



A projekt az Európai Unió támogatásával és az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg (támogatási szerződés száma TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0003)

Zsoldi Katalin

3D-s megjelenítési módszerek a térképészetben

Diplomamunka

Témavezető:

Jesús Reyes Nuñez

Egyetemi docens

Külső konzulens:

Palotai Márton

Tanársegéd

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Térképtudományi Tanszék

Budapest

2010

Tartalom

1. Bevezetés.....	3
2. 3D-s technológiák	4
2.1 3D-s technológia és térképészet kapcsolata	4
2.2 3D-s megjelenítési módszerek	6
2.2.1 Sztereo megjelenítés.....	6
2.2.2 Holografikus megjelenítés	8
2.2.3 Volumetrikus megjelenítés	9
2.3 Aktív és passzív sztereo vetítő rendszerek	10
2.3.1 Passzív vetítő rendszerek	10
2.3.2 Aktív vetítő rendszerek	12
2.4 A Vizualizációs Centrum bemutatása	13
3. Szoftver	17
4. A 3D-s modell tartalmi szerkesztése	19
4.1. Forrás adatok	19
4.1.1. Magyar Állami Földtani Intézet.....	20
4.1.2. MOL.....	21
4.2. Algyői Formáció bemutatása.....	21
4.3. A földtani térkép és a 3D-s modell kapcsolata.....	25
5. A modell elkészítése	30
5.1 Munkafázisok	30
5.2 Az Editor ismertetése	31
5.3 Engine bemutatása	36
6. 3D-s modell fejlesztési lehetőségei	43
6.1. Összehasonlítás más projektekkel	43
6.2. További fejlesztési lehetőségek	47
Köszönetnyilvánítás	49
Ábra és táblázat jegyzék	50
Melléklet	51
Irodalomjegyzék.....	52

1. Bevezetés

Diplomamunkám során egy 3D-s geológiai modellt hoztam létre. Ennek megjelenítése az ELTE Vizualizációs Centrumában történt, melyben a kép valódi három dimenzióban (sztereo), interaktív módon jelenik meg előttünk. A modellem abból a célból készítettem el, hogy térbeli ábrázolásként segítse a nyersanyag kitermeléshez szükséges geológiai kutatásokat.

Azért választottam diplomamunkám témájaként egy geológiai témakört, mert több földtani réteg térbeli megjelenítése bonyolult feladat. A korszerű 3D-s technikák lehetőséget adnak arra, hogy komplex térbeli formákat is meg tudjunk jeleníteni. Ugyanez a modellezés 2D-ben gyakorlatilag lehetetlen. Könnyen készíthetünk geológiai térképeket vagy szelvényeket egy területről, de a tömör közzettesteknek nem tudjuk a vertikális és horizontális kiterjedést egyszerre bemutatni. A Vizualizációs Centrum (részletes bemutatása a 2.3 fejezetben található) lehetőséget ad arra, hogy az itt létrehozott modell azonos időben mutassa több réteg térbeli kiterjedését, az interaktivitás által pedig alaposan szemügyre vehetjük az egyes rétegeket és igénybe vehetjük számos funkcióját is a megjelenítő programnak.

A geológiai témát két okból választottam, egyrészt az ábrázolási nehézségek miatt okoz kihívást, másrészt gyakorlati haszna is van. A munkám célja, hogy az általam javasolt technológia erőforrás-kutatásnál felhasználható legyen. Ilyen módon megkönnyítse a tervezési munkálatokat és pontos képet alkothassanak a szakemberek a felszín alatti rétegek határainól, jellegzetességeiről.

Az elkészített munkám olyan kiinduló pontot jelent, amelynek továbbfejlesztésére több lehetőség is kínálkozik: további megjelenítési funkciók programozása a geológiai modellben, domborzatmodell létrehozása, felszíni és felszín alatti elemek kiépítése stb.

A dolgozatom további fejezeteiben részletesen mutatom be a Vizualizációs Centrumot, az alkalmazott 3D-s technológiát, az elkészült modellt, a létrehozásához szükséges forrásanyagot és további felhasználási lehetőségeit. Fontos megjegyezni, hogy diplomamunkám elsősorban nem elméleti jellegű kutatás, hanem egy gyakorlati alkalmazás fejlesztésének bemutatása.

2. 3D-s technológiák

2.1 3D-s technológia és térképészet kapcsolata

A térkép hagyományos definíció szerint a Föld vagy más égitest felszínének, vagy a felszínre vonatkoztatott természeti és társadalmi típusú tárgyaknak és jelenségeknek meghatározott matematikai szabályok vagy mértani törvények szerint síkba vetített, méretarányosan kisebbített, általánosított, és sajátos grafikai jelrendszerrel bemutatott felülnézeti ábrázolása.

Ha a definíció szerint a térkép a Föld felszínének síkba vetített képe, akkor a 3D-s modellezésnek milyen kapcsolata lehet a térképészettel? Ha a térbeli ábrázolás során alkalmazzuk a kartográfiai ábrázolási módszereket, akkor a térképészet egy alternatív megjelenítési eszközének tekinthetjük. Általános megfogalmazott definíciója: A 3D-s modell a Föld vagy más égitest felszínének vagy felszín alatti, természeti és társadalmi típusú tárgyaknak és jelenségeknek meghatározott matematikai szabályok vagy mértani törvények szerint térben ábrázolt, méretarányosan kisebbített, általánosított és sajátos grafikai jelrendszerrel létrehozott megjelenítési módja.

Vizsgáljuk meg a 3D-s modellezést szükségességét. A térképészet nagy változásokon ment keresztül az utóbbi húsz évben. Megváltozott a készítésének módja: a kézi rajzolást felváltotta a számítógépes, de nem csak a technológiára terjedtek ki a változások. A hagyományos termékeket használatuk során felváltják a GNSS alapú navigációs rendszerek, útvonaltervező programok, a nyilvánosan és ingyenesen elérhető műholdképek, a weben található térképek és a térinformatikai szoftverek. A hagyományos papír alapú térképkészítés természetesen továbbra is fennmarad egy szűkebb réteg által művelve és az utóbbi években megjelent egy új szakterület is, a térinformatika. A technika fejlődésének újabb mérföldköve a 3D-s megjelenítés, mely nagy hatással lehet a kartográfia fejlődésére.

Szükséges, hogy a modern technológiákkal lépést tartva új térképészeti alkalmazásokat fejlesszünk ki, ismerjük fel az új lehetőségeket és próbáljuk meg egyre szélesebb körben gyakorolni azokat. Véleményem szerint ilyen –még nem kiaknázott– lehetőség a 3D-s technológia, melynek felhasználási körét érdemes bővíteni.

A 3D-s alkalmazásoknak lehetnek negatív hatásai is. Az új generációk már úgy nőnek fel, hogy természetes számukra, nem kell használniuk képzelő erejüket: a televízió, a számítógépes játékok a különböző 3D alapú alkalmazások, a GPS, a felszín 3D-s megjelenítésére alkalmas GPS megteszik ezt helyettük. A számítógépnek is számos káros hatása van, hiszen kialakulhat internet, játékfüggőség, továbbá a személyes kapcsolatok romlásához is vezet. Bár az új technológiáknak a társadalomra nézve számos negatív hatása van, mégis életünk szerves részévé vált. Használatuk elkerülhetetlen a mindennapjaink során pl. levelezés, átutalások, vásárlás, hirdetések, stb. Az új eszközöket meg kell tanulnunk helyesen használni, hogy építsék világunkat és ne rombolják. A jövő technológiája már a 3D-s megjelenítésekben van. A 2010-ben Las Vegasban megrendezett szórakoztató elektronika legnagyobb kiállításán már az új 3D-s televíziók megjelenéséről hallhatunk: A 3D a CES (Consumer Electronics Show) idei jelszava (index.hu, 2010) Az USA-ban hamarosan elterjednek ezek az új készülékek és nem is kell sokat várnunk arra, hogy nálunk is elterjedt legyen, hiszen márciusban hazánkba is megérkezett az első 3D-s tv a Samsungtól.(index.hu, 2010)

Véleményem szerint ki kell használni az új technológia által kínált lehetőségeket és ezért a térképészetnek is érdemes újítania. A szakdolgozatom témája a geológiai rétegszerkezet 3D-s modellezése, de a lehetőségek száma korlátlan. A Vizualizációs Centrum alkalmas tervezési és kutatási munkálatok végzésére pl. autópálya tervezése, árvizek modellezése, domborzat modell készítése stb. Ez a fajta megjelenítési lehetőség azért hatékonyabb, mint a különböző térinformatikai, illetve 3D-s szoftverek képei, mert ezek három dimenzióban hozzák létre a képet, de azt a monitor síkjában figyelhetjük csak meg. A Vizualizációs Centrumban létrehozott képet az agyunk a valódi térben érzékeli. Az effektus elérésére a megfigyelők száma korlátozott, ezért főként tervezési feladatoknál célszerű alkalmazni. A 3D-s tévék elterjedésével viszont lehetőség van arra, hogy otthoni felhasználásra készüljenek térképészeti alkalmazások. Ismeretterjesztő, illetve oktatási anyagokat bárki tanulmányozhatná otthonában, a gyerekek pedig játszva tanulnának.

2.2 3D-s megjelenítési módszerek

A sztereo képmegjelenítési módszereknek három fajtáját különböztetjük meg egymástól: sztereoszkópikust, holografikust és volumetrikust. Dolgozatomban az elsővel foglalkozom részletesen, hiszen a munkám során ezt a megjelenítési elvet alkalmazom.

2.2.1 Sztereo megjelenítés

„Ha ugyanazon tereprész két álláspontról készült fényképeit nézzük egyszerre egy-egy szemünkkel, akkor a retinán hasonló képek képződnek, mint a természetes terep szemlélésénél. A bal és jobb kép azonos pontjaihoz tartozó látósugarak metszése egy, a térben lebegő virtuális modelljét adja a kérdéses terepnek, illetve tárgynak. (...) Az ilyen összetartozó képpárokat sztereogramoknak nevezzük.” (Geodéziai kézikönyv, 1960) Sztereoszkópikus megjelenítés során azt az elvet használjuk ki, hogy a bal és jobb szemünkkel egy megfigyelt objektumot más szög alatt látunk, a két észlelt kép között eltérés van. Ha szemünk elé két fotót szeparáltan elhelyezünk –melyek más szögből mutatják az észlelt képet– agyunkat becsapva térben láthatunk. Számos megjelenítési módszer létezik, amely ezt az elvet használja ki, ilyen például a sztereonéző (1. ábra).



1. ábra. Sztereonéző

A fénykép készítésekor fontos:

- a bázis két végpontjából készült kép ugyanazt a terepet mutassa
- a kamara tengelye a bázisvonalra merőlege legyen
- egy időben, azonos méretarányban készüljenek a fotók
- harántparallaxist pedig nem szabad mutatniuk.

A képek elhelyezése is fontos: a baloldalra a jobb szemünk, a jobb oldalra pedig a bal szemünk által szemlélt képet kell helyezni. Az első sztereonéző készüléket Sir David Brewster alkotta meg 1849-ben, mely rövid időn belül hatalmas népszerűséget szerzett és forradalmasította a viktoriánus kor fényképezését. Kezdetben a fényképezőgép elmozdításával, később pedig sztereo objektívek segítségével oldották meg a fotók készítését, így azok pontosabbá váltak.

Ezen az alapelven működnek a sztereoszkópok is, melyek használata a geodéziában és fotogrammetriában nélkülözhetetlenek. Ezeknek a bonyolult berendezéseknek számos fajtája létezik, de működési elvük és részletes bemutatásától most eltekintek.

A térbeli látás alapfeltétele az érzékelt kép elkülönítése. A sztereonézőben a nézőke segítségével, a fény fizikai elválasztásával oldották meg a szeparációt, de létezik egy másik eljárás is, ahol a fény egy másik tulajdonságát használják ki: az anaglif. Az elkülönítés itt színekkel történik, az egyik szem kék, a másik pedig vörös színben látja a képet. Ehhez szükségünk van egy olyan szemüvegre, mely vörös és kék színszűrős lencsét tartalmaz, ezzel érjük el a szeparációt. Az anaglif képek (2. ábra) úgy épülnek fel, hogy a jobb és bal szemünk által tapasztalt, eltérő szögből készült látványt egy adathordozóra visszük fel egyiket pirosra, a másikat kékre színezve, és a különböző nézőpontok miatt eltolódva látszanak egymáshoz képest. Ha ezt megfelelő szemüvegen keresztül nézzük, a piros szűrőn át csak a kék, a kék szűrőn keresztül a vörös részeket érzékeljük. A szemüveg lencségi



2. ábra. Anaglif kép

komplementer színek. A technológia nagy előnye, hogy a szemüveg nagyon olcsón beszerezhető, melyek ma már több változatban készülnek. A lencsék színei lehetnek: vörös-cián, magenta- zöld, kék-borostyán (3. ábra). A megjelenített fénykép vagy film színei döntik el azt, hogy melyik szemüvegre van szükségünk, pl. a kontúr piros-rózsaszín-kék, rózsaszín-világoszöld vagy borostyánsárga-sötétkék. A megtekinteni kívánt képet könnyen elkészíthetjük egy ingyenes szoftver segítségével, az Anaglyph Makerrel. A technológia népszerűségét mutatja, hogy nagy számmal terjed el a háztartásokban. Számos weboldal található, ahol ilyen képeket találunk, és nem kell sokat várnunk a 3D-s könyv megjelenésére sem. Kezdetben a mozikban a 3D-s filmeket is anaglif technológiával jelenítették meg, de hamar áttértek a polarizációs módszerre. Az anaglif technológia nagy hátránya, hogy erősen romlanak a kép színei, illetve hosszas nézés után fejfájást okoz, de ezek a negatívumok alig csökkentik népszerűségét.

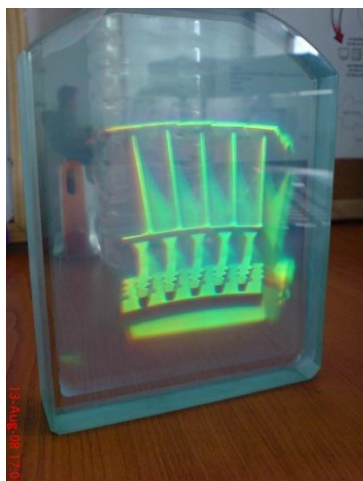


3. ábra. Vörös-cián és magenta-zöld lencsés szemüvegek

2.2.2 Holografikus megjelenítés

A holográfia olyan képrögzítő eljárás, melynek során a fény hullámtermészetét használjuk ki és ez által a testek struktúrájáról tökéletes térhatású modellt tudunk létrehozni. Az eljárást egy magyar származású britt állampolgár, Gábor Dénes találta fel. Munkájáért 1971-ben fizikai Nobel-díjat kapott. A hologramot eredetileg adat tárolásra fejlesztette ki.

Fényképezés során a képet optikai rendszer segítségével képezzük le a síkba, a fény intenzitásának mértéke határozza meg a film egyes pontjainak elsötétedését. A hagyományos fotografiai eljárás a fény erősségét (amplitúdóját) használja ki. Hologram felvétele a fény intenzitásának és fázisának (illetve egy interferenciakép) rögzítését jelenti, így teljes lesz az információ felvétel. A hologramokat (4. ábra) a mindennapokban biztonsági azonosító



4. ábra. Hologram

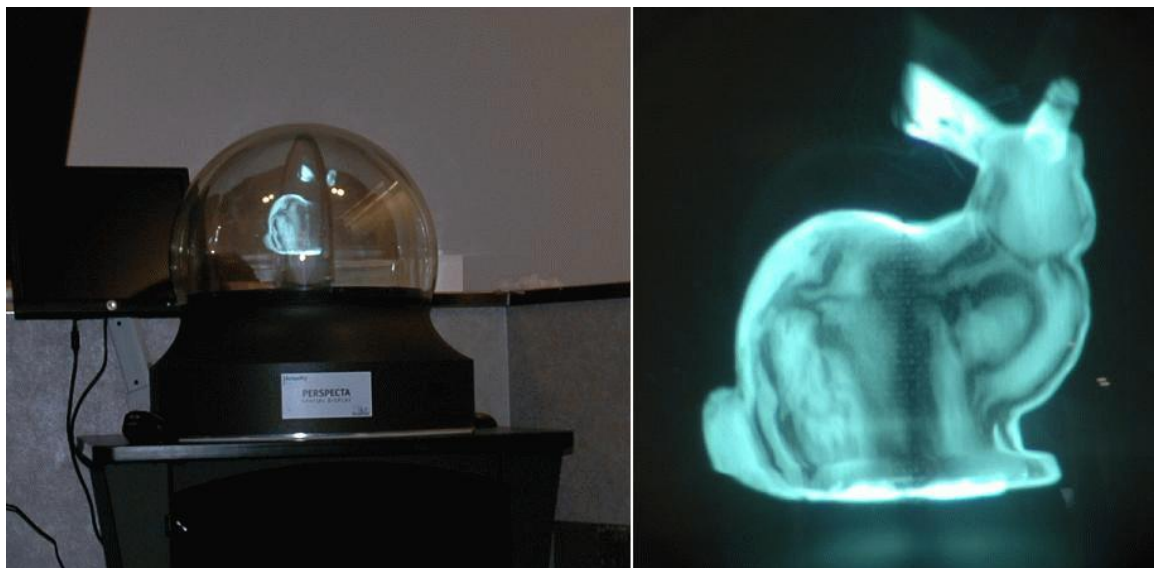
jelekként használjuk CD-ken, zárjegyeken, papírpénzen, bankkártyákon, stb. vagy művészeti dísz tárgyakként. Felhasználási területe még számos további alkalmazásra nyújt lehetőséget.

Kísérletezés folyik a mozgó hologram létrehozására, melyben a képet speciális tulajdonságú folyadékkristály hozza létre. Még nem sikerült megfelelő méretű és használható rendszert létrehozni, hátránya a nagy számítógépes kapacitás.

Előnye a technológiának a jó képminőség és a többnézetű megjelenítés. (hiradastechnika.hu)

2.2.3 Volumetrikus megjelenítés

A 3D-s kép a volumetrikus megjelenítés (5. ábra) esetében úgy jön létre, hogy a fénysugarat egy félig áteresztő vagy diffúz (a fényt minden irányba szóró) felületre vetítik ki, mely forog vagy áll. Olyan mozgó ernyős rendszerek léteznek, ahol egy mozgó ernyőre LCD-k vagy LED-ek segítségével történik a kivetítés, miközben a forgás nagy sebességgel történik, így agyunkban összemosisodik a kép és érzékeljük a 3D-s tárgyat.



5. ábra. 3D-s nyuszi volumetrikus megjelenítéssel.

A többrétegű rendszer esetén kétféle vagy több folyadékkristály rétegre történik a projekció, a létrehozott képet pedig a sík kivetítésével nyerik. A mélység érzetét az egymástól ténylegesen mélységben eltoltsági képzések okozzák, a felbontás a folyadékkristály rétegeinek számával egyezik meg. Ennek a megjelenítésnek a hátránya, hogy a 3D-s objektum csak korlátozott, képszeletekre bontható térfogatban jeleníthető meg.

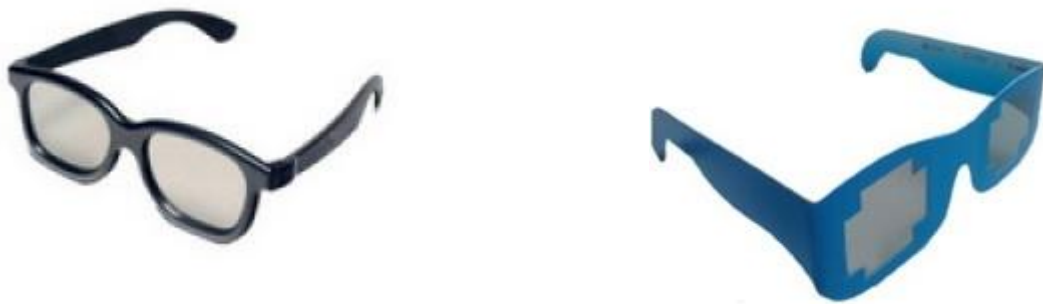
2.3 Aktív és passzív sztereo vetítő rendszerek

A korábban ismertetett 3D-s képmegjelenítő módszerekhez képest a sztereo vetítő rendszereket nagy képméret mellett használjuk, amelyet egyszerre több szemlélő figyelhet meg. A technológia lényege, hogy két kamerával vetítjük a képet egy vászonra és egy speciális szemüveg segítségével hozzuk létre a szeparációt. A vetítő rendszereknek két fajtáját különböztetjük meg, az aktív és a passzív. Az elsőre az a jellemző, hogy alapeszköze a drága „redőnyös” szemüveg, amely általános módja az asztali megjelenítésnek. A szemüveg a jobb és bal szem képét felváltva kitakarva hozza létre a térbeli látást. A passzív rendszerek jellemzője, hogy olcsó, könnyű polarizációs, vagy színes lencsés szemüvegekkel hozza létre a képet nagyobb számú szemlélő közösség számára. Ilyen technológiát alkalmaznak a 3D-s mozikban is.

2.3.1 Passzív vetítő rendszerek

Passzív sztereo vetítő rendszer során két vetítővel vetítünk egy vászonra, a képek szétválasztására polarizációs vagy színes lencsés szemüvegek alkalmazunk. De mit is jelent a fény polarizáltsága? „Természetes vagy polarizálatlan fénynek nevezzük az olyan fényt, amelyben egyenlő mértékben található minden irányban rezgő E és B vektorok. Noha egyetlen atom által egy aktusban kisugárzott hullámvonulat síkban polarizált, a természetes fény igen sok atom spontán rendezetlen hullámkibocsátásának eredménye, így minden rezgésirány megtalálható benne.” (Holics, 1992) A vetítés során a vetítők elé polárszűrőt helyezünk, ezzel lineárisan polarizált fényt kapunk. A vetítő rendszer lényege az, hogy az egyik objektív elé függőleges, a másik elé vízszintesen polarizáló polarizátort teszünk. A szemüveg (6. ábra), amely segítségével a képet nézzük, szintén függőleges és vízszintes

polarizátorral van ellátva. Így valósul meg az, hogy az egyik szem csak az egyik, a másik szem csak a másik vetítő képét látja, és létrejön a térbeli látás. A rendszer alapfeltétele, hogy olyan vászonra kell vetíteni, amely képes megtartani a fény polarizáltságát. A technológia előnye, hogy a szemüvegeknek alacsony árai lehetővé teszik a költséghatékony vetítéseket a nagyközönség számára. Hátránya, hogyha fejünket megdöntjük, akkor a szemüveg és a vászon polarizációs síkjai elfordulnak egymástól és nem jön létre a 3D-s kép. A probléma egy lehetséges megoldása a cirkulárisan polarizált szűrők alkalmazása, de a fény polarizáltságát megtartó vászon nagyon drága, és nem is működik tökéletesen.

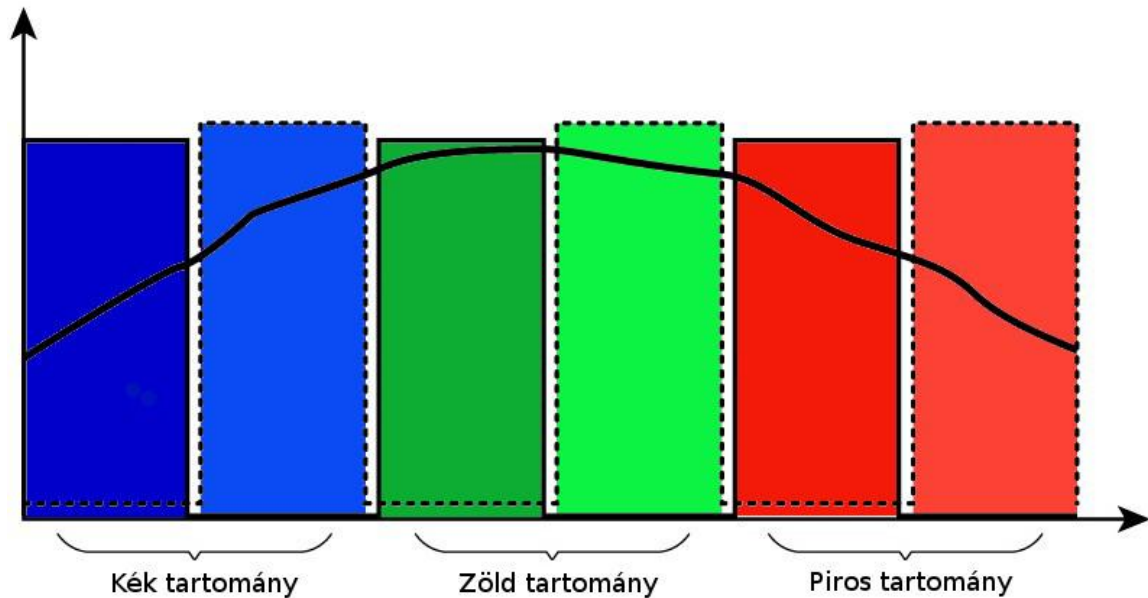


6. ábra. Polárszűrős szemüvegek.

Polarizátoros sztereo vetítő rendszert akár egy vetítőgéppel is létre lehet hozni. Ebben az esetben a vetítő rendszert Z-screenrel kell felszerelni, amely elé elhelyezhető a RealD által fejlesztett szűrő. A képet a jobb és bal szemnek felváltva vetíti, így csak minden második kép jut a megfelelő szembe, a képfrissítés a vetítő által elvégzett képet látszólag a felére csökken. Már kapható olyan monitorra szerelhető Z-screen, amellyel otthonunkban saját gépünk előtt állíthatjuk elő a 3D-s képet. Egyelőre az eszköz magas ára akadálya a széleskörű elterjedésének. Az egy vetítős rendszerek előnye, hogy nem kell két vetítőt beállítani, egyszerűsödik az összeszerelés, csökken a rendszer ára is. Minden esetben szükségünk van egy speciális polaritást megtartó vászonra a Silver screenre. Ez a vászon természetesen drágább hagyományos társainál, továbbá minden polarizációs megjelenítés közös hátránya, hogy a szűrők kitakarják a fény felét, ezáltal csökken a színgazdagság, a fényerő és a felbontás is.

A passzív vetítő rendszereknek egy másik technológiai megvalósulása az Infitech módszeren alapul. Ezt a 3D-s megjelenítő módszert a Német Infitech GmbH hozta létre. Ennél szintén két vetítővel vetítünk egy vászonra. A szeparáció a fény hullámhossza szerint történik. A két képet a színtartományok alapján különítik el, a vörös, kék és zöld színeket a

hullámhossz alapján kettéosztjuk (7. ábra) és az így kapott kétszer három (színtartomány), azaz hat közül a rövideket az egyik, a hosszúakat pedig a másik vetítő vetíti ki.



7. ábra. Az Infitech szemüveg szűrői.

A fény útjába helyezett szűrők segítségével érjük el a megfelelő szeparációt. Egy ugyanilyen szűrőpárral rendelkező szemüveg segítségével jön létre a térbeli kép. A technológia előnye, hogy nincs szükség speciális vászonra, sem vetítő gépekre, és a szemüveg ára is kedvező. Az Infitech 3D-s képképzés során szebb, az anaglifnél élénkebb színekkel rendelkező képet kapunk viszont a két megjelenített kép egymáshoz viszonyítva különböző árnyalatúak lesznek. Az Infitech 3D sztereo megjelenítés kizárólag két vetítővel hozható létre.

A 3D-s mozik az IMAX, RealD és Dolby 3D képképző módszereket használják, amelyek a fent részletesebben tárgyalt technológiákon alapulnak.

2.3.2 Aktív vetítő rendszerek

A 3D-s kép egy aktív szemüveg segítségével jön létre. Működésének az alapja, hogy – egy folyadékkristályos panel segítségével– a bal és jobb szem képét felváltja takarja ki. A vászonra szintén felváltva vetítjük a jobb és bal szemnek szánt látványt. Ha elég gyorsan villan fel szemeink előtt felváltva a képeket, akkor azokat agyunk összemossa, így

folytonosan, térben láthatunk. A rendszer elengedhetetlen eszköze egy bonyolult elektronikával rendelkező szinkronizáló berendezés, amely a szemüveg és a vetítők működését úgy szabályozza, hogy a megfelelő képet a megfelelő szemmel figyelhessük. Az aktív sztereoszkópikus vetítő rendszer egy vetítő géppel működik. Szükséges, hogy magas képfrissítési frekvenciával rendelkezzen, hiszen egy szemmel csak minden második képet látunk. Az elektronikus vezérlő és a vetítők miatt viszonylag drága ez a technológia, de a passzív vetítő rendszerekhez képest lényegesebb jobb képet ad. A színek intenzitásában, a kép minőségében nem történik romlás és nincs szükség speciális vászonra sem. A rendszer jól alkalmazható CRT monitorokkal is. A technológia nagy közönség számára történő vetítésekre nem, viszont otthoni használatra kiválóan alkalmazható. Míg a passzív vetítő rendszereket mozikban alkalmazzák, addig az aktív a 3D-televíziók körében van terjedőben. Otthoni használat során az aktív szemüvegek kényelmesebben használhatóak, mint polarizációs társaik, mivel nem érzékenyek a fej döntésére vagy a mozgásra.

2.4 A Vizualizációs Centrum bemutatása

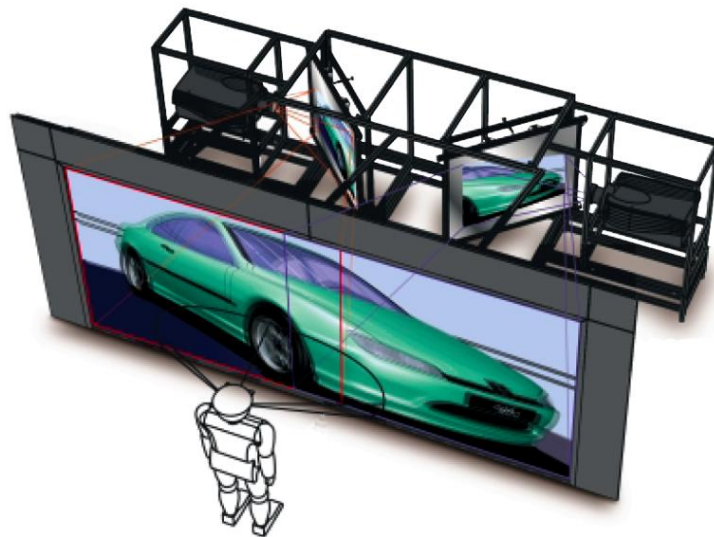
„Az ELTE TTK-n a Vizualizációs Centrum azzal a céllal jött létre, hogy összefogja azoknak a fizikusoknak, matematikusoknak, informatikusoknak és más természettudósoknak a munkáját, akik a képfeldolgozás, az információ-vizualizáció és a számítógépes ábrázolás területen speciális tudással rendelkeznek.” (vc.elte.hu)

A Vizualizációs Centrumban található egy aktív sztereografikus vetítőrendszer, melyet én is igénybe vettem, a létrehozott geológiai rétegszerkezetemet itt jelenítettem meg (8. ábra). A rendszer fizikai felépítésében két ELTE-s hallgató vett részt: Gelencsér Gábor és Szeifert Gábor. Mindketten nagy segítséget nyújtottak munkám során. Nekik köszönhető, hogy diplomamunkám ebben a témában végezhettem.



8. ábra. Vizualizációs Centrum

A vetítő teremben egy öt méter széles és két méter magas vászon található, melyet hátulról vetítenek meg két vetítővel. A teremben rendelkezésre álló hely szűke miatt a vetítőket úgy kellett elhelyezni, hogy tükrök segítségével az optikai út meghosszabbítható legyen (9. ábra). A vetítők és tükrök elhelyezésére elkészítettek egy speciális szekrényt, mely egy olyan nagy teherbírású és méretű váz, hogy stabilan tartja a Centrum berendezéseit. A szerkezet egy speciális metszetű item gépépítő rendszerben használt alumínium profilokból áll.



9. ábra. A vetítőgépek elhelyezése a szekrényen

A tükrök nem hagyományos, háztartásokban használt eszközök, mert azokon a fény kettős törést szenved az üvegréteg miatt, ezért szellemképes lenne a kép. A megoldást speciális első foncsorozású, kvarc réteggel bevont, különösen sík tükrök jelentik, melyekkel

tökéletesen éles, torzításmentes képeket kapunk. Ezeknek keretet kellett építeni, melyek úgy lettek megalkotva, hogy lehetővé tegyék a vetítők képeinek pixelpontos beállítását.

A vászon sem szokványos, mert a vetítők hátulról vetítik rá képüket. A szemlélő így teljesen közel tud menni hozzá, nem vet rá árnyékot. Az alkalmazott Stewart Filmscreen Corporation AeroView 70 vászon speciális tulajdonságú, mert a hátulról jövő fényt 70%-ban átengedi, és nagy szögben szórja. A vetített kép egyenletesen fényes és nem jelenik meg rajta a hotspotting hatás, amely nem más, mint a vászon mögötti projektor objektíve körül megjelenő fényes terület (10. ábra).



10. ábra. Hotspotting.

A vetítők sztereó vizualizációra fejlesztett, Christie Mirage S+2K termékek. Nagy, nehéz gépek, melyeknek sokáig tart beállításuk. Paramétereik: 1400x1050 SXGA+ felbontás, 120 Hz képfrissítési frekvencia, 2500 – 2900 ANSI lumen fényerő. A két vetítőre a vászon szélessége miatt van szükség, nem azért, hogy a bal és jobb szemnek váltakozva vetítse a képeit! A vászon közepén történt a pixelpontos illesztés, a széleken való összemérés biztosítja a tökéletes képet.

A szemüvegek CrystalEyes 3 típusúak (11. ábra), vezeték nélküliek, így nem korlátozzák a megfigyelőt a mozgásban. Egy infravörös jeladó irányítja a vetített kép és szemüvegek szinkronizációját. Ez a szinkronberendezés Gelencsér Gábor és Szeifert Gábor közös fejlesztése, a vászontól eltávolodva, bárholnan szemlélhető a kép. A vetítő rendszer egyik legfontosabb eleme egy speciális videokártya, amely képes a jobb és bal szem képeit létrehozni és felváltva megjeleníteni, ugyanis erre a hagyományos kártyák nem képesek.



11. ábra. Aktív szemüveg.

A tracking rendszer a felhasználó pozícióját és orientációját továbbítja egy központi számítógép felé, mellyel a virtuális teret interaktívvá teszi, a képek a mozgás hatására fordulnának, illetve közelednének vagy távolodnának a szemlélőtől. A tracking rendszer áll egy adó berendezésből, melyek infravörös jelet generáló ledek a szemüvegen, illetve van egy vevő –sok infravörös kamera a mennyezeten – ami detektálja azt. A még fejlesztés alatt álló alkalmazás úgy épül fel, hogy a kamerák által szolgáltatott 2D-s kép alapján számítható a pozíció az ismert alakzatban elhelyezett, trackelni kívánt infravörös ledekre, ez alapján módosul a megjelenített kép.

3. Szoftver

A diplomamunkám úgy terveztem, hogy az ELTE Multimédiás Centrumában 3D-ben legyen megtekinthető. A megjelenítés sztereo módon történik, tehát a létrehozott modellem sztereografálás útján lesz 3D-ban látható. A Vizualizációs Centrum munkatársa, Hegedűs Ádám volt a segítségemre, a sztereografálást és az általam tervezett szerkesztő és megjelenítő szoftver programozását végezte.

Egy sztereografikus modell megjelenítése két munkafázisból épül fel: valamilyen szerkesztő környezetben el kell készíteni a testet, majd sztereografálás során létrehozni a két szem által érzékelt képeket. Alkalmazásom is ezen a módon épül fel, tartalmaz egy Editor nevű grafikus szerkesztő felületet és az Engine-t, amely a sztereografálást és megjelenítést végzi. Itt parancssorból utasításokat adhatunk a modell kinézetéről és megírhatjuk funkcióit.

A Vizualizációs Centrum munkám kezdetekor nem rendelkezett saját szerkesztő illetve megjelenítő szoftverrel, a programfejlesztést munkám elindulásakor kezdte Hegedűs készíteni. Így a modellem megszerkesztésére több lehetőségem volt. 3D-s modellező programokkal (pl. 3D Studio Max, Maya, Google SketchUp, Blending, True Space, stb.) is létre lehet hozni olyan formákat, amelyek a Vizualizációs Centrumban megjeleníthetőek. Ezek a szoftverek már széles körben alkalmazhatók a modellezés terén, de használatuk bonyolult.

A térinformatikai szoftvereknek is vannak olyan kiegészítő alkalmazásaik (ArcGIS Stereo Analyst, Imagination Stereo for GeoMedia, ERDAS IMAGINE Stereo Analyst és LandXplorer ELCOVISION 10 Super/Imposition), amelyek sztereo megjelenítésre alkalmasak, de én egy harmadik megoldást választottam: egy saját tervezésű Editort. A piacon elérhető programok ellen pár hátrány is szólt: magas áruk, nem futtathatóak Linux operációs rendszer alatt, nem megoldható a benne elkészített 3D-s test sztereografálása. Számos előny szólt a saját tervezésű szoftver mellett: az Editort úgy terveztem meg, hogy a legkönnyebb módon lehessen vele geológiai rétegsorokat létrehozni (működésének elvét később részletezem), egyszerűen elvégezhető a modell utólagos szerkesztése, az adatbevitel lehet kézi illetve automatikus, a rendszer rugalmas, és könnyen továbbfejleszhető más felhasználási területekre is.

Az Editor megalkotása során először azt terveztem meg, hogy milyen képet, illetve 3D-s modellt szeretnék végeredményként kapni. Ezután azt, hogyan építem fel az egyes rétegeimet, végül a folyamat pontos lépéseit határoztam meg. A cél olyan térbeli test létrehozása, amelyet tetszőleges számú csúcspont megadásával lehet megalkotni. A modell elkészítésének fázisait ezek után ismertettem Hegedűssel, aki a C++ nyelv lehetőségeihez mérten megírta a programot.

Az Engine funkcióinak megtervezésekor a modellem megjelenítésének legfontosabb módjait tartottam előtérben. A létrehozott testemet lehessen forgatni, nagyítani stb. (a program részletes ismertetése az 5.3. fejezetben található). Nem volt célom, hogy minden felmerülő ötletet megvalósítsunk, hiszen ez komoly programozói munkát igényel. Így csak a legszükségesebb funkciók valósultak meg, de a szoftver további fejlesztési lehetőségeit később még ismertetem a dolgozatomban.

A szoftvert bár speciális feladatra terveztem, könnyen használható más témában való modellezésre is. A Vizualizációs Centrum abból a célból alakult, hogy a természettudósok számára kutatási lehetőséget biztosítson, de nem rendelkezik erre a célra használható saját szoftverrel. Az elkészült program rendelkezésére áll majd azoknak a kutatók számára, akik saját szakterületükön modellezni szeretnének. Ezért szem előtt tartottam azt is, hogy kémiai, fizikai és egyéb térképészeti alkalmazások elkészítésére és megjelenítésére -kisebb módosításokkal- jól használható legyen.

Mivel munkám célja olyan geológiai modell létrehozása, mely erőforrás kutatásnál használható, nem elhanyagolható szempont az elkészült program értékesítése sem, hiszen gyakorlati alkalmazásra terveztem.

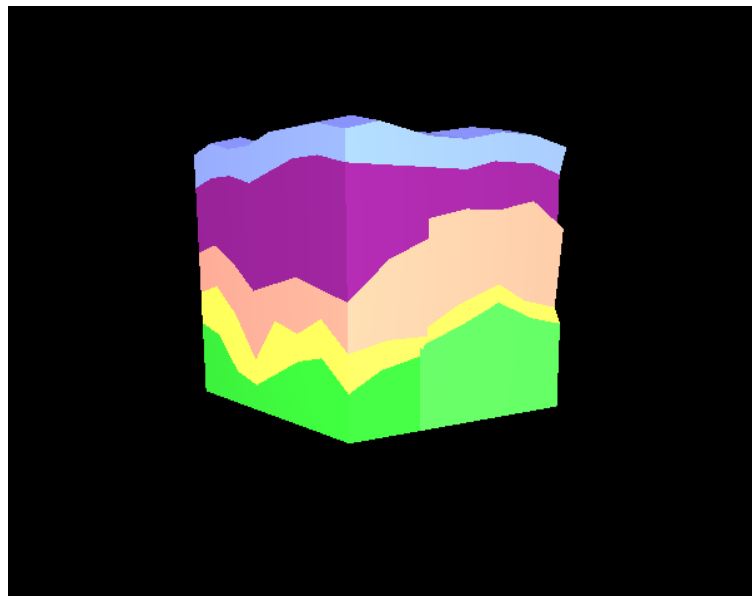
Mindenképpen szeretném megjegyezni azt, hogy a többi modellező program tanulmányozása, a sztereo megjelenítést támogató térinformatikai és a 3D modellező programok lehetséges térképészeti alkalmazásai további kutatást igényelnek. Diplomamunkám és jelenlegi kutatásom nem terjed ki ezen programok részletes vizsgálatára, de a további vizsgálódást hasznosnak találnám.

4. A 3D-s modell tartalmi szerkesztése

Ebben a fejezetben ismertetem a geológiai modellemnek a tartalmi szerkesztését: milyen adatokból és milyen elvek alapján építem azt fel, mi a kapcsolat az elkészült 3D-s modell és egy hagyományos papír alapú térkép között. Emellett a kiválasztott terület geológiai jellemzőit ismertetem.

4.1. Forrás adatok

Egy fiktív terület geológiai rétegszerkezetének modelljét elkészíteni egyszerű feladat, csak az egyes rétegek tető- illetve talppontjainak a koordinátáit kell kitalálnunk. Magam is készítettem ilyen mintaterületet abból a célból, hogy a technológiát és a munkafázisokat megtervezhessem. A 12. ábra látható az öt rétegből álló, 48 törésponttal rendelkező modell.



12. ábra. Mintaterület.

A feladat akkor válik komplikáltabbá, amikor egy valódi területet kell ábrázolnunk. A diplomamunkám célja egy jól meghatározható terület modellezése, amely az erőforrás kutatás számára érdekes, hiszen a munkám gyakorlati céllal végzem.

Sajnos a papír alapú, vagy a digitális térképeknek sok hasznát nem veszem, ha 3D-s modellt szeretnék készíteni. A fedetlen földtani (bizonyos fedőrétegek elhagyása), rétegtani (rétegek elhelyezkedése lejtő, dőlés és csapás feltüntetésével) mélyföldtani (pleisztocénnél idősebb kőzetek ábrázolása) nem adnak elegendő információt. Egy földtani szelvény esetén már több információval rendelkezünk, de egy nagyobb terület modellezéséhez még nem ad elegendő adatot. A megoldást a szeizmika vagy mélyfúrási adatok jelentik. Az utóbbiak elég mélyek ahhoz, hogy legalább 8-10 ábrázolandó réteget elkészíthessek. Természetesen a fúrások száma sem elhanyagolható: annál pontosabb modellt tudok elkészíteni, minél sűrűbben és egyenletesen oszlanak el a felszínen. A szeizmikus adatok feldolgozása és 3D-s megjelenítése további kutatási lehetőséget jelent.

4.1.1. Magyar Állami Földtani Intézet

Mélyfúrási adatokat szerezni komplikált feladat. Először a MÁFI-t kerestem meg, ahol Tullner Tibor szakértő próbált a segítségemre lenni. Albert Gáspár doktori értekezésében (Albert, 2009) megemlített mélyfúrásokat tartalmazó térinformatikai adatbázis nem volt számomra használható. Olyan területet jelöltünk ki, ahol sok fúrás található és e pontok közül próbáltuk leválogatni a használhatókat. A feltételeknek megfelelő fúrások elég mélyen, sűrűn és egyenletesen helyezkedjenek el. Ezek annyira kis számmal voltak, hogy abból egy modellt nem lehetett volna felépíteni. Ezen kevés számú pont közül is csak egy-kettő volt kiértékelt. A nem kiértékelt fúrások csupán azt az adatot tartalmazzák, hogy milyen korú a kőzet, de a képződmény már nem volt megnevezve. Azt a következtetést kellett leszűrni, hogy a MÁFI nem rendelkezik olyan szabadon hozzáférhető mélyfúrási adatbázissal, amellyel két-három rétegnél mélyebb modellt létre lehetne hozni. Az intézmény további két munkatársa (Albert Gáspár és Muráti Judit) alternatív lehetőségeket ajánlottak nekem, pl. egy töréses szerkezet modellezése, mely nem hasznosítható az erőforrás kutatásban. Másik ajánlatuk egy két-három réteg mély modell elkészítése egy olyan medencéről, amelyben a bauxit kitermelése már lezajlott. Mind a két javaslatot elutasítottam, mert egyrészt nem feleltek meg elképzeléseimnek illetve ezekből az adatokból nem tudtam volna egy három-négy rétegnél mélyebb geológiai modellt létrehozni.

4.1.2. MOL

Palotai Mártont kerestem meg –tanársegéd, az ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék munkatársa– azzal a céllal, hogy szakmai segítséget adjon modellem elkészítéséhez. Palotai közbenjárásával sikerült felvenni a kapcsolatot a MOL-lal, hogy geológiai modellem létrehozásának céljából, mélyfúrási adatokat adjanak ki részemre. Milánkovits András szakértő segített a terület kiválasztásban, majd Blahó János gyűjtötte ki számomra a 600 fúráspontról álló kilenc réteg mélyfúrási adatbázist. Algyő területére esett a választásunk, mert nagy sűrűséggel találhatóak fúrások, és a rendelkezésemre bocsátották az összes olyan fúrás adatát, amelyben mind a kilenc réteg adatai szerepelnek. Nagyon hálás vagyok a MOL-nak, hogy ilyen segítőkészen, rugalmasan és gördülékenyen jártak el ügyemben.

Az adatokat egy text típusú állományban kaptam meg, a mélyfúrási pontok egy réteg tetőpontjait jelölik. Tartalma: a közel 600 fúrási pont neve, rétegek kódokkal történő elnevezése, az egyes tetőpontok felszíntől mért távolsága, tengerszinthez viszonyított abszolút magassága, majd a felszín EOVS koordinátái. A következő fejezetben vázlatosan bemutatom az Algyői Formáció geológiai jellemzőit.

4.2. Algyői Formáció bemutatása

Az algyői mezőben található az ország mindmáig legnagyobb kőolaj- és földgáz előfordulásának, „bányájának”, legtöbb hasznot hozó, az ország kasszájában legtöbbet befizető létesítménye. Hazánk legnagyobb szénhidrogén készletét tartalmazó szerkezetét a kutatók 1965-ben találták meg. Az ipari – kitermelhető – kőolaj mennyiség 31,1 millió tonna, míg a földgázé 85,2 milliárd köbméter. Az Algyőn talált készlet jelentősége nemzetközi szinten is mérhető, az itt folyó termelés az ország össztermelésének 60%-a.

Terület földtani felépítése:

- Holocén- Pleisztocén (0–200 m) futóhomok, lösz , agyag
- Levantei (200–700 m) kavics, homok, tarka agyag, lignit
- Felsőpannon (700–2100 m) homok, homokkő, agyag, márga. 1700-2000m között a fő tároló homokkő összletek
- Alsópannon (2100–2500 m) alapkonglomerátum, homokkő, agyag, márga.
- Miocén- Bádeni (2500–2700 m) konglomerátum, homokkő, agyagmárga. A boltozat Nyi-i szárnyán.
- Prekambrium (2700–2800 m) kristályos kőzetek, csillámpala, gneisz, gránit-gneisz.

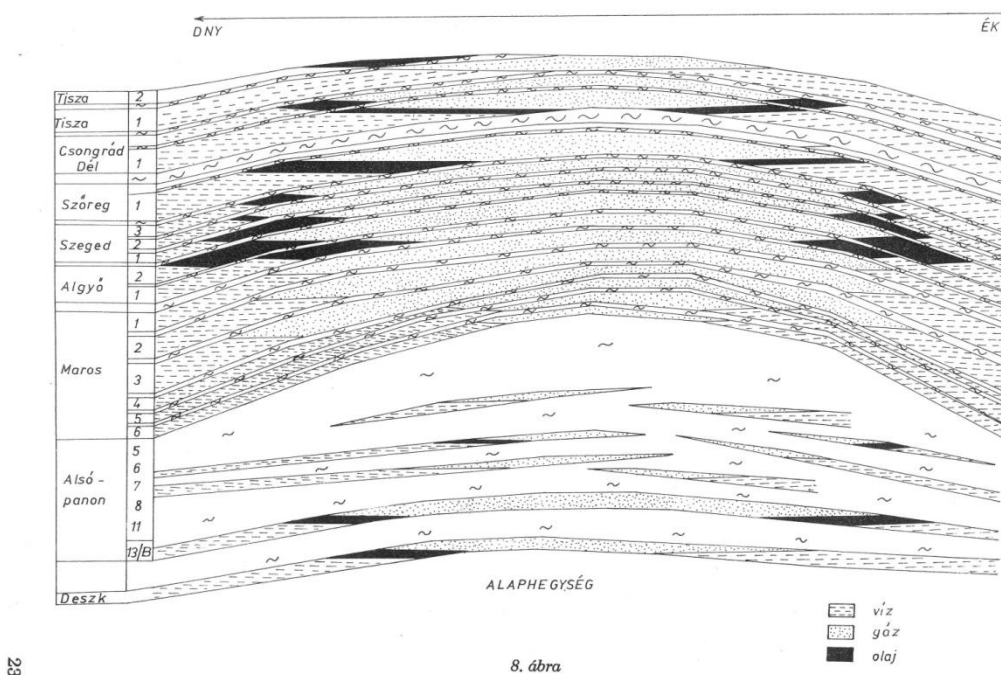
Szerkezetileg az algyői mélyföldtani alakulat magját egy É-ÉNy – D-DK irányú, É felé süllyedő, kiemelt rögvonulat alkotja, melytől K-re és Ny-ra hosszanti törések mentén ezek a kristályos-metamorf képződmények nagy mélységbe süllyednek a makói és dorozsmai árokban. A miocén képződmények, ahol kifejlődtek, ott az alsópannon konglomerátumokkal együtt fedik a rögvonulatot. Az alsó–felső pannon átmeneti zóna két főtárolója enyhébb dőlésű DK-i irányba kiékelődik. A szénhidrogén készlet zöme a felsőpannonban található. (Dank, 1990)

Sok szénhidrogént tartalmazó réteg van egymás fölött egy területen, ill. egy kútban, továbbá a mező jelentős része esik a Tisza illetve a Maros folyók medre és ártere alá, ezért ferdefúrások végzése szükséges. (Hingl, 1990)

Az algyői kőolaj és földgáztelepek geológiai értelemben 3 telepcsoportba sorolhatók vertikálisan.

1. Közvetlen az alaphegységre települt egy átlagosan 50 m vastag, alsópannon korú konglomerátum, az un. deszki szint. Ebben halmozódott fel mintegy 18 Gm³ dűsgáz, létrehozva Magyarország legnagyobb készletű gáztelepét. Ez a telep egyedül 20%-át adja a telep gázkészletének.
2. Az alsópannon üledékösszlet döntően agyagmárga, nagy számú, de döntően kis kiterjedésű homokkő betelepüléssel. Ezekben 10 kőolaj és 38 földgáztelep alakult ki. Készletük többnyire kicsi, a mező olajkészletének 4%, a földgáz 14%-a van itt.

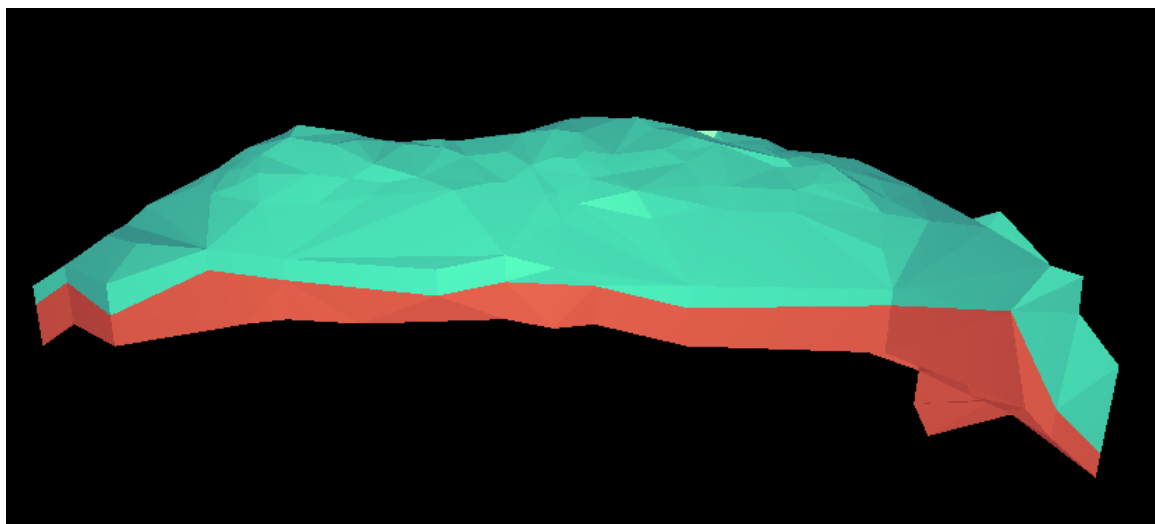
3. A fő tároló összlet a felsőpannon, ahol 10-40m vastagságú, jó kifejlődésű homokkőrétegekben halmozódott fel 12 gáztelep, 12 gázsapkás olajtelep és 4 olajtelep. Itt található az olajkészlet 96%-a gázkészleteknek pedig a 66%-a. (Kristóf, 1990)



13. ábra. Algyői telep

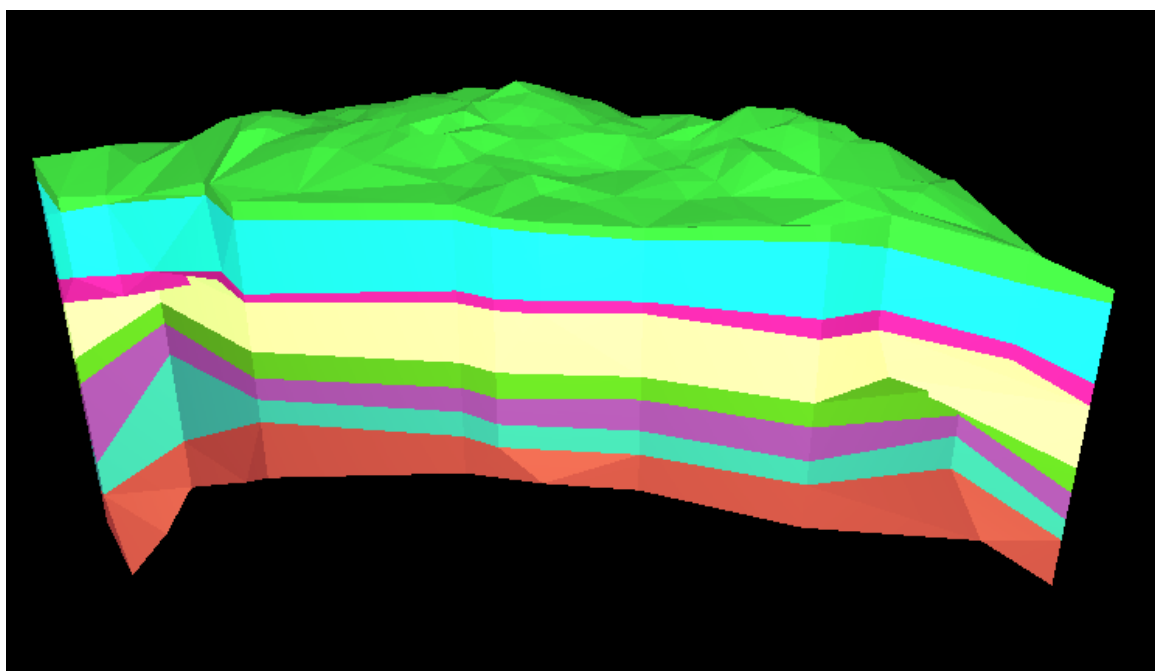
Az általam feldolgozott geológiai rétegsor a 13. ábrán látható felsőpannon tárolók. A szelvényen jól láthatóak az algyő 1, algyő 2, szeged 1, szeged 2, szeged 3, szőreg 1, szőreg 2, csongrád dél 1, csongrád dél 2 nevű tároló szintek, melyek egymás felett helyezkednek el.

Az általam készített rétegek a záró kőzetek tetőszintjeit ábrázolják. Egy réteg a tárolószintet és az ezt lezáró záró kőzetet ábrázolja. A tárolókban homok, márga, aleurit és szén csíkok váltakoznak, továbbá itt találhatóak a kitermelésre váró szénhidrogén készletek is. A kőolaj, földgáz és víz pontos helyzetét modellem nem mutatja. Ábrázolásunkhoz további adatok szükségesek, illetve elterjedésük térben és időben folyamatosan változik.



14. ábra. Algyó 2 és algyó 3 tárolók.

Az általam elkészített modell egy antiklinális formát mutató redős boltozat, melyen további kisebb kiemelkedések láthatóak. A 14. ábrán megfigyelhető az algyó 2 és algyó 3-as tárolószint esetében kettő, a 15. ábrán pedig a csongrád dél tárolószinteken három boltozat, melyek a szénhidrogén mezők elhelyezkedését mutatják.



15. ábra. Legfelül a csongrád dél 2 tároló látható.

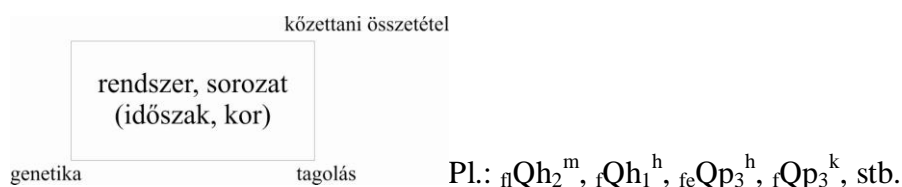
4.3. A földtani térkép és a 3D-s modell kapcsolata

Gyakran találunk példát arra, hogy a térképészet más tudományágakkal működik együtt, kiszolgálja azokat, többek között a geológia is ilyen. A diplomamunkám során az egyes rétegek felszínéről készíték olyan 3D-s térképeket, melyeket egymás fölé helyezve egy rétegtani modell áll össze. Ez a fajta 3D-s geológiai modell készítés nem tartozik a térképészet hagyományos eljárásai közé, de véleményem szerint érdemes ezzel is foglalkoznia.

A földtani térképek jelkulcsa szabványosított, először 1881-ben a II. Nemzetközi Földtani Kongresszuson egységesítették, ahol meg határozták a szín és jelkulcsra vonatkozó szabályokat. Magyarországon 1992-ben indult egy projekt a Magyar Állami Földtani Intézetben arra, hogy a hazai térképek jelkulcsát egyesítsék. Az utolsó 5–10 évben az ELTE Térképtudományi Tanszékén is születtek olyan doktori disszertációk, amelyek a jelkulcs további egységesítésére törekedtek. (Galambos, 2006)

A földtani térképek jelkulcsa három részből áll: felület színezésével a képződmény korát, felületi jelekkel a kőzettani minőségét, megírással további információinkat pontosítjuk. A képződményeket koruk alapján kétféleképpen vizsgáljuk, a negyedidőszaki esetén genetikai alapú, az annál idősebbek esetén formáció alapú a jelkulcs.

A földtani térképek jelkulcsának legfontosabb eleme a megírás, azaz a földtani index. Méretaránytól függetlenül a legrészletesebb térképi információt nyújtja az olvasónak. Az index legfontosabb része az ún. főindex, amely a földtani kort mutatja, a különböző sarkokban elhelyezett indexek pedig számos kiegészítő információt adnak (16.ábra). A negyedidőszaki illetve az annál idősebb képződményeknél eltérő megjelölés használatos, így ezeket külön tárgyalom.



16. ábra. Negyedidőszaki képződmények.

A negyedidőszak földtani indexének felépítése a 16. ábrán látható. A rendszer, sorozat: Qp pleisztocén, Qh holocén lehet. A tagolás (jobb alsó) pontosítja a kort: 1,2,3 vagy 1,2 utal az alsó, középső, felső illetve alsó, felső korokra. A genetika (bal alsó) az 1. táblázat, a közettani összetétel (jobb felső) jelölései pedig a 2. táblázatban találhatóak.

a	antropogén	o	omladék
b	mocsári üledék	p	proluvium (időszakos vízfolyások üledéke)
d	deluvium (mállás során keletkezett átmozgatott anyag)	s	suvadás
e	eolikus (szél fújta)	sz	szoliflukciós (sárfolyás)
el	eluvium (helyben maradt törmelék)	x	vegyi üledék
f	folyóvízi	c	szárazföldi üledék
g	lejtőüledék	m	tengeri üledék
l	tavi üledék	v	vulkáni képződmény

1. táblázat. Genetikát jelző rövidítések

a	agyag	be	betonit	f	feltöltés
al	aleurit	at	algit	mh	meddőhányó
l	lősz	c	szén	sz	hulladéklerakó
h	homok	di	diatomit	kg	komglomerátum
k	kavics	ka	kaolin	br	breccsa
y	kőzettörmelék	v	gyepvasérc	m	mészkö
b	görgeteg	n	nyirok	d	dolomit
t	tőzeg	pt	paleotalaj		stb..

2. táblázat. Közettani összetételt jelző rövidítések



Pl.: rT_3 , $^mOl_2^k$, rMb_2 , $^GK_{1-2}$, h_zT_1 , $^{f-d}T_3^m$

17. ábra. Negyedidőszaknál idősebb képződmények

A negyedidőszaknál idősebb kőzetek esetében a főindex (17. ábra) a képződmények geokronológiai besorolását jelzi, a rendszer és a sorozat szinten. A 3. táblázat példákat sorolok néhány jelre.

M	miocén
Ol	oligocén
E	eocén
T	triász
O	ordovicium

3. táblázat. Főindexek

A jobb alsó index a geokronológiai egység bontását végzi, a jelölés megegyezik a negyedidőszaki képződmények korbesorolásával.

A bal felső index a formációt vagy formációcsoportot jelöli. Az előbbi lehet egy két kisbetűből álló, a formáció nevéből létrehozott jelölés. Két formáció átmeneti rétegeit kötőjellel választjuk el egymástól. Néhány példa formációra: bK_3 - Bácsalmási Formáció, pJ_1 Pisznicei Mészke Formáció, bD -Büki Formáció. A formációcsoport két vagy több (nagybetűvel jelölt), egymással érintkező, genetikailag és közöttani fejlődésüket tekintve hasonló formáció összefoglaló neve. Egy példa a formációcsoportra: DPa_2 (Gyalog, 1996).

A bal alsó index használatára több lehetőség van. A formációnál alacsonyabb litosztatigráfiai egység esetén tagozatot vagy rétegtant tüntetünk fel, ezekre példa: b_nT_2 - Buchensteini Formáció, Nemesvámosi Tagozat, vagy $^p_{(n)}K_2$ - Pénzeskúti Formáció, Nánai Rétegtan. A komplexum a formációnál magasabb rangú egység, nagybetűvel írjuk és ebben az esetben a bal felső index üres pl.: ^{BB}Pz - Babócsai Komplexum. Ha genetikát tüntetünk fel, akkor az 1. táblázatban található rövidítéseket alkalmazzuk.

A jobb felső index a kőzettani összetételt jelöli. Ezek a jelölések méretaránytól függően bármely formáció- vagy genetikai alapú jelhez kapcsolható. Ha több kőzettípus együttesen fordul elő vesszővel választjuk el egymástól. A 2. táblázatban található példát a rövidítésekre.

A földtani térképek jelkulcsában a második legfontosabb szerepet a színezés tölti be. A negyedidőszaknál idősebb (üledékes, vulkáni, és gyengén metamorf) képződmények esetén az alapszín a kort jelöli. A 4. táblázatban találhatóak a korok színei. Az intruzív, szubvulkáni vagy erősen metamorf kőzetek esetén pedig a kőzet összetételét jellemzi. Erre nincsen konkrétan meghatározott szín, a térképi környezettől függő a kidolgozása.

Neogén	Sárga
Paleogén	Narancssárga
Kréta	Zöld
Jura	Kék
Triász	Lila
Perm	Sárgásbarna
Karbon	Szürke
Devon	Barna
Szilur	Világos szürkészöld
Ordovícium	Olajzöld
Kambrium	Sötét kékeszöld
Proterozoikum	Lilás rózsaszín
Archaikum	Rózsaszín

4. táblázat. A korok alapszínei.

A negyedidőszaki képződményeknél a színezés genetikai típusok alapján történik. Ezek pasztell, halvány színárnyalatúak, hogy megkülönböztethetőek legyenek az idősebb kőzetektől. A genetikai típusokra ajánlott színek az 5. táblázatban találhatóak.

f	Folyóvízi (fluviális)	Halványkék
l	Tavi (limnikus)	Kék
b	Mocsári	Türkizkék
e	Szélfújta (eolikus)	Sárga
el	Eluvium	Lila
d	Lejtőüledékek (deluvium)	Sárgásbarna
p	Prolvium	Világoszöld
a	Antropogén	Világosszürke

5. táblázat. A genetikai típusok ajánlott színei

A felületi jelek használatára akkor van szükség, ha a térkép érthetőségét szeretnénk javítani. A jelek lehetnek feketék vagy színesek, a kőzet összetételének, kifejlődésének jellegzetességeire utalhat. Ha az eredeti szerkezeti jellege megállapítható, akkor célszerű ezt bemutatni.

Vulkáni képződmények esetében a felületi jel kifejezheti felszíni formáinak az elkülönítését. Színében vagy alakjában történő különbségek a kőzet összetételéről árulkodnak. Szubvulkáni és intruzív képződményeknél a felületi jelek a kifejlődés jellegét mutatják (szemcseméret, összetétel, szövet), a jel alakja pedig az eredeti szerkezetére utalhat. Metamorf kőzetek esetében a felületi jelek utalhatnak összetételére, ha lehetséges mutassák szerkezetét és metamorf fácieseit. Tehát keletkezésének a körülményeire utaló tulajdonságokat jelölje.

A 3D-s geológiai modellem tervezése során azt az elvet tűztem ki magam elé, hogy alkalmazom a földtani térképek jelkulcsát, de a kivitelezés során módosítanom kellett az elképzelésemen. A jelkulcs legfontosabb eleme a földtani index. Ennek feltűntetése a 3D-s geológiai modellem esetében problémás. A modellt megjelenítő program lehetőséget ad arra, hogy egy test kijelölése esetén bármilyen információt kiirassunk (részletes információ az 5. fejezetben), tehát az index használata nélkülözhető. A felületi jelek használata során az alkalmazni kívánt mintát előbb egy arra alkalmas programban el kell készíteni, amely képként behívható és textúraként ráfeszíthető a rétegre. A különböző felületek használatától jelen esetben eltekintettem, hiszen az egyes rétegeim hasonló tulajdonágúak, illetve heterogén szerkezetűek. A felületi jelek az áttetszőség során zavaróak is lehetnek. A rétegek színezését

mindenképpen el kell végeznem azok megkülönböztetése miatt, ebben az esetben már jól használható lenne a földtani jelkulcs. Esetemben mégsem célszerű a használata, hiszen a rétegek azonos korúak, eltérő terület esetén alkalmazható.

5. A modell elkészítése

Ebben a fejezetben szeretném ismertetni alaposabban a munkafázisok részleteit, amely során a 3D-s modelleket elkészítettem és a szoftvert megterveztem, továbbá bemutatom az elkészült program funkcióit is. A szoftver két részből áll: az Editorból, mely egy grafikus kezelőfelületű szerkesztőprogram. Benne a kívánt rétegeket létre tudom hozni. A másik rész az Engine, amely parancsokkal működik: itt tudom egymásra helyezni az elkészített rétegeimet, színezni őket, adatokkal ellátni, kezelőfelületet megírni, stb., továbbá a sztereografálást is elvégezhetem.

5.1 Munkafázisok

A modell szerkesztését alapos tervezési munka előzte meg. A munkálatok sorrendje az alábbiak szerint alakult:

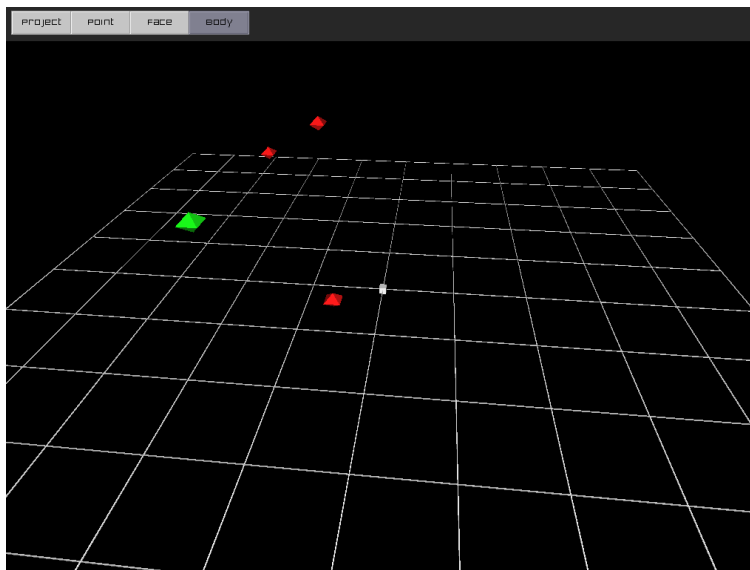
- Editor megtervezése és programozó által való elkészítése
- Mintaterület elkészítése, technológia kidolgozása
- Engine funkcióinak megtervezése és programozása
- A végleges terület forrásanyagának beszerzése
- A program és a mintaterület prototípusának elkészítés
- Hibák javítása, a bemutató illetve a mintaterület készítése során felmerült problémák, javaslatok feldolgozása
- Végleges terület megalkotása
- A programban való változtatások elvégzése
- Késztermék bemutatása

A felsorolás jól tükrözi azt az elvet, amelyet a munkám során követtem. A módszerem lényege: először egy mintaterületet hozok létre általam kitalált adatok alapján. Ennek során tesztelem a technológiám, leszűröm hibáimat, hogy a végleges területet ne kelljen többször

újrakészítenem. Az így elkészített prototípusról tartok egy bemutatót, melynek során véleményt kérek tanáraitól a lehetséges további fejlesztésekről. A feldolgozandó adataimat begyűjtöm és előzetes tapasztalataim alapján dolgozom fel. A kész modell megjelenítési funkciót is bővítjük, de minden ötlet megvalósítása dolgozatom keretein belül nem megvalósítható. A végleges 3D-s rétegszerkezetem végül ismét bemutatásra került.

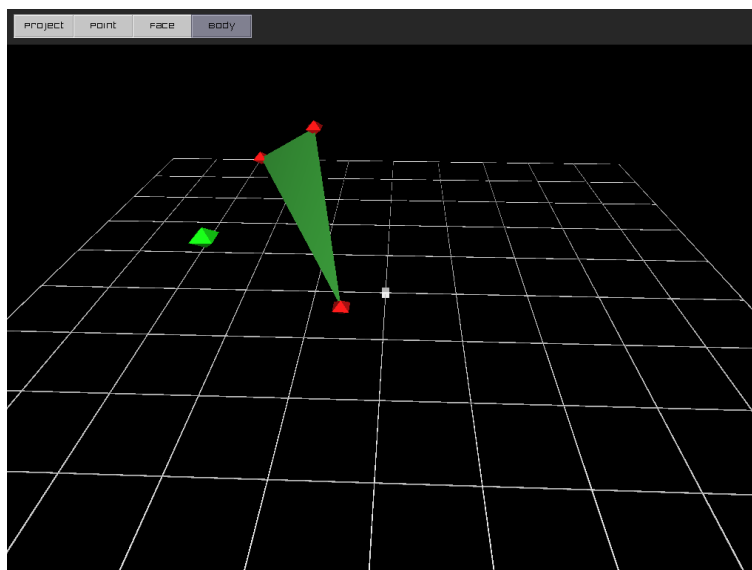
5.2 Az Editor ismertetése

A dolgozatom eddigi részében a modell kifejezést meghatározott területű, több rétegből álló térbeli testre alkalmaztam. Az Editorban való szerkesztés során egy geológiai réteg definiálása szintén modell néven történik, a megegyező szóhasználat értelmében az Editor *modell* kifejezését dőlt betűvel használom.



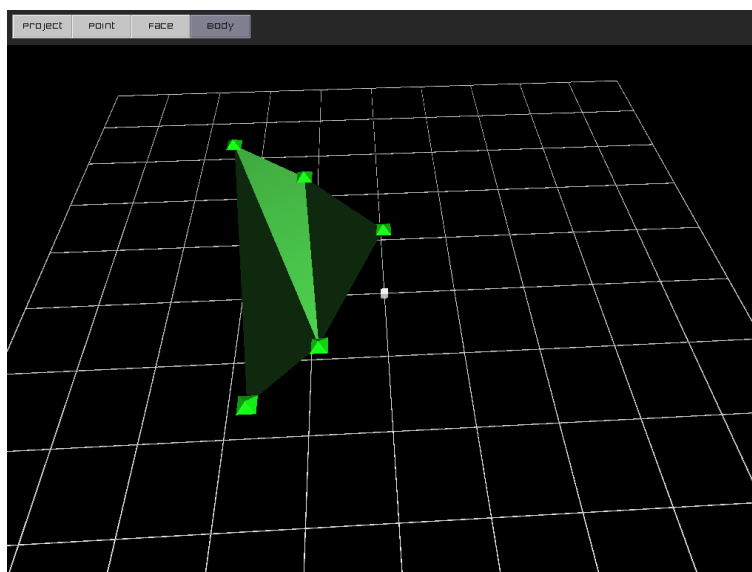
18. ábra .A kijelölt pontok piros színt kapnak.

Az Editor működése: tetszőleges számú ponttal létrehozom a rétegem alsó és felső határoló lapjait, majd ezeket egymással összekötve fedem be a testemet. Ez pontosan úgy történik, hogy három szomszédos pontot kijelölve (18. ábra) létrehozok egy háromszöget, face-t (19. ábra), a TIN domborzatmodellhez hasonló módon.



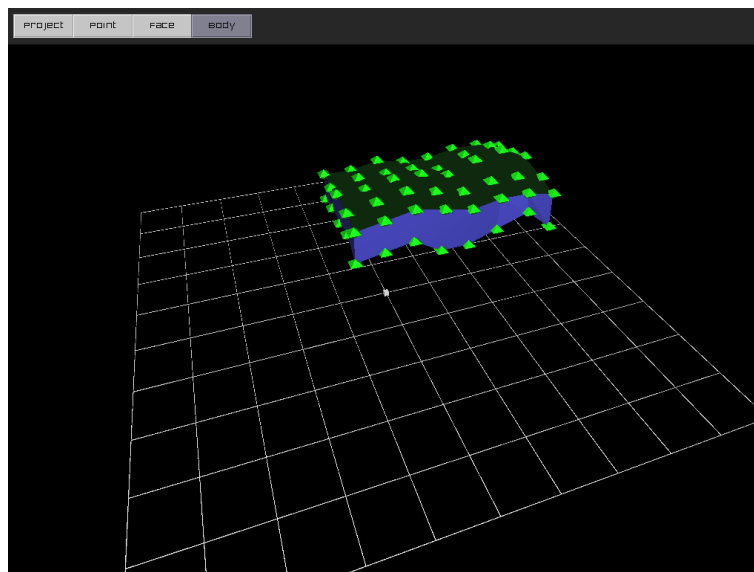
197. ábra. Face létrehozása.

Ezzel a módszerrel építem fel a rétegem alját, oldalait és tetejét. Ha elkészült egy réteg (elkészítettük az összes pontot összekötő facet), akkor azokat exportálva létrejön egy *modell*, amely egyesíti a létrehozott háromszögeket. Az Editor azokat a face-eket exportálja, amelyek ki vannak jelölve, tehát színük zöld. A nem kijelöltek színe kék. Arra kell ügyelni, hogy egy face-nek van belső és külső oldala is, tehát szerkesztés közben úgy kell felvenni őket, hogy helyesen álljanak: a világos fele a színe, ennek kell kifelé állnia (20. ábra).



20. ábra. Egy háromszög világos lapja a színe.

Ha több réteget építünk egymásra, akkor ezt kétféle-képpen végezhetjük. Minden réteget külön készítünk, tehát mindig létrehozuk az alsó és felső határoló lap pontjait. Ebből *modellt* alkotunk, de a következő réteget nem erre építjük, hanem újat kezdünk. A másik lehetőség, ha elkészítünk egy réteget és sorban haladva mindig a fölötte (vagy alatta) elhelyezkedő réteget ráépítve készítjük el. Ez a módszer ahhoz hasonlít, ahogyan a téglákat egymásra rakva falat építünk. Ebben az esetben exportálás után a face-ek deaktiválása gombot válasszuk. Erre azért van szükség, mert mentéskor csak a kijelölt háromszögeknek történik az összekapcsolása. Ha nem szüntetnénk meg a kijelölést és úgy építkeznénk tovább, akkor a következő exportálás során az alatta lévő réteg is mentődne. Ezért az építeni kívánt réteg tetejét mindig ki kell jelölni, mielőtt fölé helyeznénk a következő szint tetőpontjait. Így az újonnan épített rétegnek az alját nem szükséges újra létrehozni, csupán ki kell jelölni, munkát spórolunk és csökken a hiba lehetősége is. A 21. ábrán egy réteget láthatunk exportálás után: a fedőlapját kijelöltük, hogy a következő szintet rá lehessen építeni.



21. ábra. Egy réteg Editorban való készítése.

Az Editor lehetőséget ad arra, hogy a munkánkat bármilyen munkafázisban menthessük. Így nem hozunk létre modellt, de ha utólag módosítani szeretnénk, a rétegek megfelelő állapotban történő mentése után könnyedén behívható az állományunk, mely ezután szabadon alakítható.

Az Editor jól használható, könnyen dolgozhatunk benne. A mintaterület pontjait kézzel vittem be, amely egy 48 pontból álló réteg esetében hamar létrehozható, de egy 600 pontból álló már nem. A végleges terület feldolgozása során a legnagyobb problémát az jelentette,

hogy automatizálható legyen a pontbevétel. A legkézenfekvőbb megoldás az Editor fejlesztése, ez mostanra sajnos nem valósult meg idő hiányában, de a további tervek közt szerepel ennek megvalósítása. Az adatok bevételét sikerült megoldanom, de a teljes folyamat megvalósítása hosszas tervezést igényelt. Ha az Editorban létrehozunk három pontot, majd azokkal létrehozunk egy face-t, a mentés során egy prj kiterjesztésű filet kapunk. Ennek a felépítését a 1. melléklet tartalmazza.

Egy prj file felépítése a következő: az első sorban található a pontok darab számát, alatta a face-ekét. Következik ezután egy id, azaz egy sorszám, amely 101-től kezdve számolódik, mely után egy pont három térbeli koordinátája jön. Az utolsó pont leírása után a face-ek meghatározása jön az azt tartalmazó három id felsorolásával, majd egy egyes szám. A pontok automatikus bevitele úgy oldható meg, ha a kapott adatokat egymásután rendezve id-vel ellátva ilyen formátumra rendezzük. Mivel face-eket nem hozunk létre, így kézzel az első két sort kell csak beírunk. A pontok számát a sorszámozás miatt könnyen kiszámolhatjuk, a face-ek száma pedig nulla lesz.

A MOL-tól kapott adataim egy sorban rendezkedtek el: réteg neve, fúrési pont neve, réteg tetőpont abszolút illetve relatív mélysége, x és y EOY koordináták. Egy egyszerű php környezetben megírt program segítségével oldottam meg az adatok átalakítását. A mélyfúrások adatait először úgy kellett átalakítani, hogy külön file-okba kigyűjtöttem az egyes rétegek pontjait. Ezeket az állományokat csv kiterjesztésbe mentettem, majd Gede Mátyás segítségével létrehozott php programmal alakítottam át. A 2. melléklet mutatja a forráskódot.

A MOL-tól kapott koordinátákon alakítanom kellett, hogy a program számára kezelhető legyen annak mérete illetve elhelyezkedése. A pontokat eltoltam, hogy a szerkesztő felület közepén helyezkedjen el, illetve a modellemt függőleges irányban kétszeresére nyújtottam a jó láthatóság érdekében.

A rétegek szerkesztését az alábbi módon terveztem meg és hajtottam végre: létrehoztam az első réteg alját, pontjait a php program által történt átalakításnak köszönhetően egyszerűen behívtam. Kézzel felépítem a faceket, majd mentettem az állományomat. Ezzel a

módszerrel megegyező módon építettem fel a réteg tetejét, melyet az Editor üres szerkesztőjébe töltöttem be, majd külön megszerkesztettem és mentettem. Erre azért volt szükség, mert a sok pont és face kezelése nagyon lassítja a szerkesztő működését, ezért nem tudtam a folyamatos „tégla módszer” építését végezni. Egy külön állományban, szövegszerkesztő program segítségével másoltam össze a réteg tetejének és aljának a pontjait és face-it, a prj állomány elejére pedig beírtam az összes pont és face számát. Ezt az állományt az Editorba behívtam, felépítettem a réteg oldalait, majd exportáltam egy *modell*be. A következő réteg szerkesztésekor már csak annak tetejét kellett elkészítenem, mert az alja már készen volt, egyszerű másolással illesztettem be a megfelelő pontokat és face-eket.

Az, hogy a rétegeket ilyen módon építhessem fel annak az a feltétele, hogy minden réteg pontjának más id-je legyen. Tehát, ha az első réteg php programmal való átalakítása során sorszámai 100-700-ig tejednek, a következő réteg koordinátáinak sorszámai 700-tól kell, hogy kezdődjenek. Ezt a forráskódban kellett javítani minden alakítás során. További fontos részlet a rétegek építése során az, hogy a face-knek két oldala van. Ha azt szeretnénk, hogy megjelenítés során ne látszódjon lyukasnak az alja, akkor ennek megfelelően kell forgatni őket. Szerkesztés során, amikor egy réteg teje a következő alja lett át kellett fordítani a face-ek irányát.

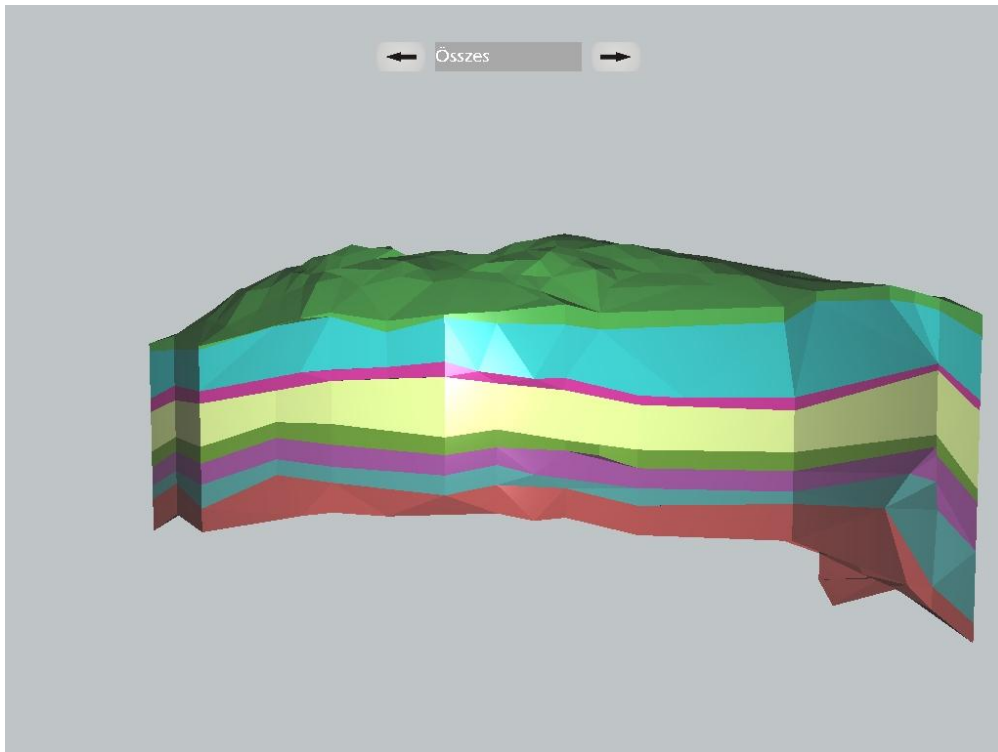
A pontok számát csökkentenem kellett, mert azok sűrűsége bizonyos területeken túl nagy lett. Egyrésztől kezelhetetlenek voltak az egymásba lógó pontok, továbbá jelentős információ többlettel nem rendelkeztek, így törölnöm kellett azokat. A ténylegesen felhasznált pontok száma 250-350 közé csökkent.

5.3 Engine bemutatása

A rétegszerkezet modellezése során egyedi igények lépnek fel a megjelenítési funkciók iránt: a létrehozott modell minden oldalról megtekinthető, szabadon forgatható legyen. Bármelyik réteg szabadon színezhető, anyag minta kapcsolható hozzá, láthatóságát külön le lehet kapcsolni, és az áttetszőség is egyesével állítható be. A megfigyelő így tetszőleges kombinációban figyelheti meg a kívánt földrészt. A felszínen oszlopok mutatják az adott mélyfúrás során nyert rétegszerkezet mélységi profilját, ezek szintén ki- és bekapcsolhatóak. Fontos funkció a megjelenített test szeletelhetősége: tetszőleges síkkal metszhessük el testünket, ezáltal láthatóvá válik az adott helyen a rétegzettség. A test tetszőleges darabolás után a modellünk eredeti állapotba való visszaállítása egy gombnyomással rendeződik. Fontos szempont a mérhetőség is, a kurzor helye mutatja a térbeli koordinátáját, a távolságméréssel pedig két tetszőleges pont közötti távolságot tudunk mérni a felszínen vagy akár mélységben is. Az egyes rétegekhez adatbázis is kapcsolható, adatokat nyerhetünk a közetről, pl. név, kor, keletkezés.

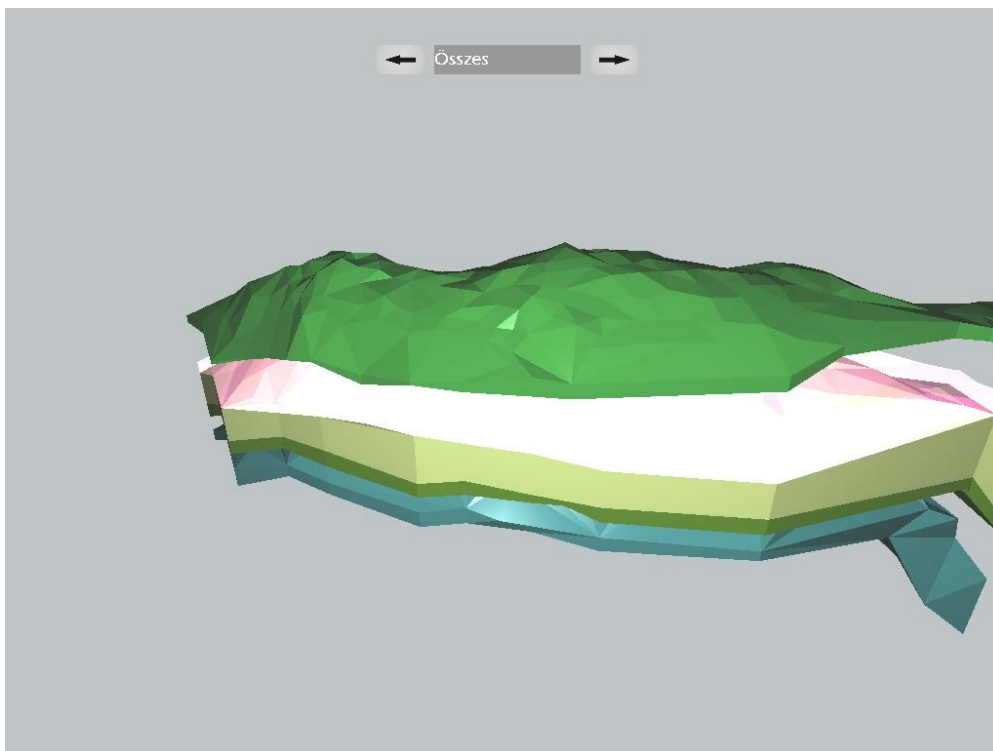
De hogyan tudjuk az Editorral létrehozott *modelleket* (rétegeket) egymáshoz kapcsolni, és hogyan készíthető el a kész test? A Hegedűs Ádám által létrehozott program az Engine saját nyelvű parancsokkal működik. Miután exportáltuk az egyes rétegeket, azoknak az összekapcsolása már az Engine-ben történik. Egyszerű paranccsal hívhatóak be az állományok. Definiálnunk kell a fényforrást, utána színezzük a testet és a felület színének csillogását is meghatározhatjuk. Az adatok egyes rétegekhez kapcsolása úgy történik, hogy létre kell hoznunk egy tömböt, majd ezeket adatokkal töltjük fel. A program megjelenítő felülete is programozható, gombokat helyezhetünk el rajta, amely bármilyen formátumú kép állomány lehet. Ezekkel előhívhatunk egy funkciót, lekapcsolhatunk vele rétegeket, adatokat, amely csak programozói képességeinktől függ.

A 22. ábrán látható az Engine kezelőfelülete és a 8 rétegből álló geológiai modell.

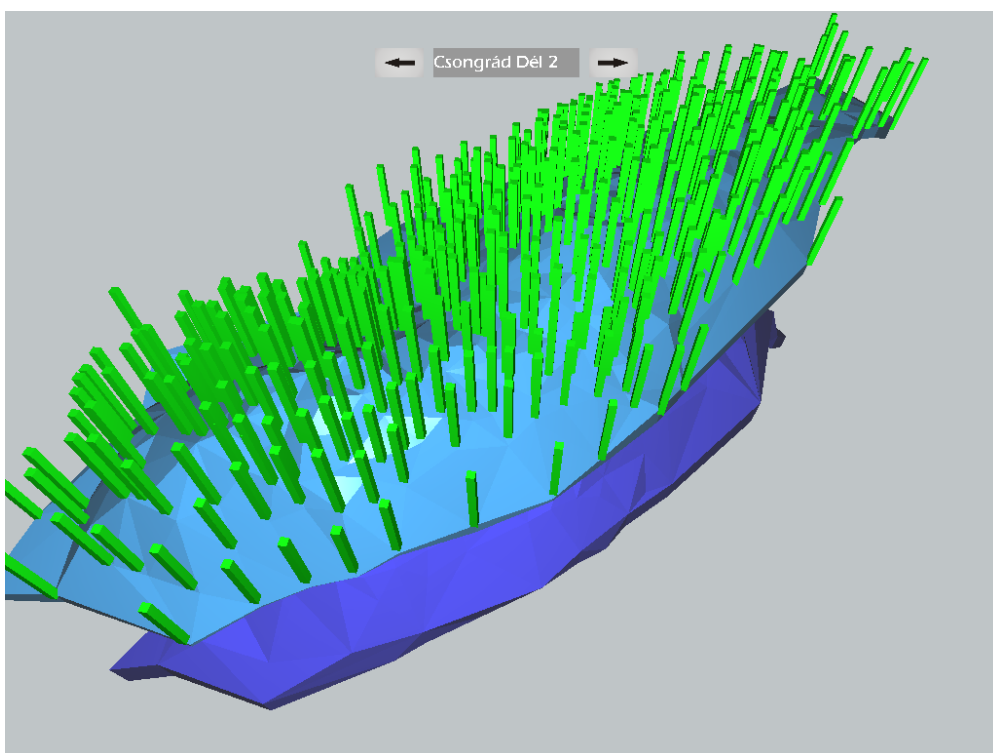


22. ábra. Engine kezelő felülete

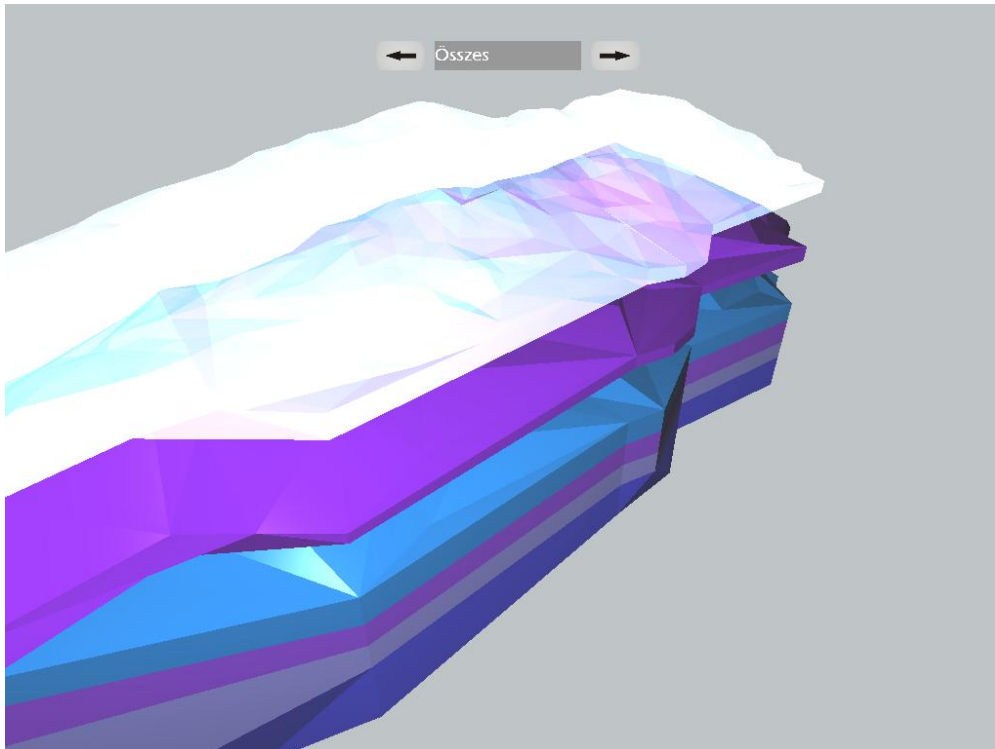
Az Engine kezelőfelülete egyszerűen használható. Az egér gombjának nyomva tartásával majd mozgatásával tetszőlegesen forgatható a test, a görgő gurításával pedig kicsinyíthető és nagyítható a modell. A jobbra és balra mutató nyilakkal válthatunk a rétegek között, majd a középső gombra kattintva egy legördülő menüből választhatjuk ki a kívánt funkciót: az aktuális réteg lekapcsolás (23. ábra), áttetszővé tétele, adatainak kiírása, mélyfúrások és a záróréteg tetőfelületének megjelenítése. A 24. ábrán látható a mélyfúrások oszlopokkal való bemutatása, mely az egyes fúrások során nyert adat helyét és értékét mutatja be. A 25. ábrán eltérő színezéssel láthatjuk ugyanazt a geológiai modellt, illetve egy áttetsző réteget. A záróréteg tetőfelületének megjelenítése funkcióval nézetet válthatunk a rétegek „tömbös” és a határfelületek közti ábrázolások között. Ez azért hasznos, mert az egyes rétegek kőzetei nem homogén elrendezésűek, illetve ezeken a felületeken találhatóak a szénhidrogén készletek.



23. ábra. Lekapcsolt illetve áttetsző rétegek



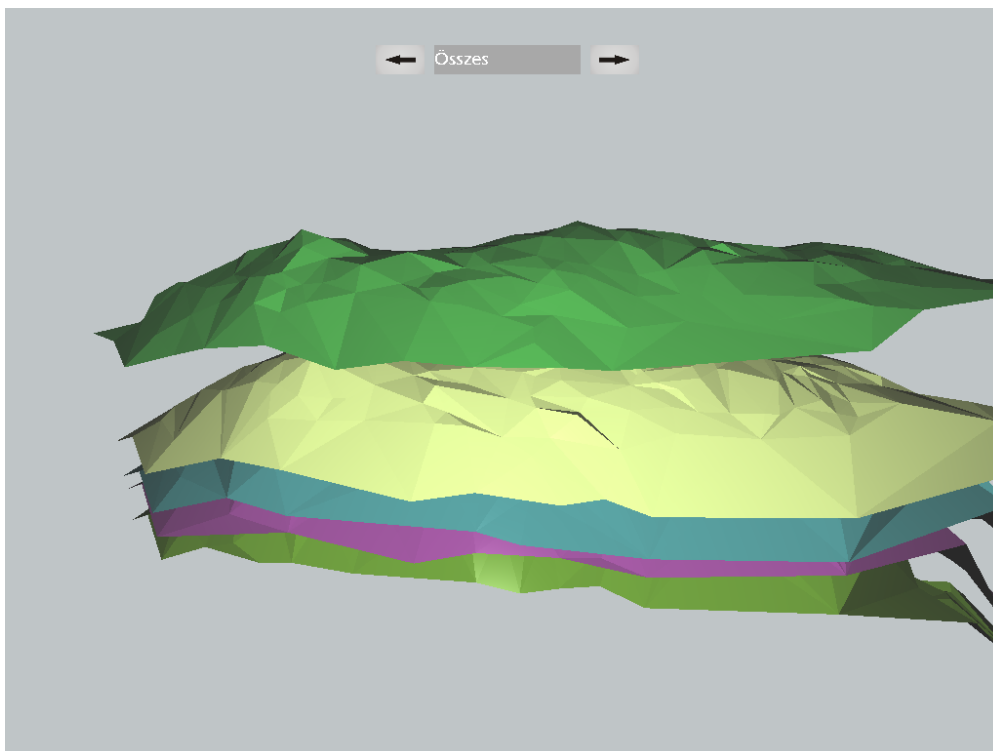
24. ábra. Mélyfúrások



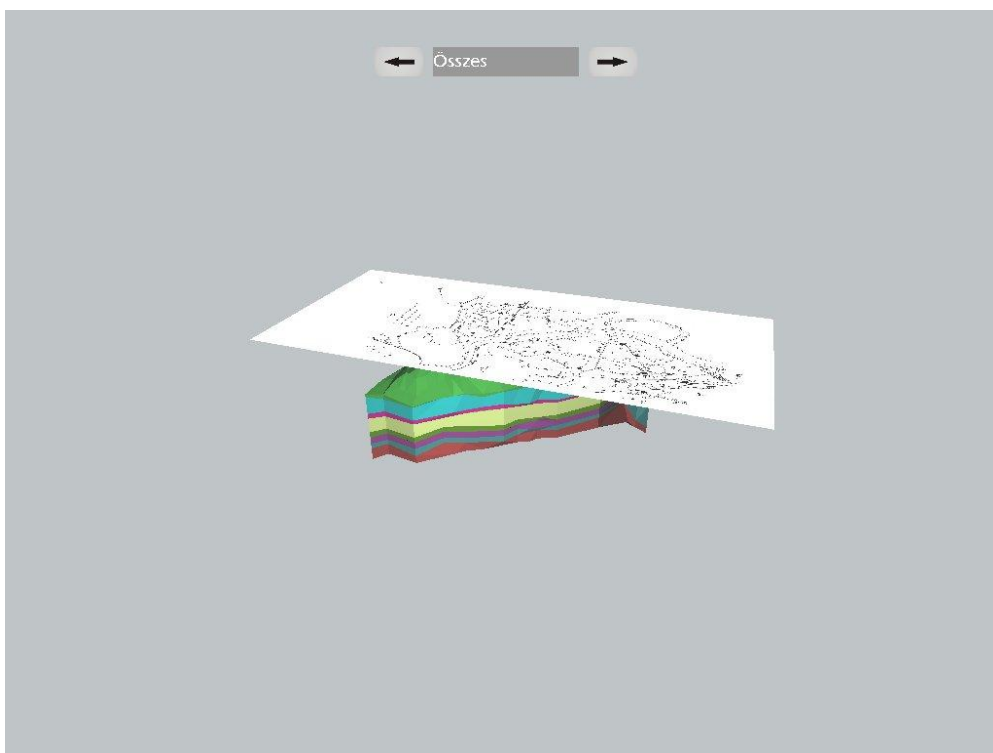
25. ábra. Áttetsző réteg kékes rétegszínezéssel

Ha a középső gomb Összes állapotban található, akkor további funkciókat érhetünk el. Itt lehetőségünk van egyszerre átkapcsolni az összes rétegünket a zárórétegek felületes nézetébe, illetve vissza a tömbösbe, továbbá térképeket kapcsolhatunk be modellünk fölé. A 26. ábrán látható a tetőfelületek nézete. Ebben a megjelenítésben is lehetőségünk nyílik lekapcsolni illetve áttetszővé állítani az egyes szinteket, itt ugyanúgy a jobbra és balra nyíl segítségével változathatunk a rétegtetők között. A 27. ábrán a modell fölé helyezett algyői mélyfúrások térképe (28. ábra) látható. A modellem EOV térképpel is megjeleníthető, az Összes gomb megnyomásakor az EOV térkép funkciót kell kiválasztani.

Ha a felület egy pontját kijelöljük, akkor az Engine kiírja annak adatait (pont koordinátája és a mélyfúrás száma), ha egy második pontot is mellé választunk akkor megkapjuk a kettő távolságát.



26. ábra. Zárórtegek tetőfelületei

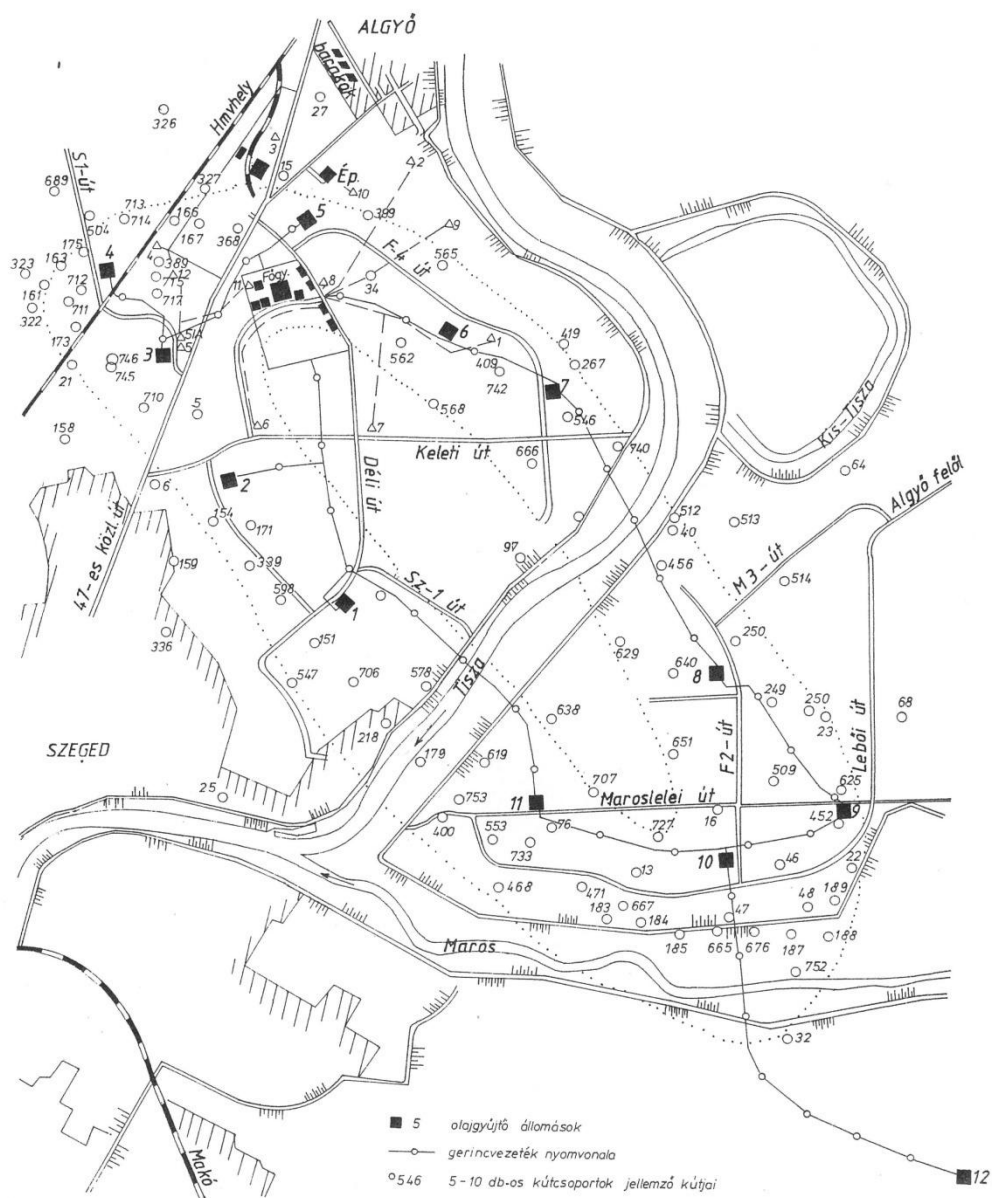


27. ábra. Térkép alkalmazása

Az Engine megjelenítése során fellépő nehézségek: több lehetséges megoldást terveztem a geológiai modell felszínének kialakítására. A felszín domborzata létrehozható TIN modell segítségével úgy, ahogyan a rétegek esetében is megtettük. Mivel ez a módszer kevésbé ad plasztikus képet, megoldható a felület simítása a felszín esetében. Az így elkészült domborzatmodellünkre térképet fektethetünk. Információ gazdag ábrázolást kapunk topográfiai és fedetlen földtani térkép használata esetén, illetve a megjelenítés kombinálható talajtérképpel is. Mivel az ábrázolt területem pontjai átlagosan -2000 és -1500 méter között találhatóak, változtatnom kellett eredeti terveimen. Ha a felszín domborzatmodelljét a pontos helyén ábrázolom, akkor annak és a legfelső rétegem közötti nagy tér miatt funkcióját veszti az ábrázolásom. Ha pedig egy tetszőleges mélységbe süllyesztem, akkor az hamis képet mutatott volna. A felszín és az erre ráfeszített térkép ábrázolásáról le kellett mondanom.

Azt a megoldást választottam, hogy a felső rétegem fölé egy tetszőleges távolságban helyeztem el a megjelenítésre szánt térképet síkba terítve. Kettőt választottam, az első egy topográfiai, a második pedig Algyő mélyfúrési térképe (28. ábra). Az előbbi vetülete Egységes Országos Vetület, részletes információ tartalma hasznos adatokkal egészíti ki az elkészült modellt és mivel a MOL-tól kapott pontjaim koordinátái szintén EOVB-ben szerepelnek, így az pontosan illeszthető modellemhez. Az utóbbi térkép a fúrásponthelyeit illetve számait tünteti fel, hasznos információval egészíti ki modelletemet.

Sajnos nem minden funkció készülhetett el idő hiányában, csak a legfontosabb megoldások valósultak meg. Az Engine-ben: a rétegek szeletelése nem valósult meg, az Editor-ban pedig a pontok automatizált bevitele illetve face-ek összekötése sem készült el. Ezeknek a tervezett funkcióknak a megvalósítására a jövőben további fejlesztések keretében kerül sor.



17. ábra

88. ábra. Algyó mélyfúrasi térképe

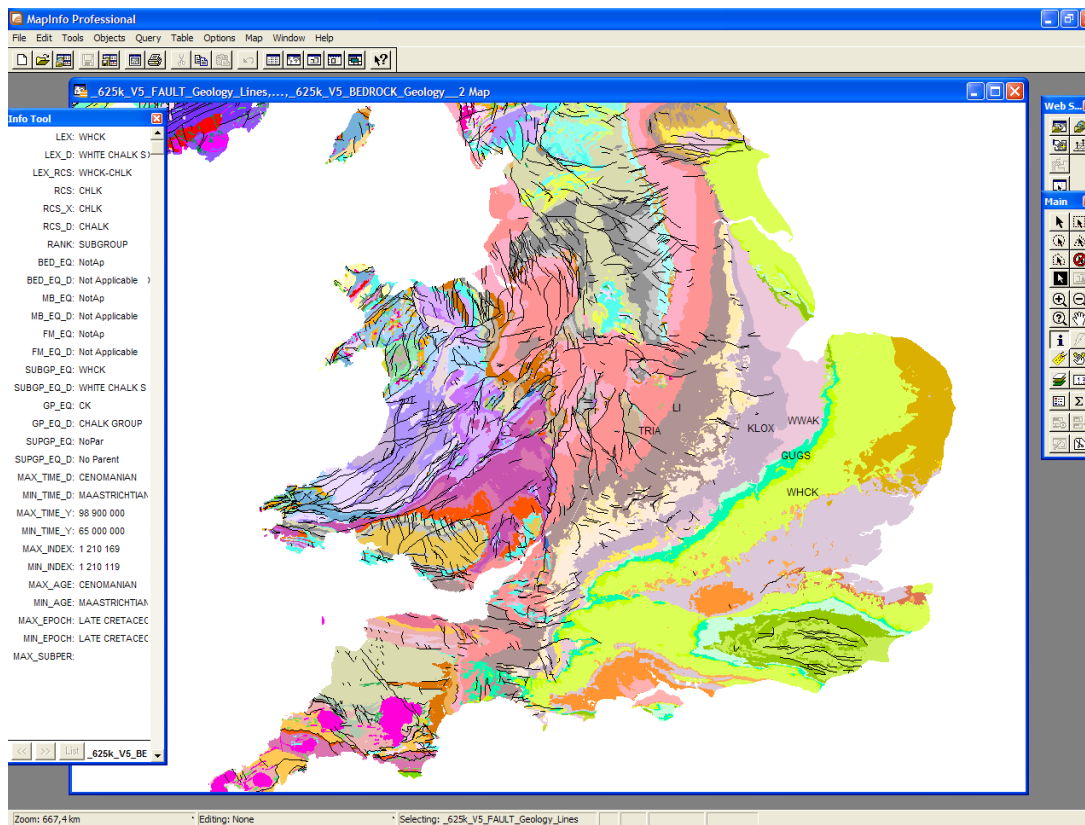
Az Engine további fejlesztése lehetőséget ad arra, hogy a felszíni elemeket: növényzet, épületek és mesterséges objektumok ábrázolását szintén 3D-ban tudjuk ábrázolni. Főként ennek a lehetőségnek a kihasználására döntöttem a saját fejlesztésű Editor szerkesztő program mellett. Egy topográfiai térképre épített háromdimenziós felszín fölötti terület kiépítése pontos és szemléletes képet ad. Geológiai modellem is bővíthető ezzel a módszerrel, vagy egyéb témák feldolgozása során pl.: környezetvédelem, vízügy, barlangok, városok földalatti ábrázolása során szintén alkalmazható a megjelenítés.

6. 3D-s modell fejlesztési lehetőségei

Ebben a fejezetben két olyan intézmény működését emelem ki, ahol 3D-s sztereo labor alakult, és kutatási tevékenységüket példaértékűnek tartom. Elsőként a British Geological Survey-t mutatom be, amelynek geológiai téren végzett munkássága sokrétű és magas színvonalú, majd a Harward Egyetemen található nivós sztereo laborról adok rövid ismertetőt. A további fejlesztési lehetőségekről is írok, továbbá példákat mutatok arra, hogy milyen egyéb témában lenne alkalmazható az általam használt technológia.

6.1. Összehasonlítás más projektekkkel

Nagy-Britannia felszíni és földalatti geológiáját kutatják, 2D és 3D-s térképeket és modelleket hoznak létre. Munkájuk magukba foglalja azokat az alapvető vizsgálatokat, amelyek alapját képezik a legtöbb Egyesült Királyságbeli kutatásnak. A projekt angliai, skóciai, walesi együttműködéssel jött létre. A BGS honlapjáról ingyenesen letölthető Nagy-Britannia geológiai térinformatikai adatbázisa melyeket Map Info és ESRI alkalmazásokkal tekinthetőek meg (29. ábra). Monitoron megjeleníthető különböző 3D-s geológiai modelleket is létrehozhatnak, ehhez Earth Vision, gOcad vagy a saját fejlesztésű GSI3D szoftverüket használják.



29. ábra. BGS által létrehozott geológiai térinformatikai adatbázis.

A British Geological Survey-ben szintén létrehoztak egy 3D-s vizualizációs termet, az ELTE-n található Vizualizációs Centrum működésének elvével megegyező, aktív sztereo módon. A különbség a 2 rendszer között az, hogy a BGS-ben egy vetítővel történik a vetítés szintén hátulról, melynek mérete a vásznon 3.1m x 2.3m (30. ábra).



30. ábra. A British Geological Survey vetítő terme

Nem használnak bonyolult, hosszadalmas beállítást igénylő tükörrendszert, vagy speciális, külön erre a célra készített szekrényt. A vetítés itt is hátulról történik (31. ábra).



31. ábra. A vetítő rendszer felépítése

A vizualizációs rendszerük hand- és head tracking rendszerrel van felszerelve, a megjelenítés pedig Windows XP operációs rendszer alatt fut, így azon különböző szoftvercsomagok futtathatók.

Az angol vizualizációs rendszerről az mondható el, hogy olcsóbb, egyszerűbb, és az ELTE-n található Vizualizációs Centrumhoz képest kisebb méretű. Az intézet számos területen végez kutatásokat, melyeknek eredményei ingyenesen letölthetőek honlapjukról. A különböző 3D-s megjelenítések során sokoldalú, nívós munkákat készítenek.

A Harvard Egyetem, Structural Geology & Earth Resources Group Viz Center amelyet másodikként mutatnék be. A földtudomány-kutatás és oktatás mindinkább igényli a térbeli geológiai "adatbázisok" integrálását, hogy a természeti jelenségeket meg tudják figyelni, illetve mintázni. Az itt létrehozott centrumban egy görbített felületű vászonra három vetítő segítségével történik a vetítés, melyet a 32. ábrán figyelhetünk meg. A vászon 23 x 8 ft, azaz 7 x 2,5 m, a vetített képen geometriai korrekciót végeztek, a vezérlő számítógépen Linux operációs rendszer fut, melynek magas hardverigénye van.

A görbített vászon miatt végzett bonyolult számítások és a három vetítő szinkronizálása magas szaktudást és technikai hozzáértést igényel.



32. ábra. Görbített vásznú Viz Centrum

Az alábbi témákban folytatnak kutatásokat: a Niger-delta parti menti kőolaj kutatása, a dél-kaliforniai földrengések veszélyeinek értékelése, az amazóniai esőerdők fakitermelésének hatásai a légáramlatok biodiverzitásának szóródására, szeizmikus rétegvételek a sub-afrikai köpenyről, vetődések geológiai elemzése.

A Harvard Viz Centruma nagyobb, drágább és nehezebben beállítható berendezés, mint az ELTE-n található, kutatócsoportjuk tevékenységi területe aktuális és gyakorlati problémákat dolgoz fel.

Az Amerikai Egyesült Államok számos egyetemén található még hasonló vetítő berendezés, de ezek mobilisak, egy tetszőleges terem közepén felállított megvetített vászomból állnak. Ezeken 1-2 projekt modellezése folyik.

Európában, többek között Németországban is elkészült egy sztereo labor, de a korábban említett két vizualizációs centrummal összehasonlítva kevésbé találtam lényegesnek. Témámhoz hasonló jellegű, jelentős kutatásokról pedig nem szereztem információt.

Az ELTE Vizualizációs Centruma hasonló laborokkal összehasonlítva megállja a helyét, bár az itt folyó kutatások egyelőre még nem indultak el, de őszintén remélem, hogy a későbbiekben nemzetközi szinten is jelentős munkák készülnek itt. Büszkeséggel tölt el, hogy elsőként végeztem el itt a kutatásomat és alapot teremthettem további munkák elvégzésére.

6.2. További fejlesztési lehetőségek

A Vizualizációs Centrumban található 3D-s vetítő terem rengeteg lehetőséget rejt a jövőbeni tudományos elemzések fejlesztésére, illetve a korszerű megjelenítési megoldások kikísérletezésére. Érdeemes foglalkozni az általam elkészített geológiai modell továbbfejlesztésével, például szeizmikus adatok felhasználásával tovább lehetne pontosítani a területet. Számos megjelenítési lehetőség fejleszthető lenne, a rétegek szerkesztése is pedig jobban automatizálható lenne. Az erőforrás kutatáson kívül bonyolult töréses szerkezetek ábrázolására is nyitva állnak a lehetőségek. De nem csak geológiai témát lehetne feldolgozni:

- Természetvédelmi és klímaváltozási adatokat felhasználva modellezhetőek a hazánkban folyó változások. Bemutatásra kerülhetnének: a bel- és talajvizek, növényzet, állatvilág, légkörben végbemenő változások, ezek egymásra gyakorolt hatásai, ezekről elvégezhetőek komplex vizsgálatok.

- A környezetvédelem témaköréhez kapcsolódóan a szennyezések térbeli modellezése is megvalósítható a Vizualizációs Centrumban. Feldolgozásra kerülhetnének a levegő-, víz-, talaj- és zajszennyezések is.

- Településfejlődés témakörében érdemes lenne a városok térbeli területfoglalását, elhelyezkedését, elterjedését vizsgálni egyrészt a városon kívül, másrészt vertikális vonatkozásban is. Budapest 3D-s földalatti térképe nagyon látványos szemléltető anyag lehetne. Olyan hatástanulmány készíthető, amelynek elemeit a metróhálózatok, alagutak, termálforrások, felszín alatti Duna ágak, mélygarázsok és épületek (közműhálózat eltekintésével) stb ábrázolásából állanak. Budapest példájánál maradva egy másik lehetséges téma a város termálvizeinek és barlangrendszerének 3D-s modelljének elkészítése.

- Vízügyi témában a termál-, talaj- és rétegvizek modellezése, azok változásai is egy újabb kutatási terület lehetne. A tiszai szükségtározók, azoknak a természetvédelemre és

infrastruktúrára, az árvizek során a vízállásra gyakorolt hatása is egy újabb érdekes feladat lehetne. Ennek gyakorlati és pozitív hatása lehetne a folyamatban lévő állami fejlesztéseknek jelenlegi negatív elbírálása.

A Vizualizációs Centrumban fejlesztett alkalmazások 3D-s televízió készülékekben való megjelenítése megoldható. Olyan ismeretterjesztő illetve oktatási célra szánt 3D-s térképészeti alkalmazásokat lehetne létrehozni, amelyeket bárki megtekinthetne otthonában, ha rendelkezik a megfelelő berendezéssel. A technológia iránti növekvő érdeklődésnek, illetve a hardver folyamatos fejlesztésével együtt járó árcsökkenésnek köszönhetően véleményem szerint ezek a kartográfiai termékek egyre szélesebb területen terjednének el és egyre népszerűbbek lennének. Ezzel elősegítenék az általános földrajzi ismeretek javulását, a gyerekek szórakozás közben tanulnának.

A közeljövőben ebben a témában elvégzendő kutatások fő céljaként ezeknek a lehetőségeknek az objektív feltárását érdemes kitűzni.

Köszönetnyilvánítás

Külön köszönöm témavezetőm, Jesus Reyes Nuñeznek, hogy mindig a segítségemre volt és a szakdolgozatomat korrektúrázta.

Köszönöm Palotai Mártonnak, külső konzulensemnek, hogy mindig nagyon segítőkész volt munkám során, köszöm Milánkovich Andrásnak és Blahó Jánosnak a segítségét.

A legnagyobb köszönettel Hegedűs Ádámnak tartozom, aki az általam kitalált programokat megvalósította, nélküle a munkám nem valósulhatott volna meg. Nagyon sok segítséget kaptam a Vizualizációs Centrum munkatársaitól: Szeifert Gábortól, Gelencsér Gábortól és Borsos Tamástól. Köszönöm Frei Zsoltnak, hogy lehetőséget adott arra, hogy diplomamunkám a Vizualizációs Centrumban végezhettem.

Köszönöm Jáky Péter és Kovács Gábor szaktársaim hasznos tanácsait szakdolgozatommal kapcsolatban.

Végül köszönöm a családomnak, anyukámnak, nagyszüleimnek a támogatást.

Ábra és táblázat jegyzék

1. ábra. Sztereonéző	6
2. ábra. Anaglif kép.....	7
3. ábra. Vörös-cián és magenta-zöld lencsés szemüvegek.....	8
4. ábra. Hologram	9
5. ábra. 3D-s nyuszi volumetrikus megjelenítéssel	9
6. ábra. Polárszűrős szemüvegek	11
7. ábra. Az Infitech szemüveg szűrői.....	12
8. ábra. Vizualizációs Centrum	14
9. ábra. A vetítógépek elhelyezése a szekrényen	14
10. ábra. Hotspotting	15
11. ábra. Aktív szemüveg.....	16
12. ábra. Mintaterület.....	19
13. ábra. Algyői telep.....	23
14. ábra. Algyő2 és algyő 3 tárolók.....	24
15. ábra. Legfelül a csongrád dél 2 tároló látható	24
16. ábra. Negyedidőszaki képződmények.....	25
17. ábra. Negyedidőszaknál idősebb képződmények	27
18. ábra. A kijelölt pponok pros szint kapnak.....	31
19. ábra. Face létrehozása	32
20. ábra. Egy háromszög világos lapja a színe.....	32
21. ábra. Egy réteg Editorban való szerkesztése	33
22. ábra. Engine kezelőfelülete	37
23. ábra. Lepakcsolt illetve áttetsző rétegek	38
24. ábra. Mélyfúrások	24
25. ábra. Áttetsző réteg kékes rétegszínezéssel.....	39
26. ábra. Zárórétegek tetőfelületei.....	40
27. ábra. Térkép alkalmazása	40
28. ábra. Algyő mélyfúrási térképe	42
29. ábra. BGS által létrehozott tárinformatikai adatbázis	44
30. ábra. A Brittish Geologica Survey vetítő terme	44
31. ábra. A vetítő rendszer felépítése.....	45
32. ábra. Görbített vásznú Víz Centrum	46
1. táblázat. Genetikát jelző rövidítések	26
2. táblázat. Közettani összetételt jelző rövidítések	26
3. táblázat. Főindexek	27
4. táblázat. A korok alapszínei	28
5. táblázat. A genetikai típusok ajánlott színei.....	29

Melléklet

3
1
101
-1
1
0
102
0
0
0
103
1
1
0
101
102
103
1

1. melléklet. Egy prj file tartalma

```
<pre>
<?php
$f=file('szorl_.csv');
for($i=0;$i<count($f);$i++)
{
    $sor=explode(';',$f[$i]);
    print                                     ($i+100)."\n".(($sor[5]/1000-
740)*2)."\n".(($sor[4]/100+20)*4)."\n".(($sor[6]/1000-105)*2)."\n";
}
?>
```

2. melléklet. A php program forráskódja

Irodalomjegyzék

- Albert Gáspár. *Háromdimenziós földtani modellek fejlesztésének és megjelenítésének módszerei térinformatikai szemlélettel. Doktori értekezés.* Budapest, 2009.
- Czibulka Péter. *25 éves az algyői kőolaj- és földgáztermelés. Előadások anyaga.* Szeged: NKFV Szegedi Üzem, 1990.
- Dr. Dank Viktor. *Az algyői szénhidrogéntelepek felkutatása és geológiai viszonyai.* Szeged, 1990.
- Dr. Dank Viktor. *Kőolajföldtan.* Budapest: Tankönyvkiadó, 1992.
- Galambos Csilla. *A színelmélet alkalmazása tematikus térképeken.* Budapest: Geodézia és Kartográfia, 2004/12. 9-14 old.
- Galambos Csilla. *Digitális földtani térképek jelkulcsának kidolgozása integrált térinformatikai alkalmazások számára. Doktori értekezés.* Budapest, 2006.
- Geiger János. *A pannóniai Újfalú ("törteli") Formációban lévő Algyő-delta fejlődéstörténete - I.* Budapest: Földtani közlöny 133/1, 2002. 91-111 old.
- Geiger János. *A pannóniai Újfalú ("törteli") Formációban lévő Algyő-delta fejlődéstörténete - II.* Budapest: Földtani közlöny 134/1. 2004. 55-73 old.
- Gyalog László. *A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása.* Budapest: A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa, 1996.
- Havas Gergely. *Internetes földtani térképek szerkesztési elvei. Doktori értekezés.* Budapest, 2009.
- Hazay István. *Geodéziai kézikönyv 1-3.* Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1960
- Dr. Hingl József. *Fúrási és kút kiképzési technológiák az algyői mezőben.* Szeged, 1990.
- Holics László. *Fizika 1-2.* Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1992.
- Horti Anikó. *Az Alföld egyes részeinek süllyedés-és éréstörténeti vizsgálata. TDK dolgozat.* Budapest, 2008.
- Dr. Juratovics Aladár. *A Szeged–Algyői szénhidrogénmezők kutatási-művelési története.* Szeged: Móra Ferenc Múzeum, 1995.
- Kraus Karl. *Fotogrammetria.* Budapest: Tetra Kiadó, 1998.
- Dr. Kristóf Miklós. *Az algyői telepek művelése.* Szeged, 1990.

Dr. Lois László, Daróczy Bálint, Lustyik Tamás. *Többnézetű videó megjelenítés és kódolás*. Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék, 2005/9.

Magyar Imre. *A Pannon-medence ősföldrajza és környezeti viszonyai a késő miocénben őslénytani és szeizmikus rétegtani adatok alapján. Doktori értekezés*. Budapest, 2009.

Dr. Valastyán Pál. *Az algyői szénhidrogénmező létesítményei*. Szeged, 1993.

Dr. Wilde György, Kajári Gyula. *Magyar Ásványolaj Szövetség éves jelentése*. Győr: Magyar Ásványolaj Szövetség, 2003.

Dr. Wilde György. *Olaj Magyarországon. Benne a magyar Ásványolaj Szövetség éves Jelentése 2003*. Győr: Széchenyi Nyomda Kft., 2003

3D szemüveg.

http://www.3dszemuveg.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=74

3D tv. http://fullhd3d.panasonic.eu/hu_HU/cikk/6/1877/az-otthoni-3d-lmny-kellkei

BME honlapja. http://alpha.tmit.bme.hu/speech/docs/education/kognitiv_3d_net

British Geological Survey.

<http://www.christiedigital.com/AMEN/ApplicationStories/BritishGeologicalSurvey.htm>

British Geological Survey. <http://www.bgs.ac.uk/>

ELTE Geológiai Tanszék. http://geo.elte.hu/quarter/04_Q-sztratigr-korr-modszerek2.pdf

Galambos Csilla. Földtani térképek felületi jelei.

http://dSPACE.omikk.bme.hu:8080/cikkadat/bitstream/123456789/1662/1/2004_7bol2.pdf

Gábor Dénes Fizikai Szemle Honlapja.

<http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz0006/gdenes.html>

Híradástechnika. www.hiradastechnika.hu/data/upload/file/2005/2005_9/HT_0509-8.pdf

index.hu. http://index.hu/tech/uzlet/2010/01/06/a_3d_a_ces_idei_hivoszava/

index.hu. http://index.hu/tech/2010/02/26/marciusban_erkezik_magyarorszagra_a_3d-s_teve/

Magyar Film.

http://magyar.film.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=919&catid=1&Itemid=4

Minden amit a 3D-ről tudni kell.

http://www.geeks.hu/technologiak/100127_minden_amit_a_3d_rol_tudni_erdemes

Origo. <http://www.origo.hu/tudomany/20070701-elte-itthon-egyedulallo-sztereoszkopikus-megjelenito-berendezes.html>

RealD 3D.

http://logout.hu/cikk/reald_3d_mi_folyik_a_vazon_mogott/nyomtatobarat/teljes.html

Sztereo fényképek. <http://fotomult.c3.hu/pozitiv/sztereokep/>

Techline. http://techline.hu/tudastar/20090118_anaglif_anaglyph.aspx

The Viz Centre Harward. <http://sger5.harvard.edu/facilities.html>

Világhíres feltalálókink.

http://images.google.hu/imgres?imgurl=http://www.feltalaloink.hu/tudosok/gabordenes/kep/h1.gif&imgrefurl=http://www.feltalaloink.hu/tudosok/gabordenes/html/gabdental4.htm&usq=_FDBz3_I3puDtxOESbhsUkjjSN4g=&h=350&w=430&sz=102&hl=hu&start=5&um=1&itbs=1&tbn

Vizualizációs Centrum. <http://vc.elte.hu>

Wikipédia. <http://en.wikipedia.org/wiki/Infitec>