

Folyóvízi övzátóny testek mikro és makroléptékű 3D szedimentológiai modellezése

OTKA Nyilvántartási szám: T43318
Témavezető: Dr. Geiger János

Zárójelentés

Vizsgálatunk tárgya a **Tisza-folyó Algyő és Szeged közötti nagy övzátónya**. E területen ma a MOL Algyői Operatív Egységének termelő kútjai, és felszíni berendezései helyezkednek el. A felszínen, a folyóvízi üledékképződés hatására, **holocén homok, aleurit és agyag képződmények alakultak ki**. A fúrások rétegsora szerint, **a felső aleuritos homokos sorozat alapvetően lencsés települési rendszere alatt, 4-5 méter mélységben már regionális vízzáró réteg jelenik meg (egykori ártéri képződmény), amely alá terület DK-i részén óholocén folyóvízi homok települ.**

A MOL Rt Szegedi Bányászati Üzeme rendelkezésünkre bocsátotta a vizsgált területet harántolt **23 db talajvíz megfigyelésre készített sekély, 8-10 m mély fúrás** dokumentációját. A „*Környezetszennyezések modellezése és szimulációja...*” (T035121 ny. sz.) OTKA pályázathoz kapcsolódva ez a mennyiség **kiegészült pontsűrítés céljából 16 darab, 5-7 m-es fúrással**. Ez a kiképzett megfigyelő kút rendszer adta azt a **monitoring hálót**, amely talajvízszint adatainak tér és időbeli változását hasonlítottuk össze a kisléptékű szedimentológiai heterogenitással. Mivel az övzátóny üledékföldtani jellegzetességei a fúrások rétegsorai és a Alföld Térképezés térképlapjai alapján az irodalmi ismeretekhez képest újat nem adtak, a további vizsgálatokat a monitoring rendszer rendszeres havi talajvízszint adatai alapján, a talajvízjárás és szedimentológia kapcsolatának 3D geostatistikai elemzésére irányítottuk.

2002. -- 2003.év

1. 3D szedimentológiai modellépítés

A rendelkezésre bocsátott fúrási jegyzőkönyvek alapján megtörtént a terület 10 méter feletti rétegsorának 3D geológiai modellépítése

2. A sztochasztikus szimuláció előkészítése

2.1. Szoftverfejlesztés, paraméterezés

- Megtörtént a kereskedelmi **GSLIB geostatistikai szoftver rendszer eljárásainak tesztelése és szoftveres illesztése a 3D modellező rendszerhez**
- **Eljárást dolgoztunk ki a clusteres információs pontok alapján történő térképezésre**. Ez a térben csoportosuló adatpontok súlyozott bontását jelenti. Az eljárás 3D csoportbontó súlyokat alakít ki olyan esetekben, amikor az adatpontok a nagy vagy kis adat-értékű területeken csoportosulnak.
- Megtörtént a **talajvízjárás sztochasztikus szimulációs „térképezését” legjobban segítő szimulációs rutin kiválasztása (Szekvenciális Gaussi Szimuláció) és alap paraméterezésének körvonalazása. Az eljárás alkalmazásának feltételei a következők voltak: (a) a normálérték transzformáció elvégzése a szimulációs rutin végrehajtása előtt szükséges; (b) a konvergencia biztosításához legalább 300 realizáció képzése kell; (c) a szimuláció során nem az adatponti variogram, hanem az adat-**

eloszlás reprodukálását kell megoldani; **(d)** a krigelési eljárás a simple kriging legyen helyileg változó átlag figyelembevételével.

2.2. A talajvízjárás sztochasztikus szimulációja

- A OTKA pályázathoz kapcsolódóan a kutakban 2002 január óta havonta regisztrált **talajvízszintek sztochasztikus szimulációi elkészültek 2003 december hónapig bezárólag.**
- **Eredmények:**
 - Bizonyítható volt, hogy **a talajvízszintek laterálisan igen jól kapcsolhatók az üledékföldtani felépítéshez.** Ugyanakkor ez a kapcsolat hagyományos térképezési eljárással egyáltalán nem mutatható ki, sőt az adatpontok csoportos elhelyezkedése miatt teljesen értelmezhetetlen térképeket lehet **kapni.** A talajvíz szint magasságkülönbsége által prognosztizálható áramlási irányok megfelelő összhangban vannak a zátonytest vizsgált vastagságának üledékföldtani heterogenitásával.
 - **A talajvízszint időbeli változásának területi differenciái általában összekapcsolhatók voltak a zátonytest vertikális heterogenitásával.** Nevezetesen a **homokosabb kifejlődésekben (a scroll bar képződmények környezetében) az időbeli változás sokkal kifejezettebb volt.**

2004.év

1. Adatgyűjtés, rendszerezés

A korábbi években mélyített 16 db saját kivitelezésű és a MOL Rt Bányászati Üzeme által rendelkezésünkre bocsátott 23 db kút talajvízszintjeinek havi rendszeres regisztrálása tovább folytatódott.

2. A szedimentológiai heterogenitás azonosított léptékei

- Elméleti megfontolások után **bizonyítottuk véljük,** hogy az övzátony testekben a szedimentológiai jellegzetességek laterális heterogenitása alapvetően két nagy léptékben nyilvánul meg: (1) **néhány métertől néhány száz tíz (esetleg 100 méteres) léptékben** és (2) **néhány száz 100 métertől néhány kilométerig terjedő léptékben.** Az (1) változékonyság elemi egysége az üledékszerkezeti jegy nagysága, a (2) elemi egysége a medereltolódások során kialakult akkréciós felszín. **E két lépték heterogenitási viszonyait elvárhatóan reprodukálnia kell a talajvízszint térképnek is.**
- **Elméletileg beláttuk** és a 36 hónap adatsorai alapján, a tapasztalat alapján igazolni látjuk, hogy **a hagyományos grid-készítő eljárások e két léptékből legfeljebb a (2) reprodukálására alkalmasak.** A **lokális kisléptékű heterogenitás feltárása a választott szekvenciális gaussi szimulációval** – ha nem is kizárólagosan – megtehető.
- Elméletileg bizonyítottuk látjuk, hogy **a szimulációs realizációk sorozatának várható értéke az a legjellemzőbb térbeli eloszlás lesz, amely a kisléptékű heterogenitást a leginkább megjeleníti.** Az egyes realizációk különbsége a **talajvízszint leképezhetőségének bizonytalanságát fejezi ki.**

- **Bebizonyítottuk, hogy ez a bizonytalanság független attól, hogy milyen „pontos” (megbízható) az egyes kutakban levő vízszint leolvasása. Ez a bizonytalanság csak attól függ, hogy a kisléptékű változásokra képes hidrológiai paraméterek mennyire homogének az adott területen, és hogy ezt a „homogenitást” (heterogenitást) mennyire lehet modellezni a rendelkezésre álló kutak geometriai rendszerével.**
- **A talajvízszint variogram modelljei mind a 36 hónap esetében három szerkezeti léptékhez kötődő térbeli folytonosságot bizonyítottak. A nagyobbik majdnem megegyezett az övzátony hosszával, a középső ennek kb. 75%-a, míg a legkisebb 200-300 m közötti volt. Elméleti megfontolások alapján az első a zátony méretéből, a másodikat a meder-kanyarulat csapásából, a harmadik a talajvizet tartalmazó üledékek szedimentológiai heterogenitásából származtatható. Ez utóbbi tehát az a heterogenitási tartomány, amelyet kerestünk.**

3. A talajvízjárás sztochasztikus szimulációja

- **A kutakban 2002 január óta havonta regisztrált talajvízszintek sztochasztikus szimulációi elkészültek 2004 december hónapig bezárólag.**
- **Bizonyított megállapítások:**
 - **A talajvízszintek laterálisan igen jól kapcsolhatók az üledékföldtani felépítéshez. A talajvízszint területileg szignifikáns (2-2.5 m-es) magasságkülönbséget mutat a zátony azon sávjában, melyben az üledékföldtani heterogenitás alapján eltemetett medret lehetett valószínűsíteni.**
 - **A nyári időszakokban erről a hátról „lecsorgó” víztömeg hatására a nem-meder jellegű (aleuritos) zátonytest részekén a talajvízszint megnőtt akkor is, amikor a szomszédos Tisza nagyon kis vízállású volt. Ennek a „feltöltésnek” térbeli különbsége teljesen bizonyított.**
 - **A fenti „tapasztalati” vízmozgás teljes egyezést mutatott a talajvízszint szimulációs realizációinak várható értékéből számolt Laplace-deriváltak (pontosabban második differenciák) vektoraival. Ily módon minden hónapra elkészíthetők voltak a potenciális „áramlási irányok” térképei.**
 - **Ezek egymás utáni sorozata alapján, pedig a vízmozgás térbeli terjedésének mértéke (bizonyos távolság megtételéhez szükséges idő) közvetve számolható volt. Ennek során megállapítottuk, hogy a talajvíz „szétáramlása” helyenként elérheti a 4-5 m/nap értéket is.**
 - **Megjeleníthetők voltak azok a területek, ahol a talajvízmozgásban egyfajta gyűjtőhatás érvényesül. Ezek azok a felszín alatti „erek”, amelyek kialakulása szintén az üledék kisléptékű heterogenitásának eredménye.**
 - **A fentiek alapján megállapítható volt, hogy a talajvízszint időbeli változásának területi differenciái hogyan függnek össze a zátonytest vertikális heterogenitásával.**

2005. -- 2006.év:

A MOL bányatelken levő algyői övzátony kutatásának folytatása

A zátonytestben talajvízszint kisléptékű szimuláció során a krigelés és szekvenciális gaussi szimuláció nem összehangzó eredményeket adott. A szedimentológiai

heterogenitási viszonyokat a krigelés alig, ám a sztochasztikus szimuláció szinte teljes egészében visszaadta.

Így a 2005. évi vizsgálatok az alábbi irányokban folytatódtak:

- (1) A **másodlagos mintázás** során a **ki lehet-e alakítani olyan mintázási stratégiát, amely a korábbi krigelési eredményekre támaszkodva képes azokat javítani** és ezáltal biztosítani a szedimentológiai eredményekkel való összhangot.
- (2) A **másodlagos mintázási stratégiák** a sztochasztikus szimulációs eredményekre támaszkodva **képesek-e olyan mintázási pontokat megadni, amelyek a hidraulikus gradienst alapvetően befolyásoló extrém vízsintű helyeket tovább pontosítják.**
- (3) **Milyen elméleti kapcsolat van a sztochasztikus szimulációs realizációk növekvő sorozatából készült várható érték típusú becslés és a krigelési felület között.**
- (4) A vizsgált övzátóny alapvető folytonossági viszonyainak aránya (hatásterületi ellipszis) alkalmazható-e fosszilis övzátónyok vizsgálatában. Azaz a jelenkori analógia modell szinten átvihető-e idősebb képződményekre.

Eredmények:

1. A másodlagos mintázási stratégiák eredményei a krigelés és a sztochasztikus szimulációs eredmények alapján.

Ennek során az alábbi másodlagos mintázási stratégiák „érzékenység” vizsgálata történt:

- (a) *Adaptive cluster sampling;*
- (b) *Adaptive fill desing;*
- (c) *High value design;*
- (d) *Highest prior desing;*
- (e) *Area of concern boundary design;*
- (f) *LISA sample design.*

Eredmények:

- Az **(a) változat** csak a sztochasztikus szimulációk alapján ad megfelelő eredményeket.
- A **(b) változat** a térbeli folytonosság mértékétől és jellegétől teljesen független. Alkalmazásával csak az információ mennyisége növelhető minőségi javulás nélkül.
- A **(c) és (d) változatok** szintén csak a sztochasztikus szimulációk eredményeire alkalmazva adnak megfelelő eredményt.
- Az **(e) és (f) megközelítések** alapulnak a legszigorúbban a geostatistikai modellezés eredményein. Ebből következően a sztochasztikus szimuláció eredményei alapján mindkettő kitűnő tovább-mintázási lehetőségeket mutat. A krigelési eredményeket ugyanakkor ezek sem tudják a sztochasztikus eredmények felé irányítani.
- A tapasztalatok végül is azt mutatták, hogy **a nagyléptékű tendenciákat mutató krigelési eredmények semmilyen további mintázási eljárással nem tehetőek alkalmassá a zátonytest kis és közepes léptékű heterogenitásának leírására alkalmassá.**

A vizsgálatok az Institute of Environmental Modelling (Tennessee Egyetem) által kifejlesztett **SADA** (Spatial Analysis and Decision Assistance) szoftverrel történtek.

2. A másodlagos mintázási stratégiák eredményei a hidraulikus gradienst alapvetően befolyásoló extrém vízszintű helyeket tovább pontosításában.

A vizsgálat hat másodlagos mintázási stratégia közül az „Area of concern boundary design” és a „LISA sample design” képes a célban megjelölt új információkat szolgáltatni. Ezek alkalmazása tehát kifejezetten javasolható a gyakorlati feladatok megoldásában.

3. A sztochasztikus szimulációs realizációk növekvő sorozatából készült várható érték típusú becslés és a krigelési felület közötti elméleti kapcsolat.

A vizsgálat során szekvenciális gaussi szimuláció 1000 realizációját és a krigeléssel kapott felületet vizsgáltuk. A variogram modell mind a szimuláció, mind a krigelés esetében azonos volt. Ennek kapcsán **bebizonyítottuk**, hogy

(a) a növekvő számú realizációból számolt várható érték típusú becslések sorozata olyan felületeket ad, amelyek területi átlagban konvergensek és határértékük konfidencia sávja a krigelt felület átlagát is tartalmazza;

(b) a konvergencia sebessége a zátonynövekedésének különböző időszakában, az egyes akkréciós felületek közötti zónákban, más és más. Következésképpen a zátonytest heterogenitása alapvetően abban nyilvánul meg, hogy az egyes akkréciós zónák más és más információ stabilitást jelentenek. Pontosan ez az a tény, amely miatt a krigelés nem képes a szedimentológiai változékonyságot visszaadni.

4. A vizsgált övzátony alapvető folytonossági viszonyainak aránya (hatásterületi ellipszis) alkalmazható-e fosszilis övzátonyok vizsgálatában. Azaz a jelenkori analógia modell szinten átvihető-e idősebb képződményekre.

A 3.pont a kialakított modell statisztikai és analitikai szignifikanciáját vizsgát vizsgálta. Ebben problémakörben a modell szedimentológiai kiterjeszhetősége volt a kérdés. Ennek érdekében **egy a pannóniai (s.l.) Algyó-delta egyik üledékritmusának kőzettestét vizsgáltuk**. A karotázs szelvényalak elemzések és a szórványos magminták alapján a kőzettest övzátony és kapcsolódó meder-rendszerek üledékes környezetét tartalmazza. **A recens övzátony kvantitatív heterogenitási modellje alapján a pannóniai kőzettest porozitás értékei szinte egyértelműen megmutatták mind az övzátony, mind a meder geometriáját.**

5. A vizsgált övzátony modellezési eredményeinek térinformatikai rendszerbe foglalása és alkalmazása a korróziós eredetű vezetéklyukadások térbeli előfordulásának vizsgálatában, támogatva ezzel a környezeti károk megelőzését célzó munkálatokat.

Miután a kialakított monitoring rendszer kizárólag a talajvízszint mérésére irányult, nem kívántunk komplex hidrológiai, vagy szennyezés terjedési elemzésekbe bocsátkozni. Ugyanakkor kiderült, hogy **a sztochasztikus szimulációval előállított talajvízszint felületek térinformatikai analízisével a szennyezés modellek bizonyos meghatározó paramétereit, mint pl. az áramlás iránya, az áramlás sebessége kijelölni, ill. becsülni lehet, ezáltal a módszer alkalmas lehet a szennyezés modellek tesztelésére is.**

Néhány külső tényezőt, mint pl. a csapadék eloszlását (havi csapadékösszegek, Időjárási napi jelentésekből, OMSZ), illetve a Tisza folyó vízállásait (napi adatok a szegedi vízmércére, VITUKI, Hydroinfo) kigyűjtöttük és elemeztük.

Eredmények:

- Általában a tavaszi időszak végére felépült egy jellegzetes talajvízszint felület, melyet legjobban egy DNY-ÉK-i irányú „háttal” és ettől észak-és délkeletre egy-egy „völgygel” jellemezhetünk. A szintkülönbség a metszet legmagasabb és legmélyebb pontja között meghaladja a 3 métert.
- A „hátság” kialakulásának oka egy egykori folyókanyarulat maradványa. Az „U” alakú meder K-i szarát a Tisza később laterális eróziójával elroncsolta. Ez a meder uralja a mintaterület középső részét, és itt történhet meg a csapadék, illetve hóolvadáskor az olvadékvíz beszivárgása, illetve az eltemetett üledékekben a talajvíz horizontális áramlása.
- A környezetéhez képest magasabb abszolút magasságú talajvízszint kialakulásának másik oka, hogy a térszín ezen a területen 1- 1,5 m-rel magasabb, mint a vizsgált terület egyéb részein. Emiatt mérhetünk a terület ezen részén magasabb abszolút magasságú talajvízszintet. Innen a későbbiekben a talajvíz szétáramlása történik északra és délre, fokozatosan kitöltve a korábban alacsonyabb talajvízszintű területeket.
- A nyári hónapok során a szintkülönbségek fokozatosan csökkennek, kb. 2 m-re, de továbbra is ez a központi terület rendelkezik a legmagasabb abszolút magasságú talajvízszinttel. A talajvízszint felület inkább egy közepesen feldomborodó lencséhez hasonlítható. Általában júniusra az északi és a déli alacsonyabb abszolút magasságú talajvízszintjei kb. 1,5 m-rel emelkednek, ami nem magyarázható másképp mint, hogy a központi területről jelentős víztömegek áramlottak ezekbe a „völgyekbe”, „feltöltve” azokat.
- A talajvízfelszínekből elkészíthetők, a felszíni domborzathoz hasonlóan, a „lefolyási irányok” térképei, melyek itt úgy értelmezhetők, hogy a talajvíz áramlása ebben az irányban történhet az adott időszakban. Természetesen itt nem dinamikus modell készítéséről van szó, a térbeli terjedés mértéke (bizonyos távolság megtételéhez szükséges idő meghatározása vagy fordítva) közvetve mégis megadható. Ezáltal a dinamikus modellekhez szükséges olyan paraméter, mint pl. a porozitás térbeli változékonysága becsülhető a felületmodellek segítségével.
- Az áramlási irány térképeit elemezve az is nyilvánvaló vált, hogy a változó felületek változó áramlási irányokat generálnak.
- A vezetékllyukadás előfordulás kockázatbecslésekor a talajvízszint aktuális szintjével becsülhetjük a bekövetkezés valószínűségét. A lyukadás statisztikák alapján megmondható lesz, hogy milyen talajvízszintek esetében fordulnak elő leggyakrabban a lyukadások. Nyilvánvaló, hogy a csővezeték mélységével egyenlő, vagy a kapilláris vízemelést figyelembe véve annál kissé alacsonyabb talajvízszintek esetén is, az agresszív talajvíz korróziós lyukadást okozhat. Ezért mindenféleképpen tanulmányozni kell a változó relatív talajvízszint térképeit.
- A talajvíz szintje kritikus esetekben rendkívül magas lehet, egyes talajvíz kutak pozitív kutakká válhatnak. A 2005. márciusában megfigyeltek szerint a mintaterület DK-i részén belvízfoltok kialakulásával is számolni kell, amelyek az egykori kanyarulat övzatonysorait követik.
- A talajvíz áramlási irányai, a gradiensek nagysága az esetleges szennyezések terjedési karakterisztikáját befolyásolja. A talajvízfelszínen úszó olajszenyezés nagyobb gradiens esetén messzebbre juthat, a szennyezés nagyobb területet érinthet. Ezért a

talajvízszint vizsgálat révén nemcsak a bekövetkezési valószínűség számításához járulhat hozzá fenti vizsgálat, hanem a lyukadás idejére megszerkesztett gradienstérképpel támogatható a lyukadás hatásainak becslése, a szennyezett terület lehatárolása is.