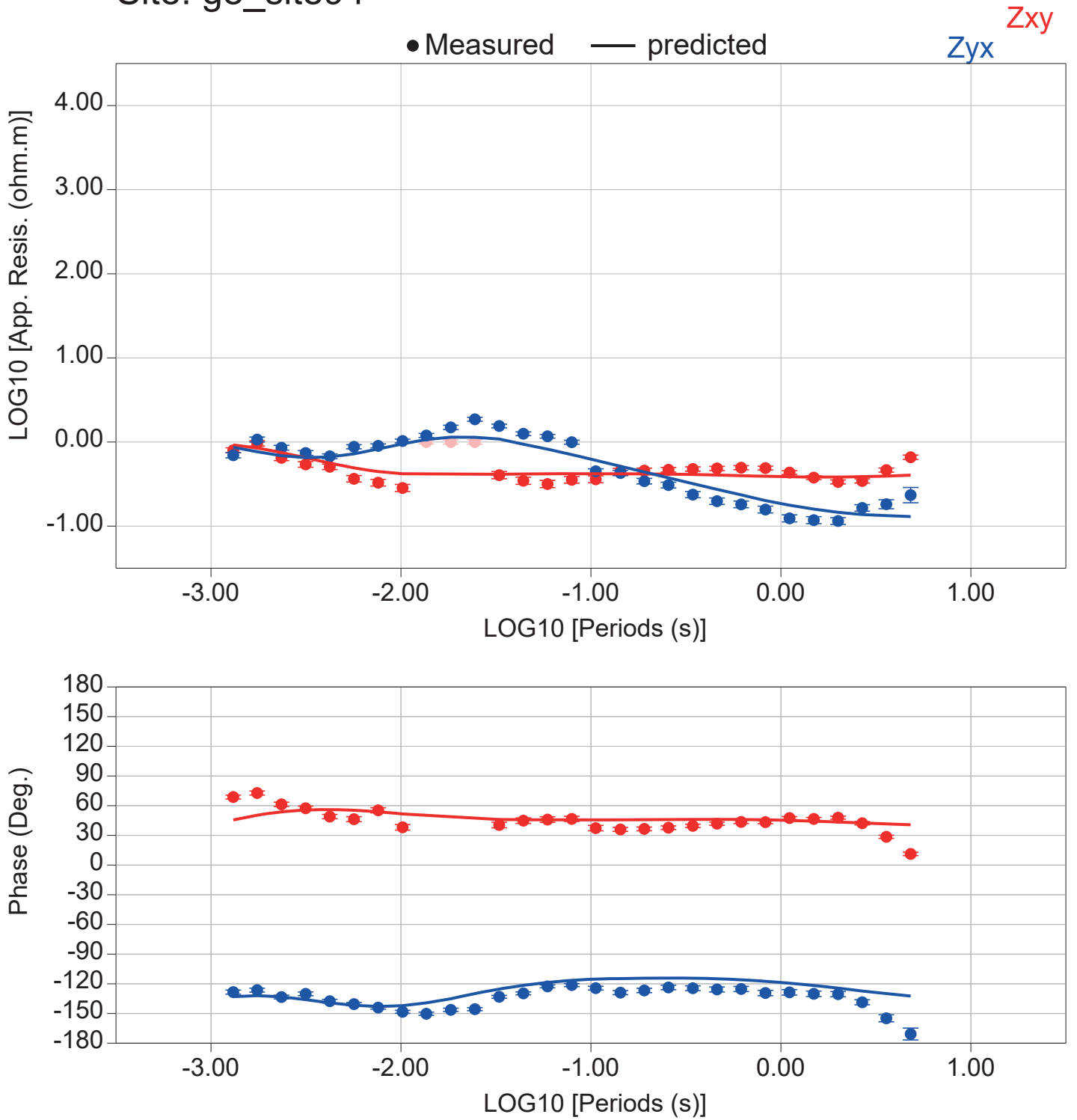
# Site: g8\_site92



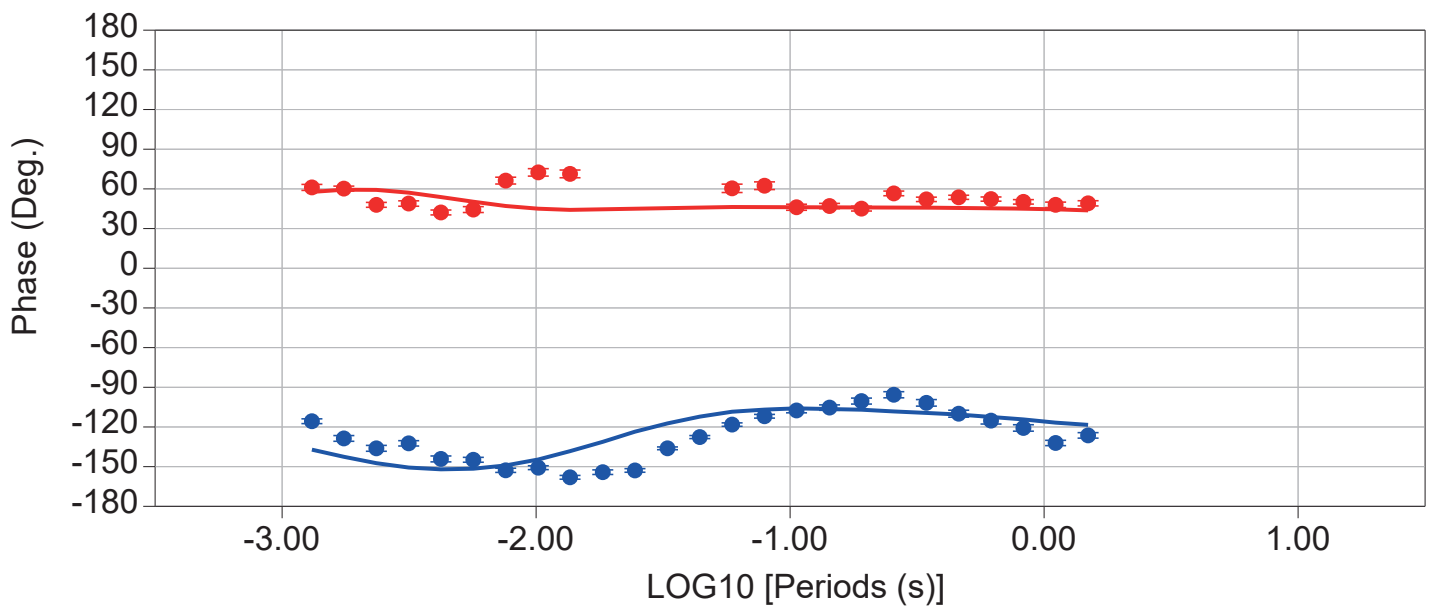
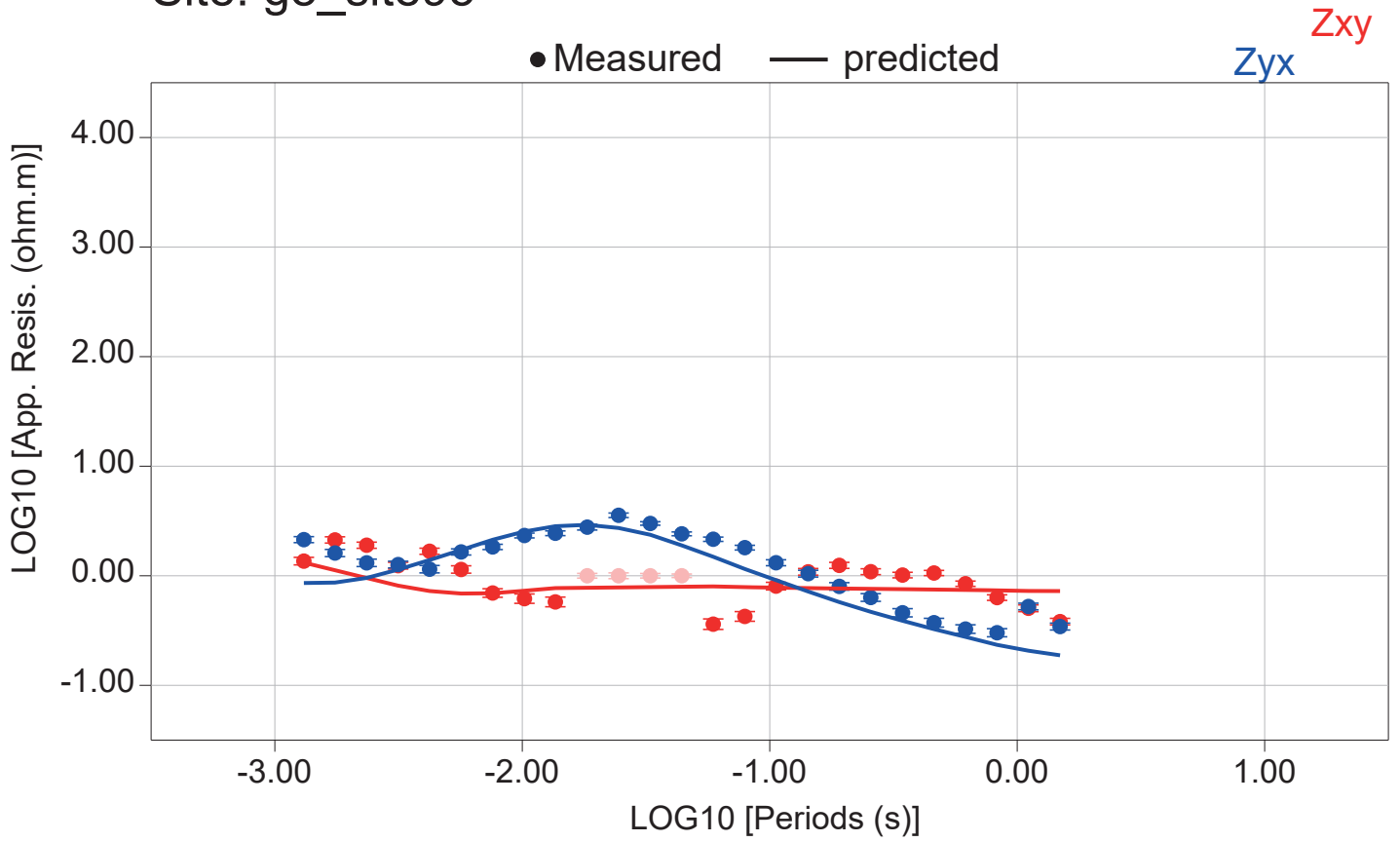
# Site: g8\_site93



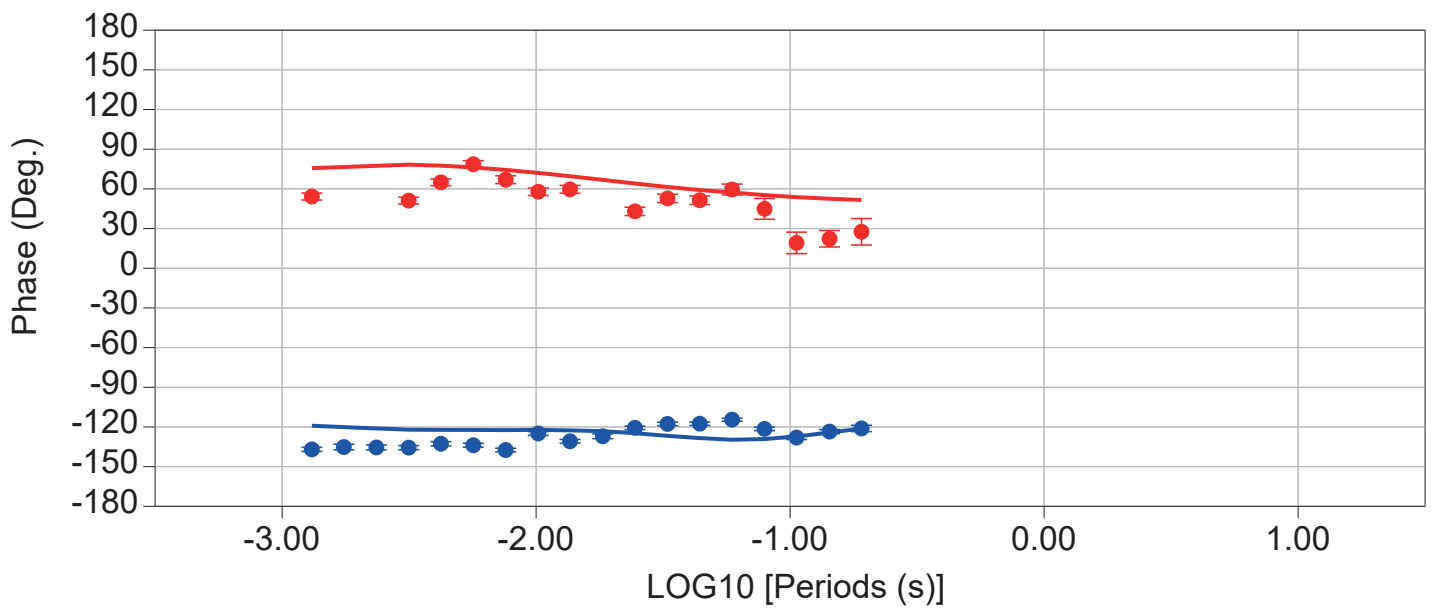
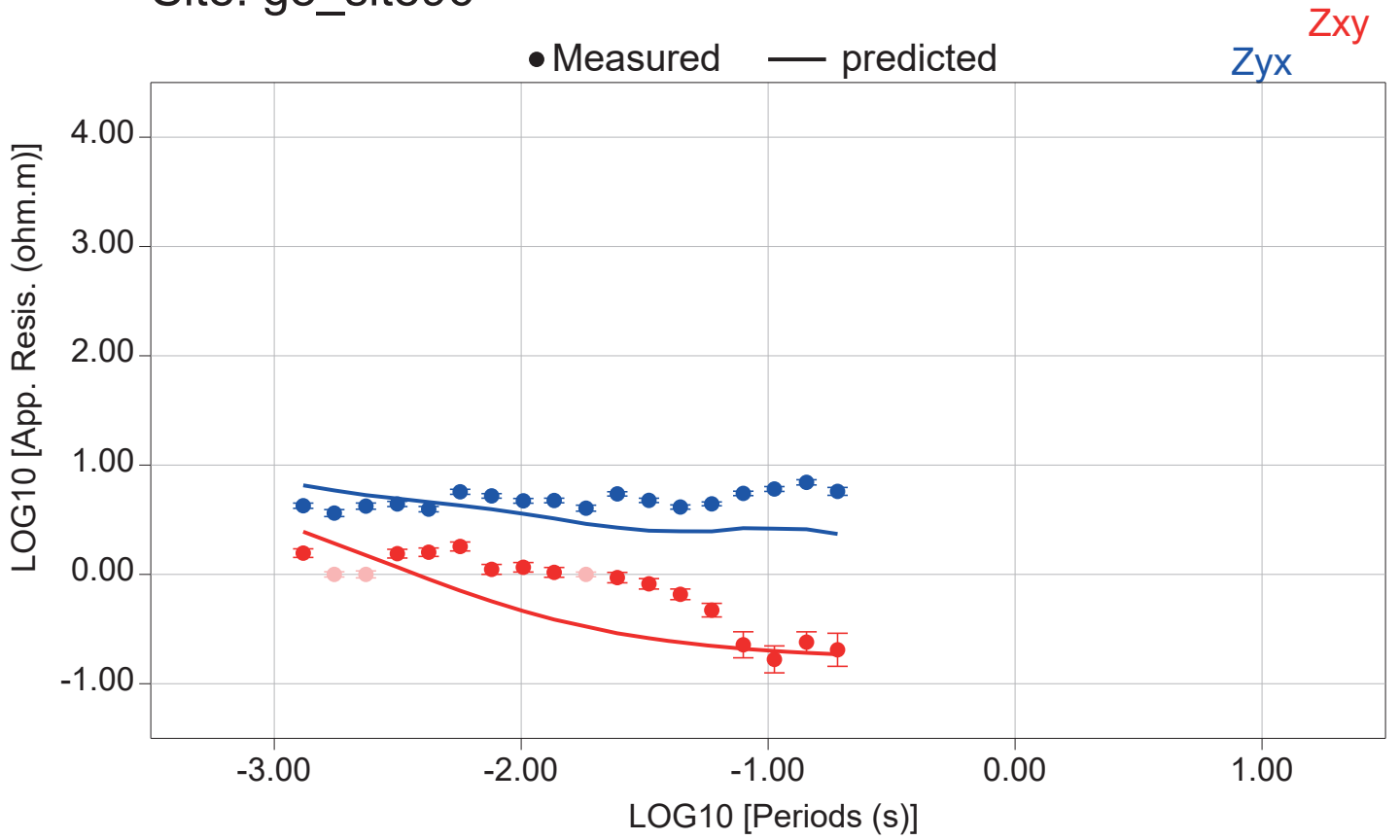
Site: g8\_site94



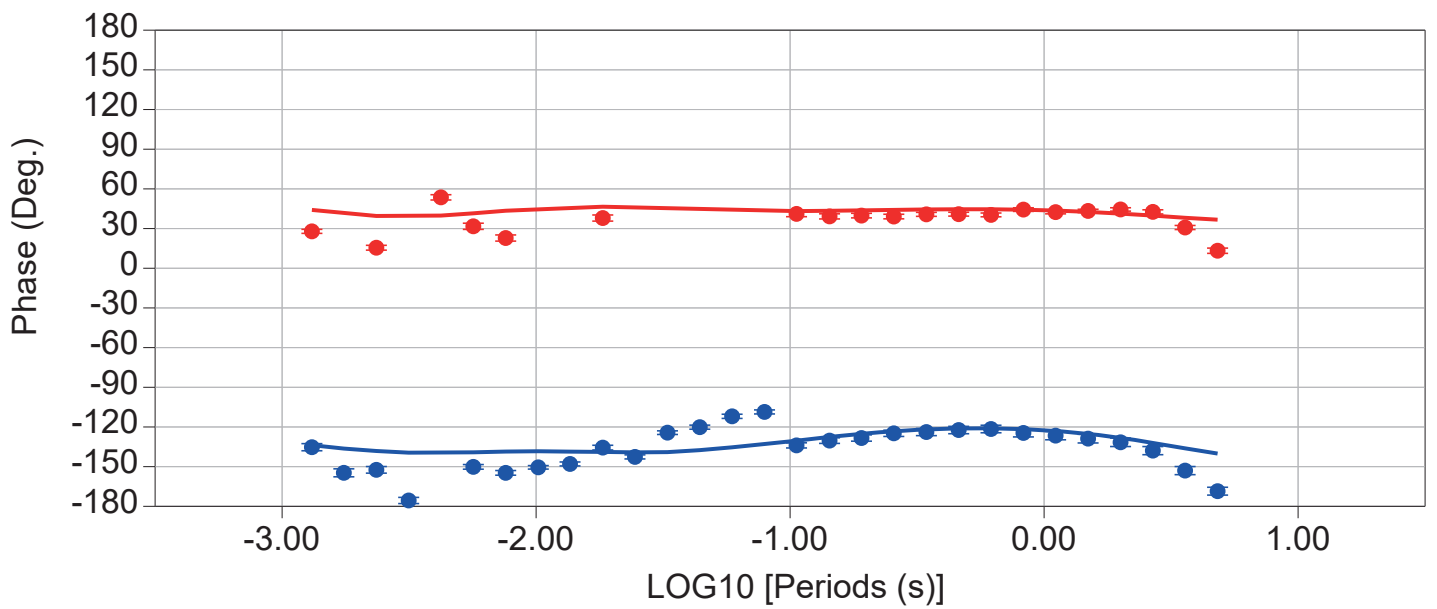
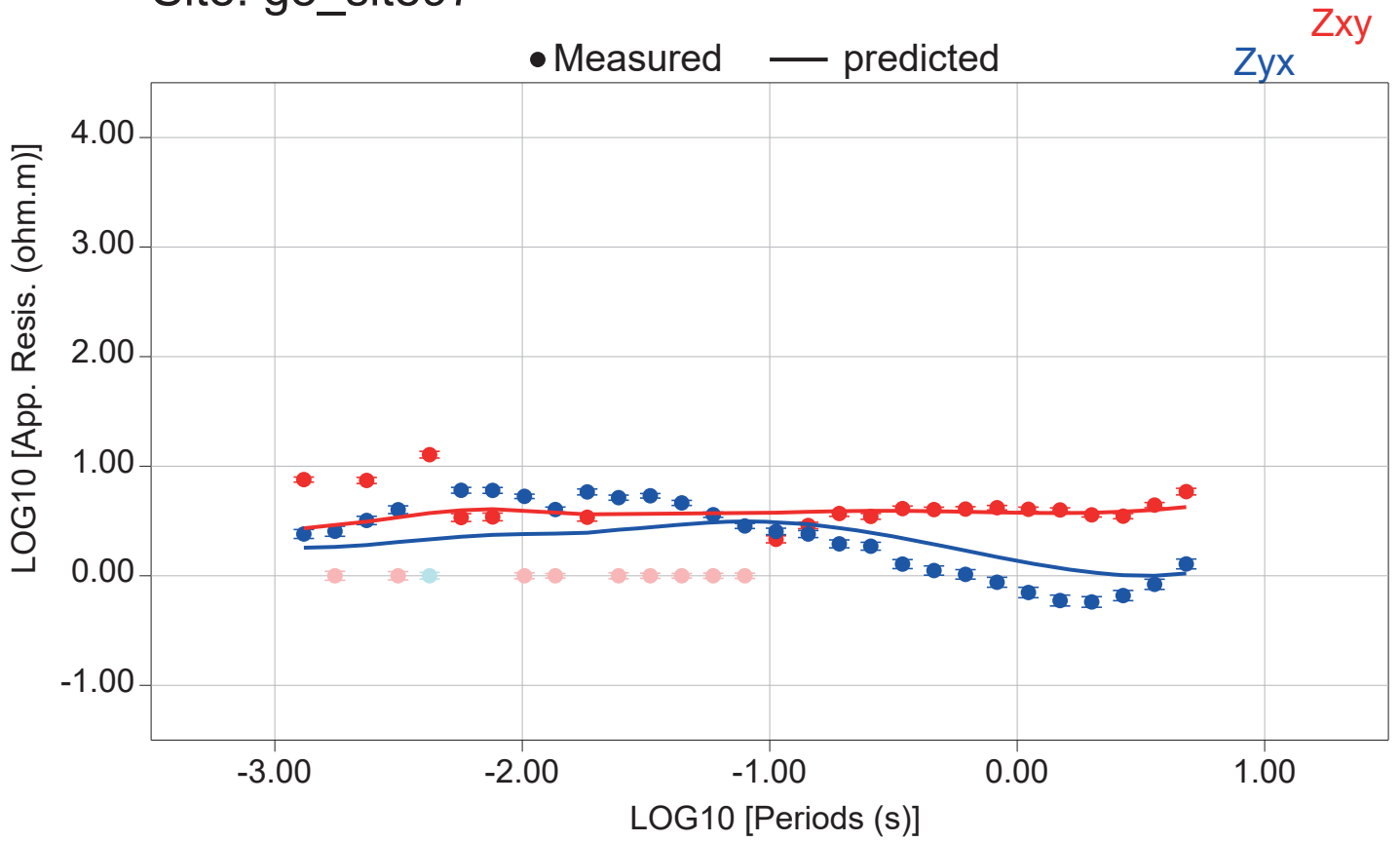
# Site: g8\_site95



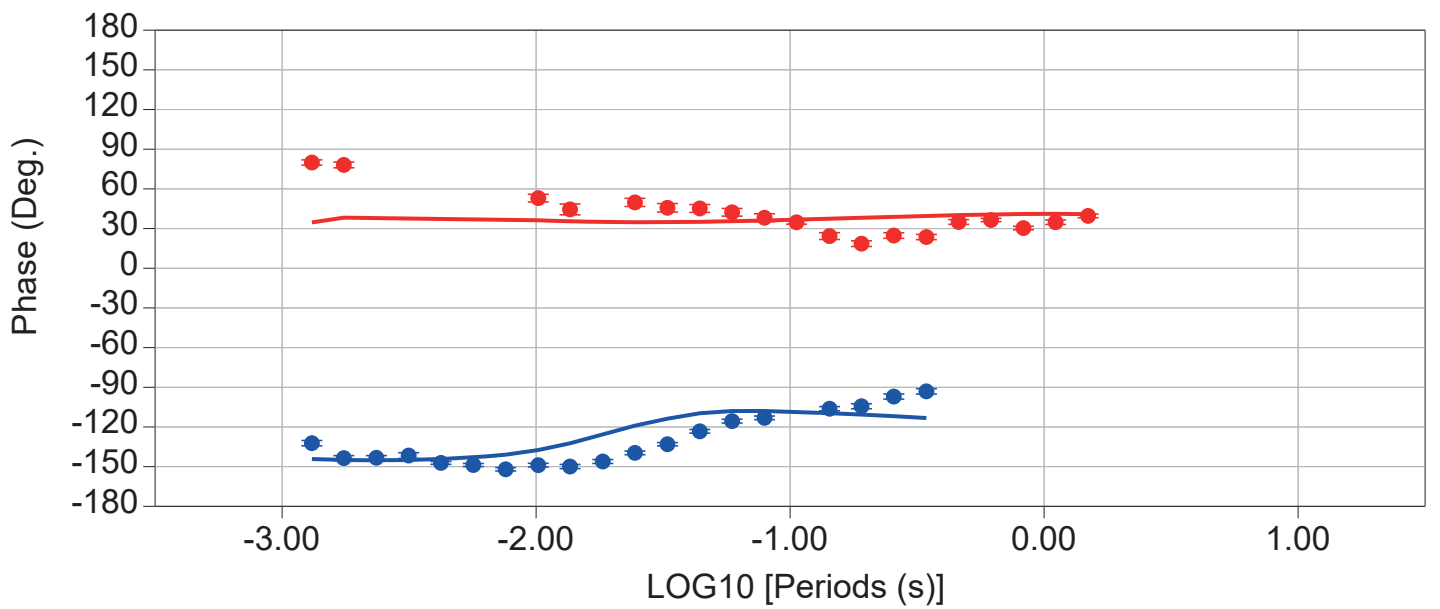
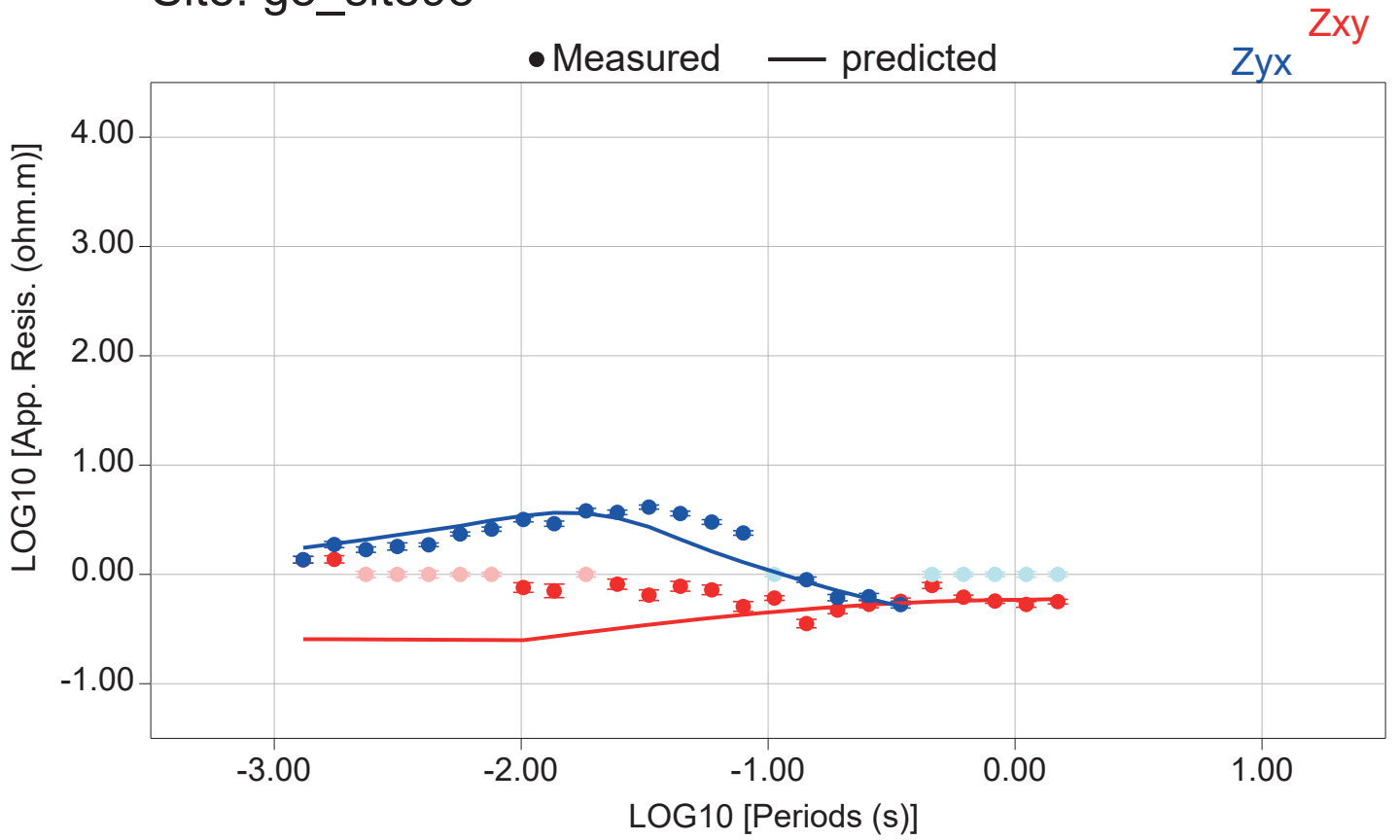
# Site: g8\_site96



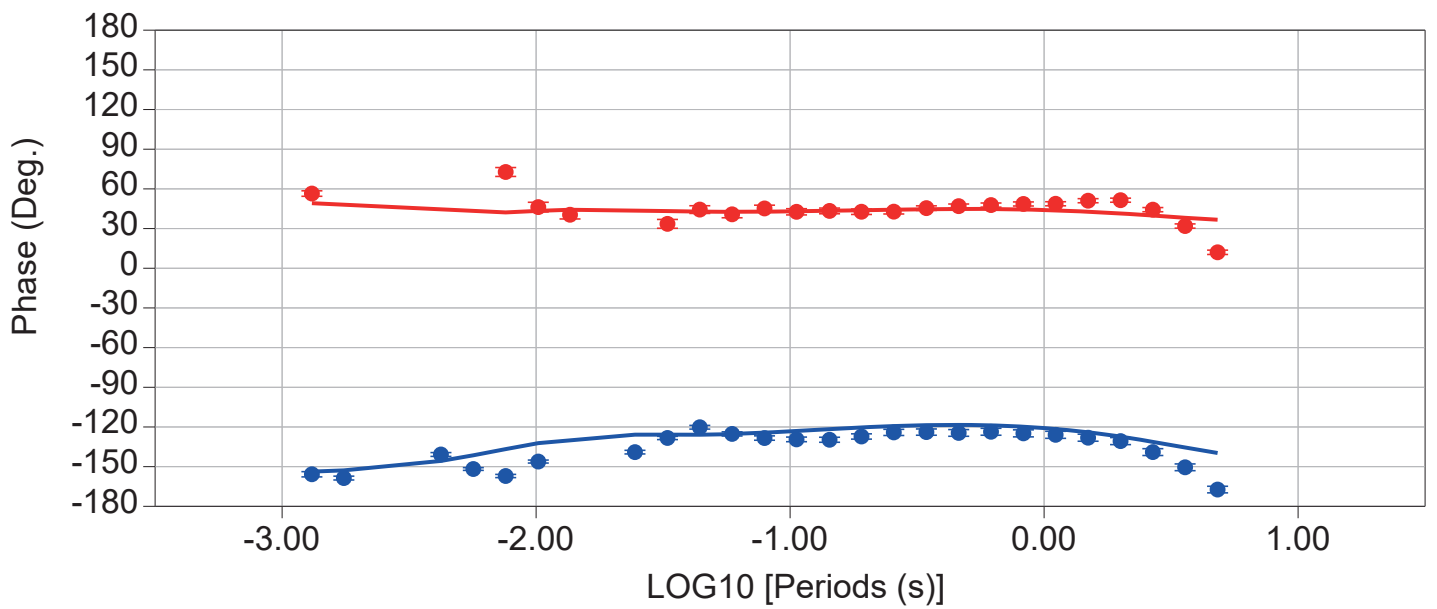
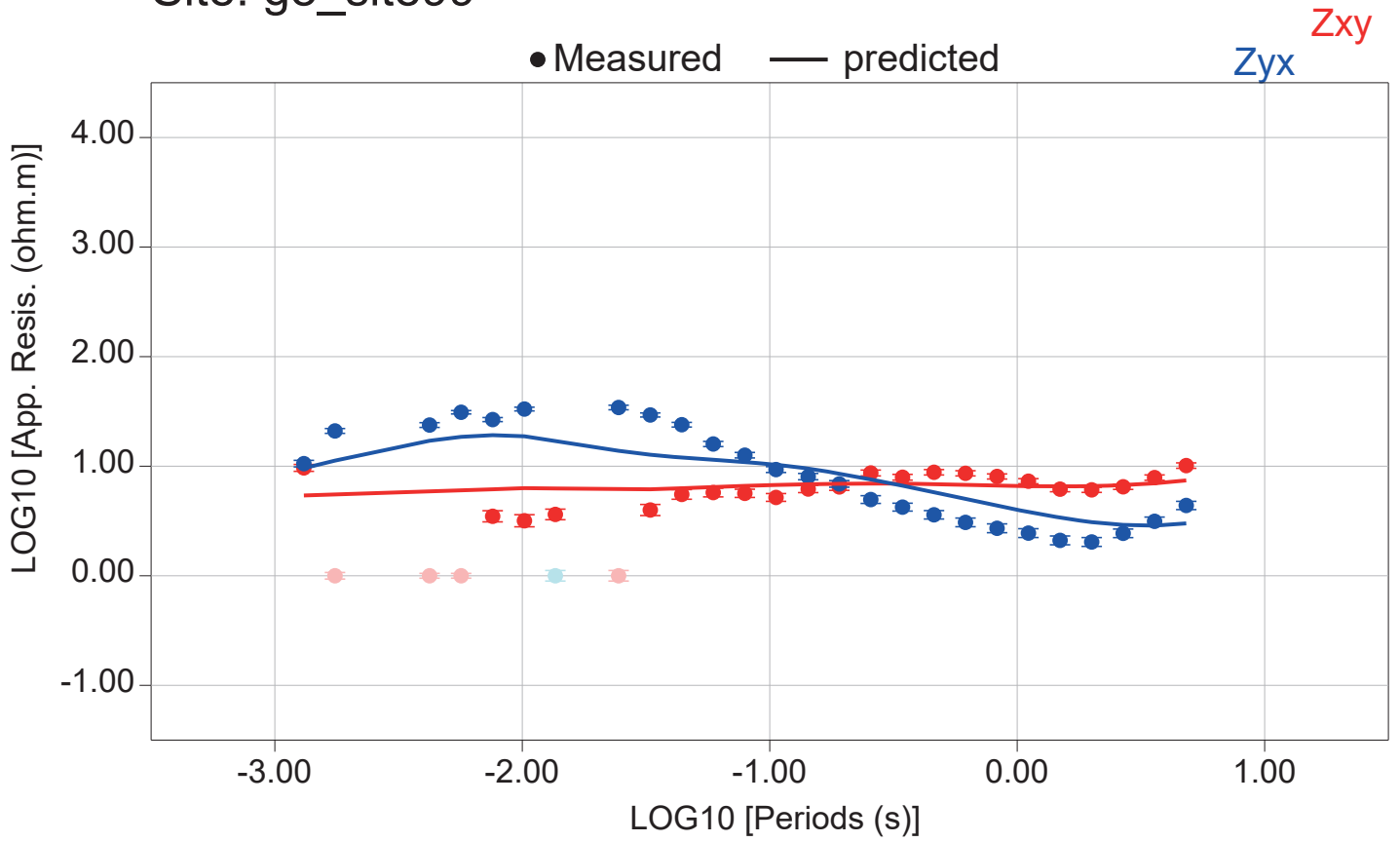
# Site: g8\_site97



# Site: g8\_site98



# Site: g8\_site99



# Site: g8\_site100

