

Providing long environmental and genetic records of glacial and interglacial climatic oscillations and human impact in the Carpathian Basin (PROLONG)

Final report

The research project focused on the study of both Holocene and last glacial maximum (LGM) paleoenvironmental and paleoclimate changes using lake sediment archives from three nature reserve areas of the Carpathian Region. One important aim of the project was to train specialists in the field of fossil pollen, plant macrofossil and ancient DNA analysis and this way initiate the formation of the „Long-term ecology research group”. In this final report we summarize the main results of this four year project and demonstrate how the team building aspect of the project has been realized.

The largest research effort was dedicated to the study of Holocene lake sediments in the Retezat Mountains (South Carpathians Mountains), where five lakes were studied using multi-proxy paleoecological techniques. An exceptionally wide array of proxy methods has been applied on these lake sediments in collaboration with the participating scientists and also involving several international collaborators (Oliver Heiri, Andy Lotter, Walter Finsinger, Odile Peyron, Hilary Birks, Daniel Veres):

1. Sediment description (Troels-Smith system), photographic documentation
2. Loss-on-ignition analysis (LOI)
3. Magnetic susceptibility measurements
4. Micro and macro element analysis
5. Biogenic silica measurements
6. Diatom analysis
7. Chrysophycean stomatocyst analysis
8. Pollen, stomata and non-pollen palynomorph analyses
9. Plant macrofossil analysis
10. Ancient DNA analysis
11. Chironomid analysis
12. Micro- and macrocharcoal analysis
13. Cladocera analysis
14. Ostracoda analysis
15. Oxygen stable isotope analysis (on siliceous algae)
16. Cryptotephra analysis

In scope of the OTKA NF 101362 grant the focus was on the Holocene sediments. Among others, the most important achievements involve the **reconstruction of Holocene tree-and timberline dynamics** both on the northern and southern slopes (Figure 1; Vincze et al., 2017; Orbán et al., 2017; Magyari et al., in press) where we demonstrated that the Holocene timberline oscillation was within ~150 m, and the Early Holocene large timberline species

diversity decreased by 3000 cal yr BP, when the largest amplitude tree and timberline decrease was detected, primarily triggered by climate change. We also demonstrated that human impact played important role in the further decrease of the timberline during the last 3000 years, and concluded that sheep and cattle grazing mainly influenced the timberline spruce and stone pine populations. Our inferences for sustainable landscape management were the (1) naturalness of the ongoing upward migration of the treeline (has still scope for >150 m increase) and (2) the naturally lower share of the alpine grassland habitats that otherwise abound in protected, often endemic plants. We demonstrated that these herbaceous species were able to maintain viable populations throughout the Holocene even though their habitat size was considerably smaller between 3000 and 8000 cal yr BP.

Another important achievement was the ***dating of tree immigration and expansion times*** using plant macrofossil, stomata and pollen records from four lakes (Magyari et al., in press). We managed to define tree species for which refugial habitats are more likely on the northern slope (Norway spruce *Picea abies*, European larch *Larix decidua*, Silver fir *Abies alba*) and also some deciduous taxa that showed earlier postglacial population increase on the southern slope (e.g. common hornbeam *Carpinus betulus*, hazel *Corylus avellana*). From a nature protection perspective, our data highlighted the difference between the northern and southern slope (much more extensive deciduous woodlands on the southern slope) and this way help restoration targets on the largely deforested mid-altitude pastures.

Although with less published records, the project outcomes also involve ***the human impact history of the two mountain slopes*** (Tóth et al., 2015, Vincze et al., 2017, Buczkó et al., 2013, 2017; Hubay et al., in press). These results showed surprisingly earlier onset of the mountain farming on the southern slope (from the Late Bronze Age, 4000-4200 cal yr BP), while strong burning of the alpine mugo pine (*Pinus mugo*) forests was demonstrated from ca. 3000 cal yr BP on the northern slope (Hubay et al., in press). The Roman times showed decreasing land use on both slopes.

The very high time resolution of the pollen records from four Retezat mountain lakes allowed for the study of ***rapid climate change event ecosystem impacts*** in this mountain for the Early Holocene (EH) (Pál et al., 2015, 2016, 2017). The project participant, Ilona Pál, worked on this topic as part of her PhD, and very successfully demonstrated that the S Carpathian Mountains display warm summers, cold/wet springs and high fire frequency during the EH short term cooling events that lead to the disturbance of the climax forests in the mid altitude deciduous forest zone and helped the establishment of new taxa (e.g. *Carpinus betulus* common hornbeam). We also worked on the ***fire history*** of the mountain, and concluded that similarly to the human impact history, the two slopes had different fire histories, with more fires on the southern slope (Finsinger et al., 2015, 2017). In agreement with other East-Central European records, we demonstrated higher fire frequencies during the EH until c. 7500 cal yr BP.

Another research aim was the **paleogenetic study of the glacial lake sediments in the Retezat**. Here our aim was to use of novel methods (DNA metabarcoding) in fossil biocoenosis reconstruction and to further investigate the population genetic changes of Norway spruce in the mountain. This latter species underwent genetic diversity decrease during the Holocene (Magyari et al., 2011), but the timing of a possible genetic bottleneck was unclear. This subproject involved the employment of Bertalan Lendvay, Ágnes Erős and Zsuzsanna Pató who worked hard and achieved outstanding results both on the spruce population genetics (Lendvay et al., submitted) and on the fossil biocoenoses reconstructions (Magyar et al., submitted). We had some difficulties however with publishing these results. This was despite the novel techniques applied particularly in the biocoenoses reconstructions. This field of science develops very fast, with new techniques emerging every year. Probably this was the reason why the manuscript of Lendvay et al. (submitted) had to be submitted twice. Both DNA papers are under review in *Quaternary International* and *Quaternary Science Reviews*.

There is no scope to give details of all publication and research results that have been attained during the study of these lake sediments, but the number of published journal articles in connection with this sub-project attains **29** by now (most of them were published between 2012-2017), and we successfully completed the special issue with a title “RECONSTRUCTION OF LATE GLACIAL AND HOLOCENE ENVIRONMENT AND CLIMATE IN THE RETEZAT MOUNTAINS, SOUTH CARPATHIANS, ROMANIA” in the journal *Quaternary International*. The full list of publications in this special issue is included in Appendix 1, and the majority of the papers is already available online.

Our second study area in the Carpathian Mountains was the Ciomadul Mountains, where we focused on the paleoenvironmental study of the last glacial maximum. In these volcanic mountains two crater lakes were formed during the last glaciation, Lake St Anne and Lake Mohos. Our aim was to carry out detailed geoelectric and seismic surveys in the Lake St Anne crater in order to find the point with the thickest sediment deposition. In this crater both reconnaissance survey method failed in 2012 due to the large quantity of CO₂ and CH₄ gas in the sediment. For the drilling we had to rely on earlier field experience. A surprising and much welcomed achievement was however the geoelectric research result of Lake Mohos (Appendix 2; Karátson et al., 2015, 2016, 2017), which demonstrated the presence of >70 m claysilt deposit at the deepest point of the crater. This research output later led to the successful drilling of this crater by a German team down to 35 m (Borman et al., in press). In Lake St Anne the Austrian Uwitec Company was responsible for the drilling in 2013. The team led by Richard Niederreiter drilled down to 24 m in the crater (6 m water + 18 m sediment) and we reached the bottom of the crater. Paleoenvironmental work on this long core started with the dating, physical and chemical study of the deposit (see Magyari et al., 2015ab) and the pollen analysis of the full glacial, Late Glacial and Early Holocene sediment sections. This was followed by detailed plant macrofossil (Ildikó Vincze), diatom (Krisztina Buczkó), chironomid (Mónika Tóth) and aDNA analyses (Ágnes Erős, Enikő Magyari).

Currently the results of these analyses are under publication. The main result of the LGM multi-proxy study was the **demonstration of boreal mixed leaved woody vegetation in the study area throughout the coldest phase of the LGM**. We demonstrated the refugial role of the area (Magyari et al., 2015ab). We also detected strong increases in deciduous tree populations at two Dansgaard-Oeschger warm events and the advance of juniper (*Juniperus sp.*) heath during Heinrich-event 1 (18-15ka BP). These vegetation responses showed that the ocean circulation driven large amplitude climatic fluctuation of Greenland Stadial 2 (broadly equalling the LGM) exerted strong impact in the continental interior area of Europe. Overall, several proxies and an enormous work-load has already been dedicated to the study of the Lake St Anne 2013 core, which is still ongoing and several paleonevironmental and paleoclimate studies will be published on this topic in the forthcoming years. A bunch of these under publication analysis outputs are included in Appendix 3.

Finally, we studied the lake and peat deposit of Lake Öcs from the Balatonfelvidék National Park and did detailed archaeological survey in this area in collaboration with Zoltán Czajlik. The results of this investigation are included in Appendix 4 and will be written up in a publication which compares the pollen record of Lake Öcs with Lake Balaton (studied in scope of another project). Overall, Lake Öcs had poor pollen preservation between 2000 and 3000 cal yr BP (155-175 cm) and a large hiatus was detected between the Early Holocene and Late Holocene deposits. Pollen preservation was good between 175-205 cm that corresponds to the Early Holocene (8000-11000 cal yr BP). Our data suggests that oak-hornbeam forests were typical around Lake Öcs in the Late Holocene. Our study demonstrated that the potential natural forest type in this area is oak-hornbeam forest.

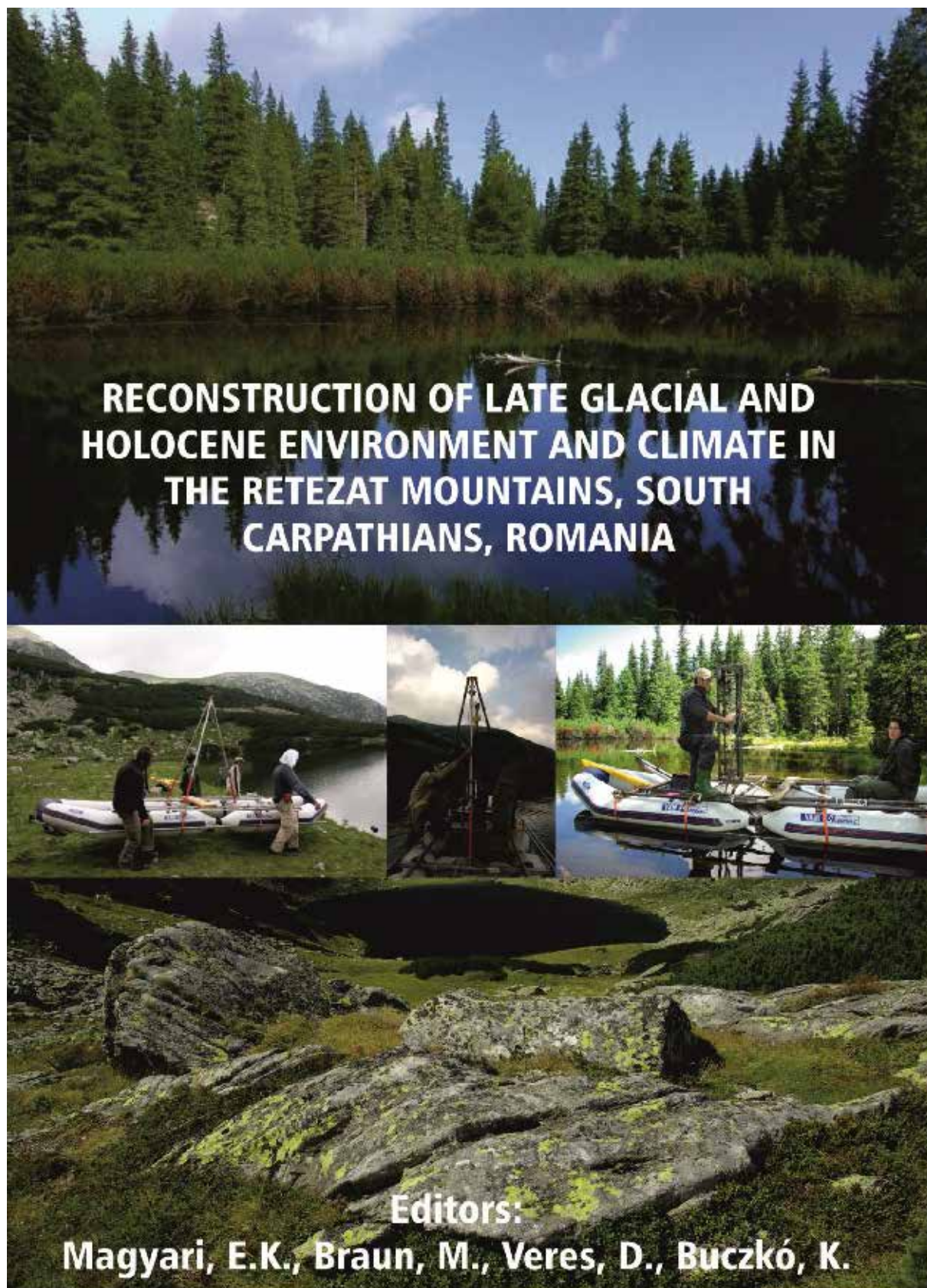
In connection with the OTKA project **29 journal papers were published during the 5 years of the project and 4 manuscripts have been submitted that are currently under review**. The number of publications in Q1 ranked journals is 28 and **the total impact factor generated so far is 94.055**. The list of these publications has been uploaded with this report.

A very important aim of this project was the establishment of the "Long-term ecology research group" and train young scientists in the field of paleoecology. In scope of the OTKA-PROLONG project 3 PhD students and one master student worked on different study sites using various proxy methods and completed their PhD research. Ildikó Vincze was trained as a plant macrofossil specialist and anthracologist (wood charcoal analyst) and finished her PhD studentship at ELTE in August 2017. She fulfilled all criteria for submitting her thesis, which is expected in May 2018. Ilona Pál was trained as a pollen specialist and she also completed her PhD studentship in January 2017 at ELTE. She also fulfilled the criteria for submitting her thesis. Currently she is working on her thesis, which is expected to be submitted by December 2017. Katalin Hubay was working on the sediment geochemistry and radiocarbon dating of the Retezat lakes. Her PhD studentship was at the University of Debrecen under the supervision of Mihály Braun. Ildikó Orbán did her master studies in Norway and her master thesis was on the macrofossil analysis of two Retezat glacial lake

sequence under the supervision of Eniko Magyari and Hilary Birks. In addition, Zsuzsanna Pató worked on the paleogenetic part of the project and started a PhD studentship in 2016 at ELTE. Her PhD topic is the history of beech forests in Hungary and she uses ancient DNA analysis combined with other classical paleoecological methods (pollen and plant macrofossil analysis).

Two of the former PhD students got jobs and stayed with the research group (Ilona Pál and Katalin Hubay), and we are also trying to help the further employment of Ildikó Vincze. Overall, we think that both the team building and training aspects of the OTKA project were very successful. The PhD students wrote several papers in connection with the OTKA project topic.

Appendix 1



Quaternary International special issue

(most papers are already available online)

RECONSTRUCTION OF LATE GLACIAL AND HOLOCENE ENVIRONMENT AND CLIMATE IN THE RETEZAT MOUNTAINS, SOUTH CARPATHIANS, ROMANIA

Editors:

Magyari, E.K., Braun, M., Veres, D., Buczkó, K.

List of articles:

1. Magyari, E.K., Buczkó, K., Braun, M., Veres, D.

Introduction to the reconstruction of the Late Glacial and Holocene terrestrial and aquatic ecosystems in the Retezat Mountains, Romania

2. Hubay K, Molnár M, Orbán I, Braun M, Bíró T, Magyari E

Age-depth relationship and accumulation rates in four sediment sequences from the Retezat Mts, South Carpathians (Romania)

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.09.019>

3. Hubay K., Braun M., Pál I., Veres D., Túri M., Bíró T., Magyari E.

Holocene environmental changes as recorded in the geochemistry of glacial lake sediments from Retezat Mountains, South Carpathians)

submitted

4. Magyari E.K.; Vincze, I., Orbán, I., Pál, I.

Timing of major forest compositional changes and tree expansions in the Retezat Mts during the last 16,000 years

submitted

5. Pál I., Buczkó K., Vincze I., Finsinger W., Braun M., Bíró T., Magyari E.K.

Terrestrial and aquatic ecosystem responses to early Holocene rapid climate change (RCC) events in the South Carpathian Mountains, Romania

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.11.015>

6. Orbán I., Birks H.H., Vincze I., Finsinger W., Pál I., Marinova E., Jakab G., Braun M., Hubay K., Bíró T., Magyari E.K.

Treeline and timberline dynamics on the northern and southern slopes of the Retezat Mountains (Romania) during the late glacial and the Holocene

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.03.012>

7. Finsinger W., Fevre J., Orbán I., Pál I., Vincze I., Hubay K., Birks H.H., Braun M., Tóth M., Magyari E.K.

Holocene fire-regime changes near the treeline in the Retezat Mts. (Southern Carpathians, Romania)

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2016.04.029>

8. Magyari E.K., Peyron O., Tóth M., Heiri O., Lotter A.F., Buczkó K.

Pollen and chironomid based reconstruction of late glacial summer temperatures in the southern Carpathians (Romania): conflicting results and supporting independent proxies

submitted

9. Lendvay B., Bálint M., Pál I., Vincze I., Orbán I., Magyari E.K.

How did past population size changes influence the genetic diversity of Norway spruce (*Picea abies* L.) in the South Carpathians? A combined paleobotanical and ancient DNA approach

submitted

10. Buczkó K., Szurdoki E., Braun M., Magyari E.

Reconciling diverse diatom-based lake responses to climate change in four mountain lakes in the South-Carpathian Mountains during the last 17 kyrs

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.03.013>

11. Tóth M., Buczkó K., Specziár A., Heiri O., Braun M., Hubay K., Czakó D., Magyari E.K.

Limnological changes in South Carpathian glacier-formed lakes (Retezat Mountains, Romania) during the Late Glacial and the Holocene: A synthesis

<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.05.023>

Appendix 2

KUTATÁSI JELENTÉS

Csomád hegycsoport Szent-Anna kráterterő és Mohos láp geofizikai kutatása

Készítette: **GEOMEGA Földtani és Környezetvédelmi
Kutató-Szolgáltató Kft.**

1095 Budapest, Mester u. 4.

Tel.: +36-1-215-4226

Fax.: +36-1-455-0877

Email: info@geomega.hu

Web: www.geomega.hu

Mearendelő: **MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA**
Támogatott Kutatócsoportok Irodája

H-1067 Budapest, Teréz krt. 13.

2012. november

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	3
2. ALKALMAZOTT GEOFIZIKAI MÓDSZEREK	4
2.1 Vízszelzmikus módszer	4
2.2 Geoelektromos módszer	5
3. A MÉRÉSI ADATOK FELDOLGOZÁSA	7
Szent-Anna tó.....	7
A mérési nyomvonalak kijelölése és pozicionálása	7
A mérési adatok feldolgozása és megjelenítése	7
Mohos lép	7
A mérési nyomvonalak kijelölése és pozicionálása	7
A mérési paraméterek	8
A mérési adatok feldolgozása és megjelenítése	8
Lucs lép	8
A mérési nyomvonalak kijelölése és pozicionálása	8
A mérési paraméterek	8
A mérési adatok feldolgozása és megjelenítése	8
4. A MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTELMEZÉSE	9
Szent-Anna tó.....	9
A mérés leírása	9
Értelmezés.....	9
Összegzés	9
Mohos lép	10
A mérés leírása	10
Értelmezés.....	10
Összegzés	12
Lucs lép	12
A mérés leírása	12
Értelmezés.....	12
Összegzés	13
MELLÉKLETEK JEGYZÉKE	14
CD-ROM MELLÉKLET TARTALOMJEGYZÉKE	14
MELLÉKLETEK	15

1. BEVEZETÉS

2012. július 10. és 18. között a Geomega Kft., az Magyar Tudományos Akadémia Támogatott Kutatócsoportok Irodája megbízásából (Megbízó képviselője: Dr. Idei Miklós igazgató) geofizikai kutatást végzett az erdélyi Csomád hegység Szent-Anna taván, a Mohos lápon, valamint a Lucs lápon. A mérések az MTA- Paleontológiai Kutatócsoport munkatársának, Dr. Magyarai Enikőnek az NF 101362 számú OTKA kutatási programjának keretében zajlottak. A kutatások pontos feladata a kijelölt vulkáni kráterek geomorfológiai térképezése volt.

A geofizikai felmérést a Szent-Anna tó esetében vízi szeizmikus módszerrel, míg a Mohos és Lucs láp esetében geoelektromos multielektródás módszerrel végeztük.

A kutatási feladat részletezése:

- A Csomád-hegycsoport Szent-Anna krátertaván medergeofizikai szelvényezést végez egycsatornás nagy felbontású vízi szeizmikus SEISTECTM mérőberendezéssel, integrált pozícionálási és digitális adatrögzítési rendszerrel. A méréseket előre meghatározott, 10 méteres átlagos lépésközű szelvényhálózat mentén kell végrehajtani. A mérési adatok alapján el kell készíteni a tómeder 3 dimenziós nagy felbontású medermorfológiáját és szövegesen jelentés formájában értékeli a vizsgálati eredményeket.
- Geoelektromos multielektródás szelvényezést végez a Csomád hegycsoport Mohos kráterében, melyet jelenleg tőzegmohaláp borít. A mérési adatok alapján térképezendő a holocén és glaciális üledékek vastagsága és fekszfintjének morfológiája.
- Geoelektromos multielektródás szelvényezést végez a Csomád hegycsoport Lucs kráterében, melyet jelenleg tőzegmohaláp borít. A lápfelszínen felmérendő 1 db hosszirányú szelvény. A mérési adatok alapján térképezendő a holocén és glaciális üledékek vastagsága és fekszfintjének morfológiája.

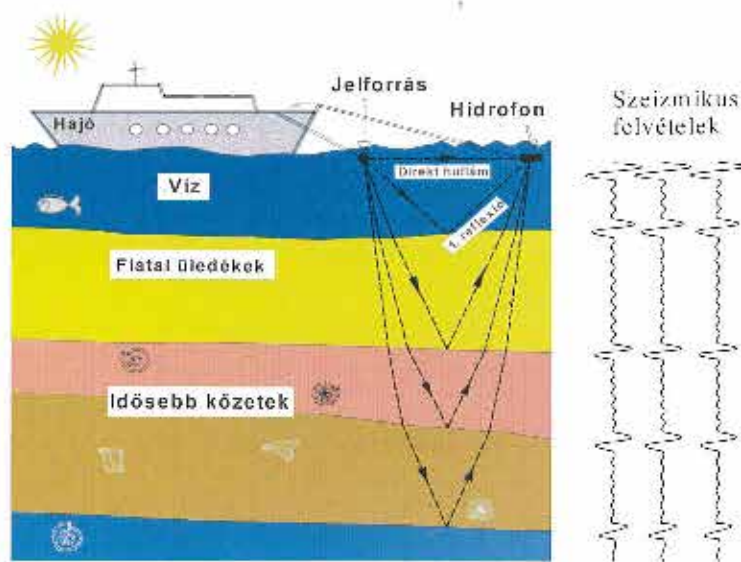
A mérések eredményeit foglalja össze jelentésünk, melynek második fejezete a geofizikai mérések elvét, a harmadik fejezete a mérések kivitelezését, a mérésfeldolgozás paramétereit, valamint az eredmények megjelenítésének módját ismerteti. A negyedik fejezetben a mérési eredmények értelmezését tárgyaljuk.

2. ALKALMAZOTT GEOFIZIKAI MÓDSZEREK

2.1 Víziszeizmikus módszer

A szeizmikus módszerrel lehet legeredményesebben leképezni a földkéreg belső szerkezetét a talajrétegektől kezdődően egészen a néhány száz kilométeres mélységéig.

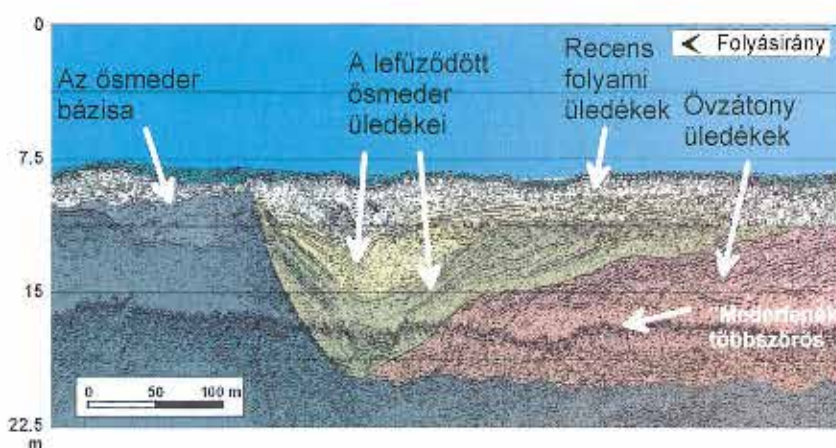
Szeizmikus méréseknél mesterségesen keltünk rezgéseket a földben, és a mélyből visszaérkező rugalmas hullámokat regisztráljuk. A rezgéskeltés eszköze a mérési feladathoz és a mérési környezethez alkalmazkodva többféle lehet. Vízen végzett méréseknél sűrített levegőt vagy vizet kilövellő hidraulikus puskát (air-gun, water-gun), elektromos ívkisülést létrehozó (sparker) vagy indukciós elven működtetett cintányérszerű eszközt (boomer) alkalmazunk. A beérkező jelet egy műanyag csőben elhelyezett piezoelektromos nyomásérzékelővel, ún. hidrofonnal vagy azok sorozatával észlelik.



EGYCSATORNÁS REFLEXIÓS VÍZI SZEIZMIKUS SZELVÉNYEZÉS ELVI VÁZLATA

Legegyszerűbb és leggyorsabban kivitelezhető az ún. egycsatornás reflexiós szeizmikus szelvényezés. Ekkor egy jelforrást és egy hidrofont helyezünk el fix távolságra egymástól. A forrással akusztikus impulzust gerjesztünk, és a hidrofonhoz érkező rezgéshullámokról felvételt készítünk (4. ábra).

A felvételen („szeizmikus csatornán”) nagy amplitúdóval először az ún. direkt hullám jelenik meg, majd az egyre mélyebben húzódó réteghatárokról az egyre később beérkező visszavert hullámok („reflexiók”) jelentkeznek. A forrást és a hidrofont a köztük lévő távolság megtartásával tovább helyezzük a vonal mentén, és újabb felvételeket készítünk, amelyeket egymás mellé felrajzolva kialakul a szeizmikus időszelvény. Vízi környezet, úgy a rezgéskeltés, mint az észlelés oldalán kiemelkedően jó energiacsatolást biztosít, ezért álló- és folyóvizekben a mederfenék alatti néhány száz méteres tartomány egycsatornás szeizmikus mérésekkel pontosan leképezhető.



EGYCSATORNÁS VÍZI SZEIZMIKUS MÉLYSÉGSZELVÉNY A TISZÁN. A SZELVÉNY TANÚSÁGA SZERINT A FOLYÓ ITT EGY RÉGEBBI MEDER VONALÁT KERESZTEZI. A TÖBBSZÖRÖS REFLEXIÓK HORIZONTJÁT AZ ÉRTELMEZÉS SORÁN NEM SZABAD FIGYELEMBE Venni.

Az értelmezés során fel kell ismerni a szelvényeken azokat a reflexiós horizontokat, melyek nem köthetők valós réteghatárokhoz. Ezek elsősorban az ún. többszörösök, egy réteghatár és a felszín között kétszer, vagy többször oda-vissza verődő hullámok jelei. További speciális alakzatok a szeizmikus szelvényeken a diffrakciós hiperbolák. Ezeket a hullámhossz néhányszorosánál nem nagyobb kiterjedésű inhomogenitások, sarkok, élek, mint önálló, pontszerű hullámforrások hozzák létre (pl. kövek-sziklák, a vízben úszó halak!). A mérés behatolását kedvezőtlenül befolyásolhatja a felszín alatti rétegekben (jellemzően a mederfenéken, vagy annak közvetlen közelében) felgyűlő biogén gáz. A gáz, ellentétben a vízzel kompresszibilis, a gázzal feltöltődött réteg az akusztikus hullámokat nagy mértékben visszaveri, illetve elnyeli. A mélyebb rétegek leképezését akár teljesen megakadályozhatja.

2.2 Geoelektromos módszer

A módszer – más egyenáramú geoelektromos kutatómódszerekhez hasonlóan – a kőzetek fajlagos ellenállásának különbözőségén alapul. A fajlagos ellenállás nagyságát elsősorban a kötött illetve szabad víztartalom (közvetve tehát a porozitás is), másodsorban az ásványos összetétel és a kristályszerkezet határozza meg. Ezen az alapon legtöbbször jól elkülöníthetők a törmelékes üledékek, a karbonátos, magmás illetve metamorf kőzetek.

A törmelékes üledékek szemcseméretük alapján osztályozhatók, fajlagos ellenállásuk a finomszemcsés agyagok 5-10 Ωm értékétől a durvaszemcsés homokkövek, kavicsok, konglomerátumok több száz Ωm értékéig terjed. Durva szemcsés üledékek fajlagos ellenállása a víztartalom függvényében akár egy nagyságrendet is változhat, lehetőséget adva ezzel a víztelítettség becslésére (pl. talajvíznívó meghatározása). Mivel az elektromos ellenállás a pórusfolyadék oldott ion tartalmától is függ, kutak (fúrások) környezetében mesterséges ionbevitel (sózás) után időben ismétlődő méréssorozattal áramlási paraméterek is becsülhetők.



A MUEL MÉRÉS

A törmelékes és a karbonátos üledékek geoelektromos paramétereik tekintetében általában nagymértékben különböznek egymástól. Középhegységi területeinken a leggyakoribb feladatok egyike az idősebb (mezozóos) aljzatra települő fiatalabb (neogén, kvarter) törmelékes üledékek vastagságának meghatározása. A két összlet között a fajlagos ellenálláskontraszt jelentős, az üde, tömör mezozóos mészkövek és dolomitok gyakran 1500-2000 Ωm fajlagos ellenállásúak is lehetnek. Felaprózódott, repedezett, töredezett vagy karsztosodott kőzettest általában alacsonyabb fajlagos ellenállású. Ez nehezítheti a más eredetű kőzetektől való elhatárolást, ugyanakkor lehetőséget ad tektonikai vonalak felderítésére és üregkutatásra is.

A mélybeni kőzetek fajlagos ellenállását geoelektromos kutatómódszerekkel lehet meghatározni. Az egyenáramú módszerek közül legfejlettebb az ún. multielektródás egyenáramú szelvényezés. Elve a többi egyenáramú módszeréhez hasonló: különböző helyzetű elektróda-párokon (AB) keresztül egyenáramot vezetünk a földbe és más elektróda-párokon (MN) mérjük a kialakult potenciálkülönbséget. A feszültség arányos lesz az AB elektródák közti térrész átlagolt fajlagos ellenállásával. Egyre vastagabb (mélyebb) rétegösszlet fajlagos ellenállását úgy mérhetjük meg, hogy az áram- és feszültség-elektrodák egymáshoz viszonyított távolságát növeljük. A mérés során tehát az elektródatávolság függvényében egy látszólagos fajlagos ellenállás sorozatot kapunk. Az eredmények számítógépes feldolgozása során az elektródatávolságokat mélységekké konvertáljuk és kiszámítjuk az egyes rétegek vastagságát és valódi fajlagos ellenállását.

A multielektródás szelvényezés során több tucat, kábellel összekötött elektródát helyezünk el egy szelvény mentén, majd igen sok AB-MN elektródaconfigurációban megmérjük az AB áramot és MN feszültséget. Így a szelvény mentén nagyon sűrűn nyerünk információt; gyakorlatilag az elektródatávolságnak megfelelő lépésként egy-egy komplett hagyományos VESZ mérés történik. A kvázi folyamatos leképezés hatékonyan növeli a felbontóképességet, csökkenti a mérések hibáját, ám legnagyobb előnye az, hogy egy minőségileg új, pontosabb 2D feldolgozási eljárást tesz lehetővé.

Az eredmények feldolgozását a RES2DINV számítógépes programmal végezzük (GEOTOMO SOFTWARE). A feldolgozó eljárás sokkal pontosabb, nagyobb felbontóképességű, mint a hagyományos 1D vagy 1½D módszerek és számtalan olyan bonyolultabb földtani helyzetben szolgáltat plauzibilis eredményt, melyben a korábbi eljárások igen korlátozott hatásfokúak voltak, vagy egyenesen csődöt mondtak.

3. A MÉRÉSI ADATOK FELDOLGOZÁSA

Szent-Anna tó

A mérési nyomvonalak kijelölése és pozicionálása

A mérési szelvényeket egy előre definiált hálózat mentén, átlagosan 10-15 m-es szelvénytávolsággal vettük fel. A szeizmikus mérések helymeghatározását Differenciális GPS (DGPS) módszerrel végeztük, utólagos korrekció alkalmazásával. A DGPS vevőkészüléket az IKB-SeistecTM mérőműszer geometriai középpontjába erősítettük fel. A korrekciónak köszönhetően deciméteres pontossággal tudtuk megállapítani a mérőműszer koordinátáit.

A vizsgált területen felvett egycsatornás szeizmikus szelvényhálózatot az I.-II. mellékleteken látható helyszínrajzok mutatják.

A mérési adatok feldolgozása és megjelenítése

Az értelmezéshez és a térképszerkesztéshez a teljes digitalizált adatrendszert felhasználtuk a GPS pozíciókkal együtt. A feldolgozás első lépéseként az egyes mérési pontokhoz UTM koordináta értékeket rendeltünk. Ezt követően a szeizmikus adatok frekvencia szerinti szűrésével tovább javítottuk a felvételek jel/zaj arányát.

A feldolgozott szelvényeken számítógépes értelmezőrendszer segítségével kijelöltük a mederfenék vonalát.

A térképszerkesztés a következő munkafázisok elvégzésével történt: a kijelölt mederfenék horizont UTMX, UTM Y, kétutas futási idő értékeit több lépésben vízmélység értékekké konvertáltuk. A kétutas futási időből a vízre jellemző 1450 m/s-os akusztikus terjedési sebességgel számítottunk mélységértékeket. Az idő-mélység konverzió elvégzése után kiküszöböltük a jelforrás és az észlelés vízfelszín alatti mélységéből adódó eltérést. A mérési adatokat ez alapján számítottuk át abszolút mélységekké, a vízszint 950 mBf értékét alapul véve.

Mohos láp

A mérési nyomvonalak kijelölése és pozicionálása

A nyomvonalakat a terület adottságaihoz igazítva jelöltük ki a kráter feltételezett középpontjától sugárirányban. A kráter komplex megismerése céljából 8 db szelvényt jelöltünk ki.

A lemért szelvények:

- Mohos-1: 508 m
- Mohos-2: 796 m
- Mohos-3: 860 m
- Mohos-4: 828 m
- Mohos-5: 312 m
- Mohos-6: 312 m
- Mohos-7: 312 m
- Mohos-8: 312 m

A lemért szelvények összhosszúsága: 4240 m.

A szelvények kezdőpontjait (0m) a helyszínrajzon (I. számú melléklet) feltüntettük.

A szelvényeket GPS berendezéssel tűztük ki. A mérési nyomvonalakat külön beszíntéztük. A színtézést követően a Megrendelő által rendelkezésünkre bocsátott DTM alapján határoztuk meg az abszolút magasságokat.

A mérési paraméterek

A méréseket ARES-G berendezéssel végeztük Wenner-Alfa elrendezésben 4 m-es elektródatávolsággal.

Mérési paraméterek:

- Max. AB elektródatávolság: 380 m, illetve 312 m
- Min. AB elektródatávolság: 12 m, illetve 24 m
- Áramimpulzus hossz: 0,5 sec

A mérési adatok feldolgozása és megjelenítése

A mérések kiértékeléséhez a RES2DINV számítógépes programcsomagot használtuk. A területen a mérési síkot a felszínre vetítettük, domborzati korrekciót nem alkalmaztunk. Az inverziót a legkisebb négyzetes eltérés alapján történő optimalizációval végeztük.

Lucs láp

A mérési nyomvonalak kijelölése és pozícionálása

A nyomvonalat a kráter hossz tengelyében jelöltük ki 1200 méteres hosszban. A szelvény kezdőpontját (0m) a helyszínrajzon (I. számú melléklet) feltüntettük.

A szelvényt GPS berendezéssel tűztük ki. A mérési nyomvonalat külön beszíntéztük, majd a Megrendelővel egyeztetett magassági értékre számítottuk át (1080 mBf).

A mérési paraméterek

A méréseket ARES-G berendezéssel végeztük Wenner-Alfa elrendezésben 4 m-es elektródatávolsággal.

Mérési paraméterek:

- Max. AB elektródatávolság: 316 m
- Min. AB elektródatávolság: 12 m
- Áramimpulzus hossz: 0,5 sec

A mérési adatok feldolgozása és megjelenítése

A mérések kiértékeléséhez a RES2DINV számítógépes programcsomagot használtuk. A területen a mérési síkot a felszínre vetítettük, domborzati korrekciót nem alkalmaztunk. Az inverziót a legkisebb négyzetes eltérés alapján történő optimalizációval végeztük.

4. A MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTELMEZÉSE

A mérési eredmények értelmezését a technológiai és helyszíni adottságok eltéréséből adódóan három részletben tesszük meg.

Szent-Anna tó

A mérés leírása

A Szent-Anna tó (Erdély, Hargita megye) a Csomád-hegység egyik krátermaradványában fekszik, 950 m-es tengerszintfeletti magasságon. Az egykor aktív vulkanikus tevékenységhez kapcsolódó kráterben tavi környezet alakult ki. A kráterben, a korábban elvégzett fúrások alapján, nagy vastagságú tavi üledékre lehet számítani, melynek vastagsága nagyban függ a kráter morfológiájától.

A vízi szeizmikus mérés célja a tavi üledékek vastagságának kráterbeli térképezése. A szelvények pozíciója, illetve térbeli sűrűsége a feltételezett üledékek kráterbeli eloszlásának leghatékonyabb meghatározásához, illetve a korábbi vízmélység adatok alapján a tó felületének minél hatékonyabb vízi szeizmikus célú kihasználásához igazodott.

A Szent-Anna tó környezetének jelenlegi vízutánpótlása jelentős százalékban a csapadéktól függ. Ennek köszönhetően a tó vizében jelentősebb áramlások nem alakultak ki, aminek következtében a legfelső iszaprétegben a nagy szervesanyag-tartalom miatti megnövekedett gázfelhalmozódás volt feltételezhető.

Értelmezés

A befulladt tavi környezetnek hatására a felső iszaprétegben felhalmozódott nagy mennyiségű gáz erős reflektáló felületet alakít ki. Ennek a jelenségnek köszönhetően a mesterségesen keltett szeizmikus hullám energiájának jelentős részével együtt – akár többször is – reflektálódik a gázzal telített réteg és a vízfelszín között. Mivel a szeizmikus hullám energiájának jelentős része visszaverődik, így a gázzal telített réteg alá kevéssé, vagy egyáltalán nem jut be a jel.

A fentebb leírt jelenség tapasztalható a Szent-Anna tavon megmért vízi szeizmikus felvételeken is, ahol a szeizmikus felvételek alapján a gázzal jelentősen telített réteg közvetlenül a mederfenék vonalában kezdődik. Következésképpen a megmért szeizmikus szelvények döntő többségében a mederfenéken képződött reflexiókon kívüli mélyebb visszaverődések nem keletkeztek.

Összegzés

Összegezve elmondható, hogy a vízi szeizmikus mérések alapján Szent-Anna tó közvetlen mederfenék alatti környezetében nagy mennyiségű gázfelhalmozódás figyelhető meg. Ennek hatására a szeizmikus hullámok nem jutnak a mederfenékkel kezdődő felső rétege alá. Ugyan a szeizmikus felvételek alapján nagy pontossággal (~dm) megkaptuk a Szent-Anna tó mederfenék morfológiájának térképét, de az említett jelenség miatt a kráterben található tavi üledékek vastagságára a vízi szeizmikus mérések alapján következtetni nem lehet.

Mohos láp

A mérés leírása

A Mohos-tőzezláp (Erdély, Hargita megye) a Csomád-hegység egyik krátermaradványában fekszik, 1050 m-es tengerszintfeletti magasságon. Az egykor aktív vulkanikus tevékenységhez kapcsolódó kráter, tavi üledékekkel töltődött fel, majd lápi környezet alakult ki rajta. A tőzeg átlagos vastagsága 10m. Az a priori ismeretek figyelembevételével a geoelektromos szelvények pozíciója, a mérés felbontása és behatoló képessége a kráter várható morfológiájának, valamint a benne található tavi üledékek szerkezetének komplex vizsgálatához illeszkedik.

Értelmezés

A geoelektromos szelvényeken jól elkülöníthető fajlagos ellenállás tartományok figyelhetők meg. Továbbiakban a szelvények értelmezését ezen elkülöníthető fajlagos ellenállás tartományokra alapozva tárgyaljuk.

A négy jellemző fajlagos ellenállás tartomány:

- I. >250 Ohmm
- II. 150-250 Ohmm
- III. 30-150 Ohmm
- IV. 10-30 Ohmm

A mérési eredmények az előzetes ismeretek tekintetében a következőképpen értelmezhetők.

>250 Ohmm a mérési adatok alapján megállapított kráterperem. A szelvényeken megjelölt 250 Ohmm fajlagos ellenállás értékekből számított izofelület alapján a Mohos-tőzezláp alatt egy sekélyebb nyugati és egy mélyebb keleti kráter található, amelyek úgymond benne „ülnek” egy őket körülvevő nagyobb kráterben.

Hasonló fajlagos ellenállás értékeket mutató lokális testek jelennek meg a Mohos-tőzezláp nyugati oldalán (MOHOS-2-3-4-es szelvények), amelyek jól elkülöníthetők az elektromos mérések alapján kijelölt kráter/üledék határától. Megfigyelhető, hogy a kráter/üledék határa és a hasonló fajlagos ellenállást mutató lokális testek között jelentős vastagságú kisebb fajlagos ellenállású, feltehetően behordás és tavi üledék jelenik meg. Ebből következik, hogy e lokális testek odakerülése időben már a kráter tavi fázisába tehetőek és nagy valószínűséggel csuszamlás, vagy nyugati irányból érkező vulkanikus anyag átáramlásának következményei.

A 150-250 Ohmm-ig terjedő tartomány, amely jellemzően a mérési adatok alapján kijelölt kráter alapjának közvetlen környezetében, átlagosan 20m vastagságban fut, valamint megtalálható közvetlen a felszín közelében is. A priori ismeretek alapján a felszín közeli ~10m vastag térrész nagy valószínűséggel a lápon elhelyezkedő tőzegtakaró. A kráter alapjának környezetében futó ~20m vastag térrész – amely a nyugati részen, ahol a kráter alapkőzetének dőlése enyhébb, kivastagodik – egy erőteljesebb üledék behordási ciklusra utal a vulkanikus tevékenység megszűnése után. Ebben a térrészben nagyobb szemcsés, vagy törmelékes vulkanikus kőzet összetételű behordás jelenlétére lehet következtetni. A kialakulásának egyik értelmezése lehet, hogy

a kráter morfológiájából adódó energiaviszonyok lehetővé tették a beérkező patakoknak a nagyobb méretű behordás szállítását akár a kráter középpontjáig. A folyamatos töltődés hatására térszín kiegyenlítődés következett be, amely csökkentette a beérkező vízfolyások energiáját, így a kráter belső régiói felé csak az egyre finomabb szemcsés behordások jutottak el. Ennek következménye, hogy a kráter belső (legmélyebb) régióiban alakult ki a következő fajlagos ellenállás fázissal (30-150 Ohm) jelentkező üledék tömb.

A 30-150 Ohm-ig terjedő tartomány nem a tipikus agyag üledékekre jellemző, ugyanakkor nem zárja ki az üledék agyagtartalmát. Az ilyen fajlagos elektromos ellenállással rendelkező üledékek általában kevert összetételűek, jellemzően agyagos, homokos, olykor kavicsos, vulkanikus környezetben tufás rögökkel, szemcsékkel keverve. Elhelyezkedése és vastagsága jellemzően a kráter legmélyebb pontja körül van. A fajlagos ellenállás értékek oka nagy valószínűséggel az, hogy a kráterben zajló erőteljesebb behordási fázis megszűnése után, hosszú időn át nyugodtabb tavi környezetben töltődött a kráter. Ugyanakkor a fajlagos ellenállás értékek tartománya alapján külső finomszemcsés üledékbehordás (patakok) és utólagos vulkanikus eredetű szemcsék bekerülése is valószínű. Az elhelyezkedésére magyarázatot adhat, hogy a külső üledék behordás – jellemzően patakok általi – az aktív vulkanizmus megszűnése után kezdetben jelentősebb volt, majd a feltöltődés folyamán a behordás jelentősen csökkent (ennek oka lehet akár térszín kiegyenlítődés) és nyugodtabb tavi környezet alakult ki a kráter legmélyebb pontjának környezetében, amelybe már csak finomszemű üledék jutott.

A 10-30 Ohm-es tartomány tavi környezetben tiszta agyag üledékekre jellemző. Ezen értékek megjelenése a MOHOS-1 és a MOHOS-2 szelvények metszéspontjának környezetében ~1020-1035 mBf és 200m sugarú kiterjedésben figyelhető meg. A mérési eredmények alapján ebben a térségben egy agyaglencse létezésére következtethetünk. A korábbi ismeretek alapján a kráter legmélyebb pontja is ebbe a régióba esik.

Összegzés

A multielektrodás mérések alapján összegezve elmondható, hogy a Mohos-tőzegláp a tipikus inaktív vulkanikus kráterek tavi feltöltődésére jellemző üledékmorfológiát mutatja. A mérések eredményeképpen kimutatható a kráter alapköze, így jól lehatárolható lett a kráter felszín alatti kiterjedése, morfológiája. Ennek alapján ikerkráter jelenlétére következtethetünk. További eredményként kimutatható az üledékfelhalmozódás három nagyobb fázisa. Nem utolsósorban megfigyelhető, hogy a tavi feltöltődés fázisában nyugatról újabb vulkanikus anyag bekerülésére került sor, amelynek oka lehet a területtől nyugatra lévő Szent-Anna tó kráterének kitörése. A másik lehetséges oka a későbbi vulkanikus anyag bekerülésének a lejtőcsuszamlás, amely akár az egykori kráter meggyengült nyugati falának becsúszását is jelentheti. A válasz megtalálásához mindenképpen fúrásos mintavétel javasolt, mind a szeparáltan az üledékben megtalálható nagy fajlagos ellenállású testekből, mind a kráter kőzetéből.

Lucs láp

A mérés leírása

A Lucs-tőzegláp a Hargita-hegység déli részén található, a hegység főgerincének közvetlen közelében, 1080 m-es tengerszintfeletti magasságon. A láp alatt fekvő kráter alaprajza nagy valószínűséggel nem szabályos kör, kelet-nyugati kiterjedése nagyobb, mint észak-déli irányú. A felmért multielektrodás szelvény nyomvonala kelet-nyugati irányú és hozzávetőlegesen a láp hossz tengelyében helyezkedik el. A mérés nyomvonalának kijelölésénél szempont volt, hogy a kapott mérési eredmény a lehető leghatékonyabban képezze le a kráter láp alatt elhelyezkedő morfológiáját, valamint az üledékek vastagságát és helyzetét.

Értelmezés

Figyelembe véve a Mohos-tőzegláphoz hasonló geológiai környezetet a mérési eredmények értelmezése során a Mohos-tőzeglápon mért multielektrodás szelvények értelmezéséhez használt fajlagos ellenállás tartományokat vesszük alapul. Ennek köszönhetően a két terület összehasonlítása is egyszerűsödik.

A négy jellemző fajlagos ellenállás tartomány:

- I. >250 Ohmm
- II. 150-250 Ohmm
- III. 30-150 Ohmm
- IV. 10-30 Ohmm

>250 Ohmm a mérési adatok alapján megállapított kráterperem, amelyet a szelvény nyugati vége érint minimális mértékben.

A 150-250 Ohmm-ig terjedő tartomány, amely jellemzően a szelvény mélyebb régióiban jelenik meg, mélységéből adódóan nem követhető folyamatosan a szelvény mentén. A környezet hasonló

geológiai tulajdonságai miatt összetétele és a kráterbe kerülésének körülményei nagy valószínűséggel megegyezik a Mohos-tőzeglápban hasonló fajlagos ellenállást mutató testekével.

A 30-150 Ohm-mig terjedő tartomány már nem a tipikus agyag üledékekre jellemző, ugyanakkor nem zárja ki az üledék agyagtartalmát. Az ilyen fajlagos elektromos ellenállással rendelkező üledékek általában kevert összetételűek, jellemzően agyagos, homokos, olykor kavicsos, vulkanikus környezetben tufás rögökkel, szemcsékkel keverve. Jelentős vastagságban és kiterjedésben figyelhető meg a mért szelvényen. Mélységbeli kiterjedése csupán a néhol megjelenő 150-250 Ohm-es tartomány mentén lokalizálható.

A 10-30 Ohm-es tartomány (volt) tavi környezetben tiszta agyag(os) üledékekre jellemző. Ezen értékek megjelenése a Lucs-1 szelvényen ~1055-1065 mBf magasságban és teljes szelvényhosszban figyelhető meg. A ~10m vastagságú agyagréteg a szelvény nyugati végén kivastagszik.

Összegzés

A kitűzött cél függvényében a területen mért 1db 2 dimenziós multielektrodás szelvény nem elegendő a kráter és az azt kitöltő üledékek 3 dimenziós leképezéséhez. Ugyanakkor kijelenthetjük, hogy a mért szelvény által közölt információ segítségével tökéletesen előkészíthető egy jövőben elvégzendő mérés. A kapott eredményekből arra következtethetünk, hogy a Lucs-tőzeglápban lerakódott tavi üledék vastagsága a mért fajlagos elektromos ellenállás értékek alapján meghaladja a Mohos-tőzeglápét. Ebből következik, hogy a célorientáltan a Mohos-tőzeglápra megállapított mérési konfiguráció (behatolási mélység, felbontás) korrekcióra szorul egy a későbbiekben a Lucs-tőzeglápon elvégzendő hasonló célú mérés esetén. Figyelembe véve a Mohos-tőzeglápon mért fajlagos ellenállás értékeket és az ebből meghatározott kráter/üledék határt a Lucs-tőzeglápon a kráter/üledék határ csupán a szelvény nyugati szegletében jelentkezik. A fajlagos ellenállásokból következtetett különböző üledékfázisok a Lucs-tőzegláp esetében is tökéletesen megfigyelhetők. A szelvény nyugati végében megfigyelhető agyagos üledékek tölcészerű kivastagodása, valamint a kráter/üledék határ megjelenése – párhuzamot vonva a Mohos eredményeivel – jelezheti egy, a szelvény által teljes mélységben el nem ért kráterközép jelenlétét.

.....
KUDÓ ISTVÁN
Geofizikus

MELLÉKLETEK JEGYZÉKE

I. melléklet	Átnézetes helyszínrajz a mérési szelvényekkel ($M= 1:10\ 000$)
II. melléklet	Víziszeizmikus mederfelmérés nyomvonala a Szent Anna tavon ($M= 1:2500$)
III. melléklet	Szent Anna tó mederfenék morfológiája ($M= 1:2500$)
IV. melléklet	MUEL szelvényezés helyszínrajza a Mohos lápon ($M= 1:6000$)
V. melléklet	Mohos láp - Mohos1-4 fajlagos ellenállás szelvények ($M= 1:2500$)
VI. melléklet	Mohos láp – Mohos5-8 fajlagos ellenállás szelvények ($M= 1:2500$)
VII. melléklet	Mohos láp - A kráter bázisának értelmezett 3D perspektivikus felszíne ($M= 1:5000$, $Z=1:2500$)
VIII. melléklet	Lucs láp - Lucs-1 fajlagos ellenállás szelvény ($M= 1:3500$)
IX. melléklet	Mohos láp – Mohos1-4 fajlagos ellenállás szelvények (értelmezéshez optimalizált fajlagos ellenállás tartományok)($M= 1:2500$)
X. melléklet	Mohos láp – Mohos5-8 fajlagos ellenállás szelvények (értelmezéshez optimalizált fajlagos ellenállás tartományok)($M= 1:2500$)
XI. melléklet	Lucs láp - Lucs-1 fajlagos ellenállás szelvény (értelmezéshez optimalizált fajlagos ellenállás tartományok) ($M= 1:3500$)

CD-ROM MELLÉKLET TARTALOMJEGYZÉKE

Hargita_Geomega_Geofizika_2012.pdf

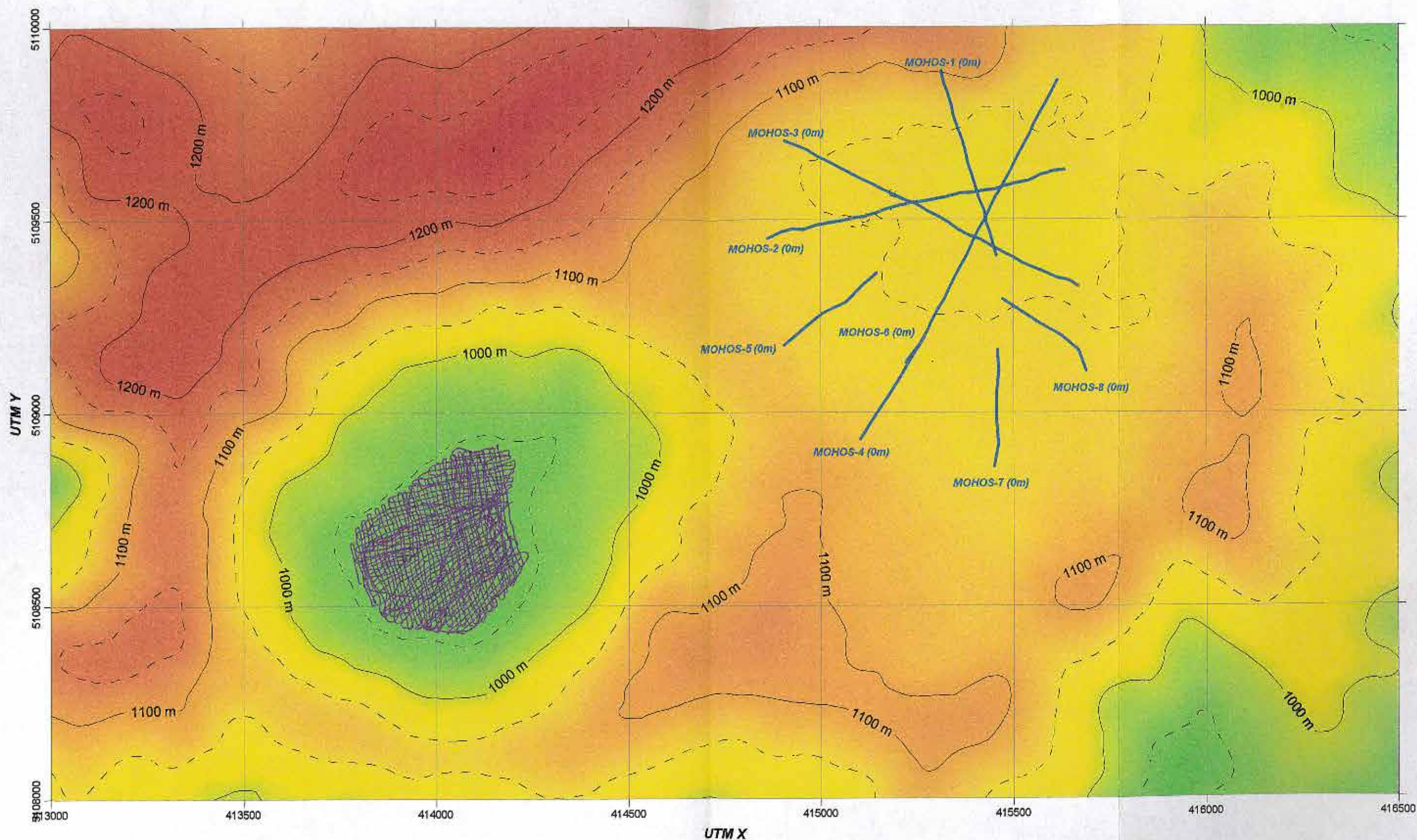
Ezen jelentés tartalma Adobe Acrobat formátumban

\MELLEKLETEK directory-ban:

I_melleklet.pdf – XI_melleklet.pdf

Jelentés mellékletei Adobe Acrobat formátumban

MELLÉKLETEK



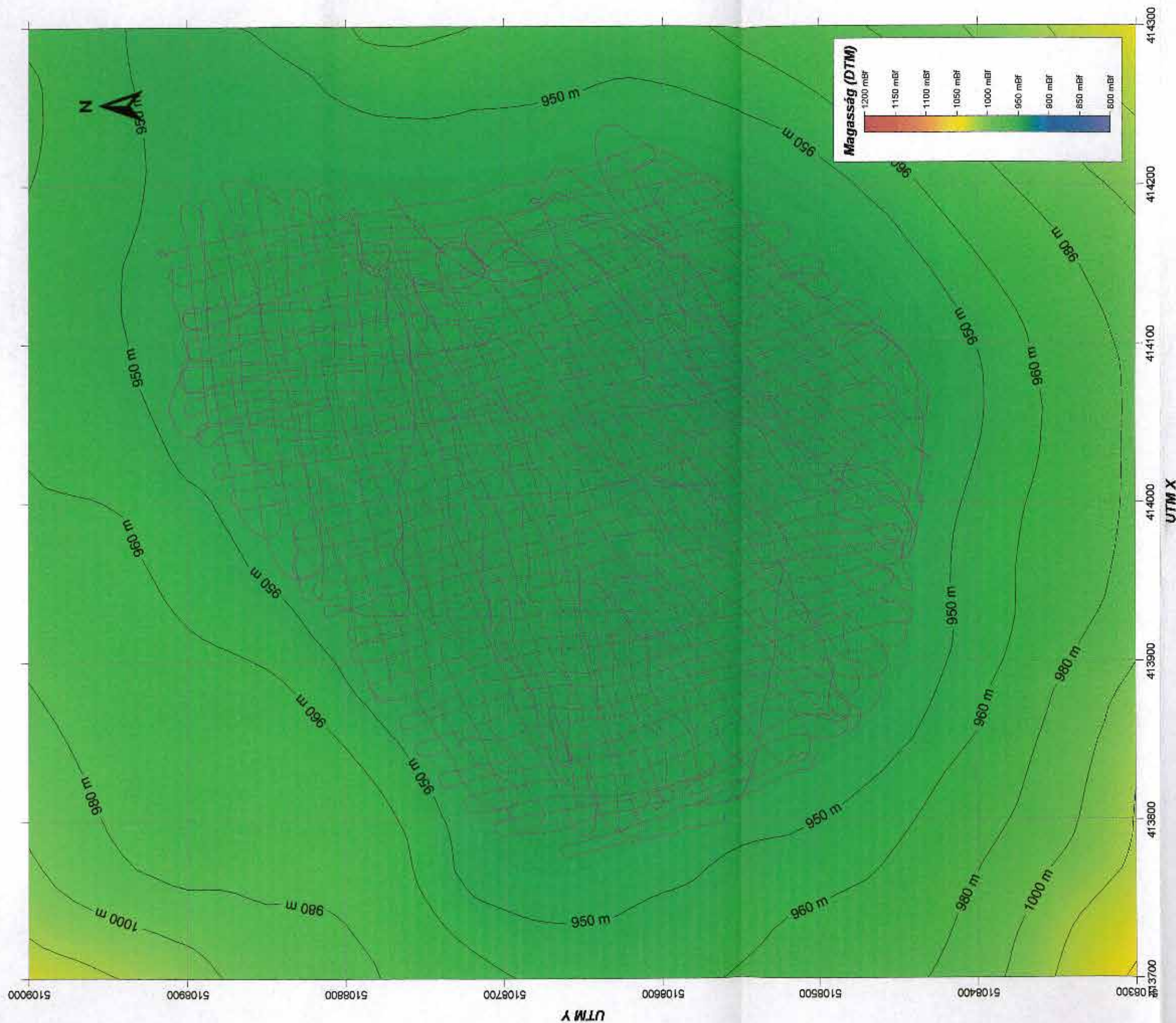
Jelmagyarázat:

- Víziszeizmikus szelvényezés nyomvonala
- Geoelektromos szelvényezés nyomvonala

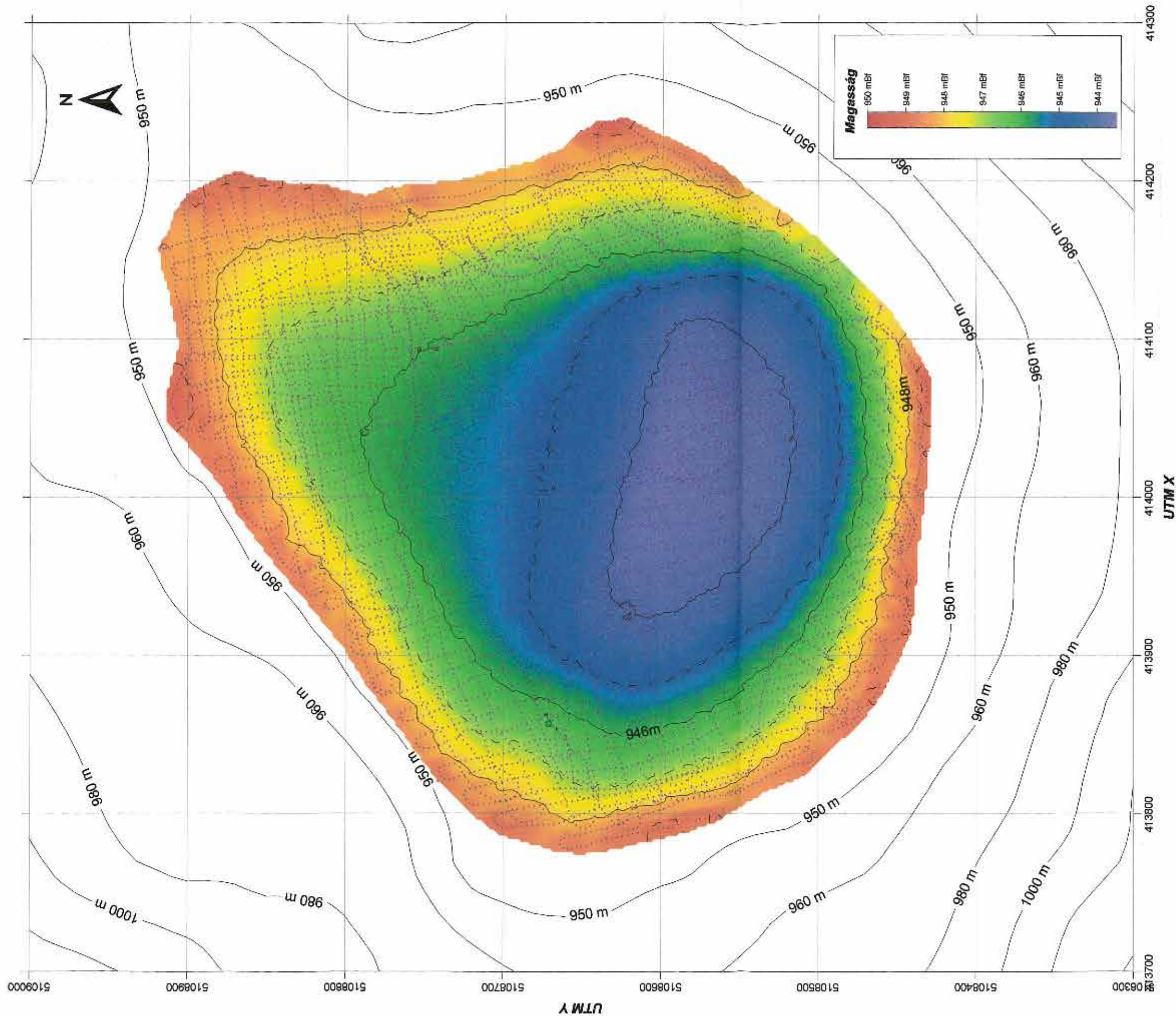
0m 500m 1000m



Title I. számú melléklet: Átnézetes helyszínrajz a mérési szelvényekkel		Scale 1:10000	Company Geomega Kft. 1096 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-216-4226 www.geomega.hu
Project name Hargita 2012	Client MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája		



Title	II. számú melléklet: Vízszelzmikus mederfelmérés nyomvonala a Szent Anna tavon		Scale	1:2500	Company
	Project name	Hargita 2012	Client	MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája	
					Geomega Kft. 1096 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-215-4226 www.geomega.hu

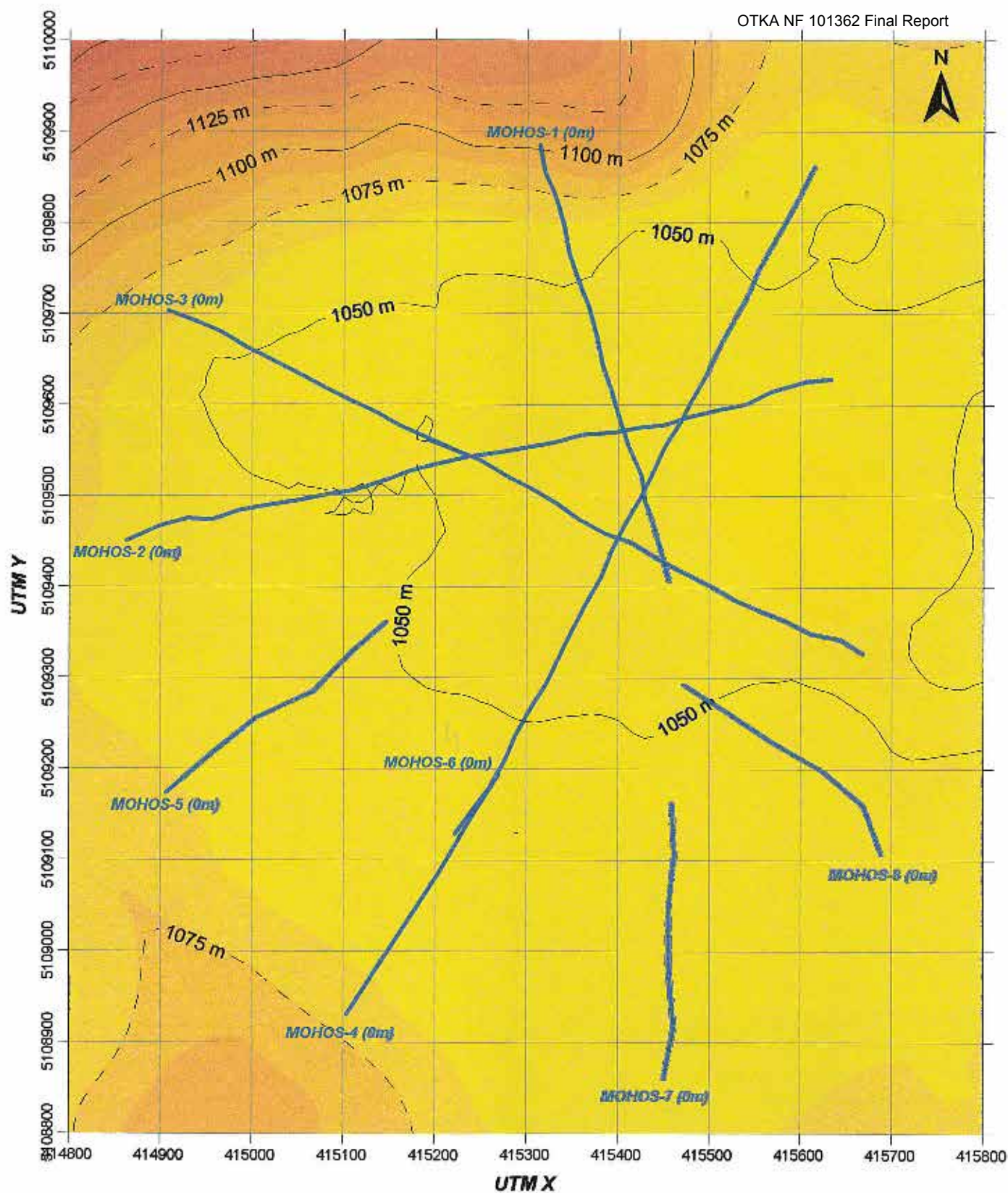


Jelmagyarázat:

--- Vízszisztemikus szelvényezés nyomvonala

0m 50m 100m

Title	III. számú melléklet: Szent Anna tó mederfenék morfológiája	Scale	1:2500
Project name	Hargita 2012	Client	MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája
Company	Geomega Kft. 1096 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-216-4226 www.geomega.hu		

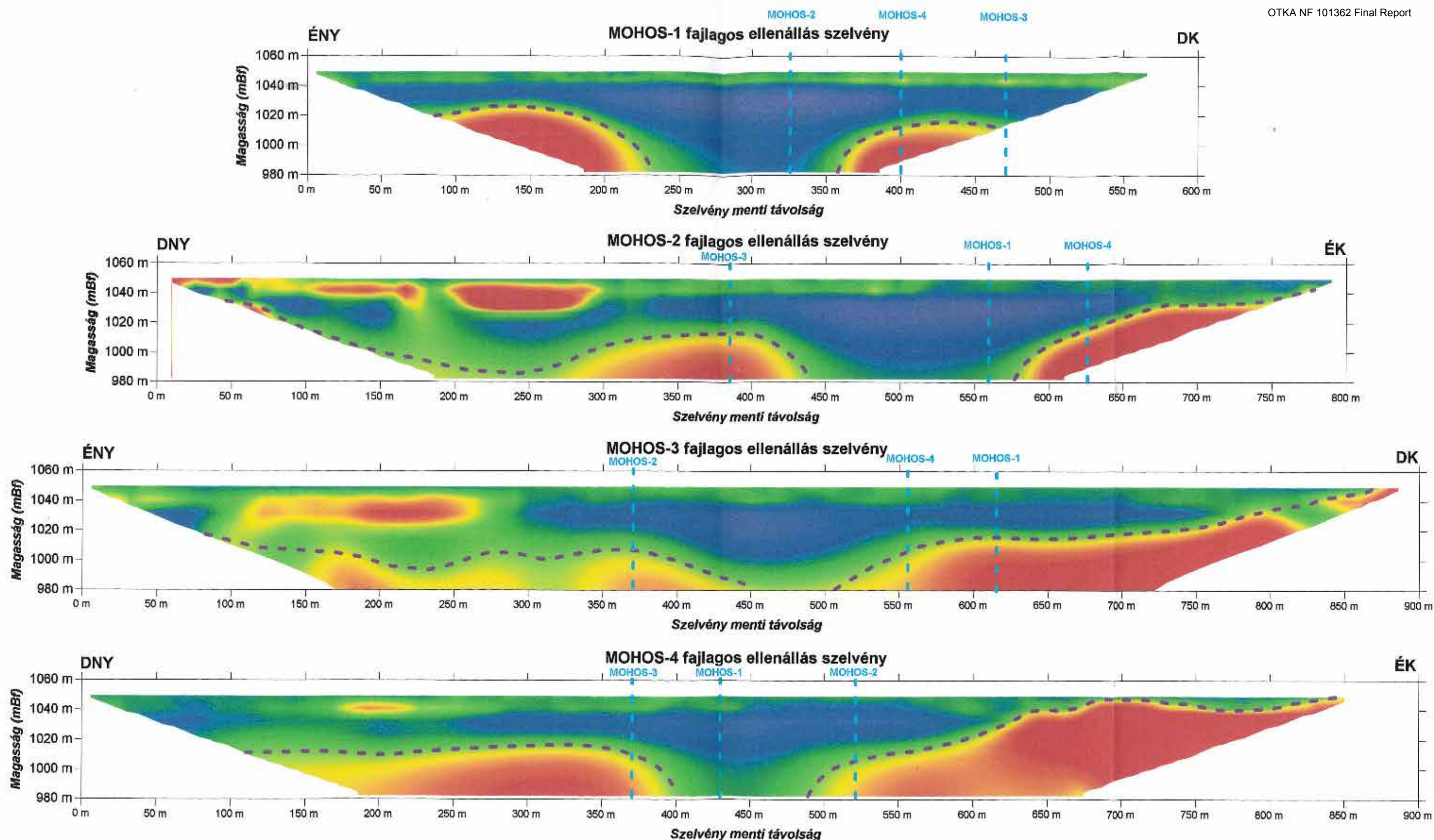


Jelmagyarázat:

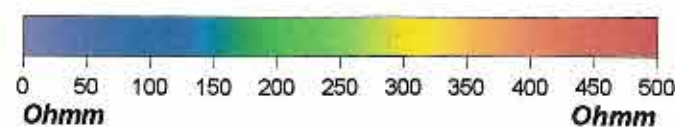
 Geoelektromos szelvényezés nyomvonala

0m 200m 400m

Title IV. számú melléklet: MUEL szelvényezés helyszínrajza a Mohos lápon	Scale 1:6000	Company Geomega Kft. 1095 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-215-4226 www.geomega.hu
Project name Hargita 2012	Client MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája	

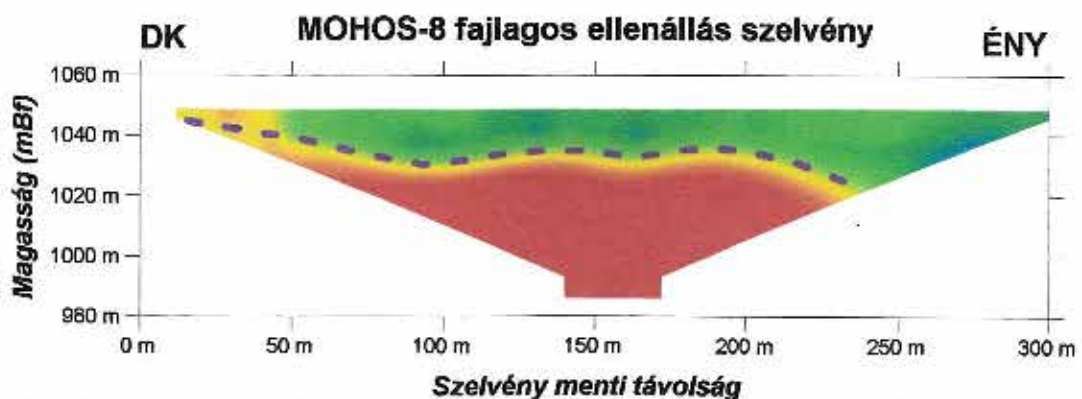
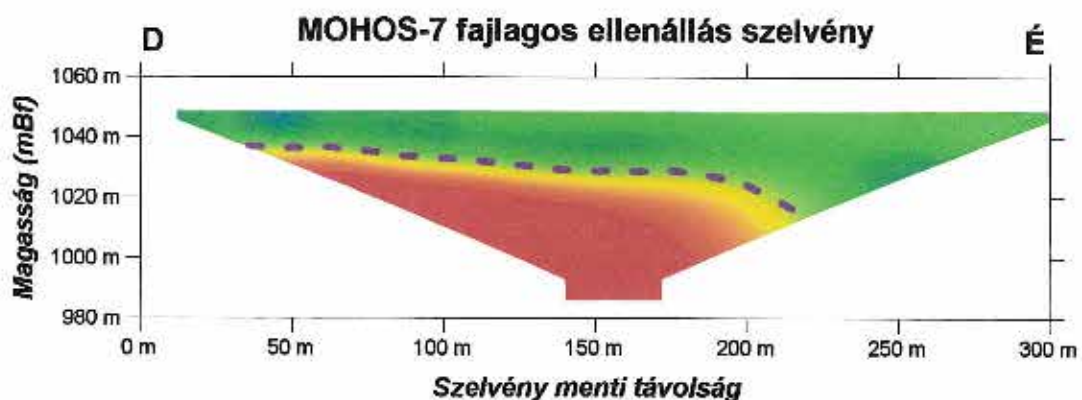
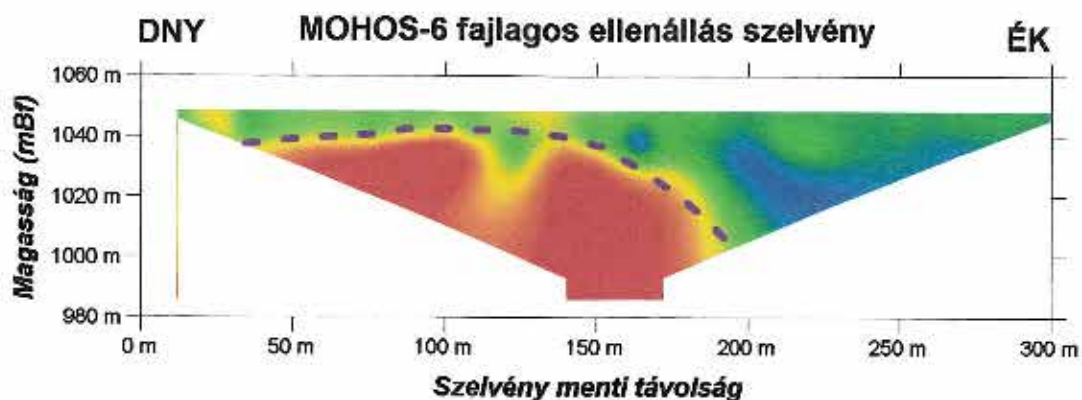
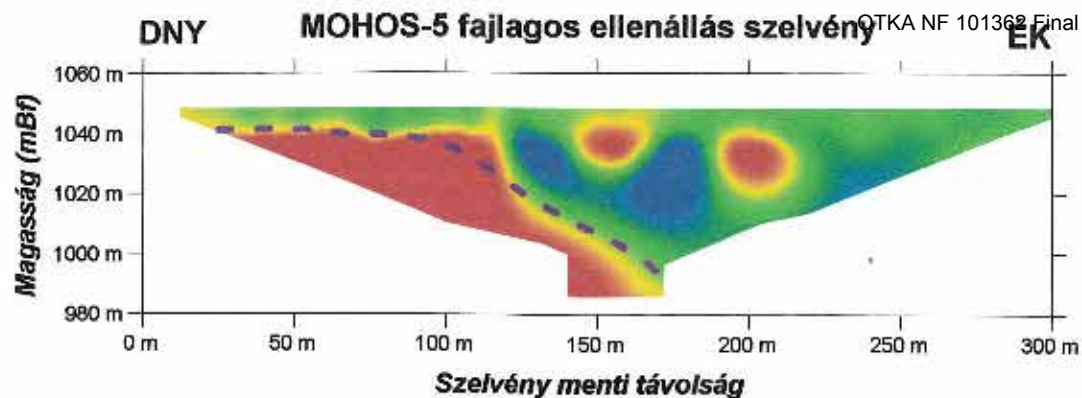
**Jelmagyarázat:**

--- Nagy ellenállású alapkőzet fedője



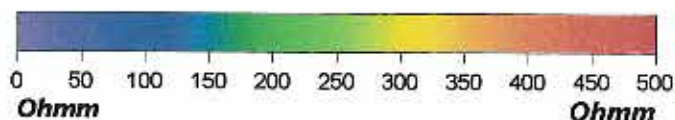
Title		Scale		Company
V. számú melléklet: Mohos lép - Mohos1-4 fajlagos ellenállás szelvények		1:2500		
Project name		Client		Geomega Kft. 1095 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-215-4226 www.geomega.hu
Hargita 2012		MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája		



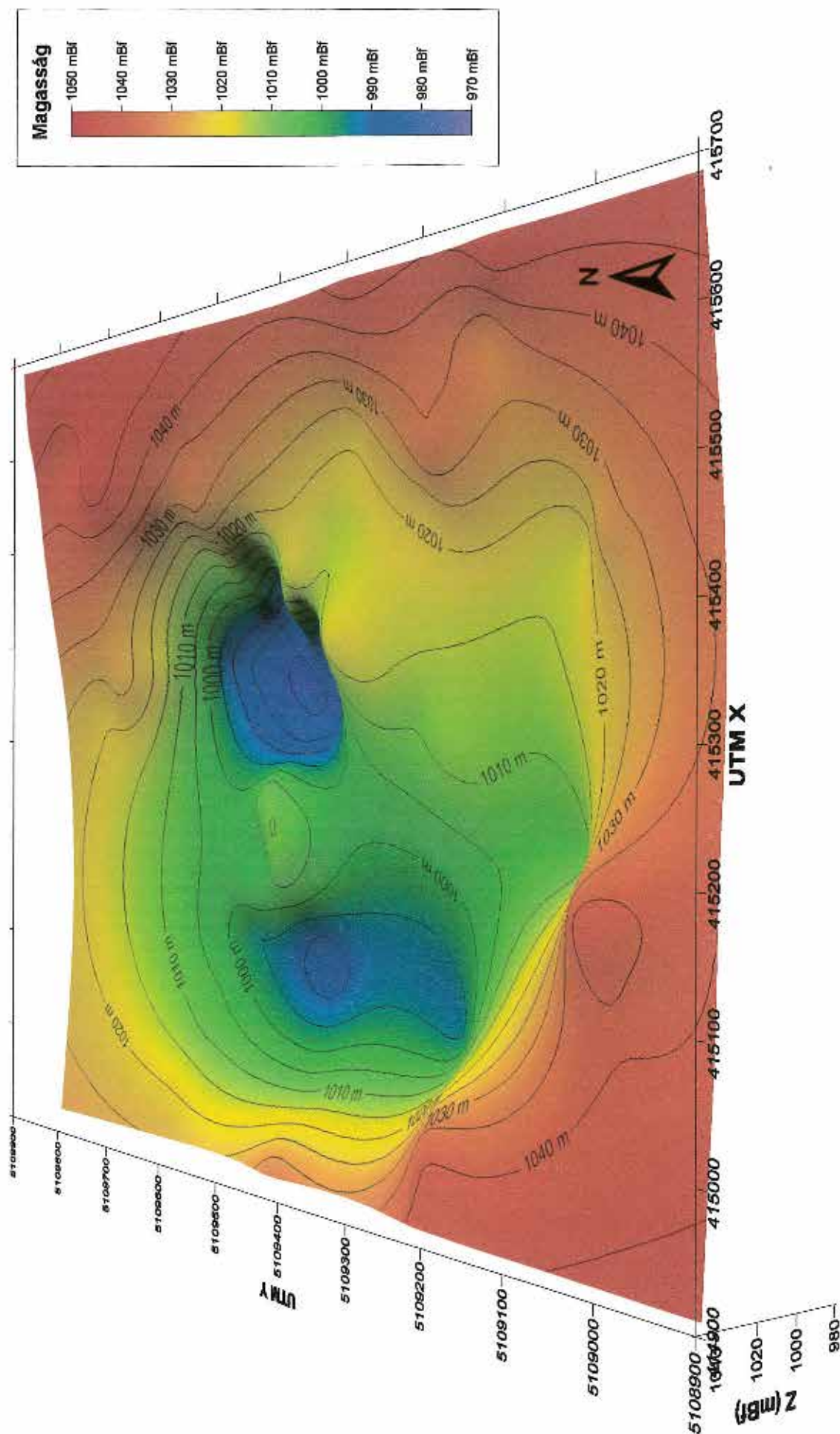


Jelmagyarázat:

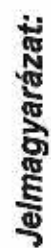
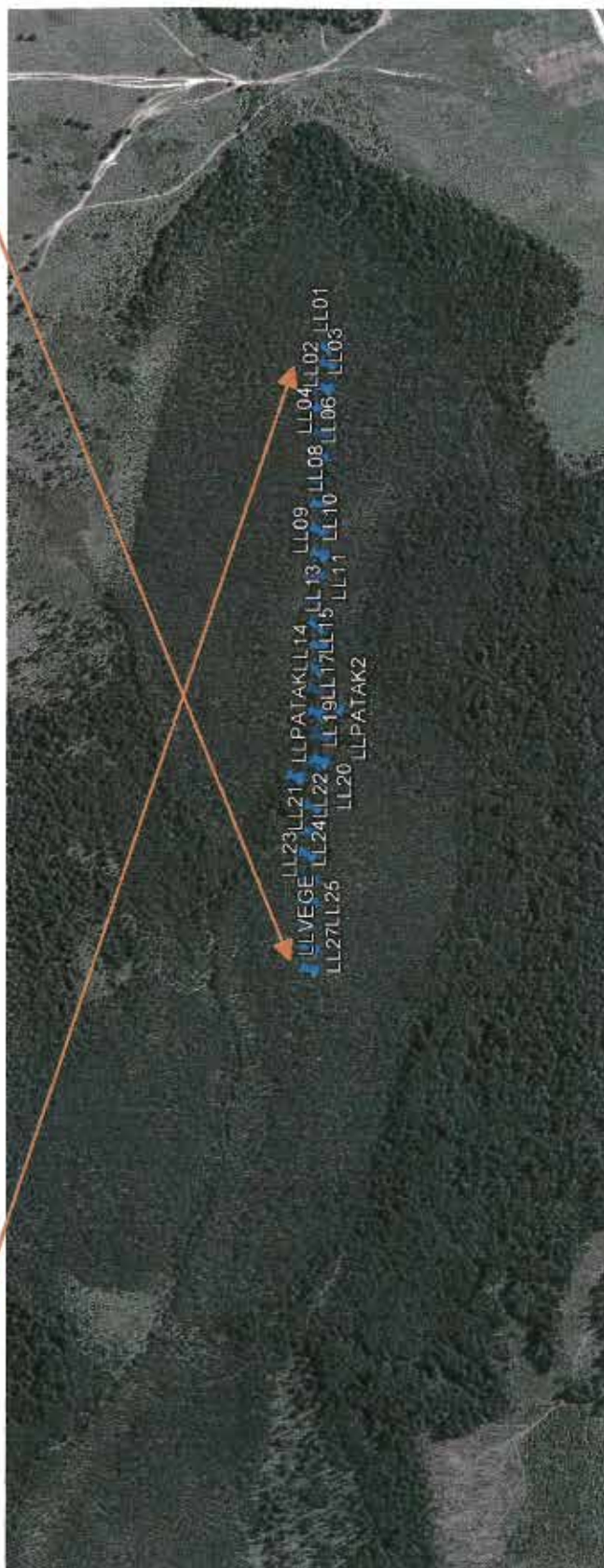
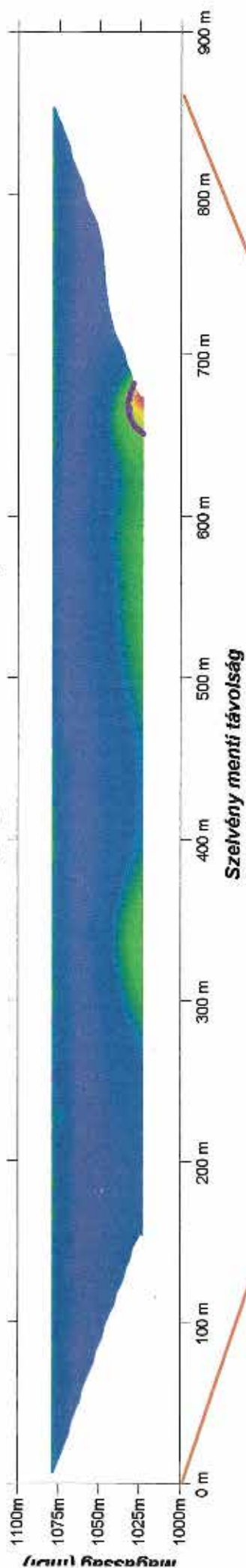
--- Nagy ellenállású
alapkoztető fedője



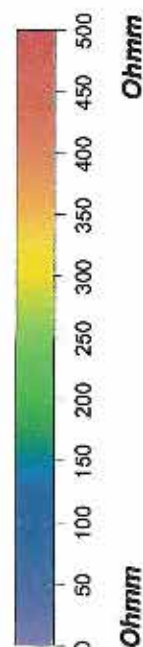
Title VI. számú melléklet: Mohos lép - Mohos5-8 fajlagos ellenállás szelvények	Scale 1:2500	Company Geomega Kft. 1095 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-215-4226 www.geomega.hu
Project name Hargita 2012	Client MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája	



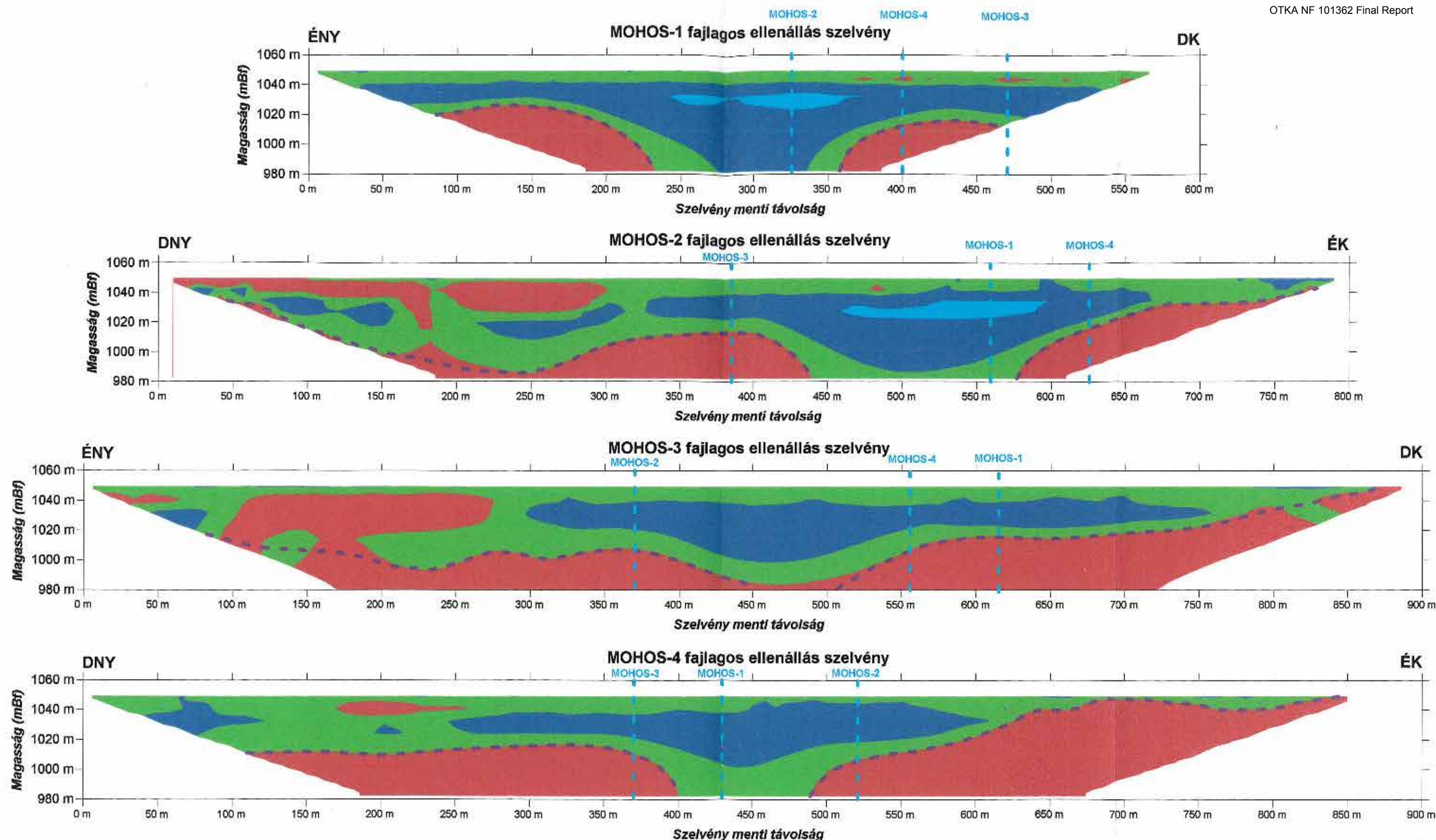
Title	VII. számú melléklet: Mohos lap - A kráter bázisának értelmezett 3D perspektivikus felszíne		Scale 1:5000 Z=1:2500	Company Geomega Kft. 1095 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-215-4226 www.geomega.hu
	Project name Hargita 2012	Client MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája		



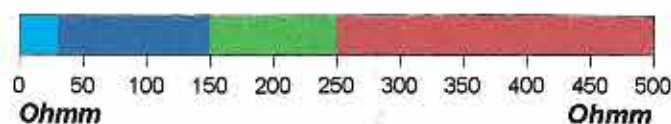
Nagy ellenállású alapozet fedője



Report	
	
Company Geomega Kft. 1095 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-215-4226 www.geomega.hu	
Title VIII. számú melléklet: Lucs lép - Lucs-1 fajlagos ellenállás szelvény	
Scale 1:3500	
Client MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája	
Project name Hargita 2012	

**Jelmagyarázat:**

--- Nagy ellenállású alapközet fedoje

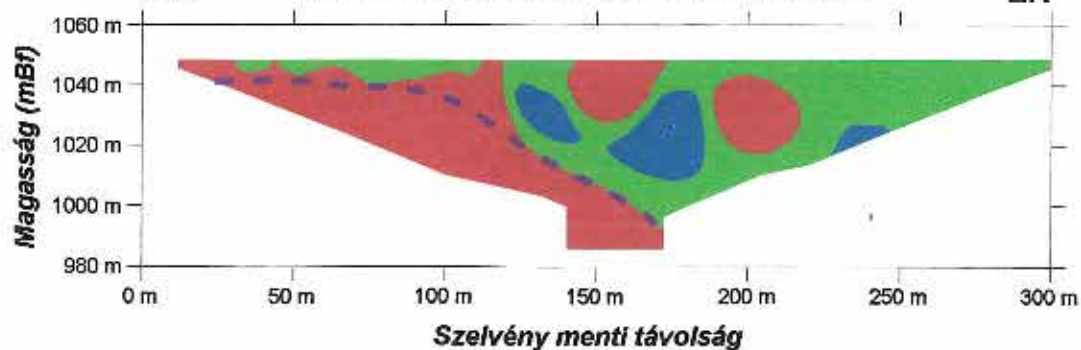


Title	IX. számú melléklet: Mohos lép - Mohos1-4 fajlagos ellenállás szelvények (értelmezéshez optimalizált fajlagos ellenállás tartományok)	Scale	1:2500	Company	Geomega Kft. 1095 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-215-4226 www.geomega.hu
Project name	Hargita 2012	Client	MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája		

DNY

MOHOS-5 fajlagos ellenállás szelvény

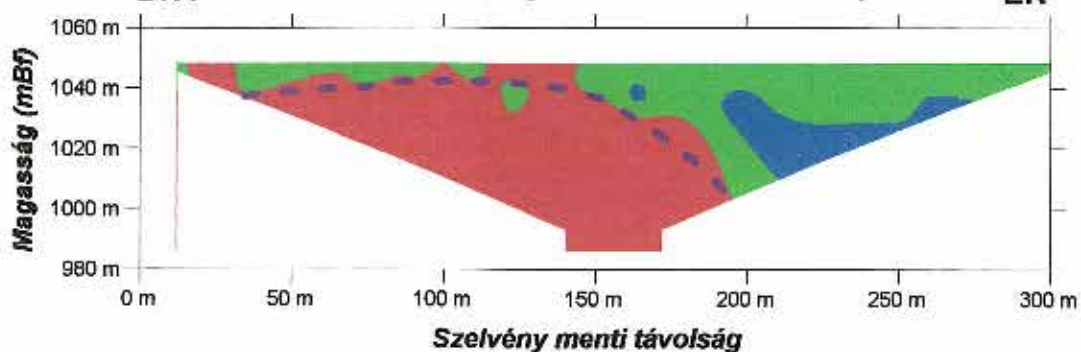
ÉK



DNY

MOHOS-6 fajlagos ellenállás szelvény

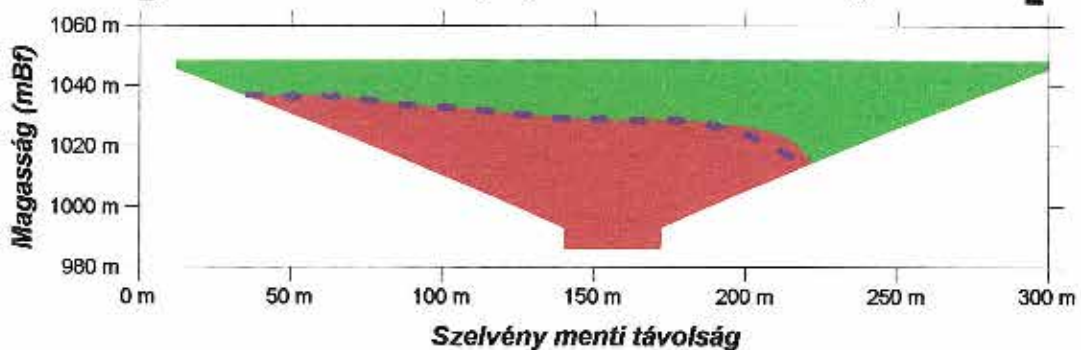
ÉK



D

MOHOS-7 fajlagos ellenállás szelvény

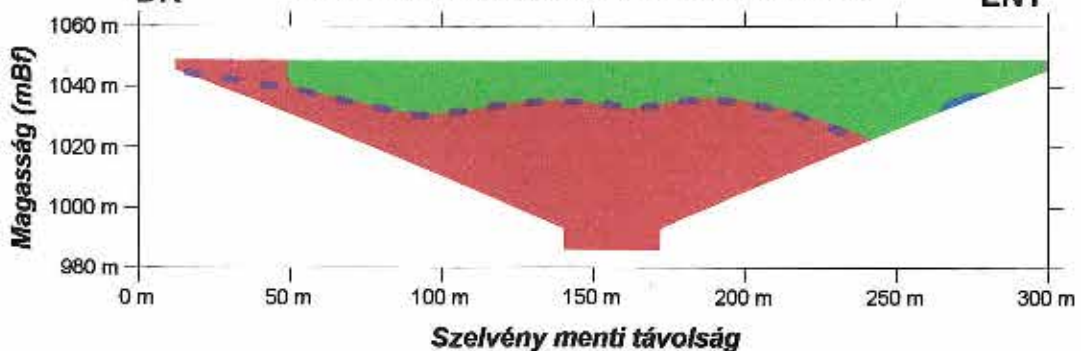
É



DK

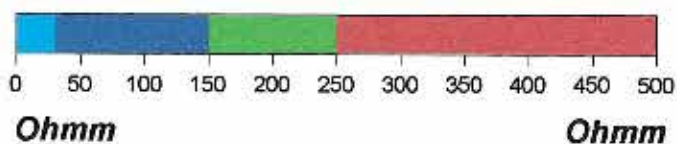
MOHOS-8 fajlagos ellenállás szelvény

ÉNY



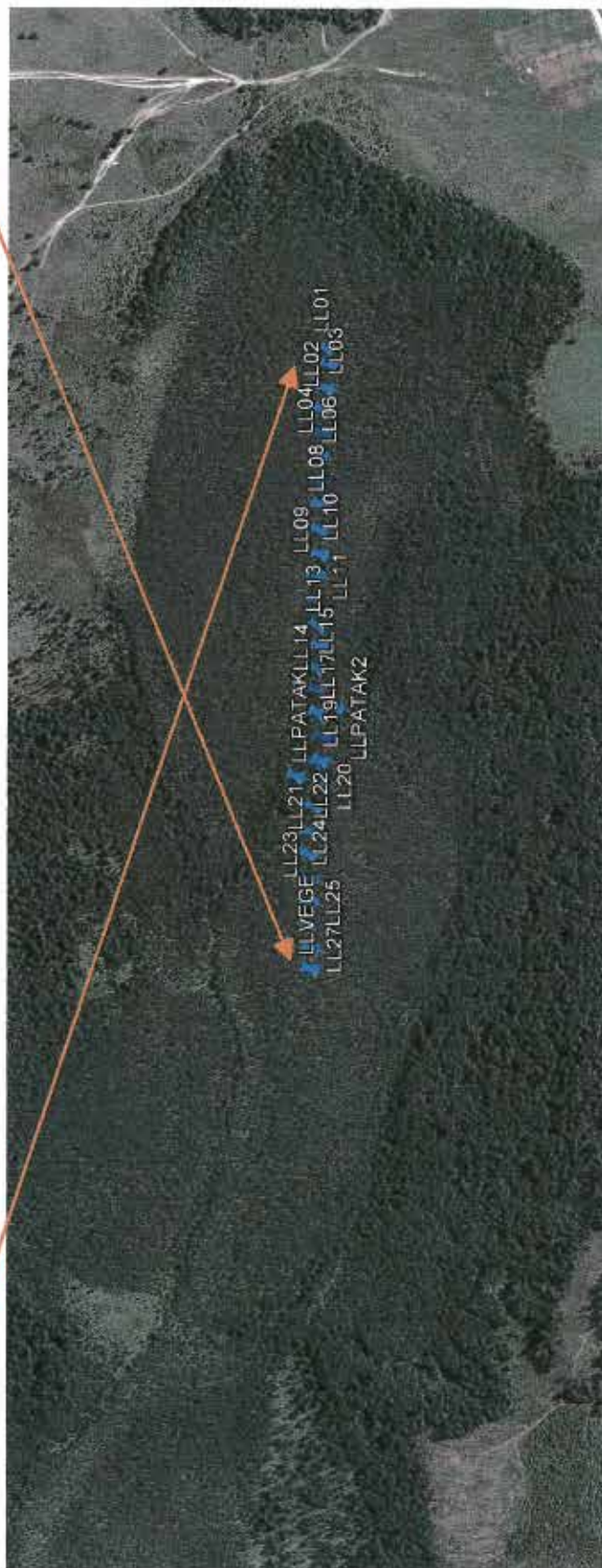
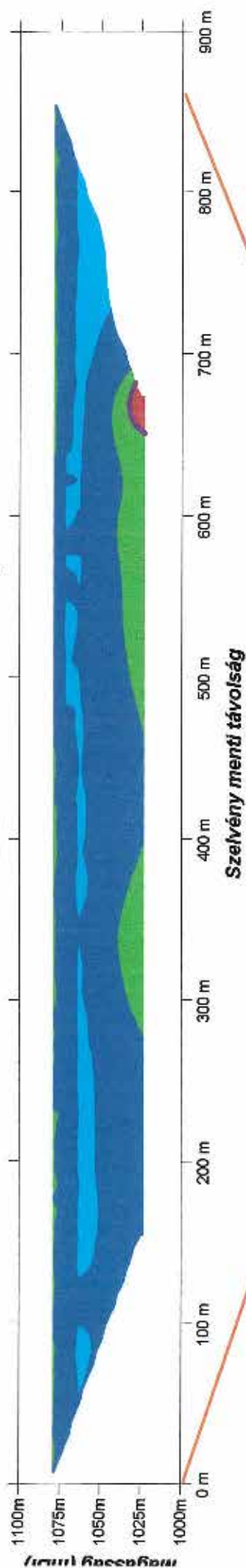
Jelmagyarázat:

--- Nagy ellenállású
alapkoztet fedője



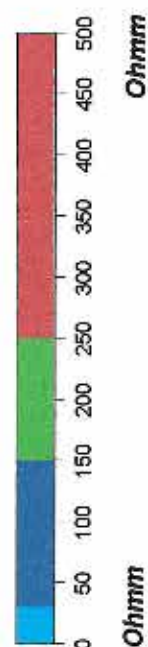
Title X. számú melléklet: Mohos lép - Mohos5-8 fajlagos ellenállás szelvények (értelmezéshez optimalizált fajlagos ellenállás tartományok)	Scale 1:2500	Company Geomega Kft. 1095 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-215-4226 www.geomega.hu
Project name Hargita 2012	Client MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája	

LUCS-1 fajlagos ellenállás szelvény



Jelmagyarázat:

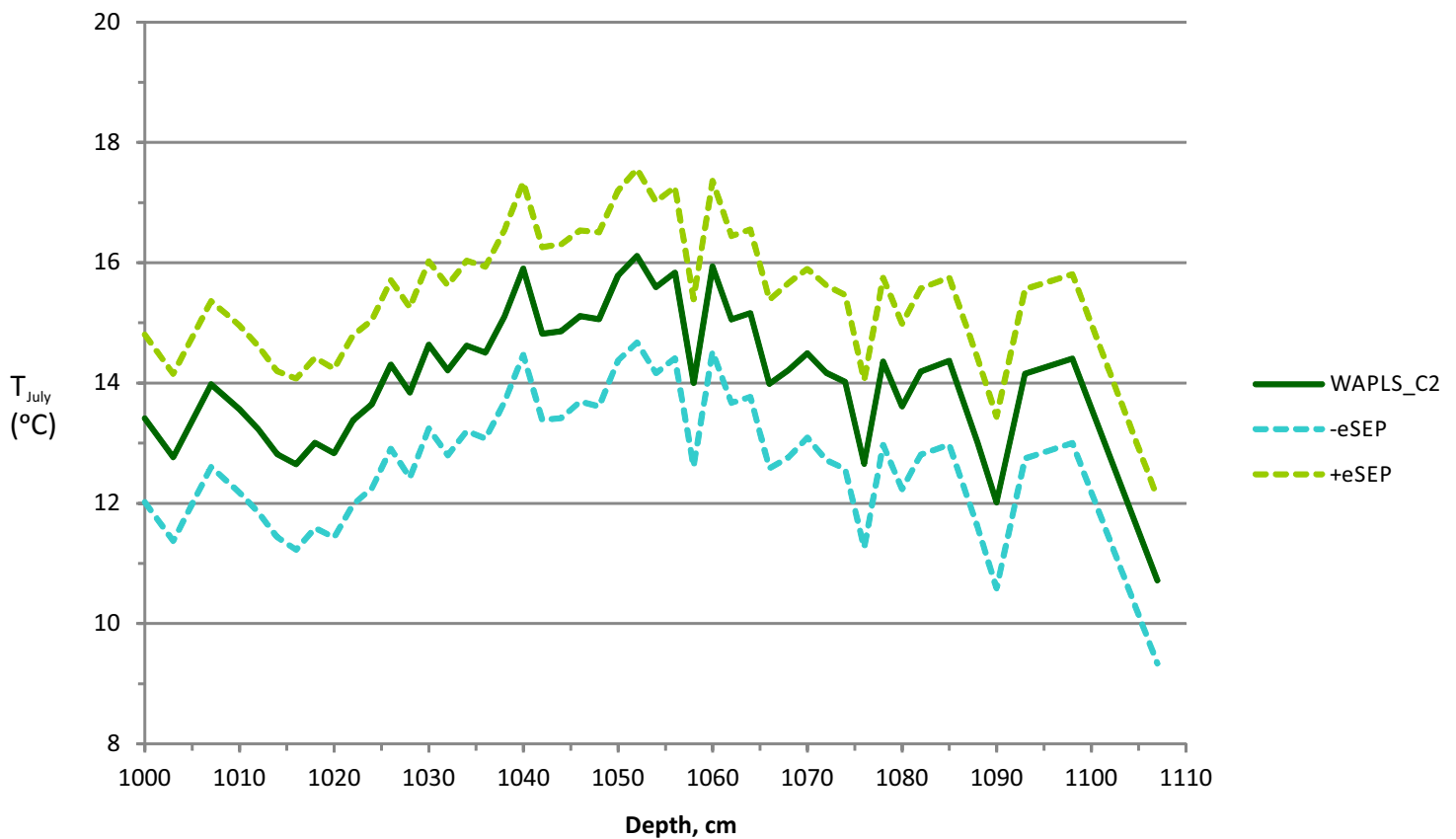
Nagy ellenállású alapkőzet fedője



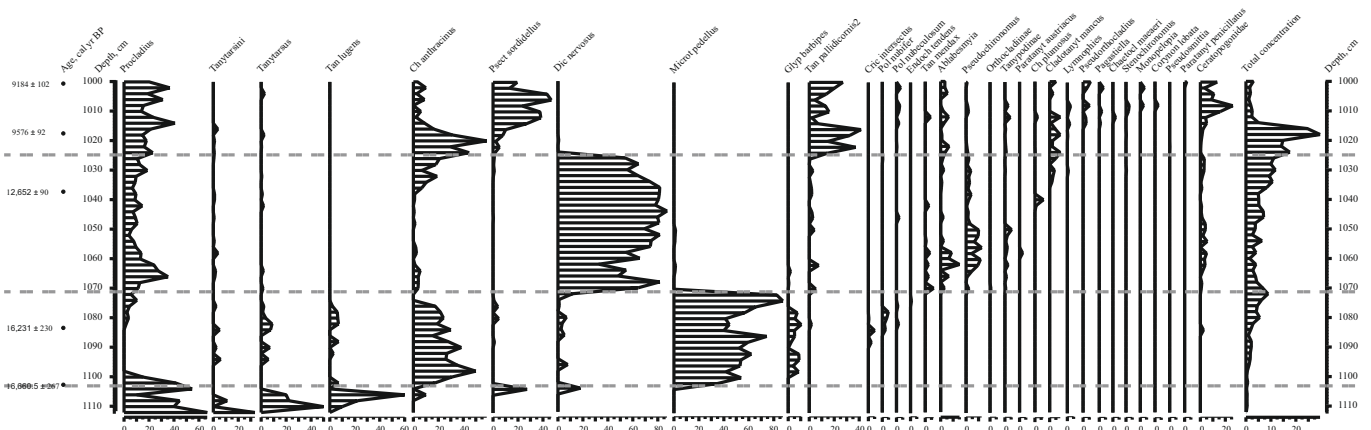
Report	
	
Company Geomega Kft. 1095 Budapest Mester u. 4. tel: (06)-1-215-4228 www.geomega.hu	
Title	Scale
XI. számú melléklet: Lucs láp - Lucs-1 fajlagos ellenállás szelvény (értelmezéshez optimalizált fajlagos ellenállás tartományok)	1:3500
Project name	Client
Hargita 2012	MTA Támogatott Kutatócsoportok Irodája

Appendix 3

Chironomid based mean July air temperature reconstruction for the Late Glacial section of SZA-2013

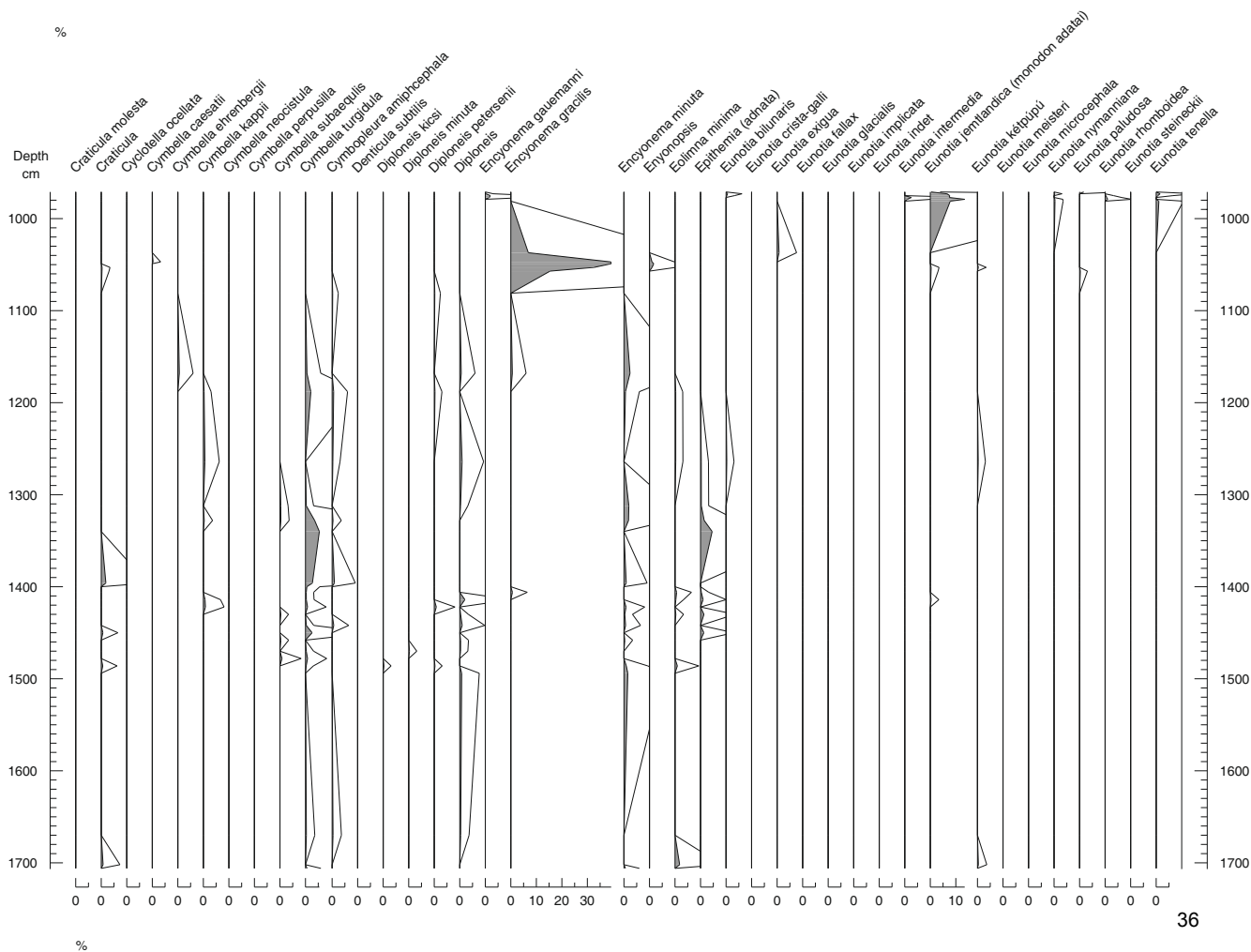
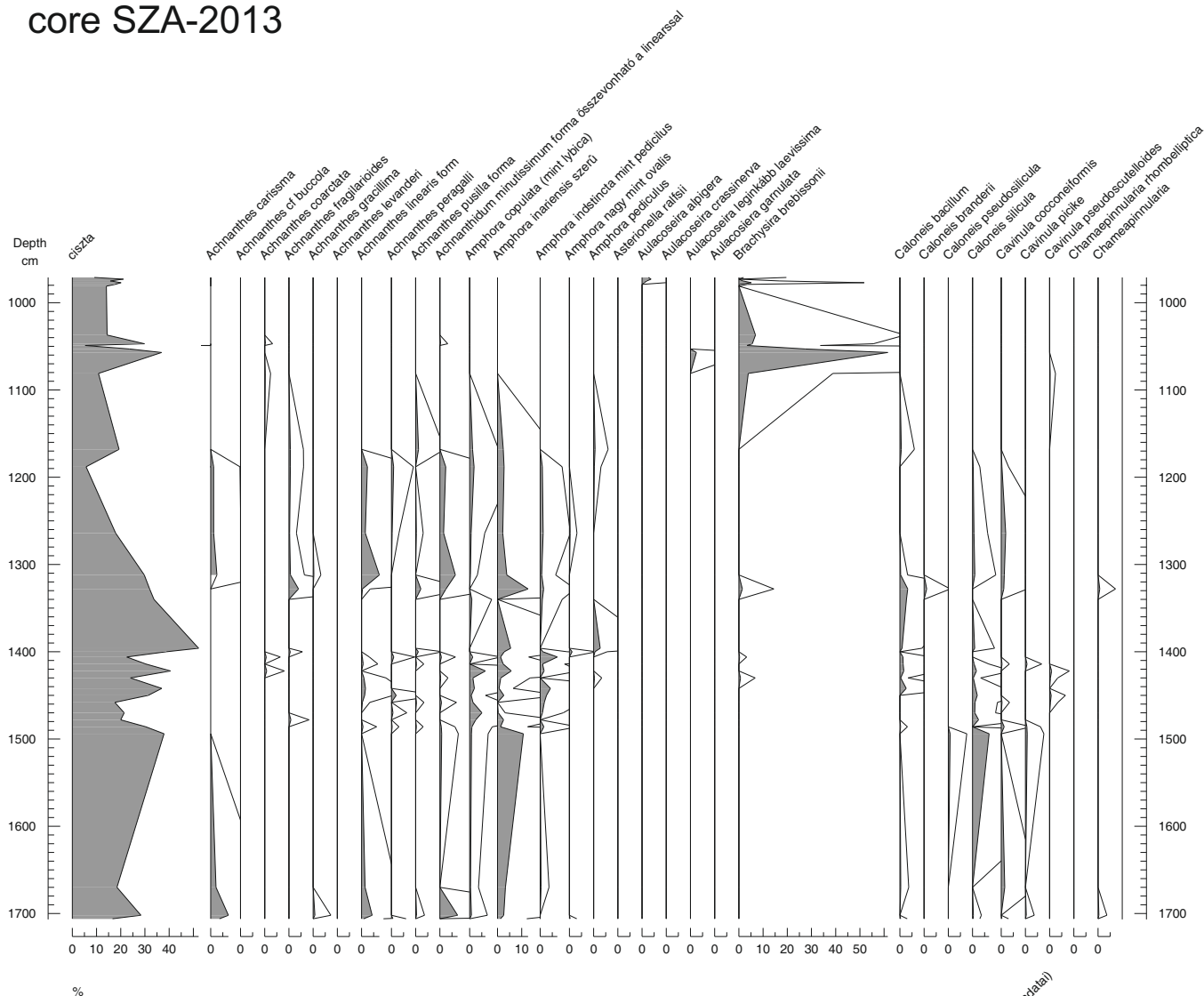


Chironomid relative frequency diagram covering the Late Glacial and early full glacial part of SZA-2013

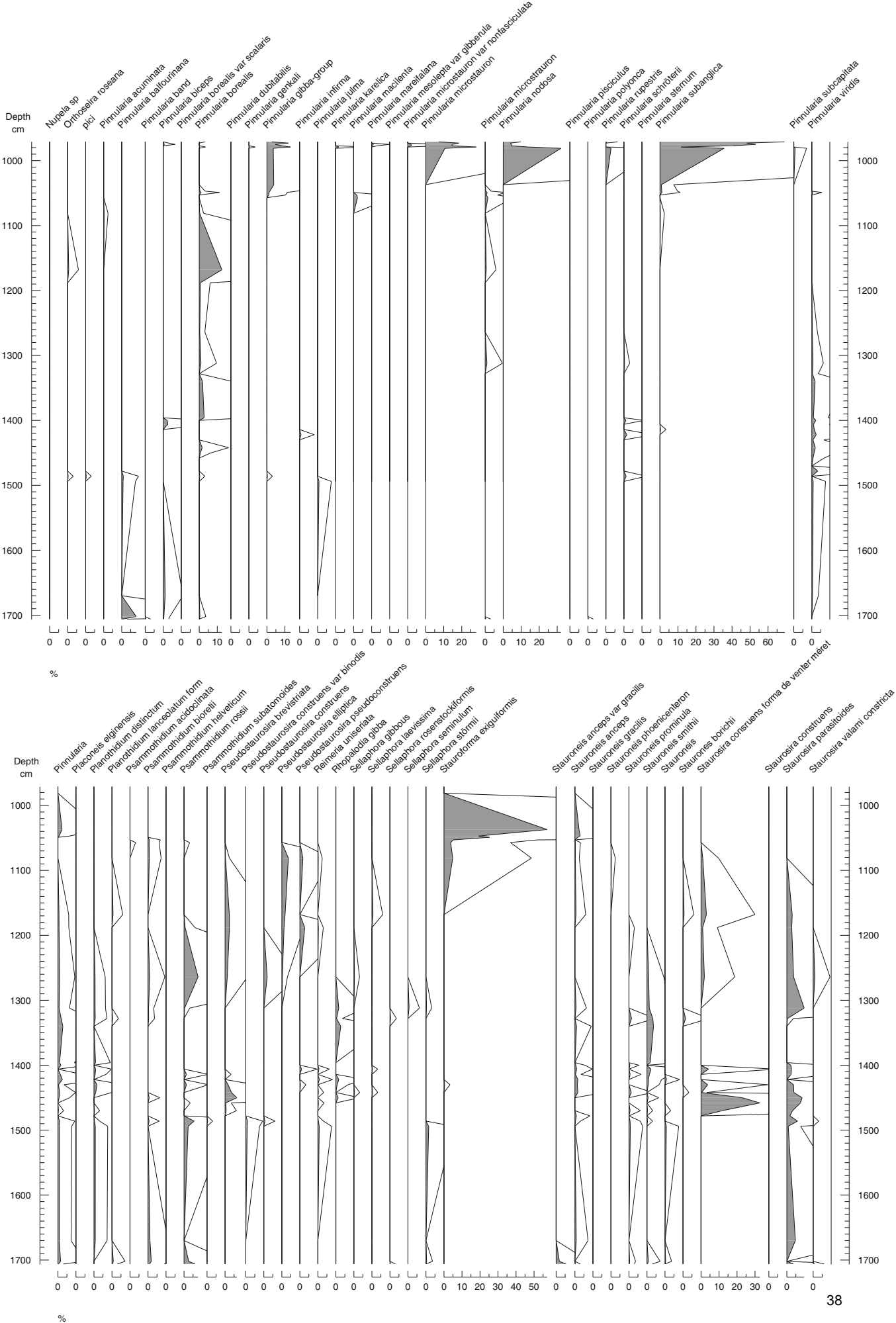


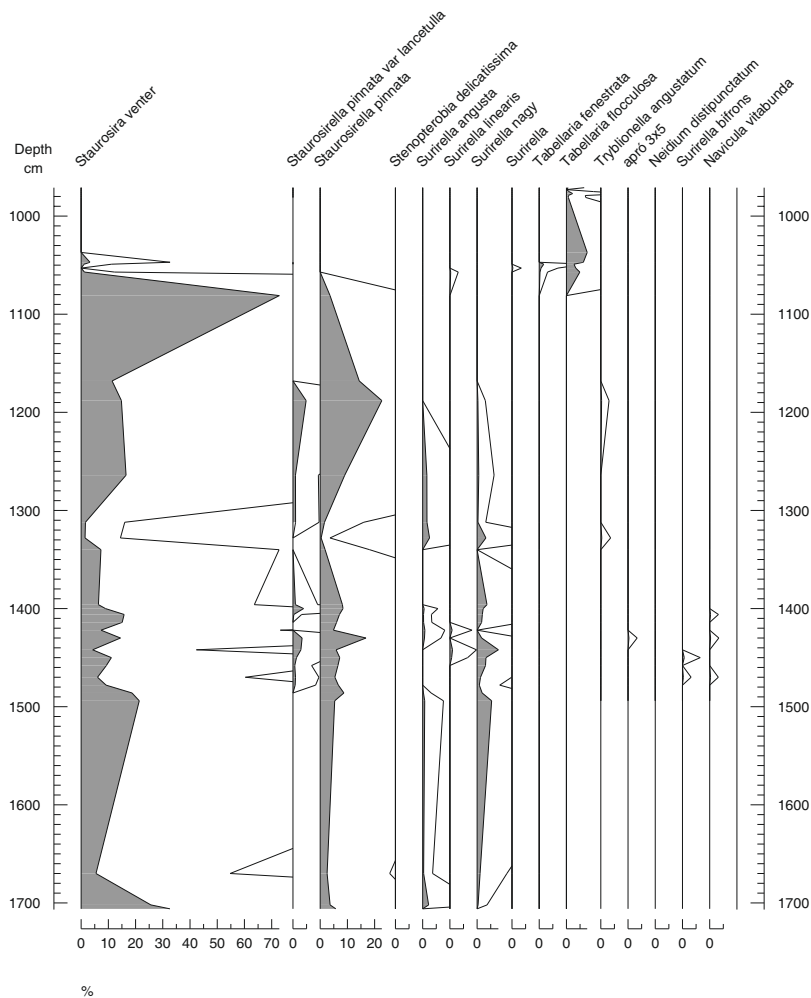
Diatom relative frequency diagram for the Late Glacial section of core SZA-2013

OKA-MF-10162 Final Report



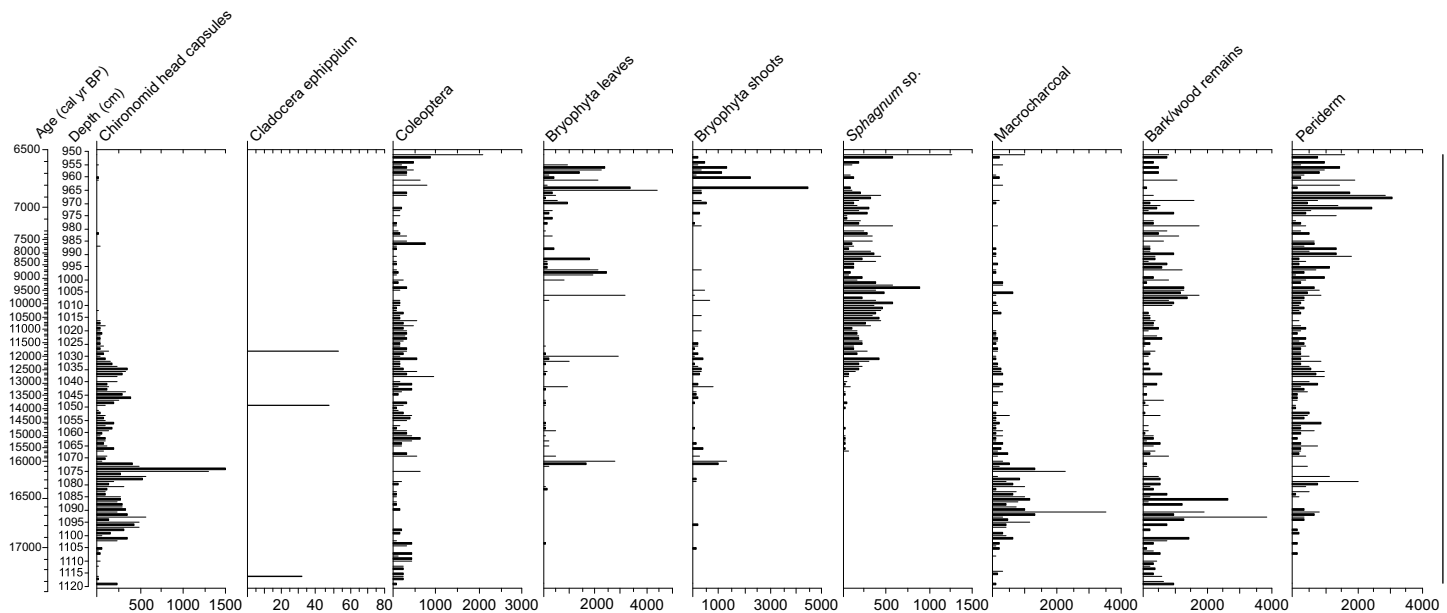




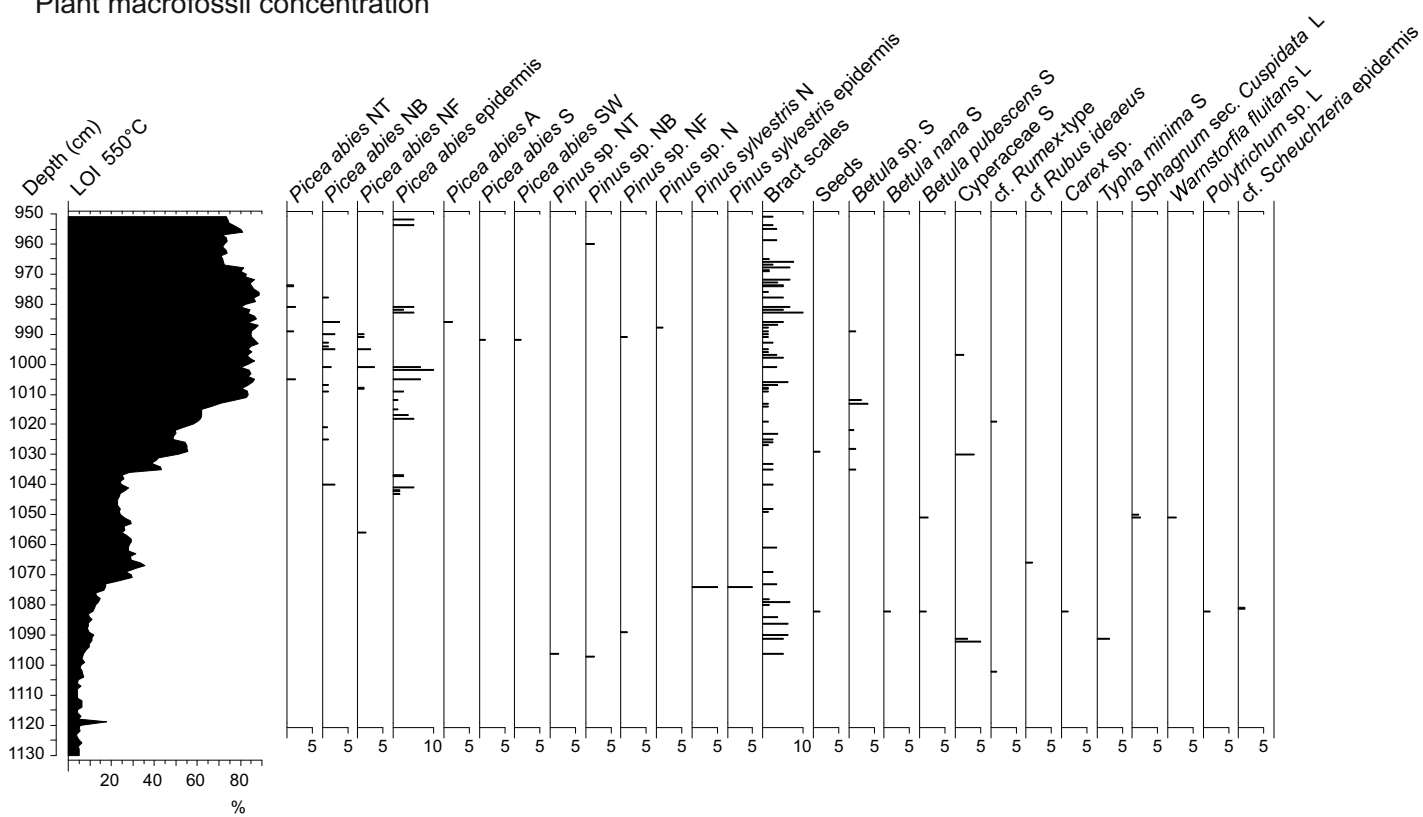


Plant macrofossil concentrations in the Late Glacial section of SZA-2013

Lake St. Anne SZA-2013 Major sediment components



Lake St. Anne SZA-2013 Plant macrofossil concentration



Appendix 4

Short report on the aerial photographic survey of archaeological sites in the vicinity of Öcs Lake

Date of aerial photography: 19 June 2013

Technical details:

- type of aircraft: Cessna 152
- type of camera: Nikon D300, Nikkor ED 24/70 objective
- identification of sites: on the basis of Garmin GPS coordinates, data are in Excel spreadsheet.

Circumstances of aerial photography:

We followed routine protocol, and aerial photos were taken when cereals were in full green mature state on 19 June 2013. For better light condition we chose the afternoon hours, when archaeological phenomena are not only distinguished by colour difference, but also by the different growing conditions (different heights) of the cereals. During the flight we noticed intense vapour flow from the direction of Lake Balaton likely due to the high daytime temperature ($> 30^{\circ}\text{C}$) intense.

Study area: rural areas around Öcs, Pula, Vigándpetend and Taliándörögd villages

The vicinity of Lake Öcs has been the subject of archaeological reconnaissance survey in the 1960's and 1970's and sites discovered are included in the Hungarian Archaeological Topography series (MRT). The number of identified sites is however low, and particularly few prehistoric sites were found.

Results

Around the village Öcs the traces of two settlements were noticed in a narrow parcelled tillage (photos 6275-6280 and 6304-6308). In the demarcation zone of Taliándörögd and Vigándpetend we photographed known sites (photos 6297-6300); these were however much larger than indicated by the earlier topographic survey results. In the same zone, an additional settlement was also discovered (photo 6298). Highly significant findings are the ancient road remains in the borderland of Vigándpetend (photos 6293-6296) and the ditch remains of unknown age around the village Öcs (photos 6309-6314). Further investigations are inevitably required for the hilly area between Öcs and Lake Öcs, in which area we noticed the traces of Bronze Age fortification.

Budapest, 19 June 2013

Dr Zoltán Czajlik



