

# FELSZÍNI GEOFIZIKA ALKALMAZÁSA A VÍZBÁZISVÉDELEMBEN

**Dr. Nyári Zsuzsanna<sup>1</sup>, Dr. Juhászné Virág Margit<sup>2</sup>, , Dr. Szűcs Péter<sup>3</sup>**

## **Bevezetés**

Az 1997 óta folyó ivóvízbázis-védelmi diagnosztikai munkák végrehajtása során egyre inkább hangsúlyos szerepet kap a különböző geofizikai módszerek, mérések alkalmazása. A kiegészítő terepi mérések és vizsgálatok részeként akár önállóan, akár más módszerekkel, eljárásokkal kombinálva hasznos információkhoz juthatunk az utánpótlás szempontjából fontos sekélymélységű zóna földtani felépítésére vonatkozóan. A sérülékeny földtani környezetű ivóvízbázisok biztonságba helyezését célzó védőterület kijelölésének alapjául szolgáló hidrogeológiai modellszámítások egyik bemenő adata a területre jellemző földtani modell. Ennek felállításához, illetve pontosításához nélkülözhetetlen a geofizikai mérések során szerzett adatok felhasználása.

A sérülékeny vízbázisok változó földtani környezetben jelennek meg. Tartozhatnak karszt-, réteg-, talajvíz vagy partiszűrűsű típusba, melyek geofizikai megkutatásának módjai igencsak eltérnek egymástól. A mérési eredmények értelmezéséhez felhasználásra kerülnek a régebbi és a feladathoz közvetlenül kapcsolódó fúrások adatai is. A geofizikai kutatások végeredménye minden esetben egy olyan földtani modell, amely a terület részletesebb megismerését, a vízföldtani modell további pontosítását eredményezi.

A kutatási feladattól és a vízbázis környékének földtani felépítésétől függően választjuk ki a legmegfelelőbb mérési módszert, illetve módszereket. Szeizmikus módszerrel eltérő sűrűségű rétegek közti határfelületek mutathatók ki nagy pontossággal (pl.: karsztos aljzat követése, kompakt agyag-laza fedő határfelület). Az egyen- és váltóáramú mérési módszerekkel az eltérő fajlagos ellenállású összletek (agyag-homok-kavics) különíthetők el. Földradar módszerrel elsősorban a folyóparti kavicssteraszok rétegződésesei követhetők.

---

<sup>1</sup> geofizikus, ELGI Budapest

<sup>2</sup> hidrogeológus szakmérnök, VIZITERV Consult Kft., Budapest

<sup>3</sup> geofizikus mérnök, Miskolci Egyetem, Miskolc

A cikkben ismertetjük a különböző típusú vízbázisok esetén sikerrel alkalmazható egyenáramú elektromos mérési módszereket, és konkrét esettanulmányokon keresztül bemutatjuk, a geofizikai mérések szerepét a vízbázis védelmi feladatok megoldásában.

### **Egyenáramú elektromos mérési módszerek**

A vízföldtani kutatások során általános az egyenáramú vertikális elektromos szondázás (VESZ) alkalmazása. Ugyanakkor megjelentek a jobb vertikális felbontóképességű, bár kisebb behatolású módszerek, mint az egyenáramú elektromos szelvényezés. A módszer előnye, hogy lehetőség van a kétdimenziós kiértékelésre, ami csökkenti a VESZ mérések feldolgozásának örök problémáját, az ekvivalenciát, ezen kívül, a mérés jellegéből adódóan sokkal jobb horizontális felbontás érhető el vele.

A vertikális elektromos szondázással (VESZ) áttekintő képet kapunk a terület ellenállásviszonyairól, a sokelektrodás eszközökkel végzett szelvényezések a kisebb mélységben elhelyezkedő szerkezetekről adnak részletesebb képet.

Az egyenáramú elektromos szelvényezés módszerével a felszín alatti néhány 10 m-es térrész fajlagos ellenállás viszonyait tudjuk leképezni. A mérésnél egy elektródapáron egyenáramú jeleket bocsátunk a talajba, egy másik elektródapáron pedig a létrejövő feszültségesést mérjük. Ez alapján számítható az áram által átjárt térrész látszólagos fajlagos ellenállása. Az elektródák távolságának változtatásával szabályozhatjuk a mérés behatolási mélységét, így az adatok egy adott pont alatti térrész ellenállásának mélység szerinti változását tükrözik.

A mérési adatok feldolgozását kétdimenziós inverziós módszerrel végezzük. A program a végeselemes modellezésen alapuló, csillapított legkisebb négyzetes inverziós eljárást alkalmazza. A szoftver az inverzió során egy olyan geoelektromos modellt állít elő, amelyből számított látszólagos fajlagos ellenállásszelvény adatai a mért adatrendszerrel a legkevésbé térnek el.

A feldolgozás eredményeként kapott tényleges fajlagos ellenállás szelvény adatait a fúrásokból származó rétegsorok alapján kiterjeszthetjük a mérési vonal teljes hosszára.

## Nyírbátor, sérülékeny vízbázis

### Vízföldtani viszonyok

Északkelet-magyarország teljes területét fiatal, negyedidőszaki üledékek borítják. A negyedkori rétegek kitűnő vízszerszési lehetőséget biztosítanak. A közüzemi és egyéb ivóvízigények 100%-os mértékben ezen rétegekből kerülnek kielégítésre ebben a régióban.

A részletesen vizsgálandó negyedidőszaki rétegsor három osztatú felépítése régóta ismert. Az alábbiakban ezen jelenség fejlődéstörténeti magyarázatával kötjük egybe a főbb rétegek ismertetését ([1. táblázat](#)).

A negyedkori rétegek Nyírbátor közelében egy ÉK-DNy-i pásztában jelentősen kivastagodnak, itt észlelt 300 méteres összvastagságuk az egyik legnagyobb a Nyírségben. A kivastagodás oka részben a domborzat DK felé felmagasodó hátság jellege, fontosabb azonban a város környékén jelentkező pleisztocén üledék-teknő szerepe. A negyedkori rétegek DK-re, a hegységperem felé, az aljzat felemelkedésével vékonyodnak el. ÉK és ÉNy felé a Nyírség vetők mentén érintkezik a szomszédos területekkel, a jelenlegi kiemelt helyzet tehát tektonikus eredetű. A Nyírség a legfiatalabb korban lett kiemelt hátság, amelyre a szél löszüledéket rakott le.

### Geofizikai kutatás

A geofizikai kutatás elsősorban a felső 10 m-es összlet pontosabb megismerését célozta. Az eredmények egy készülő vízföldtani modell számára szolgáltatnak adatokat. A vízbázis vizsgálat alá vont területén 6 db vízműkút és 5 db megfigyelőkút található. A kutak talpmélysége 150-330 m közötti, a harántolt rétegek uralkodóan homokos kvarter üledékek, amelyek közé homoklisztes, agyagos szakaszok települtek.

A fúrások adatai alapján kapott földtani modell pontosítása a teljes — a szűrőzött rétegeig terjedő — mélység szakaszra az elérhető geofizikai eszközökkel nem végezhető el, főként a megbízhatóan pontos rétegfelbontás hiánya miatt. Az elsődleges feladat tehát az igen sekély, 10-15 m-es — a talajmechanikai fúrások mélységtartományába eső — fedő pontosabb megismerése

volt a kutak környezetében. Mivel a vizsgálandó terület kiterjedése nem túlságosan nagy, mérési módszerként a jó vertikális felbontóképességű, egyenáramú sokelektrodás mérési elrendezést választottuk, amellyel a felső 10-15 m-es összeletről jó felbontású szelvényeket kapunk. (1. ábra)

### Mérési adatok földtani értelmezése

A számított fajlagos ellenállás értéke a vizsgált területen általában 10 és 200 ohmm között változik. A fúrások és az irodalmi adatok alapján a 20 ohmm alatti valódi fajlagos ellenállás agyagot jelez, a 20-35 ohmm közötti agyagos, iszapos üledékre, a 40-80 ohmm közötti értékek a homokra jellemzőek. Ennél nagyobb fajlagos ellenállás, földtani hatót feltételezve, a felszínközeli néhány méterben (a talajvízszint felett) a homok kiszáradásával magyarázható, míg nagyobb mélységben nagy valószínűséggel kavicsos homokot jelez. Mesterséges eredetű objektumok (fémes anyagú vezetékek), illetve a mérési vonal közelében található elektromos létesítmények, nagyfeszültségű vezetékek, nagyméretű betonépítmények azonban torzíthatják a mérési eredményeket.

A földtani értelmezés eredménye azt az új információt hozta, hogy a Nyírbátorban eddig egybefüggőnek feltételezett felszínközeli vízáteresztő rétegek között is vannak kevésbé jó vízvezető képességű rétegek. A felszínközeli rétegek heterogén felépítése és a közbetelepülések lencsés kifejlődése mind a vízbázis sérülékenységét bizonyítják

## **Hajdúszoboszló, sérülékeny vízbázis**

### Vízföldtani viszonyok

A hajdúszoboszlói vízműkutak környezete a Nagyalföld neogén medencéjén belül elkülöníthető két tájegység határán fekszik, kisebb részben a Hajdúsági hát, nagyobb részben a Hortobágy tájegység területére esik. A Hajdúsági, illetve a kapcsolódó Nyírségi hátság központja ÉK felé helyezkedik el, ennek megfelelően a terep ebbe az irányba emelkedik, míg a Hortobágy felé eső rész Ny-ÉNy felé enyhén lejtő, sima domborzatú terület.

Az adott vizsgálatok szempontjából csak a felszínhez közelebb eső tér-résszel érdemes részletesen foglalkozni. Az alsó-pannon korú, zömében homokos, kavicsos képződmények vastagsága a város környékén kb. 400 méternyi. Az alsó-pannon vízadó rétegeket vastag, lignites agyagos, homokrétegekkel tagolt, de zömében rossz vezetőképességű felső-pannon tavi üledék fedi le. A két réteg határfelülete kb. 1000 méterrel van a felszín alatt. A negyedkori rétegek mélysége 120-150 méter.

A kutak környékén a holocén folyamán lerakódott löszös iszap, agyag található, ezek vastagsága 8-16 méter. Talajmechanikai feltáró vizsgálataink alapján a területen a felszín közelében található rétegek mindegyike plaszticitása alapján agyagnak minősült.

A pleisztocén rétegeket egyrészt kis szemcseméretű iszap, homokliszt, agyag keverékéből álló rétegek, másrészt durvább, kevésbé kevert összetételű homokrétegek alkotják. A homokrétegek vastagsága változó, lencseszerűen ki is ékelődhetnek, helyenként vastagsága oldalirányban is folyamatosan változhat.

A pleisztocén rétegek folyóvízi eredetűek, kavics, homok és ártéri öntésagyag építi fel. A felső rétegcsoport a felszíntől kb. 50 m mélységig tartó rétegösszletet jelenti. A vízvezető szintek iszaposak és finomhomokosak, a többi szinthez képest kisebb vízadó képességűek. 50-90 m mélységközben található a felső jó vízadó szint. Itt már a porózus, vízadó képződmények túlsúlya jellemző. 90-100 m mélységközben található a felső és alsó vízadó szintet elválasztó szemipermeábilis szint. 100 m alatt a pleisztocén fekü aljáig helyezkedik el az alsó vízadó összlet. Az összlet hasonló jellegű a felsőhöz, ugyanakkor a rétegekben több a durvahomok részaránya. Közvetlenül a homokrétegek felett általában kifejezetten jó vízzáró képességű feküagyagok települnek, majd felfelé az újabb homokréteg felé egyre vegyesebb a szemcseösszetétel.

A terület természetes vízfolyása a Kösely-ér. Évi közepes vízhozama  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , vízszintjének ingadozása 1 méter/év. Szabályozatlan mederben kanyarogva folyik ÉNy felé a Hortobágy-patakba. A környéken a talajvíz szintjét befolyásolhatja még a várostól nyugatra elterülő nagyméretű halastó. A területen a talajvizek a felszíntől 1,5-5 méter közötti mélységben helyezkednek el.

### Geofizikai vizsgálatok

A kutatási feladat megoldásához 12 db, AB=500 m maximális elektródátávolságú VESZ szondázási pontot vettünk fel, valamint 2,3 km mentén végeztünk egyenáramú elektromos szelvényezést Wenner elrendezéssel, 5 m-es egységnyi elektróda távolsággal.

A mérési eredmények földtani értelmezésekor felhasználtuk a szelvények mentén található vízműkutak rétegsorainak információit is. Az eljárás eredményét olyan földtani szelvények képezték ([2. ábra](#)) melyek alapján a kutatási terület általános földtani leírását is meg tudtuk adni.

### Földtani modell

A felső harminc méteren többnyire agyagos iszapos rétegek váltják egymást, amelyeket helyenként lokális, aránylag kis kiterjedésű homokbetelepülések szakítanak meg.

Ezek alatt több agyagos betelepüléssel tarkítva található az a homokos összlet, amelynek mélyebb szintjei a kutak vízadó rétegeit jelentik. Az alsóbb, szűrőzött rétegek fedője általában igen kis fajlagos ellenállású (12-18 ohmm) 5-10 m vastag agyag, amely vélhetően jó vízzáró. A felsőbb réteg fedője is jó vízzáró agyag.

A geofizikai méréseket és a földtani adatokat figyelembe véve kijelenthető, hogy a felső 30 m-ben a homokbetelepülések nagy valószínűséggel lokális jellegűek, lefelé vízföldtanilag zártak. Ez különösen a sokelektrodás módszerrel kapott szelvényeken látszik, ahol vagy nem is különült el karakteres, vastag homokréteg, vagy, ha az megjelent, többnyire jó vízzáró összletre települ.

## **Debrecen Nagyerdő környékének vizsgálata**

### Kutatási feladat

A Hajdúhásági Többcélú Vízgazdálkodási Rendszer vizsgálatának keretében a Nagyerdő alatt kialakult talajvízszint-süllyedés mértékének és a lehetséges vízpótlás módjainak vizsgálatához vált szükségessé a környék vízföldtani modelljének megalkotása. A kutatás helyszínéről származó földtani adatok szerint a holocén fedő alatt uralkodóan pleisztocén homok, agyagos homok

összletek találhatóak. A 130-160 m vastag pleisztocén rétegeket csapolják a területen a Debrecen-II. Vízmű, a BIOGAI és a DOTE kútjai. A Debrecenben végzett helyi hidrogeológiai kutatások alapján már korábban megfogalmazódott, hogy a Debreceni Nagyerdőn tapasztalható mély talajvízszint részben a rétegvíz-kitermelés következménye (**Dr. Marton Lajos**), s ez a természetvédelmi területen tapasztalható károsodásnak okozója lehet. A lakossági ivóvízbázis biztonságba helyezése programjának keretében létesített és további talajvízszint-észlelő kutak adatai alapján került sor a talajvízszint alakulásának újbóli vizsgálatára.

A megbízható földtani modell előállításához szükség volt a felszínközeli térrész megismerésére. Ehhez nagyfelbontású geofizikai mérések szolgáltatottak adatokat.

### Geofizikai kutatás

A kutatási feladat megoldásához a Nagyerdő területén egyenáramú elektromos szelvényezést végeztünk összesen mintegy 12 km hosszan. Egy jellegzetes fajlagos ellenállás szelvényrészlet látható a [3. ábrán](#).

A mért, illetve a számított fajlagos ellenállás értékek a mérési vonalak mentén átlagosan 20 és 350 ohmm között váltakoznak. A fúrési rétegsorok és irodalmi adatok alapján a 20 ohmm nedves agyagos rétegre utal, míg az egyre nagyobb ellenállás-értékek a homokosabb, szárazabb rétegeket jelentik. A 150-200 ohmm-nél nagyobb ellenállás száraz homokkal azonosítható ezen a területen. A fajlagos ellenállás értékek minden szelvény mentén a mélységgel csökkenő tendenciát mutatnak, ami a fentiek szerint egyrészt nagyobb nedvességtartalomra utal, másrészt a nagyobb agyagtartalommal is magyarázható.

Az ellenállás-mélység szelvények értelmezése alapján kézenfekvőnek tűnik, hogy különböző mélységtartományokra vonatkoztatott területi képet állítsunk össze az ellenállás eloszlásról. A [4. ábra](#) két mélység szinten mutatja be a fajlagos ellenállás értékek szelvények menti eloszlását. A [4a ábra](#) a 0-2 méter közötti mélységtartomány, vagyis a feltalaj, többnyire 100 ohmm fölötti ellenállás viszonyait tükrözi, amelytől csak a műút mellett futó szelvény úttöltés okozta alacsonyabb ellenállása tér el. A 4 méteres mélységre vonatkozó térképen ([4b ábra](#)) a vízkutak

környezetét körülvevő nagyobb ellenállás a vízkivétel által okozott kisebb nedvességtartalommal hozható összefüggésbe, és ez a tendencia folytatódik nagyobb mélységtartományokban is.

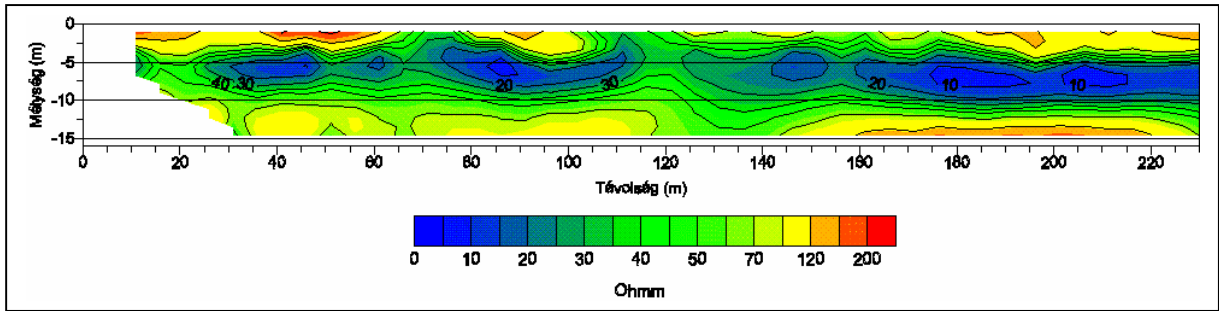
A térképeket a teljes kutatási mélységtartományra értelmezve ([5. ábra](#)) megállapítható, hogy a vízutánpótlás a kivételi helyek felé többnyire észak és kelet felől történik, vagyis erre nagyobb homoktartalmú rétegek fordulnak elő. Ugyanakkor a magasabb ellenállás nem szimmetrikusan veszi körül a kutak területét, vagyis nyugat és északnyugat felé alacsonyabb ellenállású, agyagosabb rétegek fordulnak elő, ami kevésbé ad vízutánpótlást. A 20 méter alatti mélységtartományban mindenütt a 40 ohmm, vagy annál alacsonyabb fajlagos ellenállás értékek dominálnak.

### **Összefoglalás**

Felszíni geofizikai mérések során megbízhatóan meghatározható a vizsgált térrészre jellemző fajlagos elektromos ellenállás eloszlás. A fizikai paraméterek a fúrásos adatok alapján földtani rétegeknek feleltethetők meg, így a pontszerű információk a teljes szelvényhosszban kiterjeszthetők. Egy adott kutatási terület földtani jellemzésének elkészítéséhez több irányban felvett szelvények együttes értelmezésére van szükség.

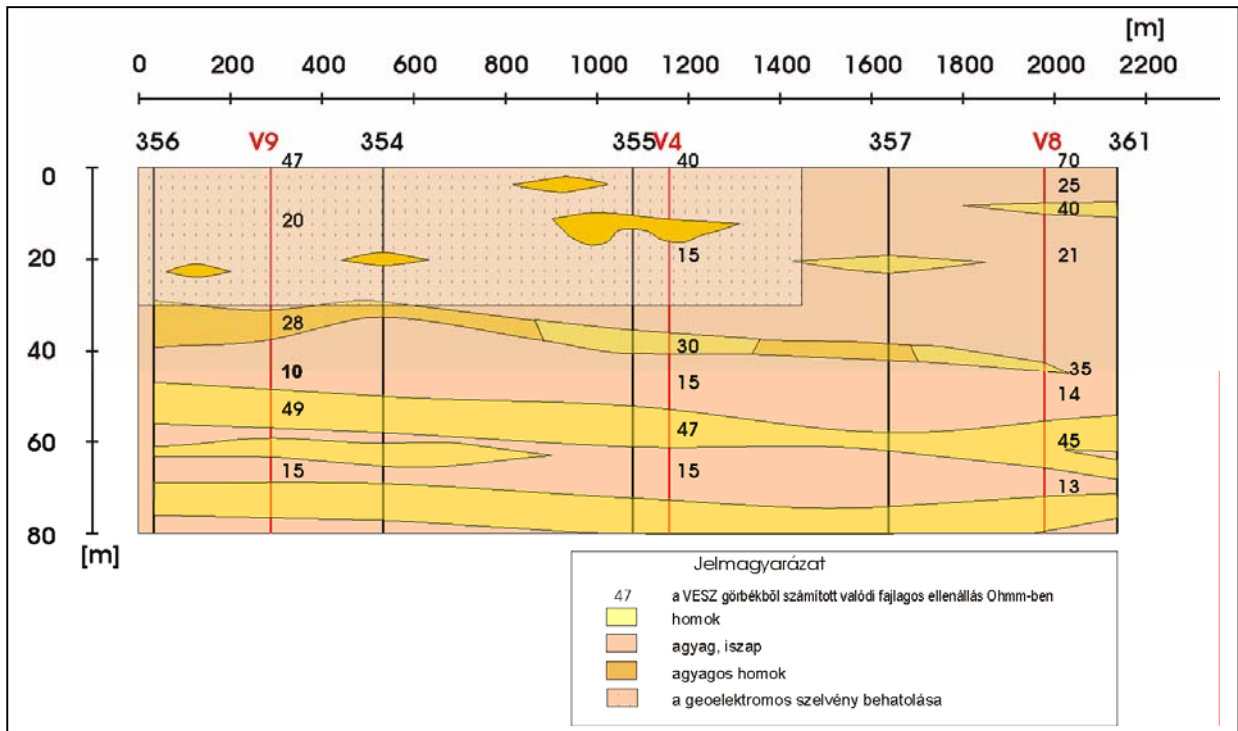
### **Köszönetnyilvánítás**

Az esettanulmányokban ismertetett geofizikai mérések és értelmezésük az ELGI tudományos jelentései alapján készültek, melyekért a szerzők köszönetet mondanak **Pattantyús-Ábrahám Miklósnak** és **Tildy Péternek**, az ELGI tudományos munkatársainak.



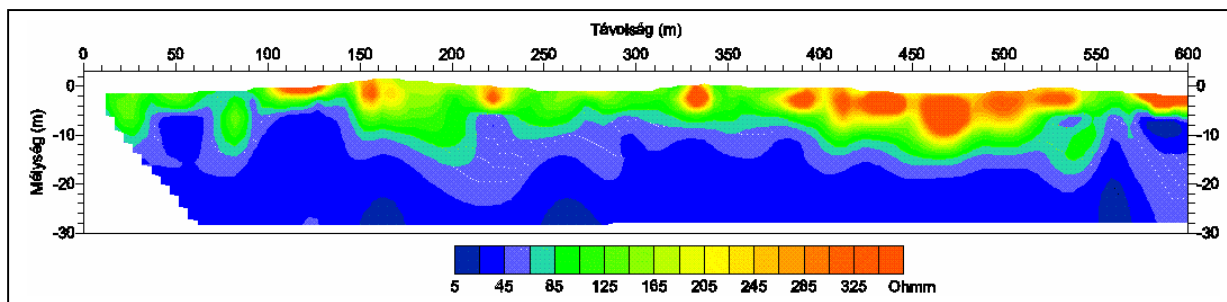
**1. ábra**

Egyenáramú ellenállás szelvényrészlet Nyírbátorban. A jó vízáteresztőnek tekinthető, közepes ellenállású összetett (zöld szín) vízzáró lencsék (kék szín) települtek



**2. ábra**

Pontszerű VESZ mérések és egyenáramú elektromos szelvény fajlagos ellenállás adatainak földtani értelmezése fűrésos rétegsorok felhasználása alapján. A függőleges piros vonalak a VESZ pontok, a feketék a fűrészek helyét jelölik

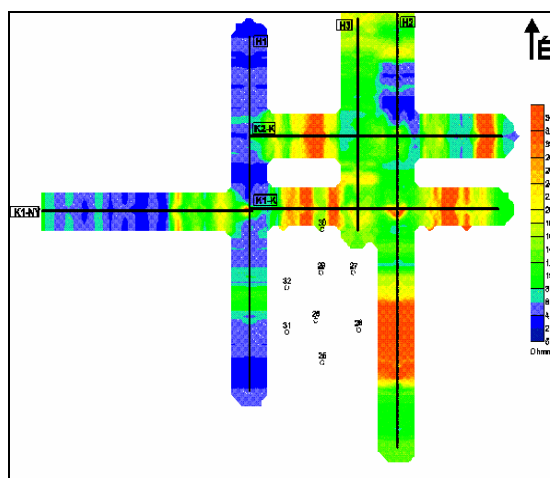
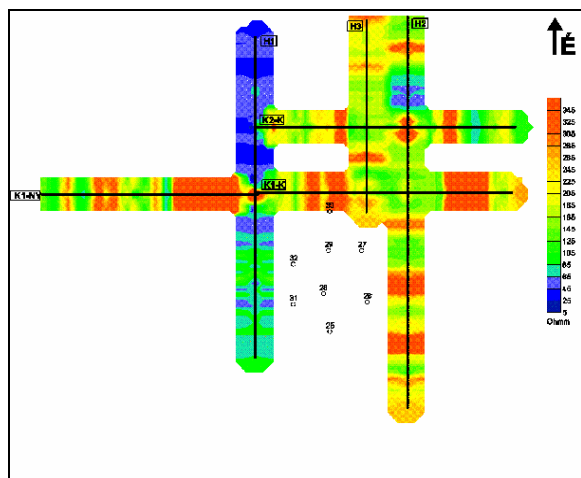


3. ábra

*Jellegzetes fajlagos ellenállás szelvény Debrecen-Nagyerdőből. A csökkenő ellenállásértékek növekvő víz-, illetve agyagtartalomra utalnak*

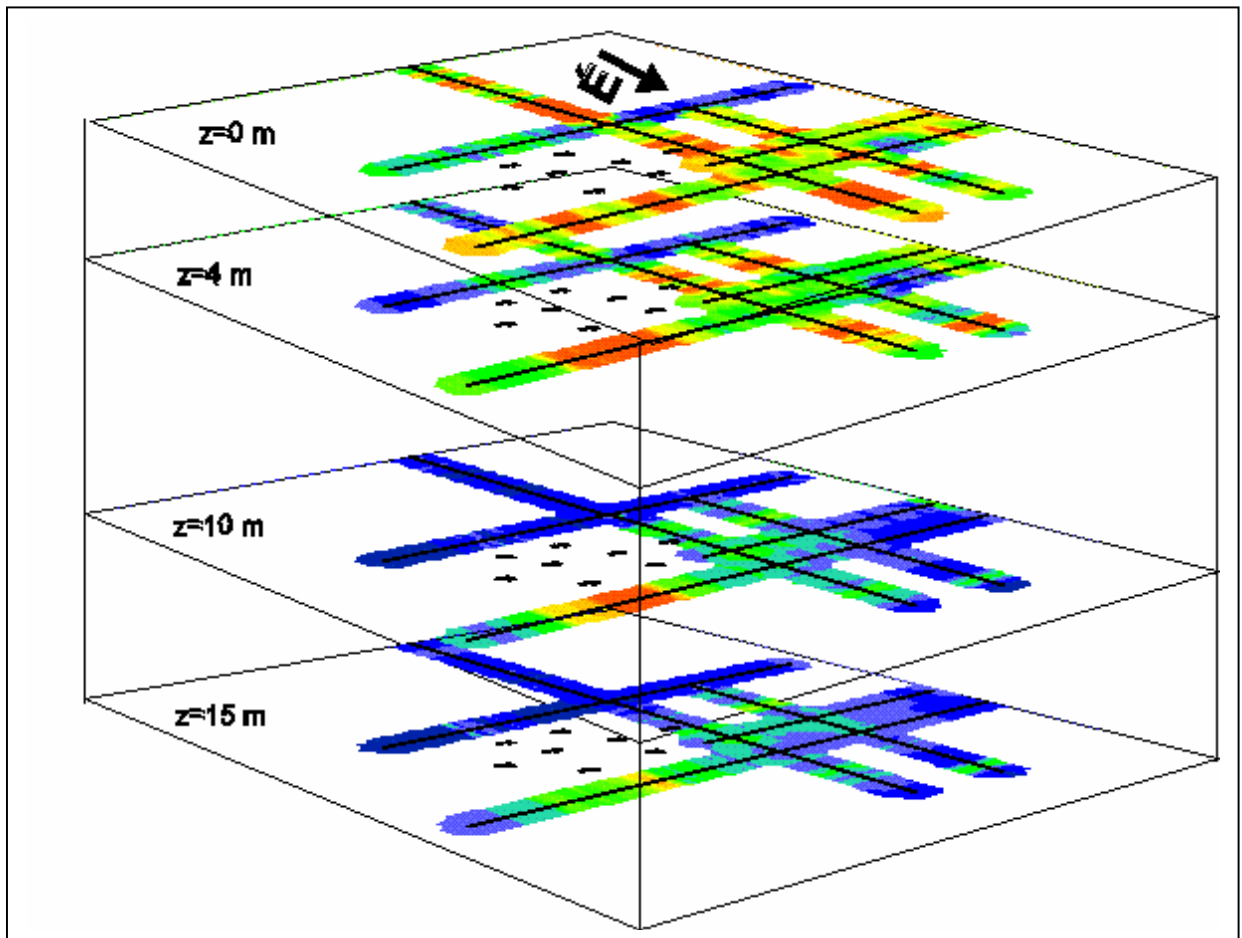
a.

b.



4. ábra

*Fajlagos ellenállás értékek területi eloszlása különböző mélység szinteken Debrecen-Nagyerdőből. A számozott nullkörök a vízmű kutakat jelölik.*



**5. ábra**

*Fajlagos ellenállás értékek térbeli eloszlása különböző mélység szinteken Debrecen-Nagyerdőből. A színskála a 4. ábráéval azonos. Látható, hogy a mélység növekedtével nő a rétegek nedvességtartalma (kék szín dominál) a vízmű kutak ÉK-i környékének kivételével*

<i>Földtani kor</i>	<i>Formációk, fáciesek és tagozatok</i>
<i>Felső-pleisztocén és holocén</i>	<i>Nyírbátori futóhomok formáció</i>
<i>Felső és középső-pleisztocén</i>	<i>Nyékládházai kavics formáció (?)</i>
	<i>Mátészalkai Agyag és Homok tagozat (tavi és folyóártéri kavics és homok)</i>
	<i>Középső-pleisztocén diszkordancia</i>
<i>Alsó-pleisztocén és legfelső-pliocén</i>	<i>Tiszapalkonyai kavics tagozat (szárazföldi és folyami)</i>
	<i>Fekü diszkordancia</i>
<i>pliocén (s.l. levantei)</i>	<i>Nagyalföldi tarkaagyag formáció (szárazföldi, helyenként mocsári)</i>

**1. táblázat**

*Nyírbátor környékének felső-pliocén és negyedidőszaki képződményeinek rétegtani besorolása*