

**INVESTIGAȚII GEOFIZICE DE TOMOGRAFIE
GEOELECTRICĂ DE REZISTIVITATE PENTRU PARC DN3C
DIN MUNICIPIUL CONSTANȚA**



Aprobat:

Director Proiect Filip Florin



Verificat:

Expert Geofizician Rusu Emil

Întocmit:

Ing. Geolog Avram Ovidiu

Arheolog Rusu Iulian

Contractul de servicii nr. 156173/27.07.2022

Beneficiar: UAT CONSTANȚA

Cuprins

1. INTRODUCERE	3
1.1. SCOPUL LUCRĂRII	3
1.2. LOCALIZARE	3
1.3. DATE GENERALE DESPRE BENEFICIAR	4
1.4. PREZENTARE EXECUTANT	4
2. METODOLOGIA LUCRĂRIILOR DE TEREN	5
2.1. METODOLOGIA CERCETĂRII GEOFIZICE DE REZISTIVITATE	6
2.2 MĂSURĂTORI DE REZISTIVITATE EXECUTATE ÎN CADRUL STUDIULUI	12
3. PREZENTAREA ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR	14
3.1. PROFILELE DIAGONALE CU DISTRIBUȚIA ELECTROZILOR LA 1 m	14
3.2. PROFILELE PARALELE CU DISTRIBUȚIA ELECTROZILOR LA 0.5m	17
3.3. REZULTATELE INVESTIGAȚIILOR CU DISPOZITIV 3D	20
4. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI	25
4.1. CONCLUZII	25
4.2. RECOMANDĂRI	25
5. REFERINȚE BIBLIOGRAFICE	26
6. ANEXE	27

1. INTRODUCERE

1.1. Scopul Lucrării

„Elaborare Studiu arheologic prin investigații geofizice de tomografie geoelectrică de rezistivitate (ERT) Parc DN3C din Municipiul Constanța,, în vederea analizării potențialului arheologic al zonei conform contractul de servicii nr. 156173/27.07.2022.

1.2. Localizare

Arealul pentru care se fac investigațiile de tomografie geoelectrică de rezistivitate este situat în partea de sud a unui nou cartier rezidențial din localitatea Palazu Mare. Amplasamentul este situat pe un interfluviu cu mici denivelări și în prezent este utilizat pentru agricultură.

Coordonate: **47°13'00"N 28°35'22"E**



Figura 1 : Localizarea secțiunilor geoelectrice, UAT Palazu Mare, județul Constanța

1.3. Date generale despre beneficiar

Autoritatea contractantă: **UAT Municipiul Constanța**

CIF: RO4785631

Adresă: Bd. Tomis, nr.51, Municipiul Constanța,

Cod poștal: 900725

1.4. Prezentare executant

S.C. Fad Smart Technology S.R.L. are o echipă de specialiști ce lucrează în următoarele domenii: geofizică pe apă și pe uscat, hărți de risc la alunecări de teren și cutremure, geomorfologie, batimetrie marină și fluvială, cartografie, teledetecție, GIS, studii de vânt și dezvoltare proiecte eoliene, investigații subacvatice, poduri și baraje, monitorizare geotehnică infrastructură critică (autostrăzi, poduri, cale ferată, baraje etc).

Echipa este compusă din persoane ce au lucrat ca cercetători științifici în cadrul Universității din București și a unor institute de cercetare naționale. Ne mobilizăm rapid, oferim soluții moderne și inovatoare și ne dorim să devenim un pol de excelență în România privind integrarea tehnologiilor de ultim moment din domeniile noastre de interes. Pentru mai multe detalii vezi www.fabricadecercetare.ro.

4



Echipa Fabrica de Cercetare

2. METODOLOGIA LUCRĂRILOR DE TEREN

Metoda rezistivităților este principala metodă geoelectrică utilizată în prezent în practica geofizică. Constă în cercetarea interdependenței dintre structura subsolului și distribuția rezistivității în subsol, măsurată la suprafață. Se bazează pe existența contrastelor de rezistivitate dintre diferitele roci și formațiuni geologice care participă la alcătuirea geologică a unei zone.

Rezistivitatea se măsoară în teren cu un dispozitiv cuadripolar AMNB alcătuit dintr-o linie de emisie AB prin care se introduce în sol un curent de intensitate I prin 2 electrozi de emisie A, B și o linie de recepție MN prin care se măsoară diferența de potențial ΔV creată între electrozii M, N la trecerea curentului prin rezistența reprezentată de subsol. Cei 4 electrozi sunt niște tije din inox care se introduc în sol, iar legătura dintre aceștia și aparatura de măsură se realizează prin cabluri electrice întinse pe pământ, așadar metoda este total neinvazivă și se poate aplica pe orice tip de teren.

Rezultatele obținute sunt reprezentate sub formă de secțiuni verticale 2D sau volume 3D de rezistivitate, care arată distribuția acestui parametru pe direcție și în adâncime, în corelație directă cu structura geologică a subsolului până la o adâncime maximă ce depinde de numărul de electrozi și de spațierea dintre aceștia.

Interpretarea în termeni geologici a secțiunilor de rezistivitate se realizează în funcție de informațiile avute la dispoziție privind zona cercetată – date geologice, geofizice, geochimice, informații de la autorități și de la localnici.

Aplicabilitatea metodei rezistivității este legată de existența unui contrast de rezistivitate între obiectul urmărit și mediul adiacent, contrast care se determină prin măsurători preliminare sau se estimează pe baza informațiilor privind zona de lucru sau zone similare. Totodată, este necesar ca obiectul urmărit să aibă o dimensiune de minimum jumătate din distanța dintre electrozi și să se afle la o adâncime comparabilă cu dimensiunea sa.

Existența în imediata apropiere a împământărilor unor instalații în funcțiune care lucrează în curent continuu poate afecta calitatea măsurătorilor.

Principalele domenii de aplicare a metodei rezistivității sunt:

1. Studii de geologie inginerască, hidrogeologie și mediu:

- Cercetarea și monitorizarea geoelectrică a zonelor instabile (alunecări de teren, subsidențe, structuri salifere, procese antropogene). Determinarea parametrilor fizici și geometrici ai structurilor îngropate.
- Localizarea neomogenităților din subsol (goluri, obiecte îngropate, falii, fracturi, zone alterate, relief îngropat). Cartarea reliefului rocii de bază.
- Studii de mediu. Conturarea zonelor contaminate, detectarea infiltrațiilor, proiectarea și monitorizarea gropilor ecologice.
- Analiza terenurilor pentru fundații de construcții civile și industriale (clădiri, poduri, șosele, tuneluri). Evidențierea structurii geologice, a gradului de compactizare și de umiditate a formațiunilor, a zonelor stabile și instabile.
- Studii de stabilitate a barajelor. Detectarea și localizarea scurgerilor și a zonelor cu rezistență redusă în barajele construite din pământ sau anrocament.
- Localizarea structurilor acvifere. Determinarea parametrilor geometrici în vederea calculului de rezerve.

2. Prospectarea depozitelor minerale (minereuri masive și diseminate metalice, polimetalice, auro-argentifere, nemetalice, cărbuni, materiale de construcții, alte roci utile). Determinarea elementelor necesare pentru calculul rezervelor.

3. Investigarea siturilor arheologice. Identificarea și localizarea artefactelor și a structurilor arheologice îngropate.

2.1. Metodologia cercetării geofizice de rezistivitate

A. Metoda clasică a rezistivității în curent continuu se bazează pe interdependența dintre proprietățile electrice (rezistivitatea electrică ρ) și parametrii geotehnici ai terenului, pe contrastele de rezistivitate dintre diferitele roci și formațiuni ce participă la alcătuirea geologică a unei zone, deci pe contrastul de rezistivitate dintre obiectul urmărit și mediul înconjurător.

Rezistivitatea electrică a rocilor, măsurată în condiții de laborator, variază în limite largi în funcție de structura, textura, compactitatea, conținutul de apă și gradul de salinitate al acesteia, iar contrastele dintre ele pot atinge câteva ordine de mărime. Măsurate în teren, unde intervin volume mari de roci diferite situate atât în lungul

direcției dispozitivului de măsură cât și lateral, contrastele de rezistivitate dintre roci se atenuează, păstrându-se însă raportul dintre ele.

În cazul rocilor sedimentare, caracterizate prin conductivitate ionică, natura componentilor mineralogici nu influențează rezistivitatea, mărimea acesteia depinzând exclusiv de valoarea porozității, geometria, mărimea și conexiunea porilor, natura și concentrația fluidelor din porii rocii și gradul lor de umplere. Rezistivitatea principalelor tipuri de roci sedimentare ce pot apărea în zonă variază între următoarele limite:

Tipul de rocă	Rezistivitatea (ohmmetri)	Tipul de rocă	Rezistivitatea (ohmmetri)
calcare	100 - 10 000	noroi de foraj	4.5
gresii, marne	100 - 1 000	sare	$10^{12} - 10^{14}$
gresie compactă	1000 - 10000	petrol	$10^9 - 10^{16}$
nisip, pietriș	100 - 10 000	apă dulce	10 - 100
argilă, argilă prăfoasă	1 - 100	apă de mare	0.1 - 1
argilă plastică umedă	20	roci eruptive	$10^3 - 10^8$
sol, pământ	1 - 10	roci metamorfice	$10^3 - 10^8$

Tabel 1: Rezistivitatea principalelor tipuri de roci sedimentare

Din analiza acestui tabel se conturează un prim criteriu de interpretare a datelor geoelectrice în contextul geologic dat. Anomaliile de maxim rezistivimetric pot fi generate de prezența rocilor eruptive sau metamorfice, a rocilor sedimentare compacte, uscate sau impregnate cu produse petroliere, precum și de sare, care produce anomalii caracteristice, cu valori extrem de mari. Anomaliile de minim pot reflecta prezența argilei sau a apei în porii rocilor, în timp ce apa sărată produce anomaliile de minim cele mai intense. O rocă saturată cu apă poate fi cu peste un ordin de mărime mai conductoare decât aceeași rocă cu un conținut mic de apă. Prezența apei sărate scade rezistivitatea cu încă un ordin de mărime.

Determinarea rezistivității aparente în teren se face cu un dispozitiv de măsură cuadripolar alcătuit din 2 electrozi de emisie A,B prin care se injectează în sol un curent continuu cu intensitatea **I** și 2 electrozi de recepție M,N prin care se măsoară diferența de potențial **ΔV** produsă de trecerea curentului prin rezistența reprezentată

de subsol. Pentru un dispozitiv de tip Schlumberger sau Wenner, adâncimea de pătrundere a curentului în subsol, deci adâncimea de la care vine informația geofizică (adâncimea de investigație), este direct proporțională cu lungimea dispozitivului de măsură AB. Păstrând constantă distanța MN dintre electrozii de recepție și crescând progresiv distanța AB, liniile de curent vor pătrunde mai adânc în subsol, deci informația va veni de la o adâncime din ce în ce mai mare, înregistrându-se astfel variația rezistivității cu adâncimea pentru același punct de pe suprafața terenului. Acesta este principiul sondajului electric vertical (SEV). Finețea investigației se realizează pe orizontală prin folosirea unei distanțe MN cât mai mici și prin micșorarea intervalului dintre locațiile SEV, iar pe verticală prin mărirea numărului de lungimi AB.

În cazul dispozitivului dipol-dipol utilizat în acest perimetru, adâncimea de investigație este direct proporțională cu distanța dintre mijloacele dipolilor de emisie și de recepție.

Valoarea rezistivității aparente se calculează conform Legii lui Ohm într-un mediu omogen:

$$\rho_a = K \times \Delta V / I \quad (1)$$

unde K - un coeficient care depinde de configurația geometrică a electrozilor:

$$K = 2\pi / [1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN] \quad (2)$$

În practica investigațiilor de teren, pentru diferite situații geologice se pot utiliza diferite configurații de dispunere a electrozilor (dispozitive). Cele mai uzuale sunt:

- dispozitiv Wenner (spațiere egală între electrozi), caracterizat prin cel mai mare raport semnal/zgomot, rezoluție verticală excelentă, rezoluție laterală slabă și adâncime de investigație de 30 % din lungimea liniei de emisie AB. Utilizat în special la măsurători prin procedeul profilării, la cartarea stratelor de bază și la investigații în zone noi.

- dispozitiv Schlumberger ($AB \geq 5MN$), cu semnal bun, rezoluție laterală rezonabilă și adâncimea de investigație de 20 % din lungimea AB. Este cel mai utilizat dispozitiv la sondaje electrice verticale (SEV), la investigarea zonelor cu paraziți sau a celor cu rezistivitate mică.

- dispozitiv dipol-dipol, cu o rezoluție laterală bună și adâncimea de investigație de 15 % din distanța dintre dipolii de emisie și de recepție. Aplicat în special la instrumentele de înregistrare multicanal, pentru reducerea timpului de lucru.

- dispozitiv pol-dipol, cu semnal foarte puternic și rezoluție bună, dar generând imagini mai puțin clare. Este aplicat în special la înregistrări 3D.

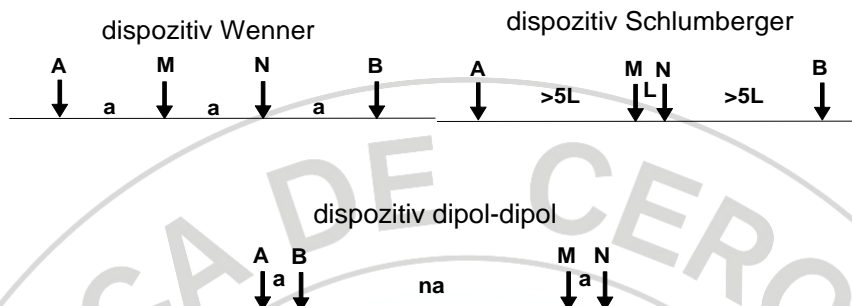


Figura 2: Tipuri uzuale de dispozitive

Noțiunea de **rezistivitate aparentă ρ_a** se referă la faptul că valoarea rezistivității înregistrate într-un punct la suprafața terenului reprezintă o medie ponderată a rezistivităților tuturor rocilor situate în spațiul străbătut de liniile de curent generate între electrozii de emisie, valoare în care ponderea cea mai mare o are rezistivitatea corespunzătoare adâncimii lungimii dispozitivului respectiv (**AB** pentru dispozitive Schlumberger sau Wenner, **na** pentru dispozitiv dipol-dipol).

Prelucrarea datelor și reprezentarea rezultatelor se realizează în două faze. Mai întâi se calculează rezistivitățile aparente ρ_a și se construiesc pseudosecțiunile de rezistivitate aparentă corespunzătoare fiecărui profil măsurat, numite așa deoarece reprezentarea rezistivității cu adâncimea se face nu în funcție de unități de distanță (metri), ci în funcție de configurația dispozitivului de măsură. Se obține astfel o imagine calitativă a distribuției spațiale a rezistivității pornind de la cauză (structura geologică) la efect, imagine care dă indicații asupra proprietăților electrice ale subsolului. Apoi, fiecare curbă de sondaj este reprezentată în coordonate bilogaritmice și se procedează la interpretarea cantitativă, manuală sau automată, proces în urma căruia pentru fiecare locație SEV se obține o succesiune de orizonturi electrice, fiecare orizont caracterizându-se printr-o grosime și o rezistivitate „reală” proprie. Corelarea acestor orizonturi în lungul unui profil se materializează în secțiunea de rezistivități reale, numită și „imagine inversată a rezistivității”, denumire rezultată din faptul că procesul de prelucrare a datelor are loc în sens invers, de la efect la

cauză. Secțiunea de rezistivități reale este imaginea geofizică cea mai apropiată de structura geologică reală a subsolului.

B. Metoda imaginilor de rezistivitate este varianta modernă a metodei rezistivităților, dezvoltată ca urmare a îmbunătățirii tehnicii de achiziție și înregistrare a datelor, precum și a implementării programelor care interpretează automat date de rezistivitate în 1D, 2D sau 3D. Rezistivitatea terenului este înregistrată, conform unui program prestabilit, de o aparatură automată, cu ajutorul unor cabluri speciale, apoi este descărcată pe un computer, unde este prelucrată printr-un program specializat, iar în final este afișată sub formă de secțiuni verticale pentru interpretare.

Sistemul SuperSting R8/IP+56 produs de firma americană *Advanced Geosciences, Inc, Austin, Texas* este un sistem generator de imagini de rezistivitate și polarizație indusă automat, cu 8 canale, folosit cu cabluri pasive multielectrod. Folosește la emisie un curent continuu pulsant cu durata pulsului egală cu durata pauzei. Compensarea potențialului natural se face automat, pe toată durata măsurătorii.

Rezistivitatea este calculată prin introducerea coordonatelor dispozitivului. Atenuarea zgomotului este de minim 100 dB la frecvențe mai mari de 20 Hz și de minim 120 dB la frecvențele de 16, 20, 50, 60 Hz din linia de emisie, asigurându-se un semnal curat.

Instrumentul include o **cutie de distribuție** (switch box) care are rolul de a comanda comutarea electrozilor la achiziționarea automată de date, conform unui program introdus anterior (fișier de comandă, command file). Comutarea electrozilor se face de către instrument prin intermediul cablurilor pasive multielectrod, care au la distanțe egale câte un contact (take-out) pentru conectarea electrozilor de inox.

Cablurile folosite sunt **cabluri cu electrozi pasivi (FlexLite Passive Electrode Cable)** ce au 56 de electrozi distribuiți din 6 în 6 metri, ce permit atingerea unei adâncimi de investigare de 60 m. Dacă se dorește creșterea gradului de detaliu (se urmărește a se pune în evidență structuri cu mărime mai mică sau structuri în straturi foarte subțiri) se poate reduce distanța între electrozi până când este conform cu cerințele studiului.

Tot în componența aparatului intră **softul Administrator**, folosit la crearea fișierelor de comandă și încărcarea lor în memoria aparatului și pentru descărcarea

datelor din SuperSting în computer. Fișierul de comandă este un fișier text care comandă instrumentului cum să măsoare, atribuind fiecărui electrod funcția de electrod de emisie sau de recepție.

Softurile de inversie EarthImager sunt programe care interpretează datele de rezistivitate înregistrate (procesul de inversie) și produc imagini sub formă de secțiuni 2D sau volume 3D care reflectă structura geologică a subsolului.

Inversia datelor de rezistivitate este o combinație de simulare directă (forward simulation) și simulare inversă (inverse simulation) având ca rezultat final producerea modelului structural al subsolului (imaginea subsolului obținută pe baza datelor de rezistivitate măsurate pe suprafața terenului).

Mai întâi se realizează o simulare sau modelare directă (prospecțiune virtuală, o aplicație de la model la date, de la cauză la efect), pe un model construit pe baza unor informații apriori, cunoscute (distribuția rezistivității aparente în subsol, configurația electrozilor) sau prezumate (rezistivitatea medie a unui sector, ipoteza userului sau structura subsolului), obținându-se un set de date sintetice. Modelarea directă (soluția directă) este obținută prin rezolvarea ecuației cu derivate parțiale în domeniul transformatei Fourier:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma \frac{\partial V}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma \frac{\partial V}{\partial z} \right) - k^2 \sigma V = -I \cdot \delta(x) \cdot \delta(z), \quad (3)$$

unde, V - este potențialul electric scalar în domeniul transformatei Fourier,

I - este intensitatea curentului electric al sursei,

σ - este conductivitatea electrică, o mărime funcție de (x,y) , inversul rezistivității.

Apoi, setul de date sintetice (secțiunea de rezistivitate aparentă măsurată) este supus unei simulări inverse (proces de determinare a parametrilor modelului, o aplicație de la date la model, de la efect la cauză), pentru a se reconstrui distribuția rezistivității în subsol pe baza datelor de V și I măsurate la suprafață. Este obținut astfel un model al subsolului (secțiunea de rezistivitate aparentă calculată) care este comparat cu modelul sintetic inițial și modificat prin iterații succesive până când diferența dintre ele scade sub un prag stabilit. Eroarea medie pătratică (RMS Error, Root Mean Squared Error) caracterizează concordanța dintre datele măsurate în teren și datele calculate ale modelului:

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{d_i^{\text{Pred}} - d_i^{\text{Meas}}}{d_i^{\text{Meas}}} \right)^2}{N}} \times 100\%, \quad (4)$$

unde, N - numărul total de măsurători,

d^{pred} - datele predictibile,

d^{meas} - datele măsurate.

Inversia datelor de rezistivitate este deci un proces în care modelul (secțiunea de rezistivitate inversată) este construit plecând de la distribuția rezistivității aparente în subsol (pseudosecțiunea de rezistivitate aparentă măsurată), rezistivitate determinată prin măsurarea la suprafața solului a intensității curentului de injecție **I** și a tensiunii dintre electrozii de măsură **ΔV**.

Rezultatul final este secțiunea inversată de rezistivitate (Inverted Resistivity Section), care reprezintă distribuția rezistivității în subsol reconstruită prin procesul de inversie a datelor sintetice. Este rezultatul final al investigației electrice, o imagine în legătură directă cu structura geologică a subsolului din punctul de vedere al proprietăților electrice ale diferitelor componente ale acestuia. Pe baza acestei imagini și luând în considerație toate datele geologice și de orice altă natură din perimetrul cercetat, utilizatorul se angajează în procesul final de interpretare geologică a rezultatelor geofizice.

12

2.2 Măsurători de rezistivitate executate în cadrul studiului

Pentru măsurătorile geoelectrice executate pe amplasamentul aflat în sudul localității Palazu Mare din județul Constanța, în scopul analizei potențialului arheologic al zonei, s-a folosit **Sistemul SuperSting Marine** produs de firma americană Advanced Geosciences, Inc, Austin, Texas, care este un sistem generator de imagini de rezistivitate și polarizație indusă automat, cu 8 canale, folosit cu cabluri pasive multielectrod. Folosește la emisie un curent continuu pulsant cu durata pulsului egală cu durata pauzei. Include o **cutie de distribuție** (switch box) care are rolul de a comanda comutarea electrozilor la achiziționarea automată de date, conform unui program introdus anterior (fișier de comandă, command file). Tot în componența aparatului intră **softul Administrator**, folosit la crearea fișierelor de comandă și încărcarea lor în memoria aparatului și pentru descărcarea datelor din SuperSting în

computer. Fișierul de comandă este un fișier text care comandă instrumentului cum să măsoare, atribuind fiecărui electrod funcția de electrod de emisie sau de recepție.

Softurile de inversie EarthImager sunt programe care interpretează datele de rezistivitate înregistrate (procesul de inversie) și produc imagini sub formă de secțiuni 2D sau volume 3D care reflectă structura geologică a subsolului.

Comutarea electrozilor se face de către instrument prin intermediul cablurilor pasive multielectrod, care au la distanțe egale câte un contact (take-out) pentru conectarea electrozilor de inox, și **cabluri cu electrozi pasivi (FlexLite Passive Electrode Cable)**.

Ținând cont de tema de investigație, a fost ales dispozitivul dipol-dipol pentru a atinge adâncimi de investigație mai mari și pentru numărul mare de măsurători, ceea ce înseamnă detalii mai multe reprezentate pe secțiunea geoelectrică de rezistivitate. Poziția fiecărui electrod din cei 56 folosiți la aceste secțiuni a fost măsurată cu un GPS RTK cu o eroare medie de sub 2 cm. Din datele GPS obținute a fost extrasă altitudinea fiecărui electrod și s-a întocmit fișierul de teren pentru a se putea procesa datele geofizice de rezistivitate colectate în funcție de topografia locală.

Măsurătorile geoelectrice realizate cu dispozitivul dipol-dipol cu distanța dintre electrozi de 1 m au fost realizate pe două secțiuni diagonale amplasate în perimetrul primit de la domnul arheolog Bejenaru Constantin de la Muzeul de Istorie Națională și Arheologie Constanța. Au fost executate suplimentar față de serviciile contractate o investigație 2D cu electrozii dispuși la 1 m și o secțiune cu electrozii dispuși la 0.5 m.

În Figura 2 este prezentată poziția profilelor geoelectrice, pentru care s-a folosit dispozitivul dipol-dipol pentru determinarea rezistivității subsolului. Au fost efectuate 5 secțiuni 2D și o secțiune 3D. Astfel cu roșu este reprezentat perimetrul sitului 12 din raportul de arheologie trasat conform tabelului de coordonate. Cu galben este reprezentat perimetrul pus la dispoziție prin amabilitatea domnului arheolog Dr. Constantin Bejenaru de la Muzeul de Istorie Națională și Arheologie Constanța. Cu albastru sunt reprezentate secțiunile de tomografie geoelectrică de rezistivitate efectuate cu electrozii dispuși la 1m iar liniile roșii sunt sunt secțiunile de tomografie geoelectrică de rezistivitate efectuate cu electrozii dispuși la 0.5m unde s-a făcut și investigația 3D.



Figura 2: Pozițiile electrozilor pe profilele geoelectrice efectuate, suprapuse pe un ortofotoplan. Secțiunile reprezentate cu albastru au distanța dintre electrozi de 1m iar cele reprezentate cu roșu au distanța între electrozi de 0.5m.

14

3. PREZENTAREA ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR

Acest studiu are drept scop elucidarea ipotezelor legate de existența unor vestigii arheologice de epocă otomană în perimetrul propus pentru a se înființa un nou parc. În raportul de evaluare arheologică zona este identificată ca *Situl 12 -Constanța NV-așezare otomană și tumuli aplatizați*. Fiind localizată la sud de intersecția dintre strada Alexandria și calea ferată Constanța-Medgidia și la 300-600m est de intersecția DN3C cu DC89 spre Poiana așa cum sunt reprezentate pe figura 2.

3.1. PROFILELE DIAGONALE CU DISTRIBUȚIA ELECTROZILOR LA 1 m

În perimetrul primit de la domnul arheolog Constantin Bejenaru au fost efectuate două secțiuni de tomografie geoelectrică de rezistivitate în diagonală pentru

a se identifica posibilele zone cu potențial arheologic în lungime de 56m cu electrozii dispuși la 1m și o adâncime de investigație de 12m.

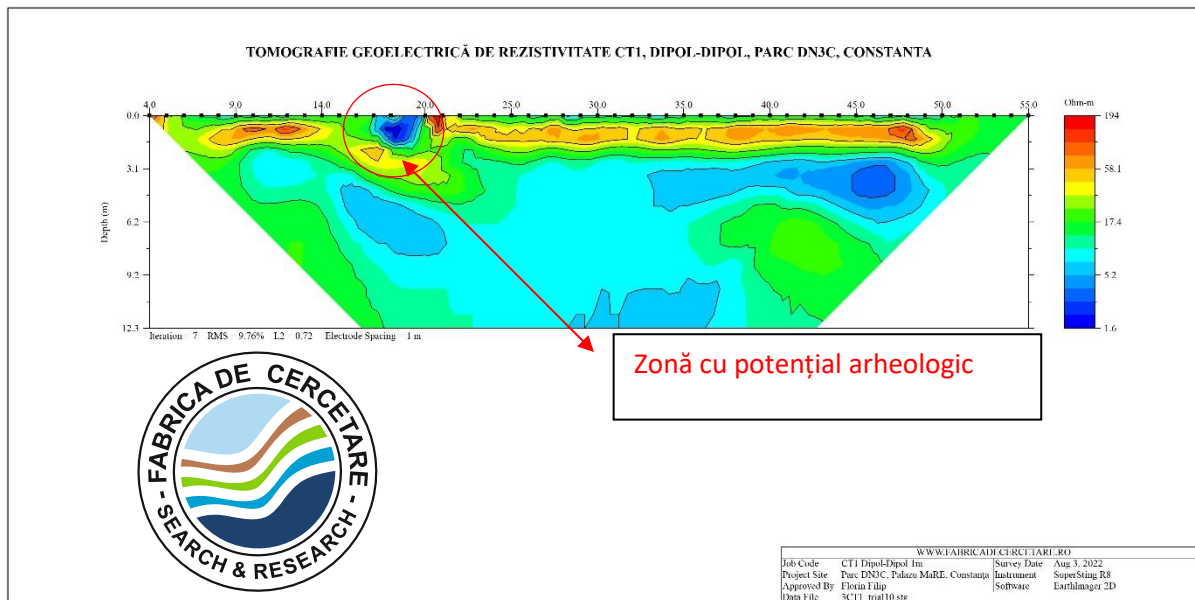


Figura 3. Profil diagonal de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate CT1, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

Secțiune a CT1 în dispozitiv dipol-dipol cu 56 de electrozi dispuși la o distanță de 1m are orientarea Est-Vest cu electrodul numărul 1 la est. Valorile de rezistivitate sunt cuprinse între 1.6 Ohm-m și 194 Ohm-m. Se poate observa ca partea superioară are un orizont rezistiv reprezentat pe secțiune prin tente de portocaliu și roșu cu o grosime de aproximativ 2m ce este continuu din dreptul electrodului 50 până la electrodul 20 unde apare o anomalie de minim rezistiv reprezentată pe secțiune de tente de culoare albastru închis pentru ca apoi orizontul rezistiv să se continue de la electrodul 14 până la electrodul 3. Această anomalie de minim rezistiv ce întrerupe orizontul superior de rezistivitate crescută poate fi asociată unei zone de locuire și prezintă potențial arheologic. În baza acesteia se regăsește un orizont mai rezistiv reprezentat pe secțiune cu tente de culoare galbenă la adâncimea de aproximativ 3m peste care se dezvoltă zona de minim rezistiv. Sub aceste orizonturi de la adâncimea de 3m se găsește un orizont conductor ce prezintă valori mai mici de rezistivitate în partea de est în dreptul electrodului 47 la adâncimea de 5m ce poate fi asociată unui strat acvifer de suprafață cantonat în depozite argiloase cu intercalații de nisipuri fine. Sub aceste orizonturi valorile de rezistivitate indică existența unor argile umectate ce sunt reprezentate pe secțiunea de rezistivitate prin tente de albastru deschis.

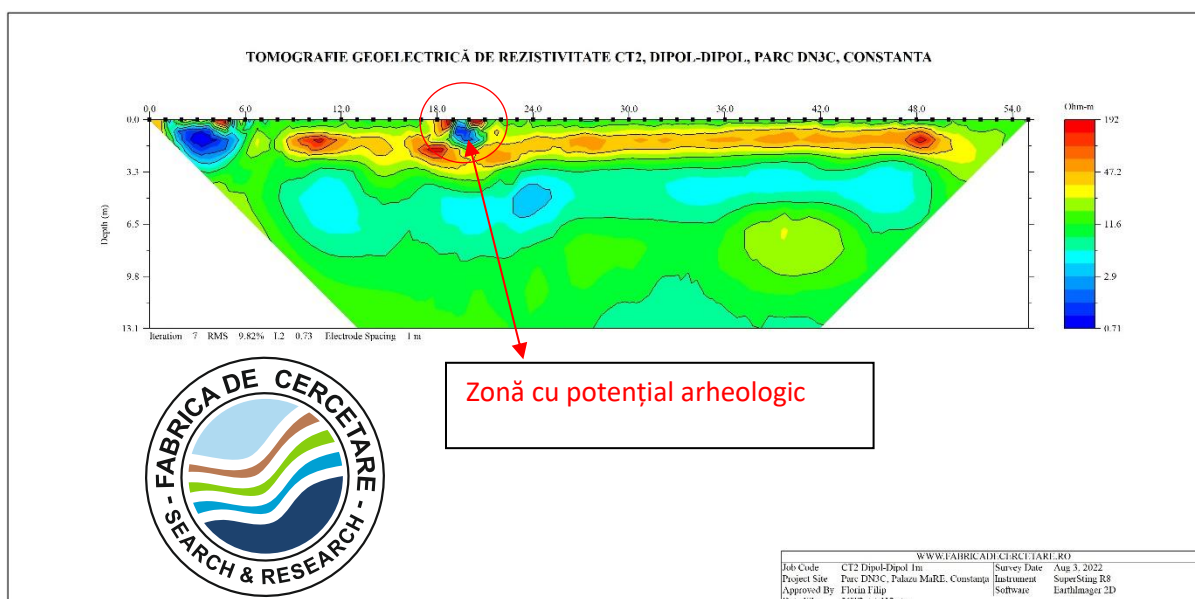


Figura 4. Profil diagonal de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate CT2, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

Secțiune a CT2 în dispozitiv dipol-dipol cu 56 de electrozi dispuși la o distanță de 1m are orientarea Nord Est - Sud Vest cu electrodul numărul 1 la nord est. Valorile de rezistivitate sunt cuprinse între 0.71 Ohm-m și 192 Ohm-m. Se poate observa ca partea superioară are un orizont rezistiv reprezentat pe secțiune prin tente de portocaliu și roșu cu o grosime de aproximativ 2m ce este continuu din dreptul electrodului 50 până la electrodul 22 unde apare o anomalie de minim rezistiv reprezentată pe secțiune de tente de culoare albastru închis pentru ca apoi orizontul rezistiv să se continue de la electrodul 17 până la electrodul 8 urmat apoi de o zonă unde acesta dispare complet și este înlocuit de o zonă cu minim rezistiv. Această anomalie de minim rezistiv ce întrerupe orizontul superior de rezistivitate crescută poate fi asociată unei zone de locuire și prezintă potențial arheologic. În baza acesteia se regăsește un orizont mai rezistiv reprezentat pe secțiune cu tente de culoare portocaliu și roșu la adâncimea de aproximativ 3.3m peste care se dezvoltă zona de minim rezistiv. Sub aceste orizonturi de la adâncimea de 3.3m se găsește un orizont mai conductor ce prezintă valori mai mici de rezistivitate ce sunt reprezentate pe secțiunea de rezistivitate prin tente de albastru deschis ce pot fi asociate unor depozite argiloase umectate.

3.2. PROFILELE PARALELE CU DISTRIBUȚIA ELECTROZILOR LA 0.5m

După efectuarea celor 2 secțiuni oblice ne-am concentrat pe investigarea în detaliu a anomaliilor de minim rezistiv ce au potențial arheologic și am efectuat trei secțiuni paralele cu distanța între ele de 1m și distanța electrozilor de 0.5m pe fiecare secțiune folosind 56 de electrozi. Astfel lungimea secțiunilor a fost de 27,5m fiecare și o adâncime de investigație de 7m. Poziția și altitudinea fiecărui electrod a fost înregistrată folosind un GPS RTK ce a avut o eroare medie de 2cm. Astfel a fost posibil a se folosi topografia terenului pe fiecare secțiune de rezistivitate, valorile de elevație fiind în cote absolute față de nivelul mării.

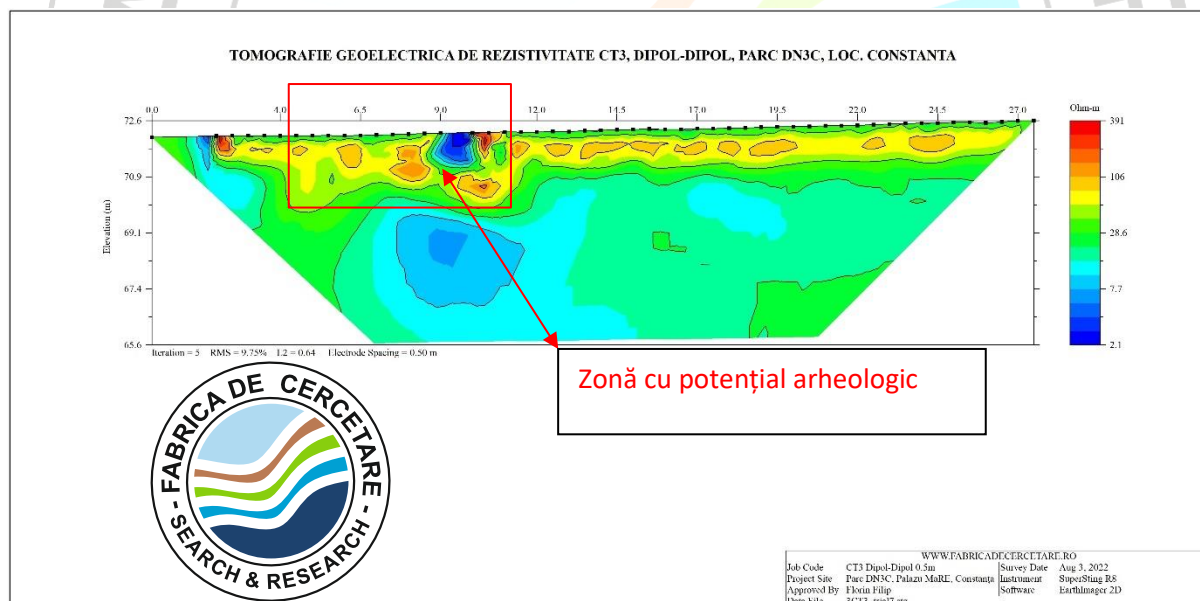


Figura 5. Profil paralel de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate CT3, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

Secțiune a CT3 în dispozitiv dipol-dipol cu 56 de electrozi dispuși la o distanță de 0.5m are orientarea Nord Vest - Sud Est cu electrodul numărul 1 la Sud Est. Acesta are o poziție centrală în grupul celor trei secțiuni paralele. Valorile de rezistivitate sunt cuprinse între 2.1 Ohm-m și 391 Ohm-m. Se poate observa că partea superioară are un orizont rezistiv reprezentat pe secțiune prin tente de portocaliu și galben cu o grosime de aproximativ 2m ce este continuu din dreptul electrodului 56 până la electrodul 23 unde apare o anomalie de minim rezistiv reprezentată pe secțiune de

tente de culoare albastru închis pentru ca apoi orizontul rezistiv să se continue de la electrodul 17 până la electrodul 5 urmat apoi de o zonă unde acesta dispare complet și este înlocuit de o zonă cu minim rezistiv. Această anomalie de minim rezistiv ce întrerupe orizontul superior de rezistivitate crescută poate fi asociată unei zone de locuire și prezintă potențial arheologic. În baza acestuia se regăsește un orizont mai rezistiv reprezentat pe secțiune cu tente de culoare portocaliu și roșu la adâncimea de aproximativ 2m peste care se dezvoltă zona de minim rezistiv. Sub aceste orizonturi de la adâncimea de 2m se găsește un orizont mai conductor ce prezintă valori mai mici de rezistivitate ce sunt reprezentate pe secțiunea de rezistivitate prin tente de albastru deschis și verde ce pot fi asociate unor depozite argiloase umectate.

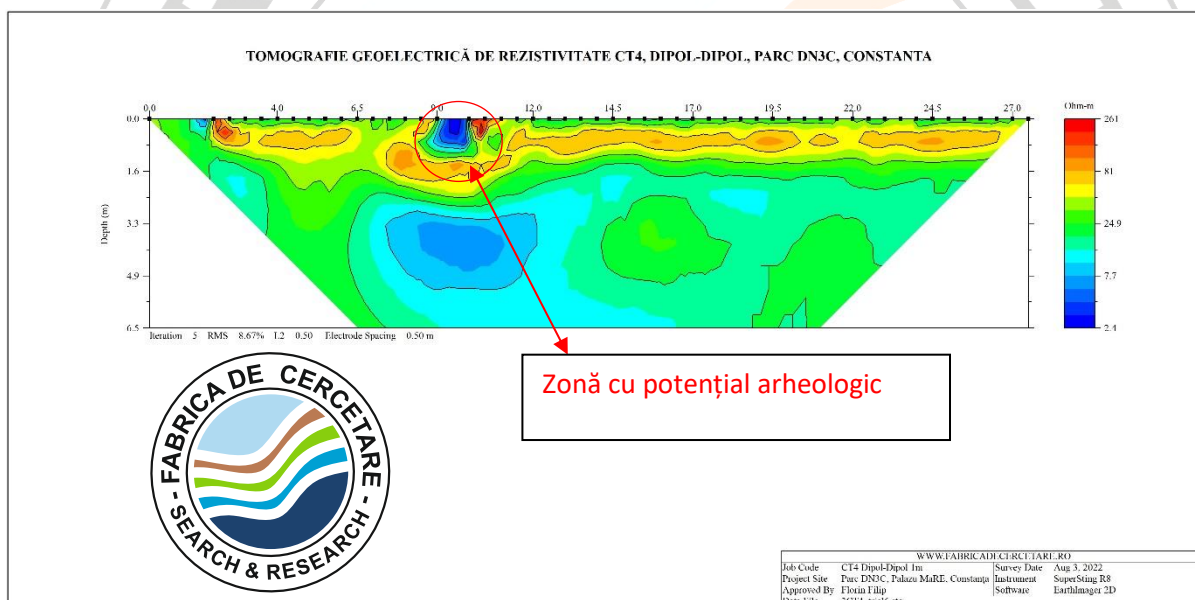


Figura 6. Profil paralel de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate CT4, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

Secțiune a CT4 în dispozitiv dipol-dipol cu 56 de electrozi dispuși la o distanță de 0.5m are orientarea Nord Vest - Sud Est cu electrodul numărul 1 la Sud Est. Acesta are o poziție 1m la vest față de secțiunea CT3 în grupul celor trei secțiuni paralele. Valorile de rezistivitate sunt cuprinse între 2.4 Ohm-m și 261 Ohm-m. Se poate observa ca partea superioară are un orizont rezistiv reprezentat pe secțiune prin tente de portocaliu și galben cu o grosime de aproximativ 2m ce este continuu din dreptul electrodului 56 până la electrodul 23 unde apare o anomalie de minim rezistiv reprezentată pe secțiune de tente de culoare albastru închis pentru ca apoi orizontul rezistiv să se continue de la electrodul 17 până la electrodul 5 urmat apoi de o zonă

unde acesta dispare complet și este înlocuit de o zonă cu minim rezistiv. Această anomalie de minim rezistiv ce întrerupe orizontul superior de rezistivitate crescută poate fi asociată unei zone de locuire și prezintă potențial arheologic. În baza acesteia se regăsește un orizont mai rezistiv reprezentat pe secțiune cu tente de culoare portocaliu și roșu la adâncimea de aproximativ 2m peste care se dezvoltă zona de minim rezistiv. Sub aceste orizonturi de la adâncimea de 2m se găsește un orizont mai conductor ce prezintă valori mai mici de rezistivitate ce sunt reprezentate pe secțiunea de rezistivitate prin tente de albastru deschis și verde ce pot fi asociate unor depozite argiloase umectate.

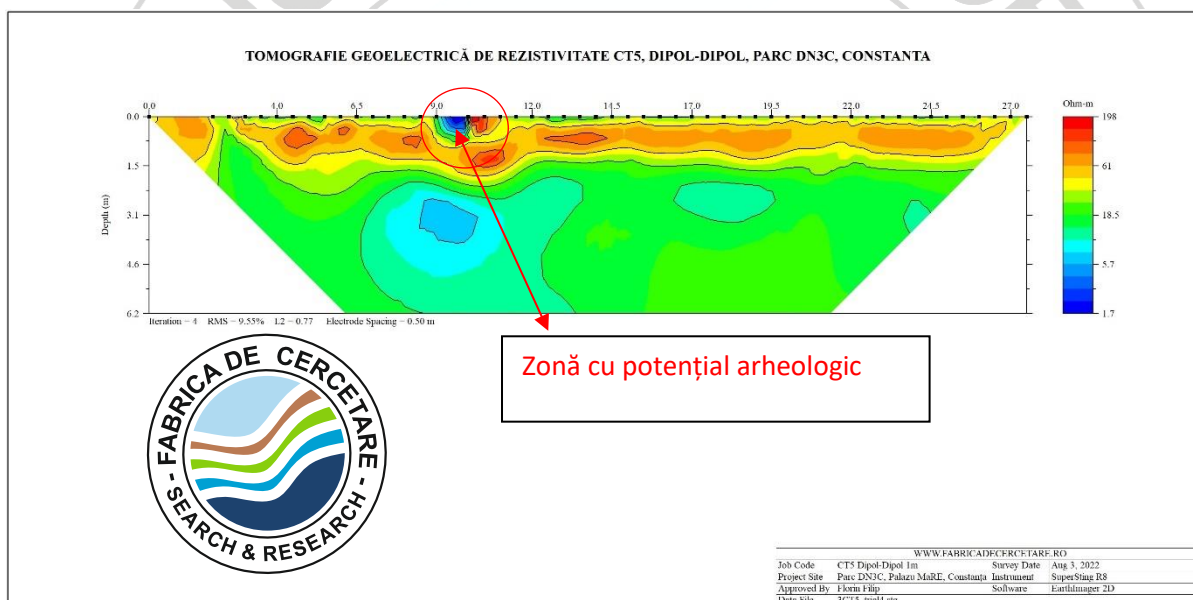


Figura 7. Profil paralel de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate CT5, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

Secțiune a CT5 în dispozitiv dipol-dipol cu 56 de electrozi dispuși la o distanță de 0.5m are orientarea Nord Vest - Sud Est cu electrodul numărul 1 la Sud Est. Acesta are o poziție 1m la est față de secțiunea CT3 în grupul celor trei secțiuni paralele. Valorile de rezistivitate sunt cuprinse între 1.7 Ohm-m și 198 Ohm-m. Se poate observa ca partea superioară are un orizont rezistiv reprezentat pe secțiune prin tente de portocaliu și galben cu o grosime de aproximativ 1.5 m ce este continuu cu o zonă de lăsară în dreptul metrului 10 unde apare o anomalie de minim rezistiv. Această anomalie de minim rezistiv ce întrerupe orizontul superior de rezistivitate crescută poate fi asociată unei zone de locuire și prezintă potențial arheologic. În baza acesteia se regăsește un orizont mai rezistiv reprezentat pe secțiune cu tente de culoare

portocaliu și roșu la adâncimea de aproximativ 1.5m peste care se dezvoltă zona de minim rezistiv. Sub aceste orizonturi de la adâncimea de 1.5m se găsește un orizont mai conductor ce prezintă valori mai mici de rezistivitate ce sunt reprezentate pe secțiunea de rezistivitate prin tente de albastru deschis și verde ce pot fi asociate unor depozite argiloase umectate.

3.3. REZULTATELE INVESTIGAȚIILOR CU DISPOZITIV 3D

Pentru a urmări **distribuția în spațiu a rezistivității**, cele trei secțiuni de rezistivitate paralele au fost asamblate într-un dispozitiv 3D folosind softwer-ul EarthImager 3D. Astfel a rezultat o secțiune 3D cu un volum de 354.9 m³ având o lungime de 27.5m, o lățime de 2m și o adâncime a investigației de 6.45m.

Inverted Resistivity Image

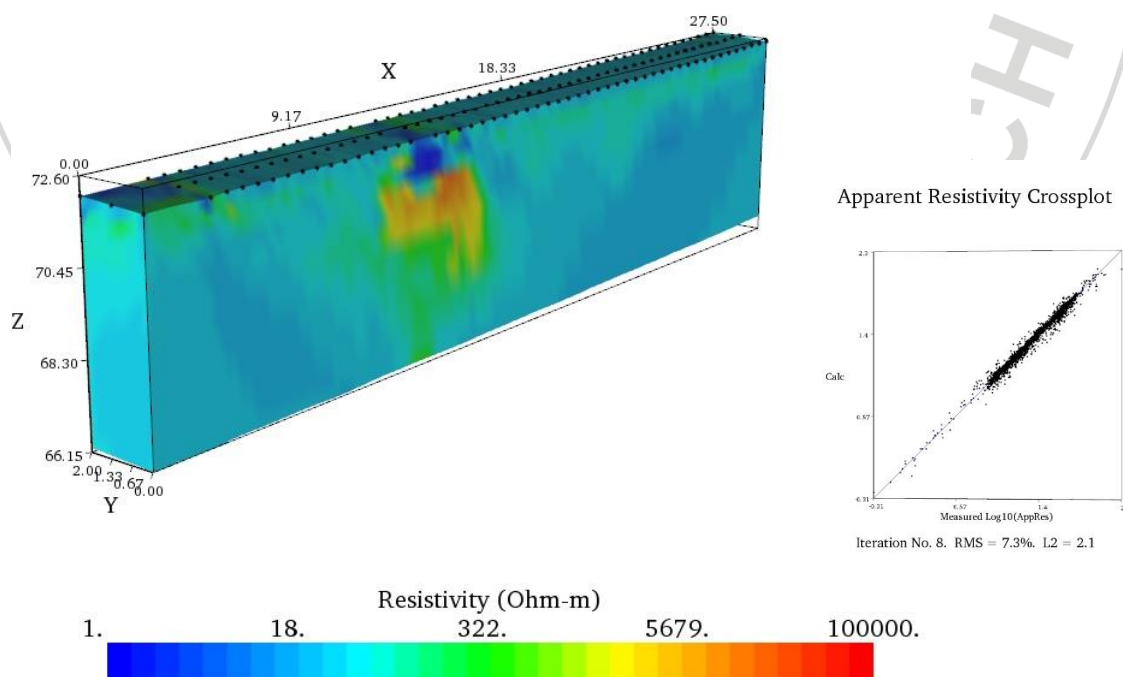


Figura 8. Secțiune 3D de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate loc. Palazu Mare, jud. Constanța

La achiziția datelor poziția fiecărui electrod a fost înregistrată folosind un GPS RTK astfel că altitudinea punctelor este absolută față de nivelul mării în sistem de coordonate Stereo 70.

X Slices of Inverted Resistivity

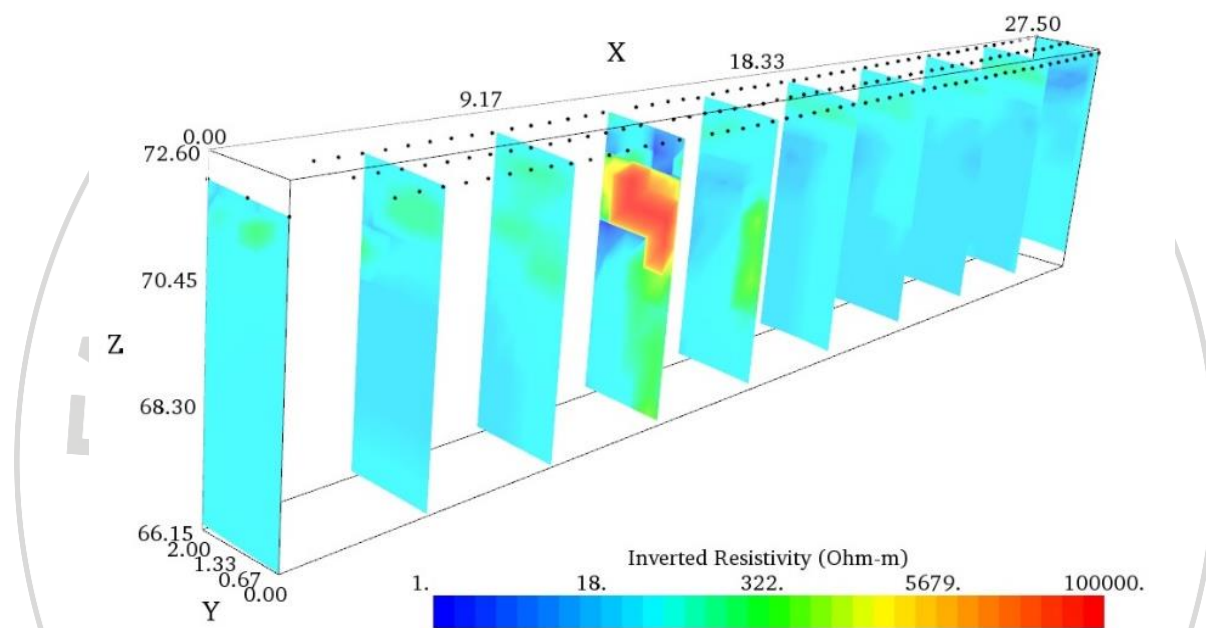


Figura 9. Secțiune 3D de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate pe axa x, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

Pe secțiunea 3D se poate observa că anomaliile, întâlnite în cele trei secțiuni 2D (CT3, CT4 și CT5) din care este compusă această secțiune, se păstrează dar se pot distinge unele particularități ale distribuției spațiale ale acestora. Datorită faptului că inversia datelor se face pentru cele 3900 de date achiziționate pentru cele 3 secțiuni valorile de rezistivitate pe secțiunea 3 D diferă față de cele de pe secțiunile 2D. Astfel se poate distinge de la metrul 10 la metrul 12,5 o anomalie de maxim rezistiv cu valori de peste 6000 Ohm-m ce are deasupra sa o zonă de minim rezistiv cu valori de sub 3 Ohm-m. Această zonă rezistivă reprezentată pe secțiune cu tente de roșu poate fi asociată vetei unei locuințe de epocă otomană ce poate prezenta mai multe niveluri de locuire. Se observă o zonă către sud în figura 10 reprezentată pe secțiune cu tente de galben ce se afundă câțiva zeci de centimetri sub această posibilă zonă de

locuire ce poate fi asociată unei gropi de gunoi sau unei zone de depozitare a alimentelor.

Diagonal Slices of Inverted Resistivity

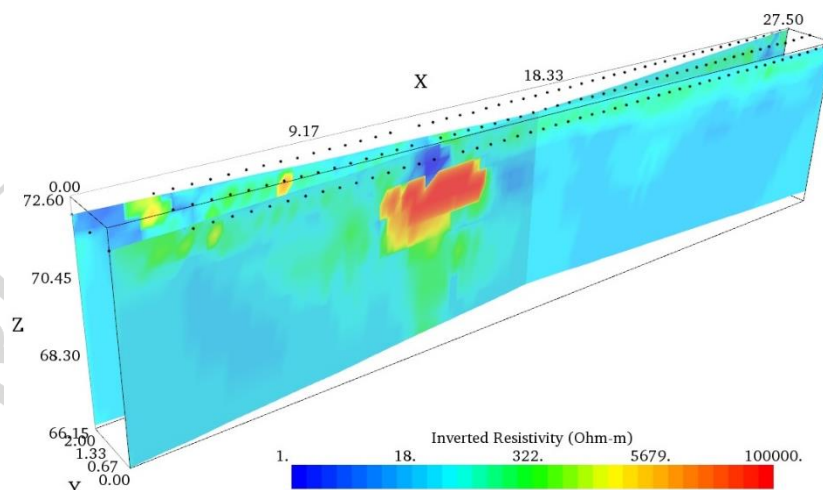


Figura 10. Secțiune 3D de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate cu secțiuni în diagonală, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

Existența unei locuințe este întărită de schimbarea bruscă a valorilor de rezistivitate pe secțiunea 3D. Dacă pe tot profilul avem valori de rezistivitate scăzută și mediu în zona metrilor 10-12 aceste valori cresc având o distribuție pe verticală de la adâncimea de 1m la 3m.

22

3D Resistivity Contour Plot

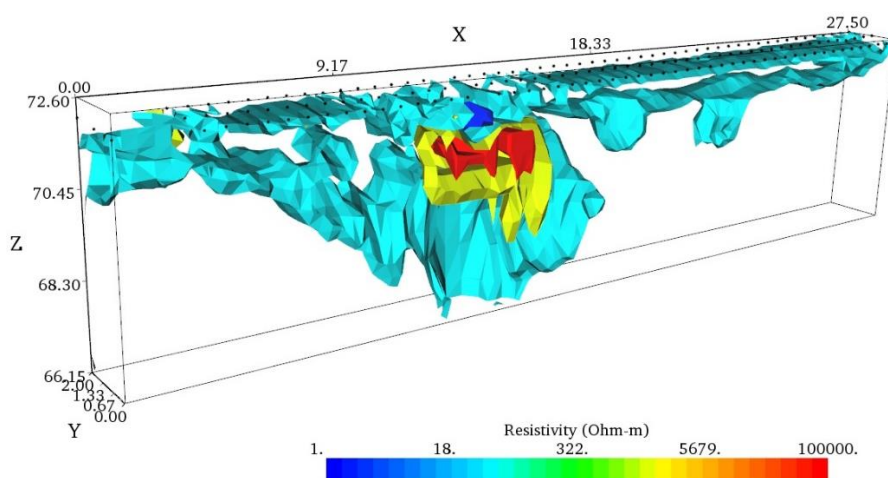


Figura 10. Secțiune 3D de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate cu izosuprafețe, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

3D Resistivity Contour Plot

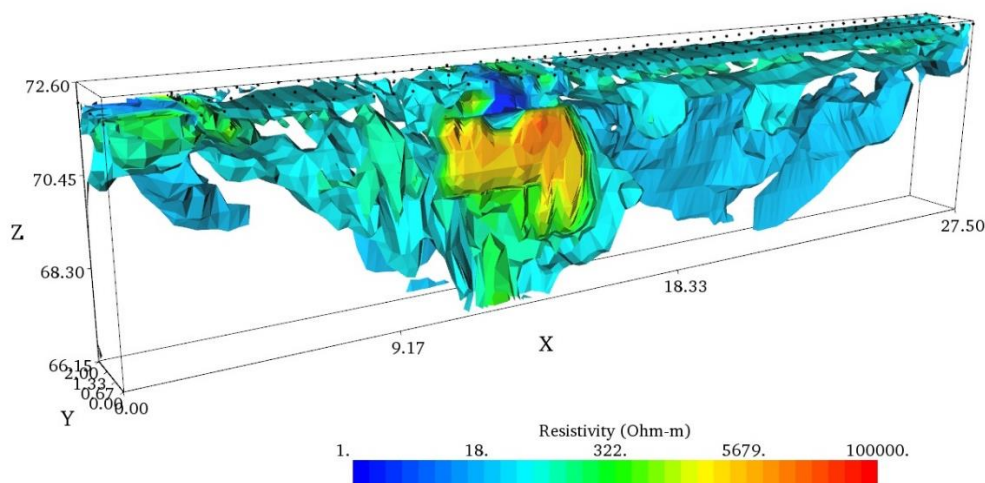


Figura 11. Secțiune 3D de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate cu izosuprafețe, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

Se pot observa în figura 12 zone cu rezistivitate crescută ce se găsesc în zona de nord în intervalul de adâncime 0.5-1.5m pot fi asociate prezenței unor artefacte.

3D Resistivity Contour Plot

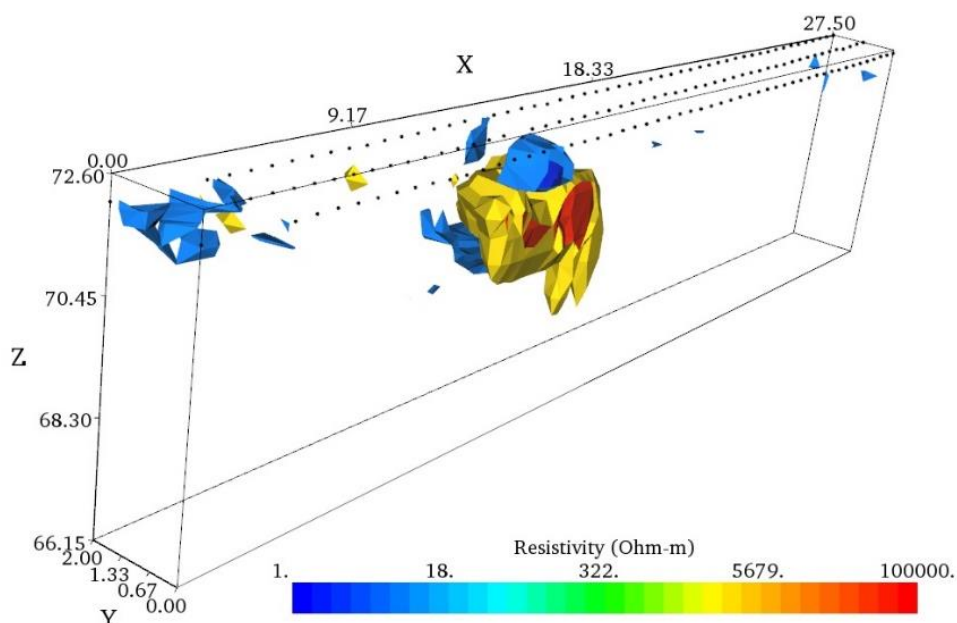


Figura 12. Secțiune 3D de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate cu izosuprafețe -valori maxime și minime, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

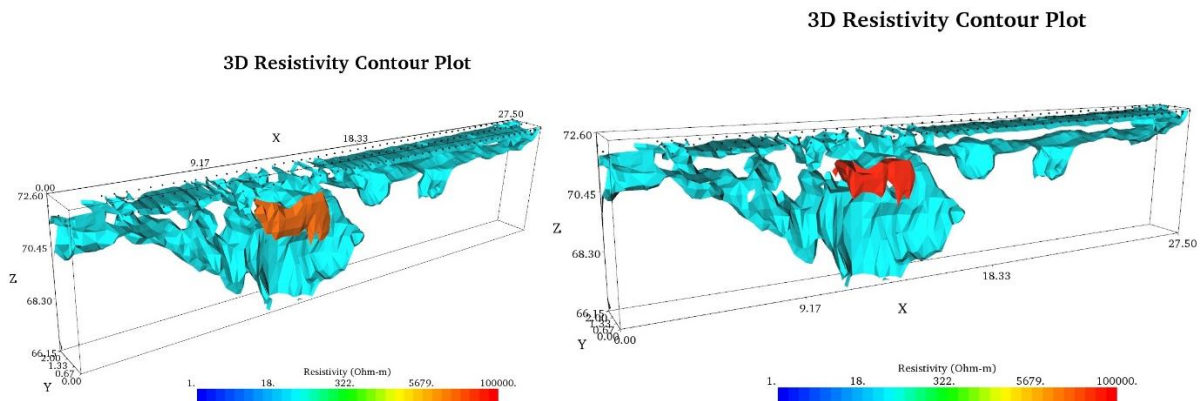


Figura 13. Secțiune 3D de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate cu izosuprafețe- cu valorile maxime de rezistivitate puse în evidență, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

Zona identificată ca posibilă locuință otomană reprezentată pe secțiunea 3D cu tente de roșu și portocaliu pentru valorile de rezistivitate crescută ca în figura 13 pot fi asociate unor mai multe niveluri de locuire si pot reprezenta mai multe niveluri de cenușă rezultată din mai multe incendii dar și de obiecte metalice îngropate ce modifică valorile de rezistivitate ale substratului din jurul lor.

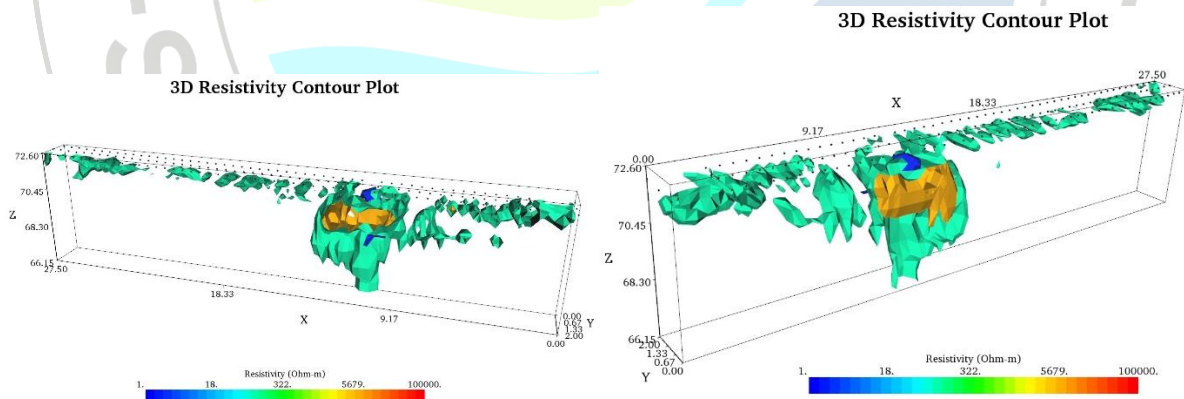


Figura 14. Secțiune 3D de Tomografie Geoelectrică de Rezistivitate cu izosuprafețe cu valorile medii de rezistivitate puse în evidență. Vedere de la vest în figura din stânga și de la est în figura din dreapta, loc. Palazu Mare, jud. Constanța

În figura 14 avem vedere din vest în partea stângă și din est în partea dreaptă unde se observă că posibilă zonă de locuire identificată pare a fi în trepte sugerat de poziția zonei mai rezistive reprezentată pe secțiunea 3D cu tente de maro deschis ce este cu jumătate de metru mai sus față de zona privită din est.

4. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

4.1. CONCLUZII

Măsurătorile geofizice 2D și 3D de tomografie geoelectrică de rezistivitate executate pe amplasamentul viitorului parc DN3C din localitatea Palazu Mare au evidențiat, pentru prima dată, structura internă a unor zone cu potențial arheologic și intervalul cu anomalii de minim rezistivimetric asociat posibilelor urme de locuire timpurie cu potențial arheologic.

Astfel se concluzionează că în majoritate a secțiunilor geofizice analizate, intervalul de roci cu rezistivitate scăzută, asociat posibilelor urme de locuire timpurie cu potențial arheologic, este localizată la adâncimi de la 1.5m la 3.3m. Această zonă de minim rezistiv este îmbrăcată într-un strat rezistiv impermeabil posibil din argile foarte bine tasate sau argile nisipoase bine tasate cu straturi de cenușă datorate incendiilor ce au afectat aceste zone de locuire în trecut.

25

4.2. RECOMANDĂRI

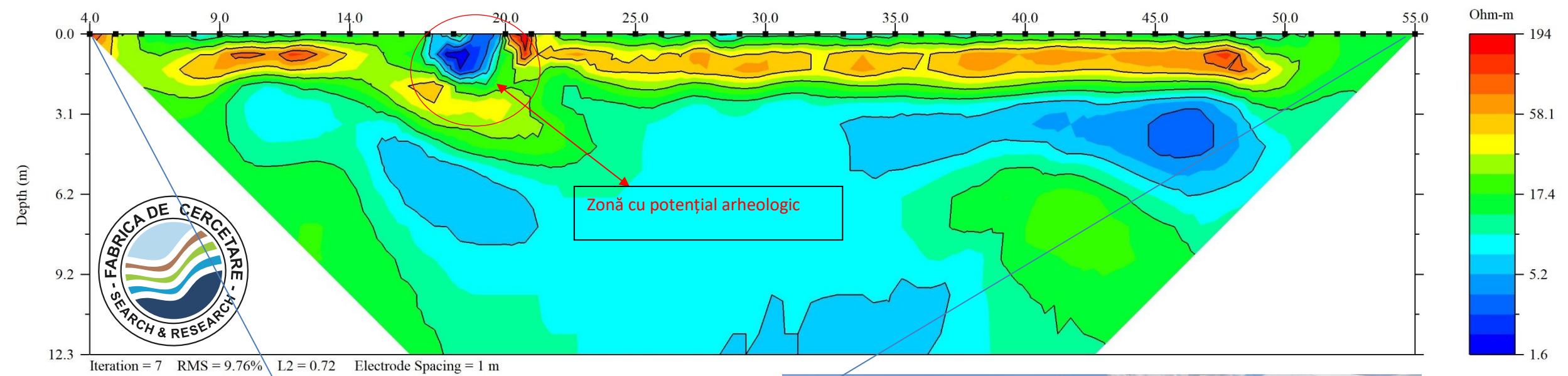
Datorită faptului că acest studiu a investigat un singur amplasament din cele enumerate în raportul arheologic existent pentru această locație, se recomandă continuarea investigațiilor și pentru celelalte locații. De asemenea se recomandă începerea unor săpături arheologice pe zona analizată în acest studiu ce vor valida și pune în evidență potențialul arheologic. Totodată se are în vedere a se ține cont de posibilitatea existenței unor vestigii arheologice ce pot fi puse în evidență de viitoarele amenajări ale zonei.

5. REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- *P. Constantinescu, T Moldoveanu, D Ștefănescu, V.Vâjdea, M.Visarion, 1979- Geofizica inginerească*
- *Advanced Geosciences, Inc., 2007 – Supersting: Automatic resistivity and IP system (Instruction manual)*
- *Advanced Geosciences, Inc., 2007 – EarthImager2D resistivity and IP inversion software (Instruction manual)*

6. ANEXE

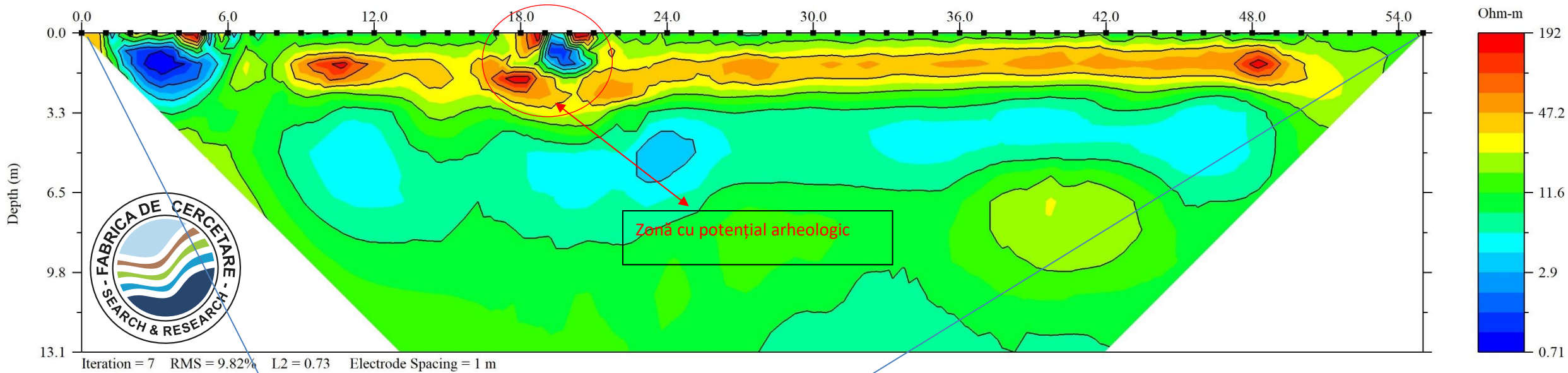
TOMOGRAFIE GEOELECTRICĂ DE REZISTIVITATE CT1, DIPOL-DIPOL, PARC DN3C, CONSTANTA



WWW.FABRICADECERCETARE.RO			
Job Code	CT1 Dipol-Dipol 1m	Survey Date	Aug 3, 2022
Project Site	Parc DN3C, Palazu MaRE, Constanța	Instrument	SuperSting R8
Approved By	Florin Filip	Software	EarthImager 2D
Data File	3CT1_trial10.stg		



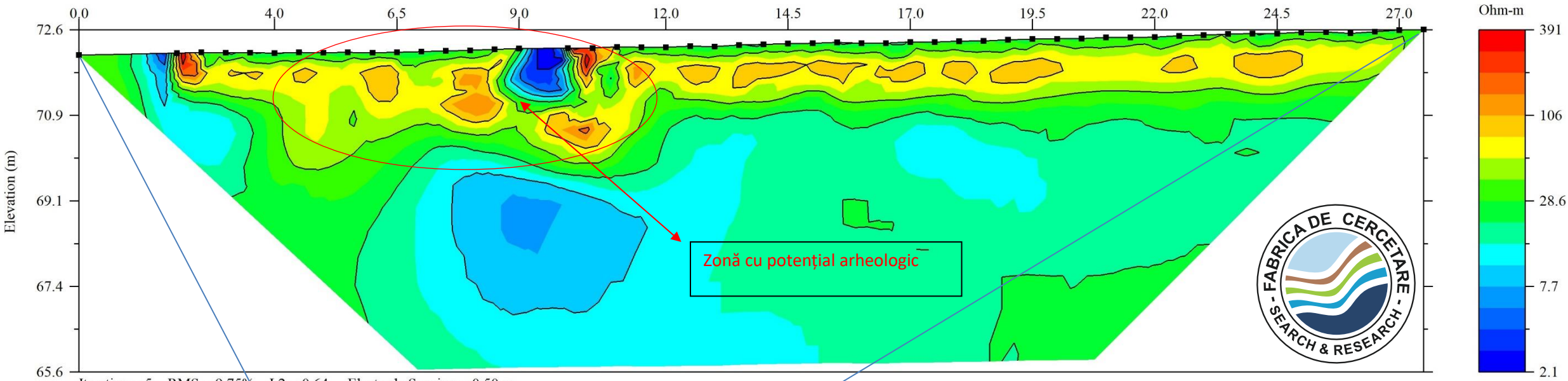
TOMOGRAFIE GEOELECTRICĂ DE REZISTIVITATE CT2, DIPOL-DIPOL, PARC DN3C, CONSTANTA



WWW.FABRICADECERCETARE.RO			
Job Code	CT2 Dipol-Dipol 1m	Survey Date	Aug 3, 2022
Project Site	Parc DN3C, Palazu MaRE, Constanta	Instrument	SuperSting R8
Approved By	Florin Filip	Software	EarthImager 2D
Data File	3CT2_trial12.stg		



TOMOGRAFIE GEOELECTRICA DE REZISTIVITATE CT3, DIPOL-DIPOL, PARC DN3C, LOC. CONSTANTA

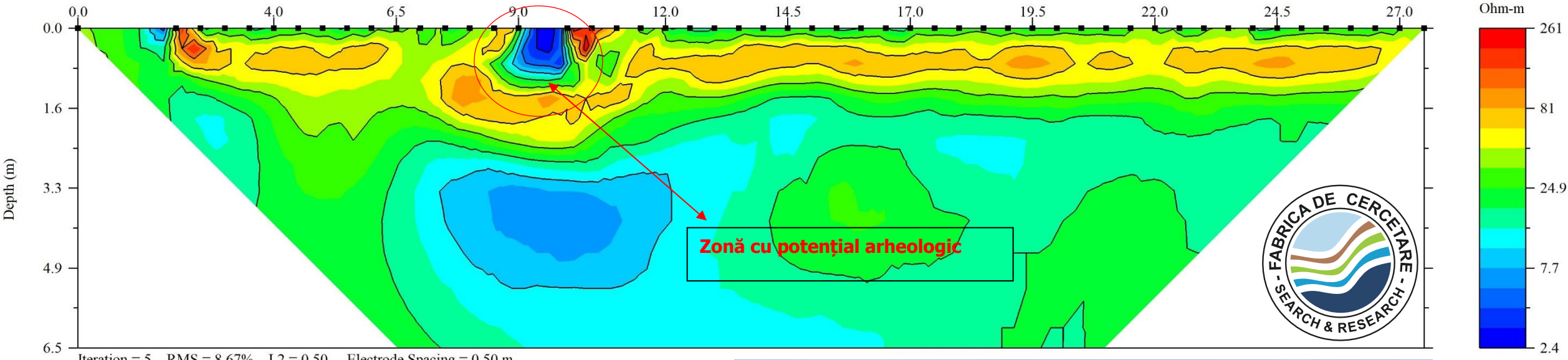


WWW.FABRICADECERCETARE.RO			
Job Code	CT3 Dipol-Dipol 0.5m	Survey Date	Aug 3, 2022
Project Site	Parc DN3C, Palazu MaRE, Constanța	Instrument	SuperSting R8
Approved By	Florin Filip	Software	EarthImager 2D
Data File	3CT3_trial7.stg		



FAD SMART TECHNOLOGY SRL
Str. Olari, Nr. 7, Sector 2, București
RO 27781906, J40/11892/2010
Tel: +40 745 326 544
E-mail: felipe@fabricadecercetare.ro

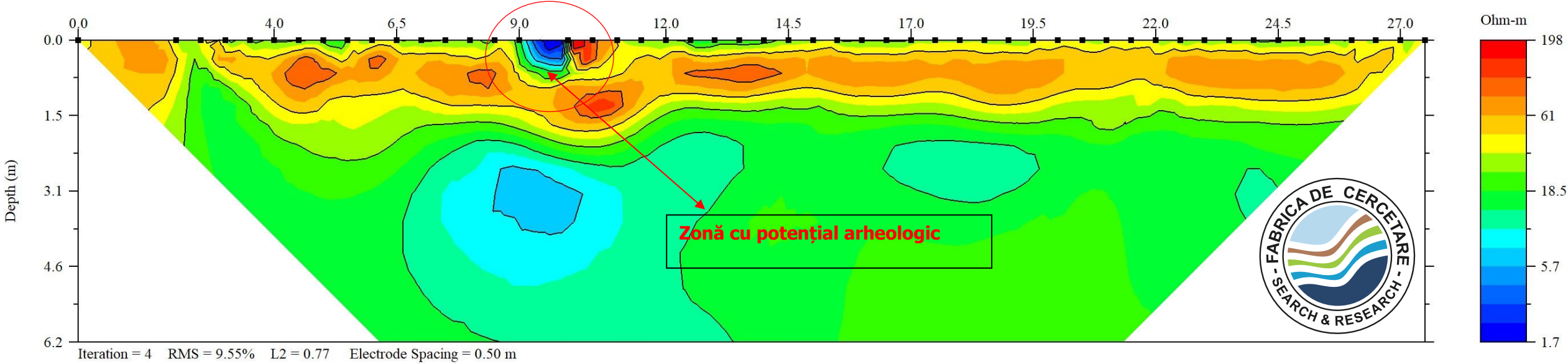
TOMOGRAFIE GEOELECTRICĂ DE REZISTIVITATE CT4, DIPOL-DIPOL, PARC DN3C, CONSTANTA



WWW.FABRICADECERCETARE.RO			
Job Code	CT4 Dipol-Dipol 1m	Survey Date	Aug 3, 2022
Project Site	Parc DN3C, Palazu MaRE, Constanța	Instrument	SuperSting R8
Approved By	Florin Filip	Software	EarthImager 2D
Data File	3CT4_trial6.stg		



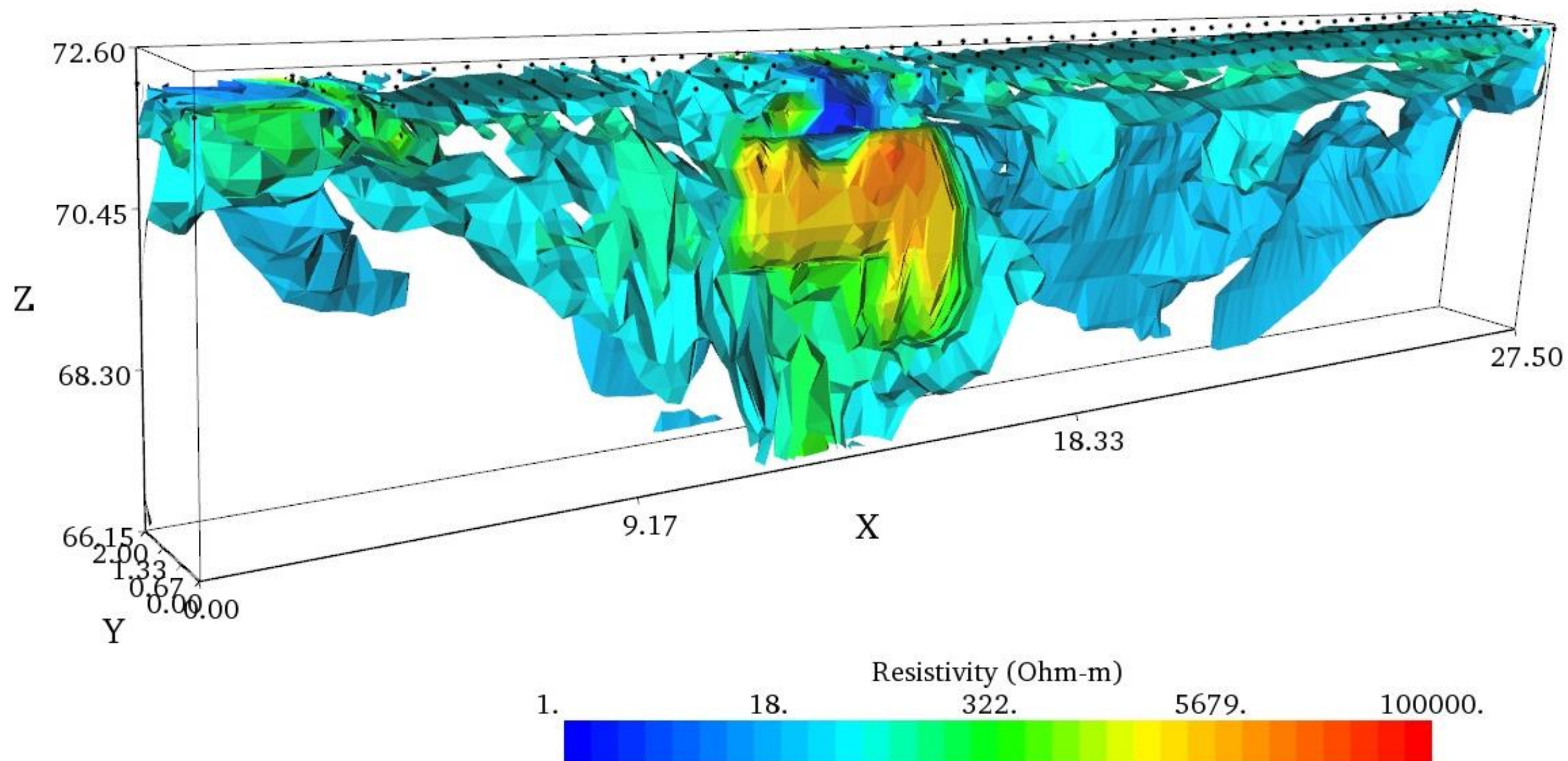
TOMOGRAFIE GEOELECTRICĂ DE REZISTIVITATE CT5, DIPOL-DIPOL, PARC DN3C, CONSTANTA



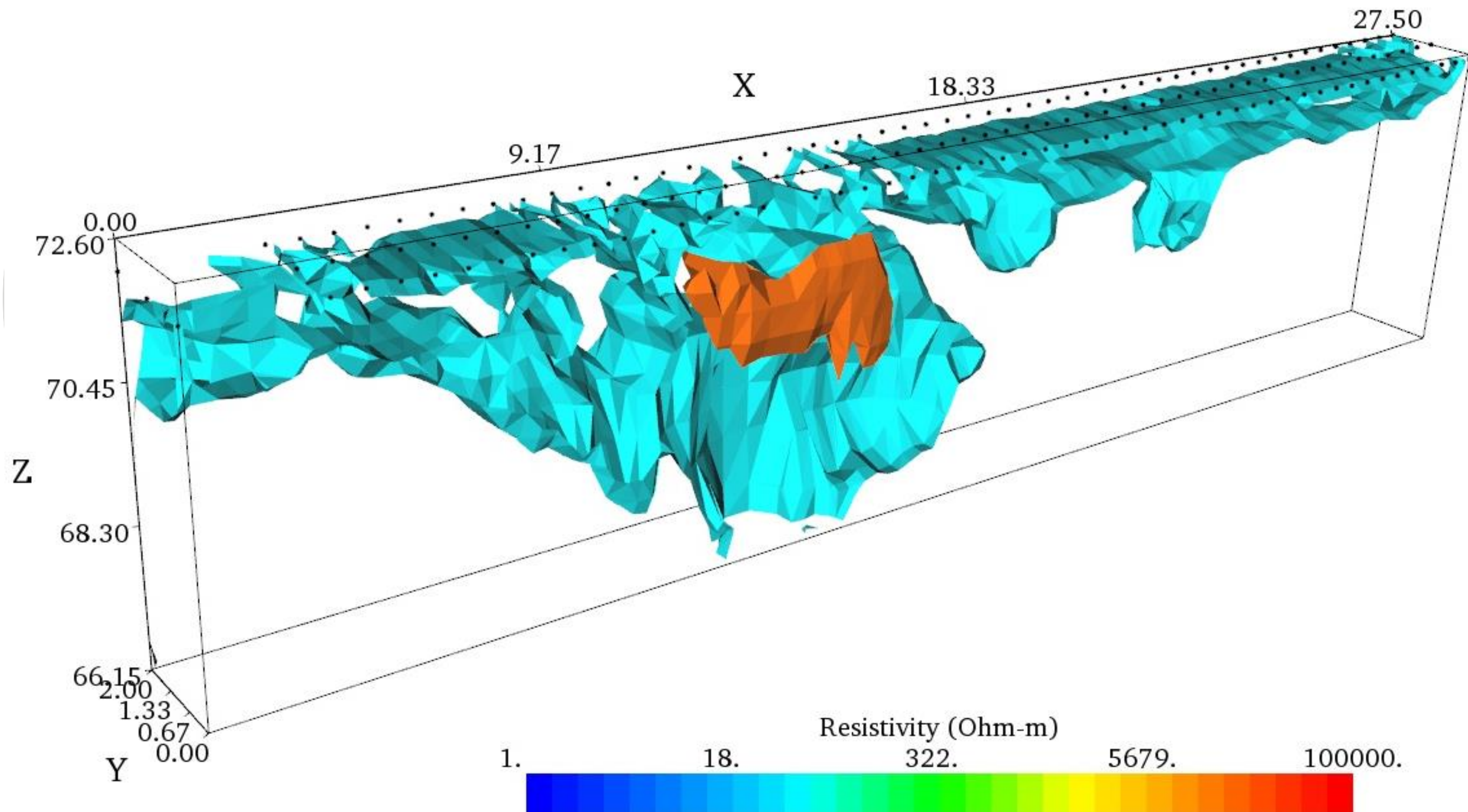
WWW.FABRICADECERCETARE.RO			
Job Code	CT5 Dipol-Dipol 1m	Survey Date	Aug 3, 2022
Project Site	Parc DN3C, Palazu MaRE, Constanța	Instrument	SuperSting R8
Approved By	Florin Filip	Software	EarthImager 2D
Data File	3CT5 trial4.stg		

TOMOGRAFIE GEOELECTRICĂ DE REZISTIVITATE 3D, PARC DN3C, UAT CONSTANȚA

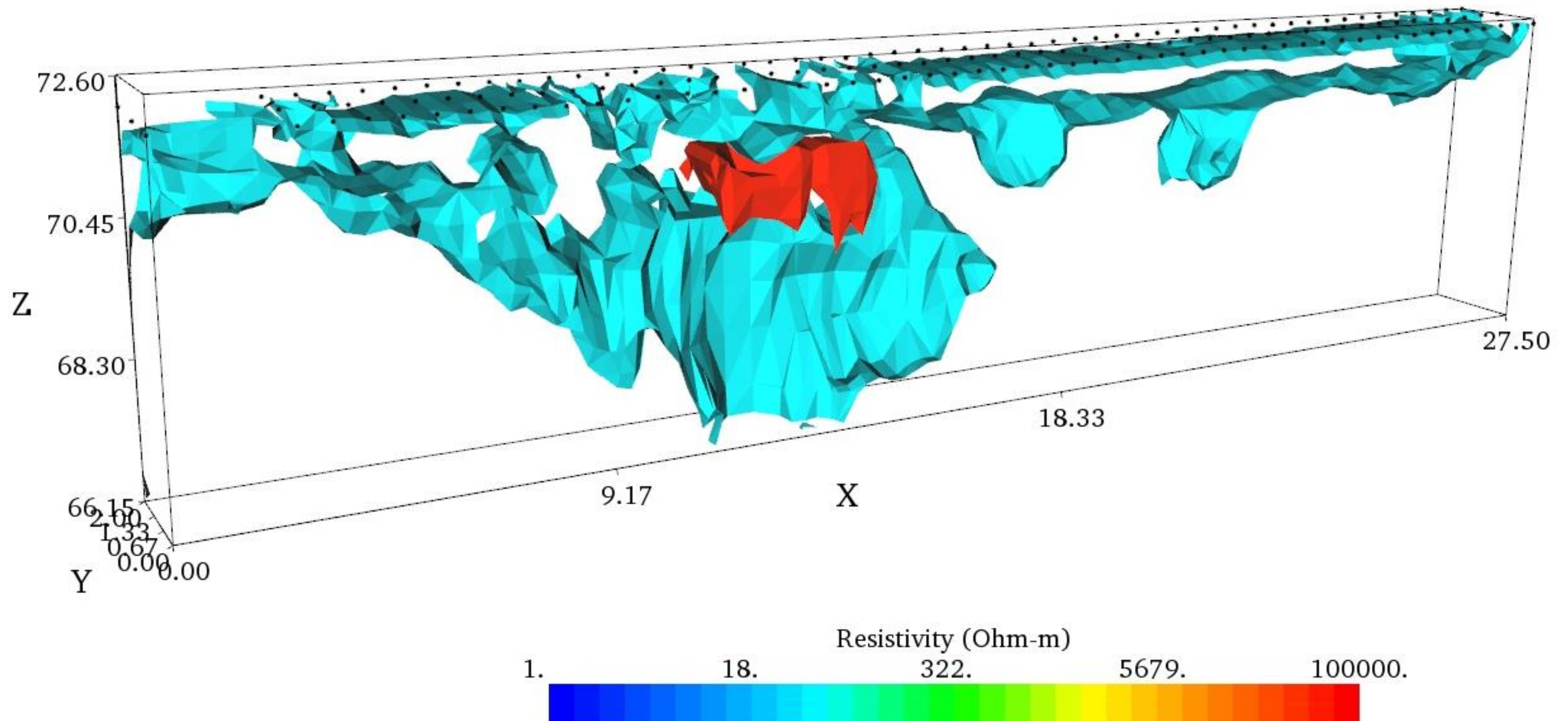
3D Resistivity Contour Plot



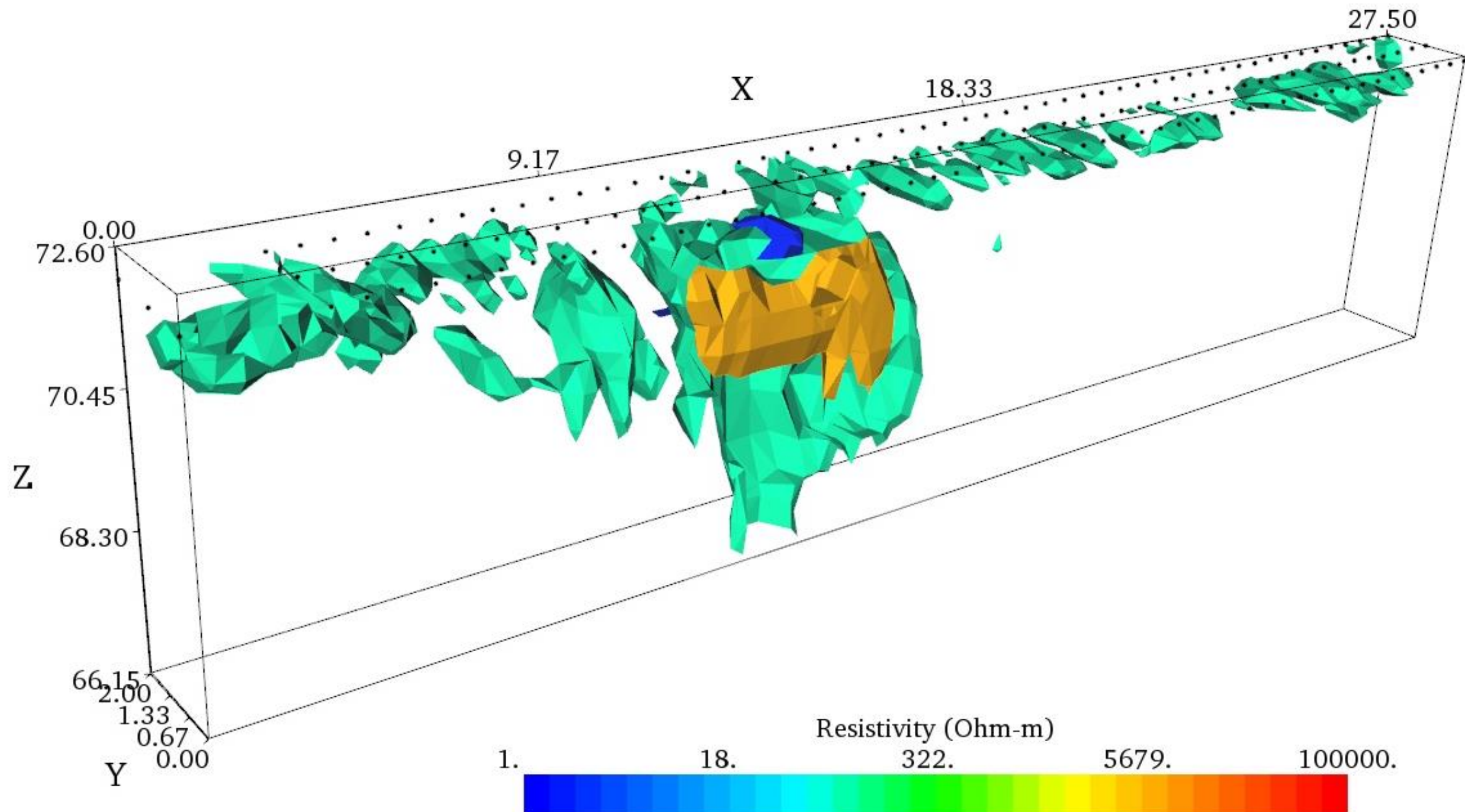
3D Resistivity Contour Plot



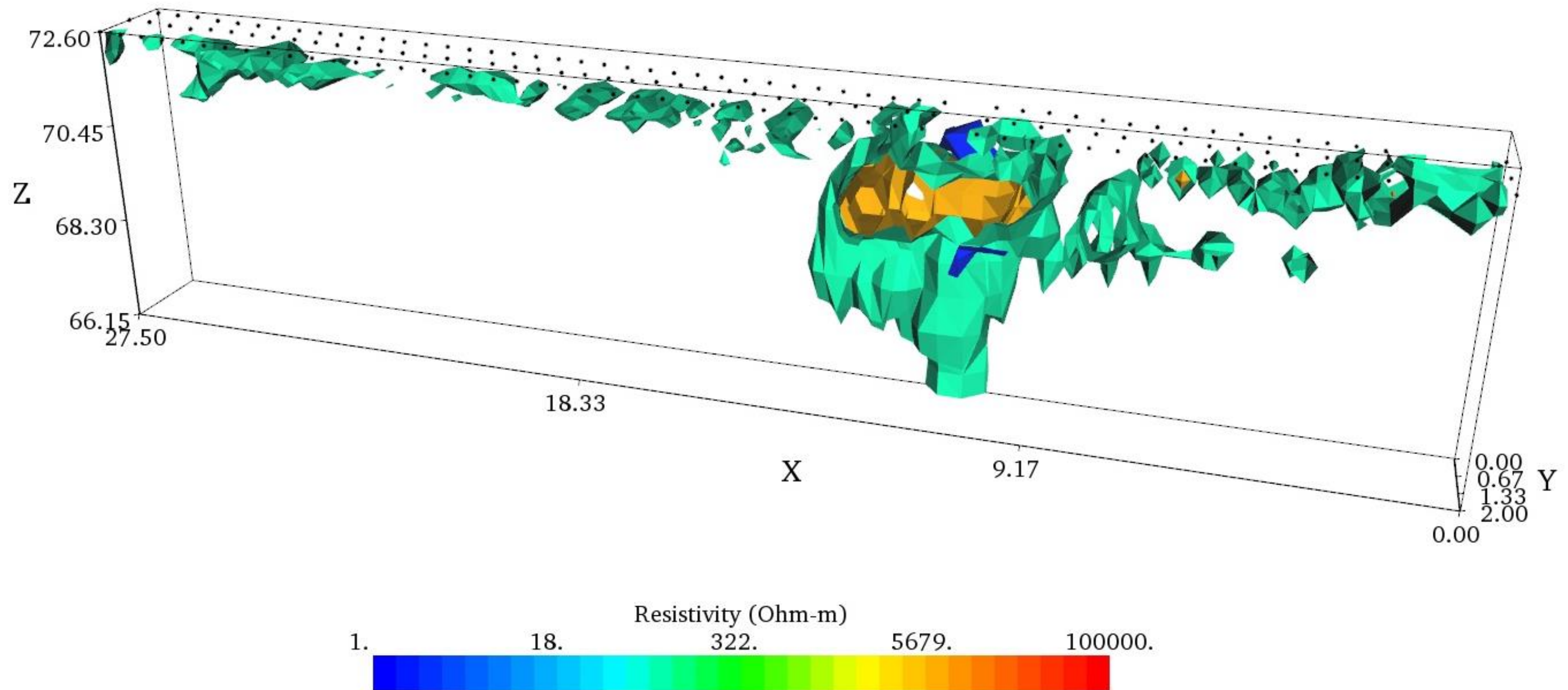
3D Resistivity Contour Plot



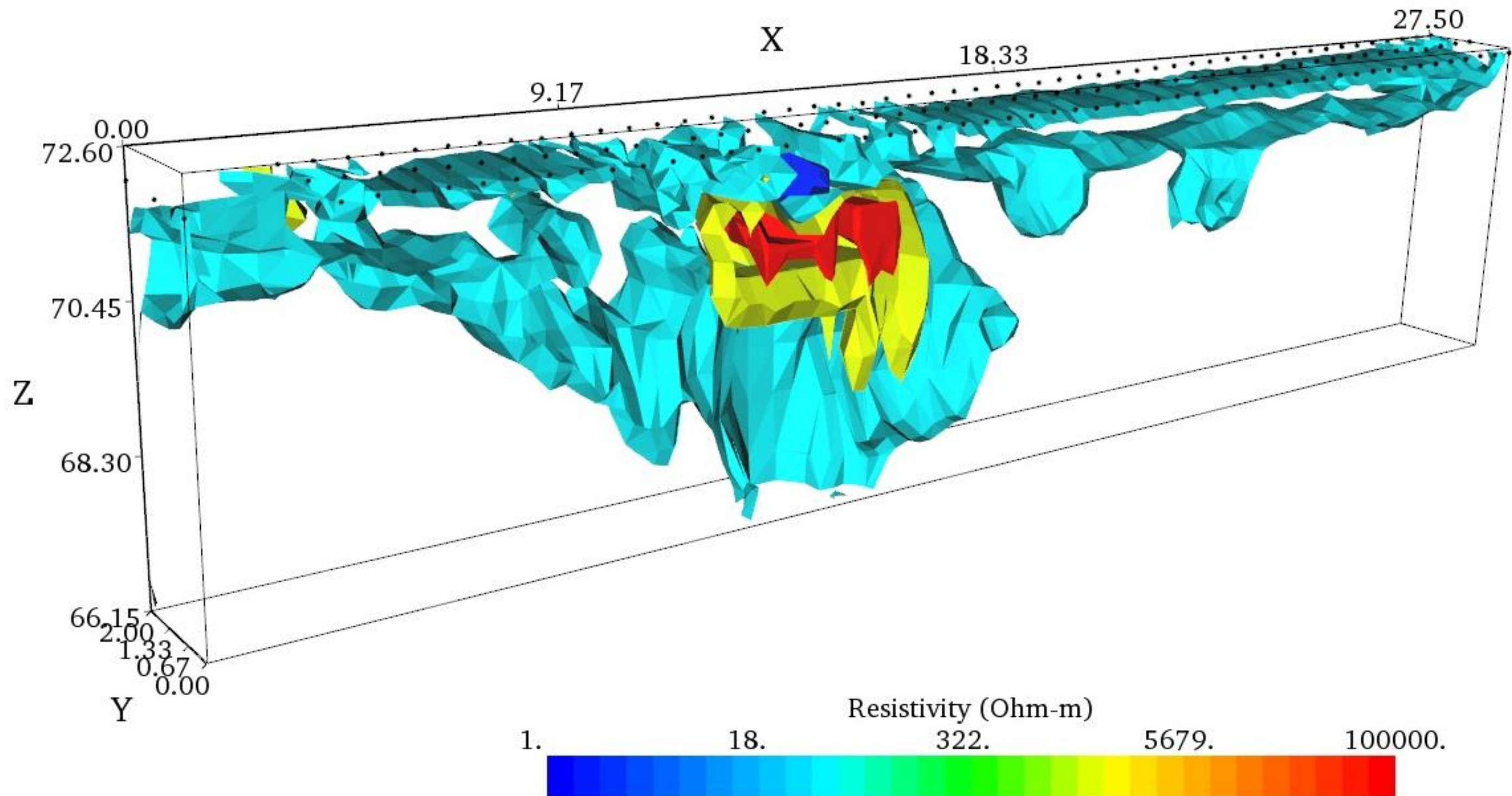
3D Resistivity Contour Plot



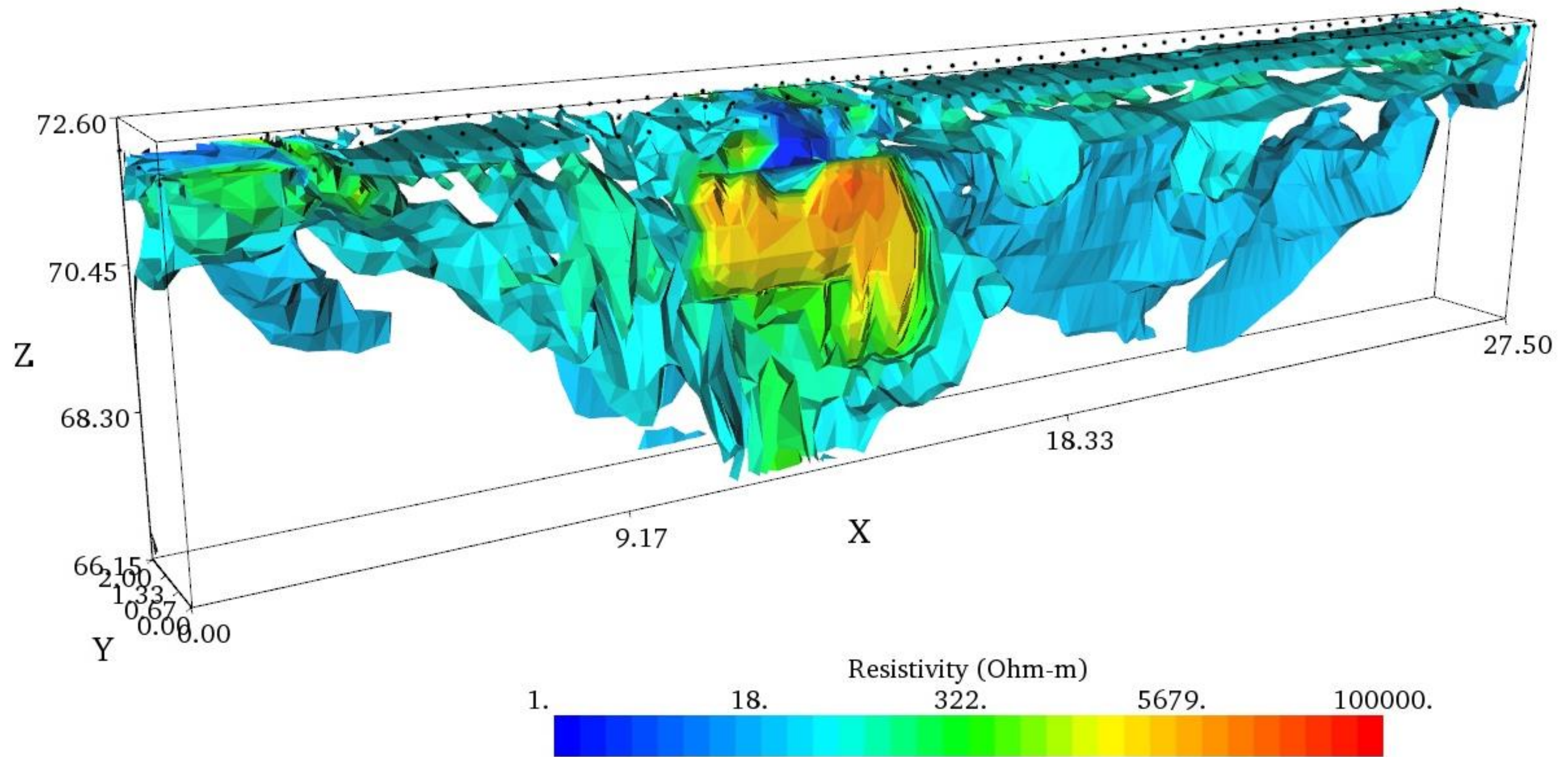
3D Resistivity Contour Plot



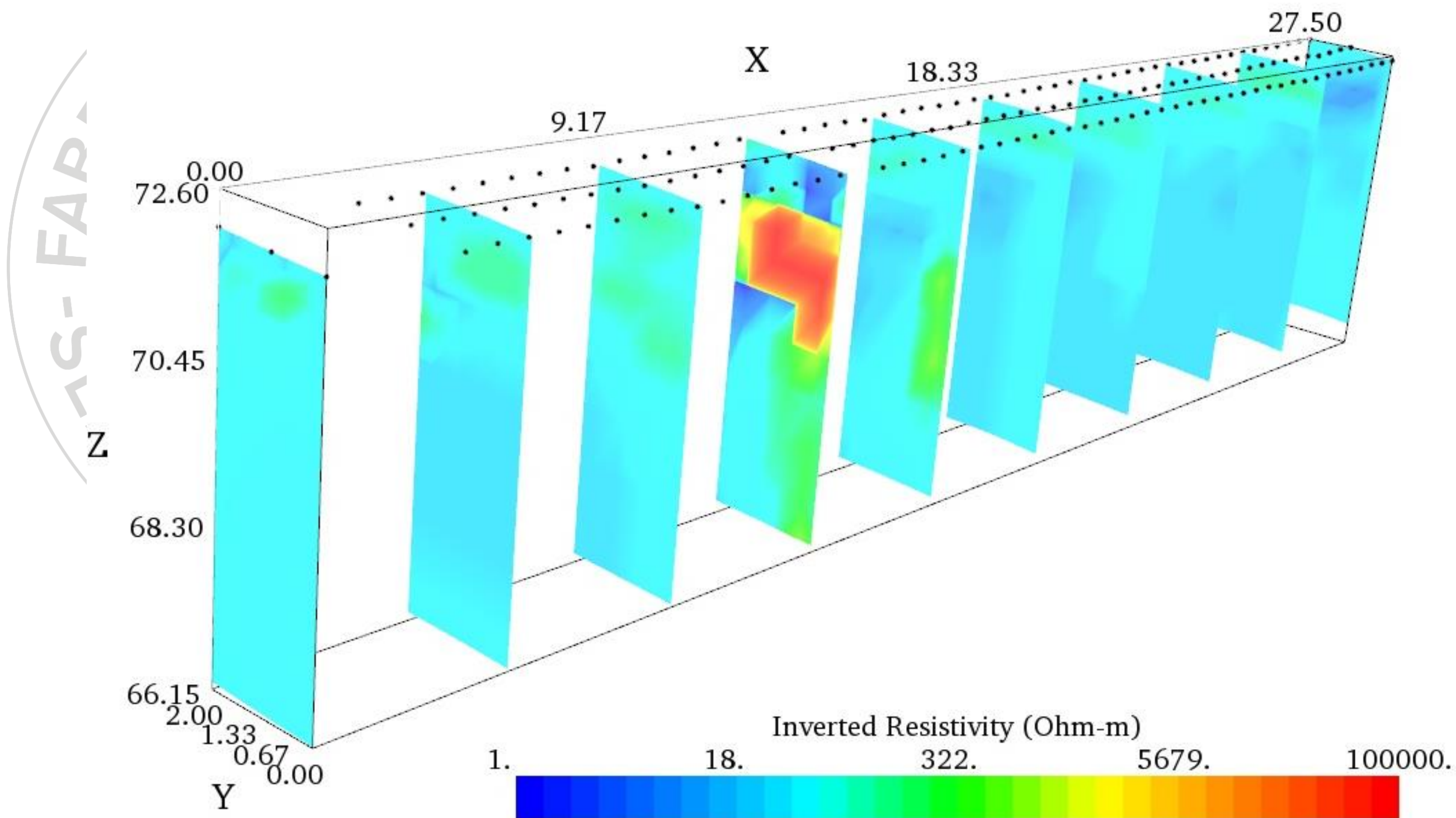
3D Resistivity Contour Plot



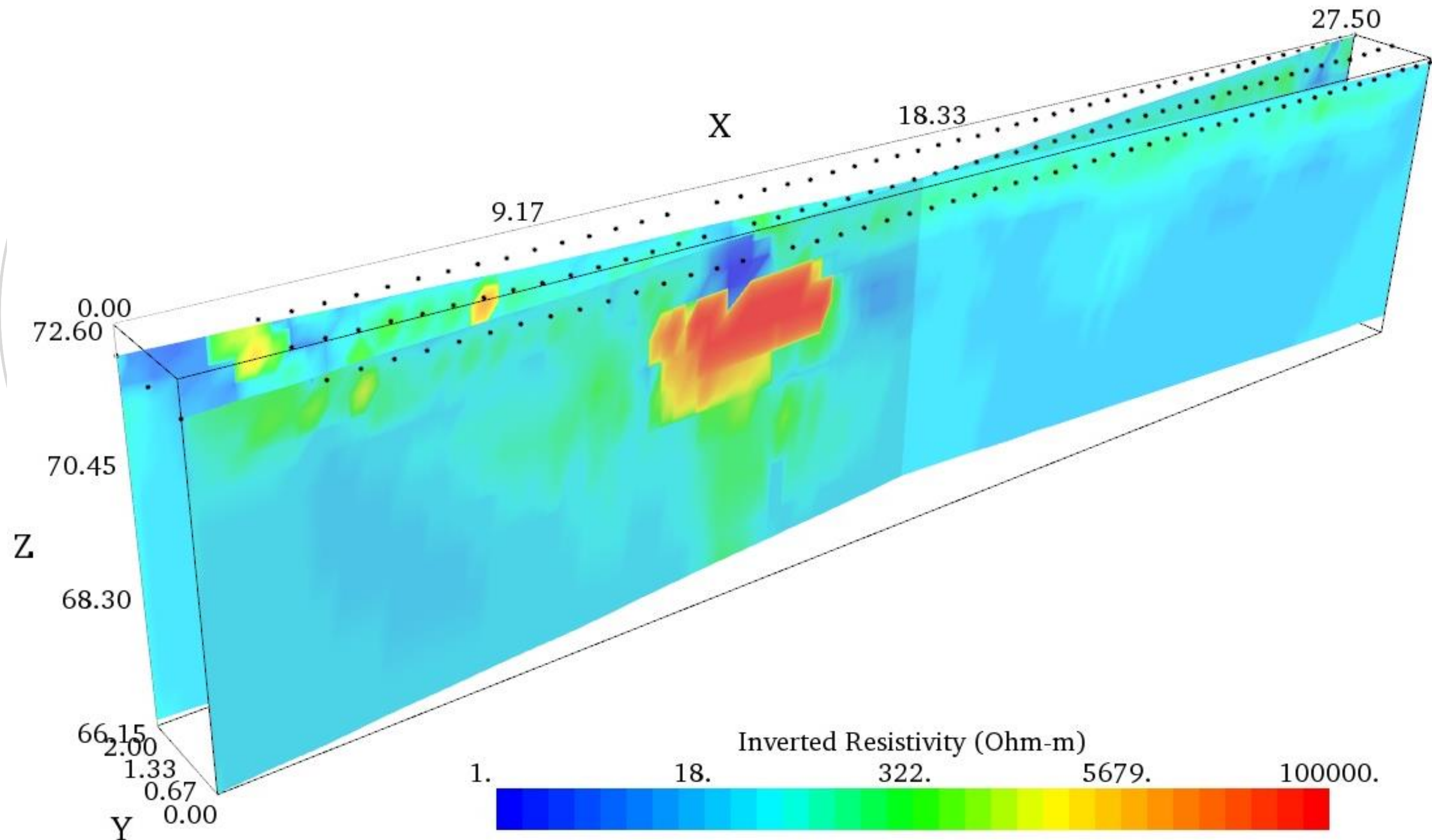
3D Resistivity Contour Plot



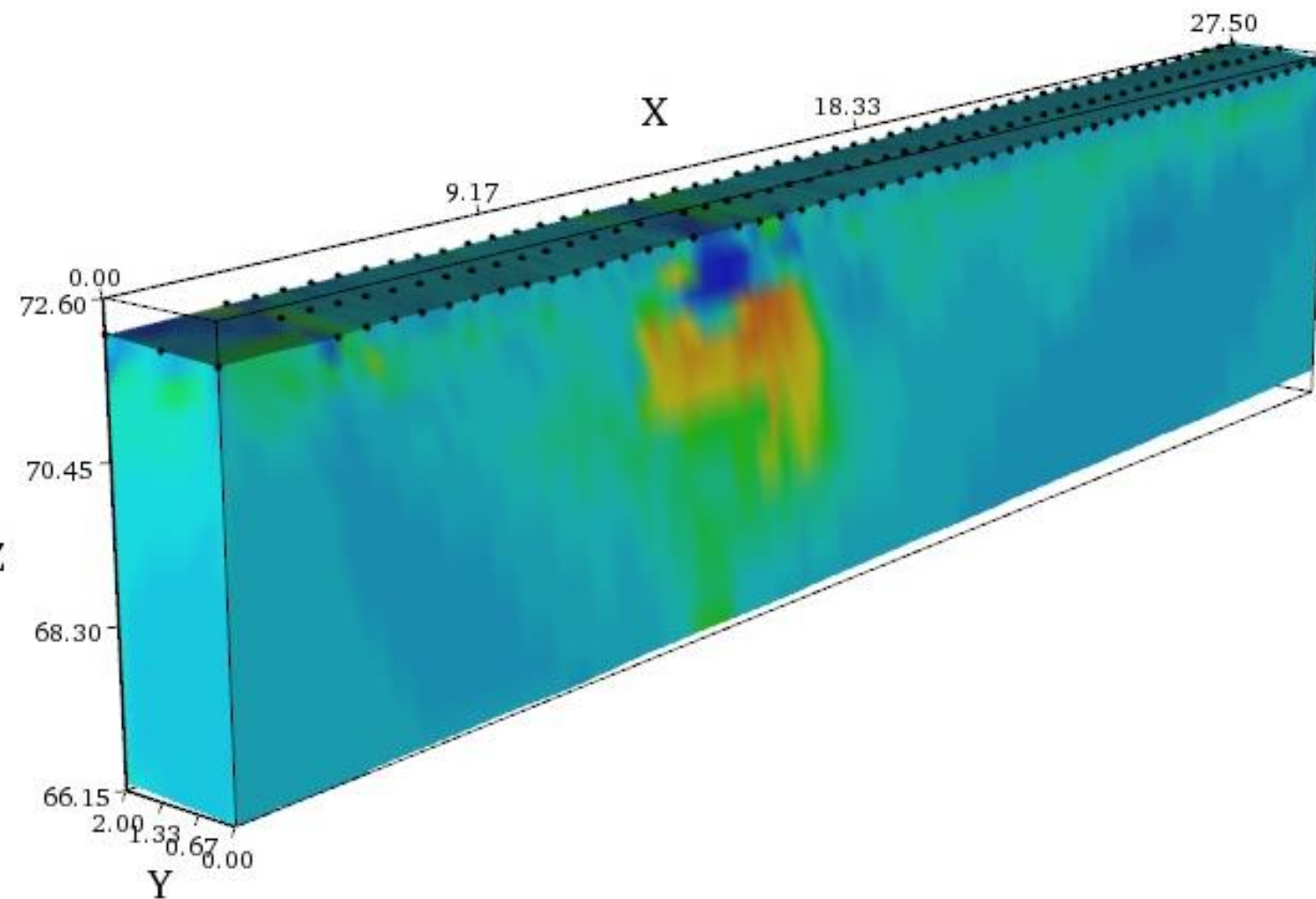
X Slices of Inverted Resistivity



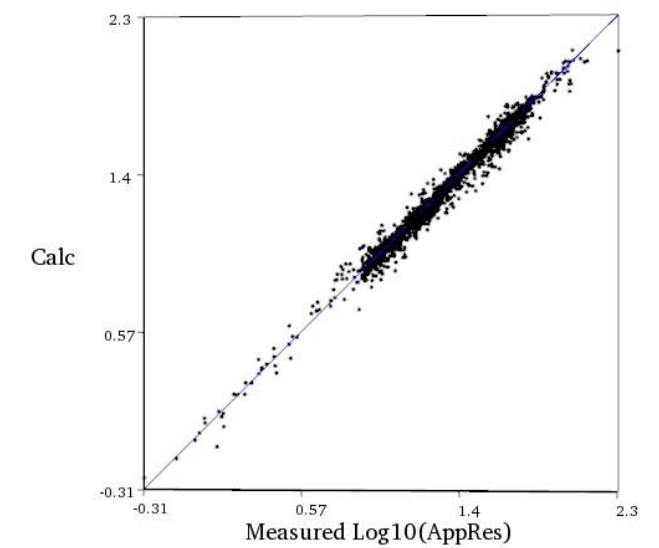
Diagonal Slices of Inverted Resistivity



Inverted Resistivity Image



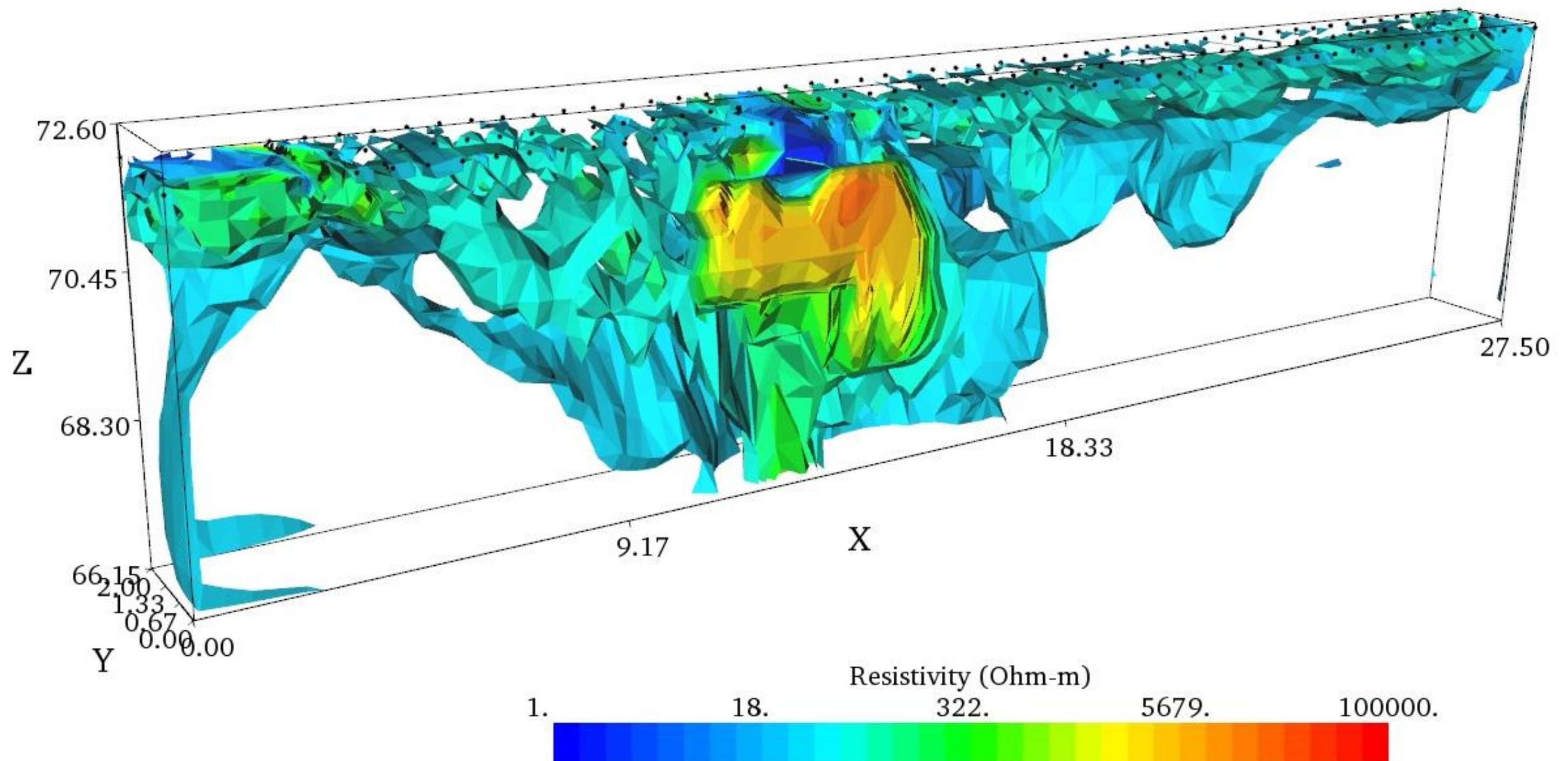
Apparent Resistivity Crossplot



Iteration No. 8. RMS = 7.3%. L2 = 2.1



3D Resistivity Contour Plot



3D Resistivity Contour Plot

