Doktori (PhD) értekezés tézisei

A Duna negyedidőszaki hordalékkúpjának földtani modellje és fejlődéstörténeti rekonstrukciója paleoklimatológiai és karotázskorrelációs vizsgálatok alapján

Fogarassy-Pummer Tímea

Témavezető: Dr. Püspöki Zoltán

DEBRECENI EGYETEM

Földtudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2026

Bevezetés és célkitűzés

Ivó- és öntözővíz készleteink mennyiségi és minőségi védelme alapvető nemzeti érdek. A geopolitikai változásoktól, ill. a természeti és ipari katasztrófáktól leginkább védett felszín alatti vízkészletre immár több tízezer termelő kút települ. E kutak egymásra hatásának vizsgálata, ill. a növekvő intenzitású területhasználatból adódó lehetséges szennyeződések felszín alatti nyomon követése megköveteli a befogadó tér pontos ismeretét. Az Alföld negyedidőszaki folyóvízi üledéksorának nagy felbontású vizsgálata éppen ezért a hazai vízföldtani értékelések egyik alapfeltétele.

A Duna–Tisza-köze területére vonatkozó vízföldtani modellezések (1) kellően nagy felbontású rétegtani tagolás és (2) az üledékképződési környezetek azonosítására alkalmas mélyfúrás geofizikai adatrendszer hiányában kényszerűen egyszerű földtani alappal számolnak. A doktori kutatás keretei között (i) a rétegtani beosztást 8 darab mintegy 400–1500 m mély „MÁFI alapfúrás" (Rónai 1985) paleoklimatológiai vizsgálatával alapoztuk meg, míg (ii) a rétegsorok térképezéséhez 593 mélyfúrás felhasználásával készítettünk karotázs korrelációs szelvényhálót (cf. Urbancsek 1977 mellékletei) a termelőkutak adatait (karotázs, litológia, szűrőrakatok) tartalmazó numerikus adatbázis alapján.

Az elsődleges cél a későbbi vízföldtani modellezések földtani megalapozása volt konkrét felületekkel és egységesen jellemzett rétegekkel. A mágneses szuszceptibilitás mérések a kapcsolódó geokronológiai megállapítások alapjául szolgáltak.

Anyag és módszer

I. – Paleoklimatológia

Az alapfúrások laboratóriumi mágneses szuszceptibilitás mérésekre alapozott paleoklimatológiai vizsgálata (mintavételi távolság 0,5-1,0 m) a közelmúltban új értelmezési keretet kapott (Püspöki et al. 2016). Eszerint a negyedkor glaciális időszakaiban a hegyvidéki területek alapkőzeteinek ásványai fagyaprózódás révén kiszabadulnak a kőzetből, s a hegyvidéki permafrosztban konzerválódnak. A permafrosztok kiolvadásakor e magnetitet is tartalmazó éretlen törmelék a folyóhordalékba kerülve gyorsan lejut a medencébe, átmenetileg extrém módon megnövelve a hordalék mágneses szuszceptibilitását[1]. Az interglaciálisokban a lehordási terület talajosodásának előrehaladtával, a magnetit kémiai mállása rövid idő alatt (100–1000 év) bekövetkezik, ami a folyóhordalék mágneses szuszceptibilitásának gyors csökkenéséhez vezet. E klímaciklusonként ismétlődő jelenségre alapozva a pleisztocén üledéksor megbízhatóan tagolható, sőt elválasztható a hasonló litológiájú idősebb képződményektől (Püspöki et al. 2020).

Erre az értelmezésre alapozva végeztük el a Duna–Tisza-köze és Makói-árok alapfúrásainak (Kunadacs, Kerekegyháza, Kecskemét, Nyárlőrinc, Csongrád, Mindszent, Jánoshalma, Tiszainoka) rétegtani vizsgálatát (mintaszám 4959 db) és párhuzamosítását a globális mélytengeri oxigénizotóp adatsorokkal (Püspöki et al. 2021a, b). Ezzel lehetővé vált a negyedidőszaki folyóvízi rétegsor felosztása 8 paleoklimatológiailag definiált ún. „mágneses szuszceptibilitás

---

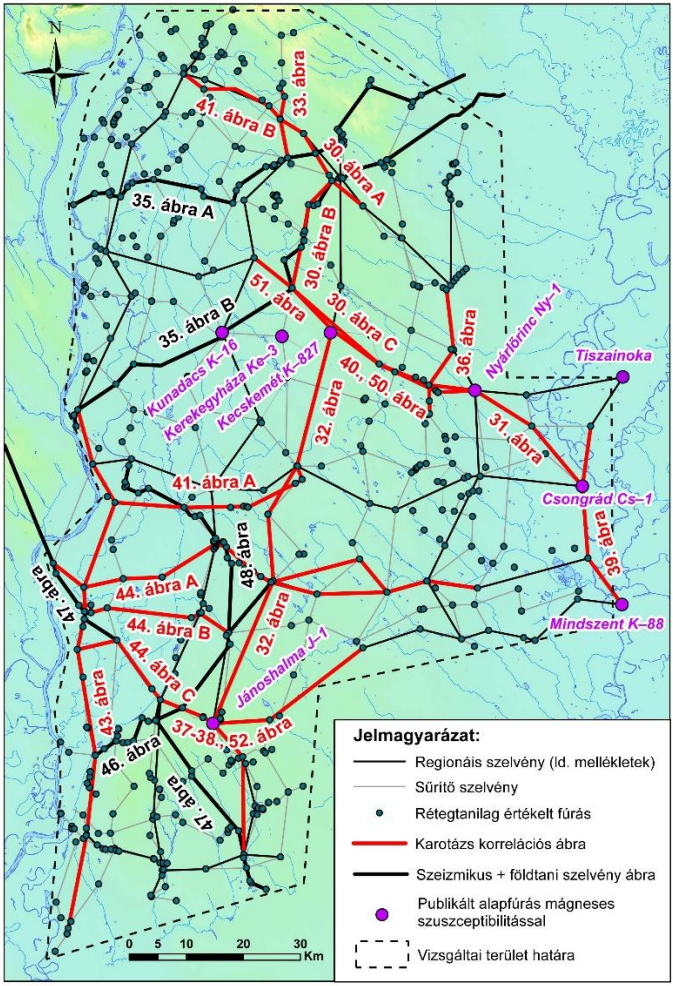
1 A magnetit a természetben előforduló leggyakoribb jelentősen mágneses ásványfajta, melynek mágneses szuszceptibilitása *nagyságrendekkel* haladja meg a sorban utána következő ásványok (pl. hematit, ilmenit) mágneses szuszceptibilitás értékét

ciklusra”, szemben a korábbi legfeljebb 2–3, sok esetben egyetlen réteghez képest. A medencebelsőt képviselő Makói-árok (Mindszent) mágneses szuszceptibilitáson alapuló rétegtani beosztását újabban aminosav-sztratigráfiai vizsgálatok is megerősítették (Nelson et al. 2024).

II. – Rétegsorok korrelációi

A digitális adatbázis fejlesztése során rétegenként rögzítjük a vízföldtani naplók szöveges földtani leírását (litológia, szín, karbonát tartalom), a szűrőzött szakaszok mélységközeit és 10 cm-es lépésközönként a releváns, értsd porozitás, agyagtartalom ill. szemcseméret függő, melyfúrási geofizikai görbék (spontán potenciál, ellenállás, természetes gamma, esetenként sűrűség és neutron porozitás) numerikus értékeit. A Duna-Tisza köze területén így feldolgozott fúrások száma 1290.

A doktori kutatásban a karotázs korrelációs vizsgálatra történő kiválasztáskor elsőbbséget élveznek a negyedidőszaki rétegsort teljesen vagy közel teljesen harántoló, a nyitott szakaszban teljes hosszon, legalább két megbízható mérési adatsorral reprezentált fúrások. A regionális áttekintést biztosító szelvények által összekötött fúrások száma 81 db. Ennek az adatsűrűségnek előnye, hogy az egész területre áttekintő képet ad, s a szelvénykereszteződések egységes értelmezése kezelhető számú ponton végezhető el. Ebben a felbontásban készült el a területet lefedő és az üledékföldtani viszonyok bemutatására alkalmas 11 áttekintő korrelációs szelvény (5 É–D, 6 K–Ny irányban) (**1. ábra**).



1. ábra: A vizsgálati területen kialakított karotázs korrelációs szelvényháló (az ábraszámozás a disszertáció ábráira utal)

Az áttekintő korrelációs szelvényekkel közel párhuzamosan, azok mentén és azok között ún. sűrítő szelvények készültek. Ezek „felfűznek” minden a szelvényirány közelébe eső kellő mélységű és megbízhatóan szelvényezett mélyfúrást. A sűrítő szelvények révén az értelmezett fúrások száma 513-ra emelkedett. A nagy fúrássűrűséggel jellemezhető vízbázisok területén, ill. az áttekintő és sűrítő szelvények között „visszamaradt”, így az értelmezésből első lépésben kimaradt területrészek kútjainak értelmezéséhez lokális szelvények készültek. Ezzel további 80 fúrás értelmezése vált lehetővé.

Az így elkészült korrelációs szelvényháló segítségével összesen 81+432+80=593 fúrás értelmezése készült el, ami lehetővé tette az értelmezett üledékföldtani egységek 3D modellezését. Ez az adatbázisban a területre eső 1290 fúrás közel fele (46 %), ami a korábbi szisztematikus feldolgozáshoz képest (Urbancsek 1977) nagyságrendi adattartalom növekedést (66 vs. 593) jelent.

III: 3D modellezés

Az azonosított réteghatárok települési mélységét fúrásonként meghatároztuk (593*11=6523 adatpont), az így készült rétegtani adattáblát 3D modellezési környezetek (Jewel, Surfer, Modflow, Feflow) által importálható formára hoztuk.

A korrelációs szelvények eredményeinek térbeli értékeléséhez az SZTFH – Földtani Szolgálat szilárd kőzetváz modellezési gyakorlatában meghonosodott Jewel SuiteTM Subsurface

Modeling[1] (Baker Hughes – a GE Company) környezetben hoztunk létre az egész területre kiterjedő 3D modellt.

A 3D modellezés bemeneti adatait két .txt fájl képezi. Az elsőben találhatók a fúrások metaadatai (név, koordináták), a másodikban az azonosított rétegtani egységek megnevezése, tető és talppontja, számított vastagsága. A program segítségével minden felületet külön vizsgáltunk. A negyedidőszak fejlődéstörténeti rekonstrukciója során meghatározott felületeket külön térképeken jelenítettük meg.

Tézisek és következtetések

Az negyedidőszkai rétegsor bázisának térképezése, a pre-kvarter képződmények elkülönítése

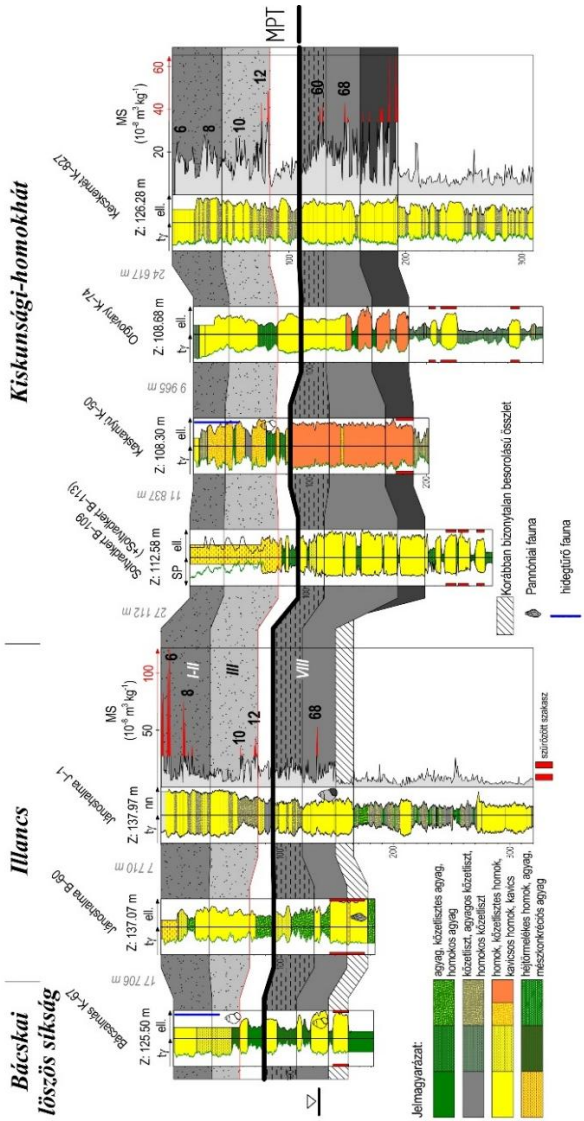
1. *Tézis*: a) A mágneses szuszceptibilitás adatok birtokában a Duna–Tisza-köze területén a pliocén és pleisztocén képződmények nagy pontossággal és megbízhatóan elkülöníthetők, mivel a prekvarter homokrétegekben hiányoznak a negyedidőszak kora-posztglaciális mágneses szuszceptibilitás maximumai. b) A negyedidőszaki rétegsort kettéosztó korrelációs felület kora a MIS 36-al (~1200 ezer év), kialakulása a pleisztocén közepi fokozatos lehűléssel (**M**id **P**leistocene **T**ransition) hozható összefüggésbe (MPT felület), ami hatott a Duna a hordalékszállító képességére, a szállított hordalék mennyiségére, s ezzel a mederfejlődés alakulására.

A gyakran hasonló megjelenésű kvarter és pre-kvarter képződmények szétválasztását a mágneses szuszceptibilitás és

[1] https://www.bakerhughes.com

fauna adatok együttes értékelése lehetővé tette. Sok esetben (pl. Nyárlőrinc, Csongrád térsége) több 100 m vastag faunamentes folyóvízi szakaszon belül kellett határt vonni, de olyan eset is előfordult, ahol faunadatok jelenléte mellett is probléma a Pleisztocén elválasztása.

Utóbbira példa Jánoshalma–Bácsalmás–Kecskemét térsége (2. ábra), ahol a 120–170 m között települő homoktest a Jánoshalma B–60 fúrásból 160,00–162,50 méterközből előkerült fauna alapján pannon (határozta Széles M.), Jánoshalma alapfúrás 150,4–152,4 m-éből előkerült fauna alapján pedig pleisztocén (határozta: Krolopp E.). A mágneses szuszceptibilitás adatok a vitát megbízhatóan eldöntötték. A Jánoshalma J–1 alapfúrásban a kérdéses homokréteg 150 méterétől lefelé a szuszceptibilitás teljesen megváltozik. A homokréteg alsó 10 m-e, a karotázs képet illetően teljesen hasonló a fölötte települő homokréteghez, viszont nem jelennek meg benne a negyedidőszak kora-posztglaciális szuszceptibilitás maximumai. Ez alapján a Jánoshalma–Bácsalmás térségében a 120–170 m között települő üledékes összletet homokos pannóniai és rá közvetlenül települő homokos alsó pleisztocén rétegek alkotják, diszkordanciát rejtve. A Jánoshalmától észak felé Soltvadkert–Kaskantyú irányában kivastagodó, a 120 métertől egészen 190 m mélységig terjedő homoktest a Kecskeméti alapfúrás szuszceptibilitás adatsorát figyelembe véve viszont már teljes egészében alsó pleisztocén, amely a Bácsalmás–Jánoshalma térségében megtalálható pannóniai szintet erodálta.



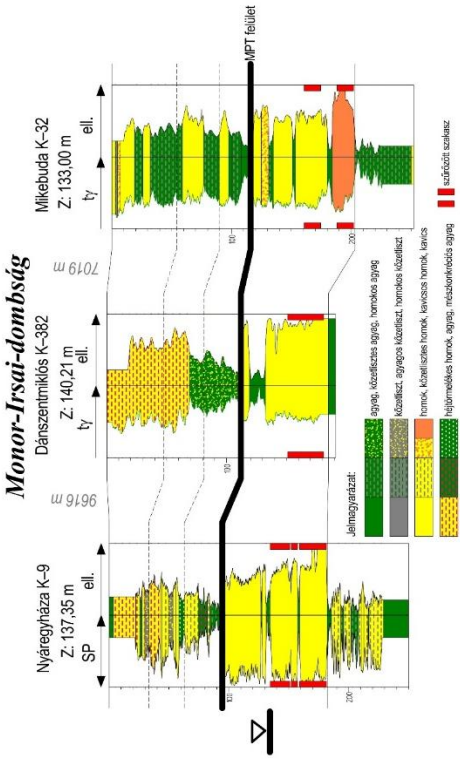
2. ábra: Példa a kvarter és pre-kvarter képződmények szétválasztására Jánoshalma–Bácsalmás–Kecskemét térségében

A negyedidőszaki rétegsor általános felosztása

A vízkutató fúrások negyedidőszaki részének karotázs szelvényein jól azonosítható, regionálisan térképezhető egy felület, amely elválasztja a pleisztocén összlet alsó részét képező, uralkodóan homokos összletet a fölötte települő, finomszemű ártéri üledékeket és homok betelepüléseket egyaránt tartalmazó kifejlődéstől (3. ábra). Ez a kutatási terület legfontosabb, elsődleges korrelációs felszíne. Teljes kifejlődés esetén jellemzően 100–200 m mélységben található.

Az elsődleges korrelációs felszín alatt megjelenő homokrétegek vastagsága eléri vagy meghaladja a 10 métert. A homokrétegek között legfeljebb csak vékony finomszemű betelepülések találhatók (pl. Nyáregyháza K–9, Mikebuda K–32), de ezek gyakran teljesen hiányozhatnak, ilyenkor 60–100 m monoton durvaszemű homok sorozat jelentkezik a geofizikai szelvényeken (pl. Dánszentmiklós K–382). A felület fölött ezzel szemben a homokrétegek vastagsága rendszerint 5 m alatt marad, sok esetben a 2 m-t sem éri el, s e vékony homokrétegek kőzetlisztes–agyagos finomszemű üledékbe ágyazva jelennek meg. Jellemzője ennek a szakasznak a fölfelé összességében durvuló szemcseméret, ami a mérési körülményektől függően (vontatási sebesség, érzékenység) jelentkezhet az ellenállás értékek fokozatos eltolódásában (pl. Dánszentmiklós K–382), de a betelepülő homokrétegek ellenállás maximumainak egyre nagyobb értékében is (pl. Nyáregyháza K–9). A fölfelé durvuló jelleget megszakíthatják vastagabb homok betelepülések (pl. Mikebuda K–32). A Pesti-síkságtól dél, délkelet felé távolodva a fölfelé durvuló jelleg mértéke csökken, ami azonban nem a homok betelepülések eltűnéséből vagy megvastagodásából, hanem a vékony homokrétegek ellenállás maximumainak közel azonos értékéből adódik.

Az elsődleges korrelációs felszín Mindszent K–88 fúrásban 295 m-ben található, s az aminosav sztratigráfiai vizsgálatok által is megerősített szuszceptibilitás vizsgálatok alapján MIS (=Marine Isotope Stage) 36-al (~1,2 millió év) korrelálható felület (Püspöki et al. 2021a, b). Ez alapján időben egybeesik a pleisztocén közepi fokozatos lehűlés (Mid Pleistocene Transition – Gibbard és Levin 2009) kezdetével. Erre való utalásként a felületet MPT felületnek neveztük el.



3. ábra: A negyedidőszaki rétegsorának általános megjelenése mélyfúrási geofizikai szelvényeken

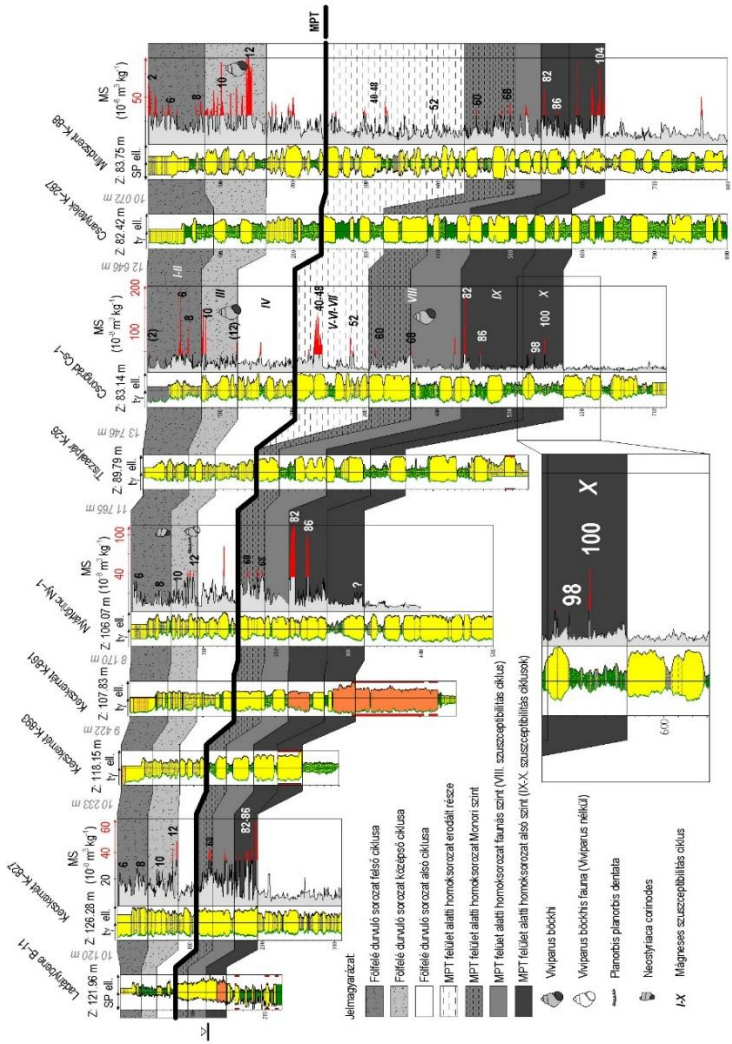
Az MPT felület alatti homok összlet tagolása, kora, elterjedése és őskörnyezeti értelmezése

2. *Tézis*: Az MPT felület alatti folyóvízi összlet – ellentétben a korábbi szerkezeti értelmezésekkel – völgykitöltő üledéksor, amely intenzív laterális erózióval vagy fonatos mederfejlődéssel jellemezhető, amely a Makói-árok irányában medencebeli hordalékkúppal kapcsolódhatott. Az összlet 30 m vastag felső része a völgykitöltő összlet fölött túlterjedően települ.

Az MPT felület alatt található homokos kifejlődés vastagsága a Duna–Tisza-köze nagy részén 100 m-t megközelítő vagy kevéssel meghaladó. Mivel ártéri betelepüléseket alig tartalmaz, a karotázs szelvényeken könnyen azonosítható. A homoksorozat megjelenése azonban a Makói-árok irányában megváltozik. Vastagsága több száz méterre nő, a 10 m vastag homokrétegek között 10 m vagy ennél is vastagabb finomszemű iszapos-agyagos betelepülések jelennek meg (4. ábra).

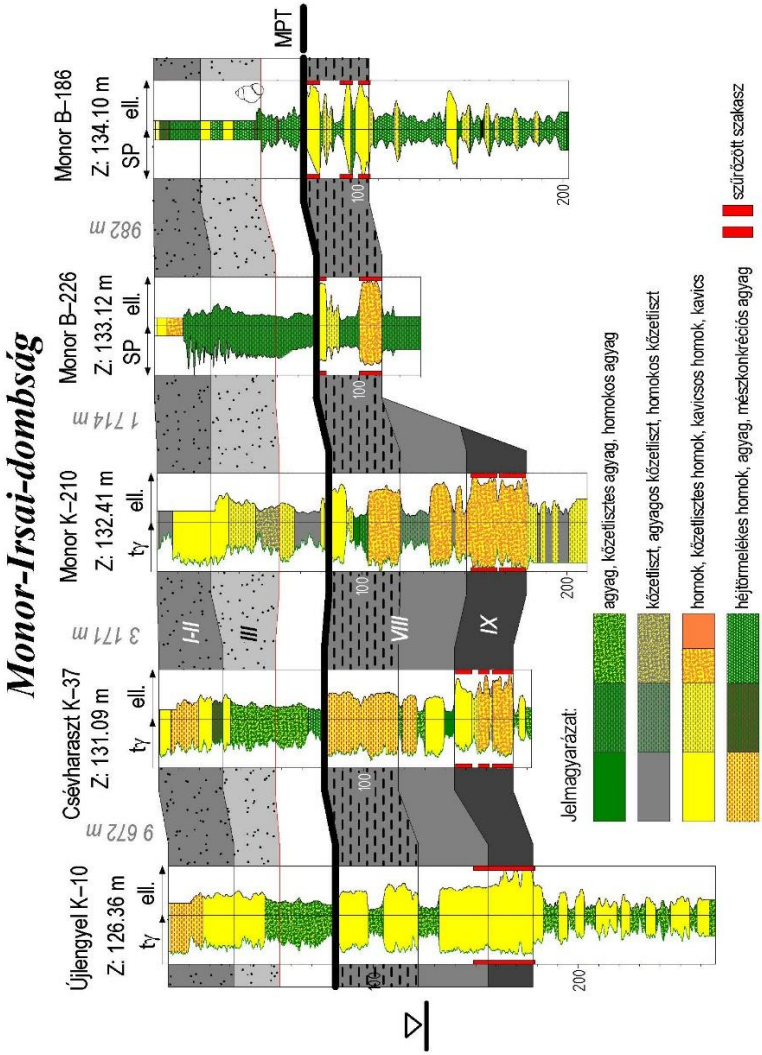
A Makói-árokban 300 m-re kivastagodó rétegsornak a 100 m vastag tagolatlan homokösszlettel való rétegtani korrelációja megint csak a fauna és szuszcetibilitás adatok együttes figyelembevételével oldható meg. Ezen belül is kiemelt jelentősége van a VIII. sz., a *Viviparus böckhi* első előfordulása (FAD Vb) révén paleontológiailag is definiált szuszceptibilitás ciklusnak. Ez alapján volt elvégezhető a Bácsalmás–Jánoshalma–Kecskemét vonalán az előbbiekben bemutatott (2. ábra) szerkezetileg kiemelt helyzetű homoksorozat korrelációja a VIII sz. szuszceptibilitás ciklussal (4. ábra). Mivel a faunával megerősített VIII ciklus (MIS 68–60) nagyobb területen

megtalálható, mint a fölfelé növekvő csúcspárt (MIS 86–82) tartalmazó IX, és a kvarter talpra jellemző nagy értékeket (MIS 100, 104) tartalmazó X. ciklusok ezért utóbbiakat elkülönítve kezeltük. A szuszceptibilitás ciklusok (VIII, IX, X) publikált kora (Püspöki et al. 2021a, b) alapján, a teljes homoksorozat kora MIS 104–60 közötti időintervallumra (~2,6–1,7 millió év) tehető.



4. ábra: A kvarter képződmények elkülönítése és tagolása a Duna–Tisza-köze és a Makói-árok viszonylatában

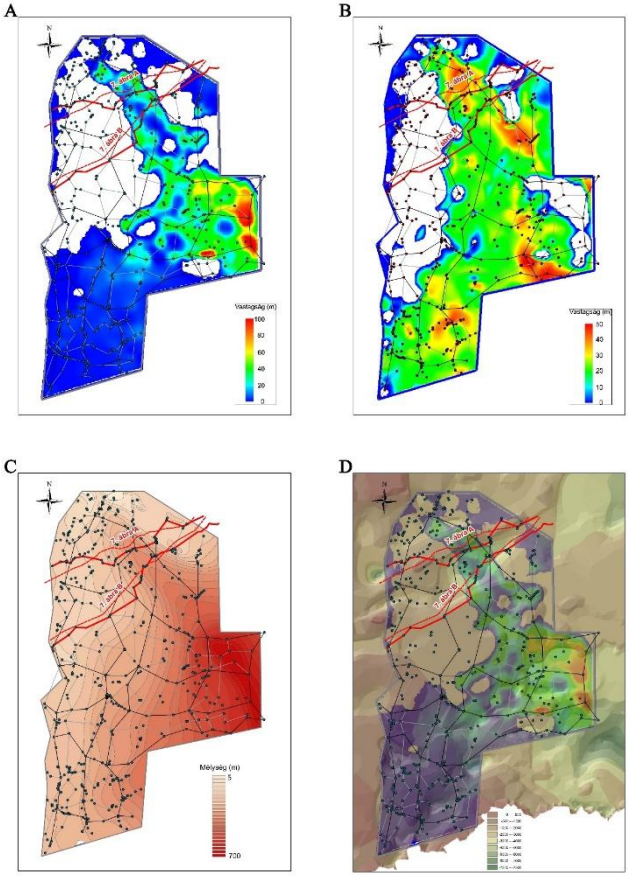
A VIII. szuszceptibilitás ciklus mintegy 30 m vastag felső része ismét túlterjedően települ. Erre a felismerésre a Monor–Pilis környéki vízműkutak rétegsorának vizsgálata vezetett (5. ábra). Az azonosítás és értelmezés szempontjából fontos geofizikai és faunaadatot is tartalmazó típusterületre utalva e túlterjedően települő felső részt „Monori szint” néven különböztettük meg az alatta található sorozattól. Kora a VIII szuszceptibilitás ciklus felső részének feleltethető meg, így a MIS 68–60 közötti időintervallumra (~1,9–1,7 millió év) tehető. A Makói-árok irányában a „Monori szint” fölött és az MPT felület alatt 100 m-t meghaladó vastagságú üledékes összlet található (4. ábra). Kora feltehetően a teljes ~1,7–1,2 millió év időszakot reprezentálja, a terület jelentős részén azonban lepusztult.



5. ábra: Kvarter üledékek túlterjedő települése Monor térségében

A nagy területen jól korrelálható IX szuszceptibilitás ciklus és a Monori szint vastagságtérképeinek ÉNy-DK-i tengelyű vastagság eloszlása (6. ábra A, B) feltűnően hasonlít egyes szerzők (pl. Franyó 1992) kvarter talpmélység térképére (6. ábra C), amit rendszerint szerkezeti árok („Levantei árok" Sümeghy 1950) jelenlétével magyaráztak. E szerkezeti árok lehetőségének vizsgálatára szeizmikus szelvényekkel, ill. az aljzatdomborzattal való összevetést végeztünk. Az itt is bemutatott aljzatdomborzat (6. ábra D) alapján az ÉNy-DK-i csapású süllyedékben található üledékes összlet elterjedése nem szerkezeti árkot követ, hanem lényegében merőleges egy gravitációsan és szeizmikusan egyaránt kimutatható aljzatdomborzati magaslatra. Ez alapján a „Levantei árok" – mint szerkezeti értelmezés – nem nyert megerősítést.

A vastagságtérkép alapján az MPT alatti homok összlet Nyárlőrinc–Lajosmizse térségétől ÉNy-ra egy ÉNy–DK-i tengelyű süllyedéket tölt ki, ami azonban nem szerkezeti árok, hanem feltehetően völgybevágódás. A 10 m vastag, vertikálisan egyveretű homoktestek egy nagy, Duna méretű vízfolyás jelenlétére utalnak (cf. Sümeghy 1950, Miháltz 1953, Molnár 1977). Az ártéri üledékek alárendelt jellege intenzív laterális erózióra vagy fonatos mederképződésre utal. Nyárlőrinc–Lajosmizse térségétől DK-re a Makói-árok irányában az irányítottság megszűnik, a rétegsor kivastagszik és a finomszemű értéri üledékek részaránya megnő. Itt medencebeli hordalékkúp épülésével számolhatunk. A Monori szint vastagságtérképe jelzi, hogy a folyóvízi felhalmozódás idővel a kiemeltebb medenceperemi területrészen is túlterjedt az egykori völgy területén.

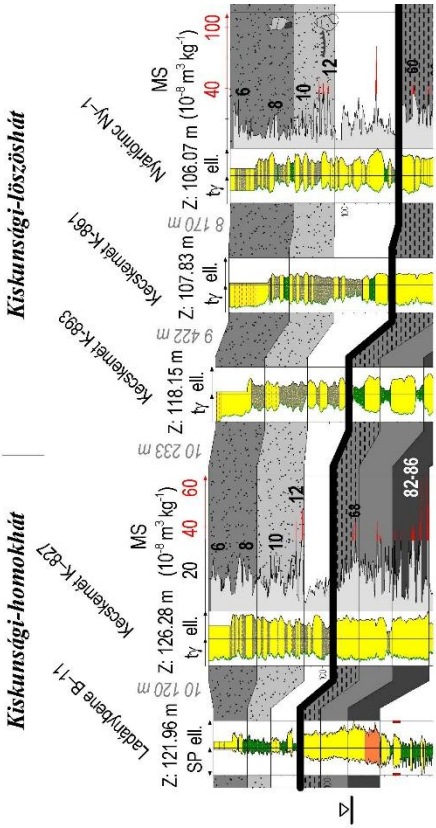


6. ábra: Kvarter üledékes egysége vastagságviszonyai *A) a IX szuszceptibilitás ciklussal korrelált homoksorozat, B) Monori szint, C) kvarter talpmélység térkép (Franyó 1992) D) a IX szuszceptibilitás ciklussal korrelált homoksorozat az aljzatdomborzattal összevetésben (Haas et al. 2012) (A 35. ábra a disszertációban bemutatott ábra)*

Az MPT felület fölötti homoksorozat tagolása, kora, elterjedése

3. *Tézis*: Az MPT felület fölötti finomszemű, fölfelé durvuló üledéksor kis vízfolyások által létrehozott hordalékkúp, így őskörnyezeti jellemzőiben megfelel a természetföldrajzi szakirodalomban meghonosodott Duna-Tisza-közi hordalékkúp, mint „legyezőszerű hordalékkúp" elképzelésnek. Kialakulása a Pleisztocén közepén bekövetkező „klímaromlással" indult meg.

Az MPT felület fölött megjelenő, gyakran 100 m-t meghaladó, vékony homok rétegeket tartalmazó, s fölfelé durvuló sorozat fekü felé való elhatárolása az MPT felület mentén litológiai alapon is könnyen megoldható, tagolása ugyanakkor karotázs korreláció alapján bizonytalan. A mágneses szuszceptibilitás és paleontológiai adatok együttes figyelembevétele az alapfúrások környezetében lehetővé teszi az egyveretű rétegsor három geokronológiai egységre történő tagolását (7. ábra). A legalsó egység az MPT felülettől a *Viviparus böckhi* utolsó megjelenésével (Nyárlőrinc Ny–1 – 72 m) egybeeső extrém SUS csúcssorozat talpáig (MIS 12) tart, s kora ennek megfelelően 1,2–0,45 millió év. A középső, szakasz a MIS 12 csúcssorozat talpától a hidegtűrő faunaelemek (pl. *Neostyriaca corinodes* Nyárlőrinc–1 48 m) megjelenéséig terjed, paleontológiailag megerősíti a „Viviparus böckhi-s fauna" jelenléte (III mágneses szuszceptibilitás ciklus) kora 450–250 ezer év. A legfelső, szakasz a mágneses szuszceptibilitás értékek újbóli növekedésével és hidegtűrő faunával jellemezhető, s feltehetően fiatalabb 250 ezer évnél (MIS 8) (ld. *Neostyriaca corinodes* előfordulásai: MIS 6, 8, 10, 150–350 ezer év Sümegi et al. 2018).



7. ábra: Az MPT felület fölött települő fölfelé durvuló rétegsor tagolása mágneses szuszceptibilitás és fauna adatok alapján

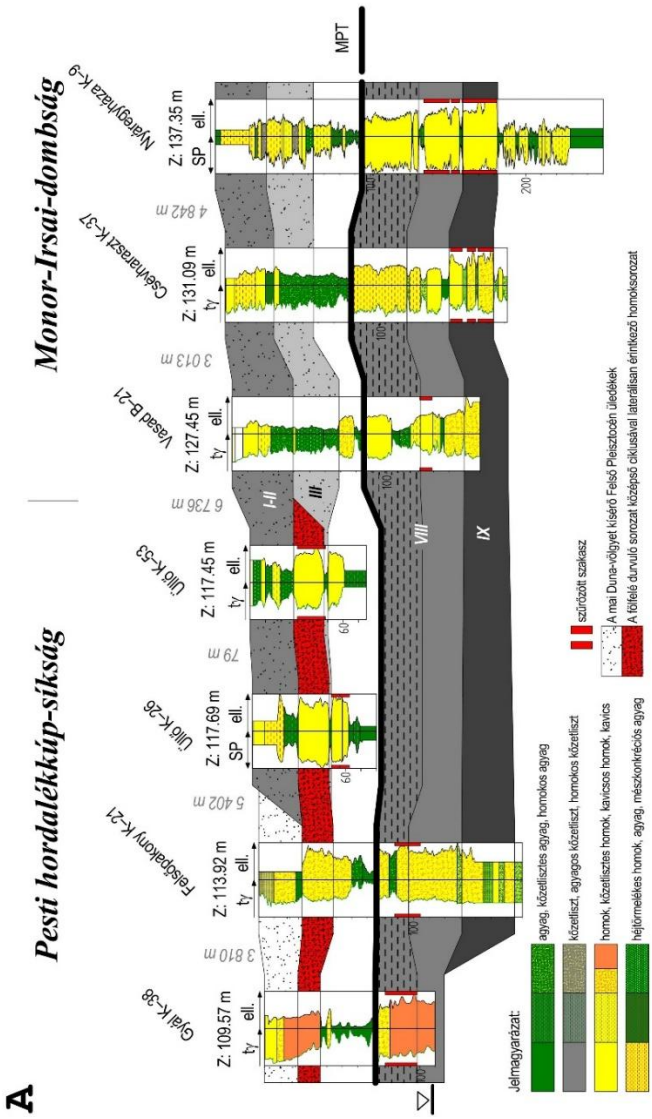
Fauna és szuszceptibilitás adatok hiányában a karotázs korrelációs felszíneket a geokronológiai ciklusok alján található finomszemű üledék bázisán jelöltük ki. Az MPT felület közvetlen fedőjében a finomszemű üledékek megjelenése általános, így annak azonosítás biztos. A középső és felső ciklus bázisán található finomszemű betelepülések

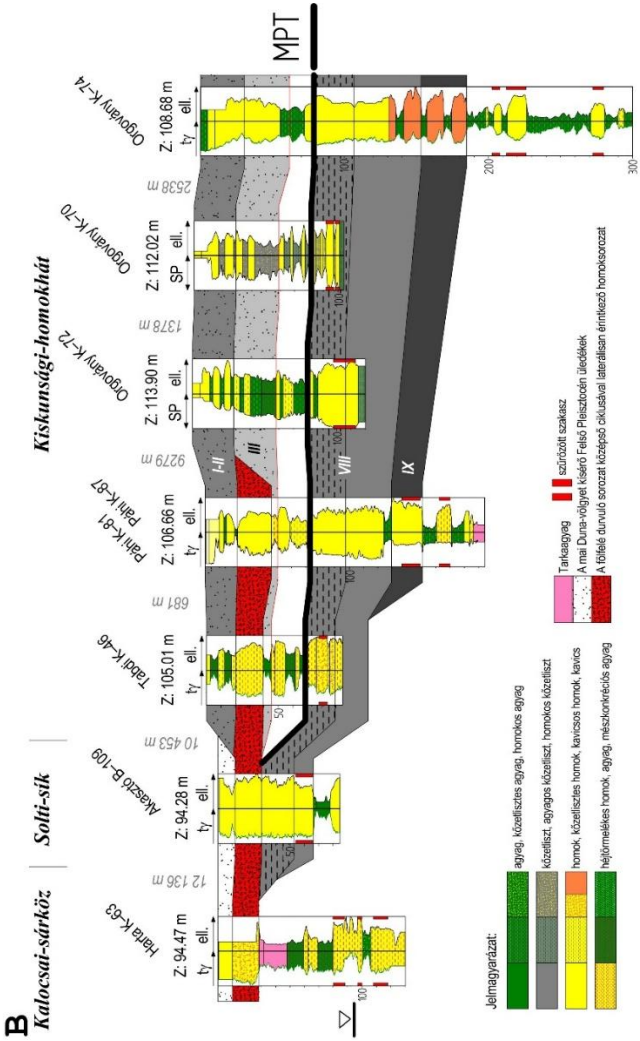
azonban kisebb ellenállás kontrasztot képviselnek és nem is folyamatosak, így bizonytalanul követhetők.

Az MPT felület fölött települő összefüggő finomszemű képződmény a teljes negyedidőszaki rétegsor legjelentősebb és regionálisan legelterjedtebb vízrekesztő képződménye lehet, míg a középső és felső ciklusok bázisa fölött csak foltokban jelentkező iszapos betelepülések regionálisan nem összefüggő kifejlődések, inkább csak lokálisan befolyásolhatják az áramlások irányát és sebességét. A mélyfúrás geofizikai görbéken ezek azonosítása bizonytalan, de korrelációjukat nagyban segítené a mágneses szuszceptibilitás mérések bevonása a mélyfúrási geofizikai gyakorlatba.

4. *Tézis*: A hordalékkúppal Ny-felé oldalirányban érintkezik egy a mai Duna-völggyel közel párhuzamos, annál idősebb, 450–250 ezer év közé tehető homoksorozattal, mely igazolja egy nagyméretű vízfolyás (Duna) korábbi jelenlétét (cf. Sebe és társai 2019).

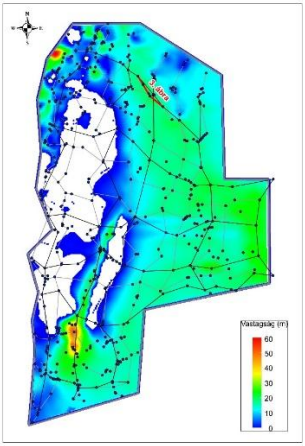
A III mágneses szuszceptibilitás ciklussal megegyező középső (450–250 ezer éves) ciklus litológiai jellege a Ny-i területrészen megváltozik. A finomszemű, csak vékony homokbetelepüléseket tartalmazó sorozattal például Vasad–Üllő, ill. Orgovány–Páhi térségében Ny-i irányban jól láthatóan 20 m vastagságot elérő, monoton homok összlet érintkezik (8. ábra). Mivel fedőjében Páhi–Tabdi és Üllő térségében is jól láthatóan a felső üledékciklus finomszemű anyaga települ, kialakulása megegyezhet a középső ciklussal, de mivel litológiai jellege eltérő, önálló egységként térképeztük.


A
Pesti hordalékkúp-síkság
Monor-Irsai-dombság
Gyál K-38
Felsőpakony K-21
Üllő K-26
Üllő K-53
Vasad B-21
Csévharaszt K-37
Nyáregyháza K-9
Z: 109.57 m
Z: 113.92 m
Z: 117.69 m
Z: 117.45 m
Z: 127.45 m
Z: 131.09 m
Z: 137.35 m
ty
ell.
SP
3 810 m
5 402 m
79 m
6 736 m
3 013 m
4 842 m
MPT
I-II
III
VIII
IX
Jelmagyarázat:
agyag, közetlisztes agyag, homokos agyag
közetliszt, agyagos közetliszt, homokos közetliszt
homok, közetlisztes homok, kavicsos homok, kavics
héjtörmelékes homok, agyag, mészkonkréciós agyag
szűrőzött szakasz
A mai Duna-völgyet kísérő Felső Pleisztocén üledékek
A fölfelé durvuló sorozat középső ciklusával laterálisan érintkező homoksorozat

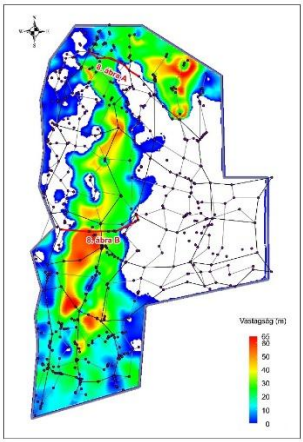


8. ábra: A fölfelé durvuló sorozat középső ciklusával laterálisan érintkező homoksorozat Vasad–Üllő és Orgovány–Páhi térségében

A fölfelé durvuló összlet geokronológiai egységeinek vastagság térképét befolyásolja a Duna–menti síkság peremén jelentkező erózió, ill. a középső ciklussal Ny-i irányban érintkező nagy vastagságú homokösszlet. Az elterjedés illusztrálására ezért a legnagyobb kiterjedést mutató legfelső ciklus vastagsági térképét mutatjuk be (10. ábra A) és külön ábrázoltuk a középső ciklus finomszemű anyagához laterálisan kapcsolódó összefüggő homoksorozat elterjedését (10. ábra B). A legfelső ciklus lényegében a teljes Duna–Tisza közét lefedi, a középső ciklussal laterálisan érintkező homoksorozat ugyanakkor a vastagságtérkép alapján egy közel É–D-i lefutású üledék összlet, amely a mai Duna-völgy területével részben átfed, részben attól keletre található.



9. ábra: A fölfelé durvuló sorozat felső ciklusának vastagsági térképe (a 3. ábra a tézisfüzet ábrája)



10. ábra: A fölfelé durvuló sorozat középső ciklusával laterálisan érintkező homoksorozat vastagsági térképe (3. és 8. ábra a tézisfüzet ábrája)

Az MPT felület fölött települő finomszemű, fölfelé durvuló összlet őskörnyezeti értelemzése vitatott. E finomszemű képződménysor folyóvízi vagy eolikus karakterének eldöntésére a magfúrások (Franyó 1980) mélyítése során számos kiegészítő anyagvizsgálat született. A malakológiai adatok (Krolopp in Franyó 1980) és a homokszemcsék pásztázó elektronmikroszkópos felvételei (Borsy és társai 1982, 1987) egyaránt azt igazolták, hogy a felső 100–200 m-es finomszemű összlet sokkal inkább folyóvízi, tavi és eolikus környezetek gyakori váltakozásaként értelmezhető, mintsem uralkodóan eolikus képződmények monoton sorozataként. Ezt erősíti a karotázs korrelációkon nagy területen megfigyelhető

fölfelé durvuló jelleg, ami a folyóvízi rétegsorok körében elsősorban a legyezőszerű hordalékkúpok sajátja (Weissmann és társai 2010, Ventra és Clarke 2018). A finomszemű üledékbe ágyazott homokrétegek jellemzően kis vastagsága ugyancsak arra utal, hogy a mai Dunánál jóval kisebb vízfolyásokhoz köthető az üledékfelhalmozódás.

A vízfolyások méretének megváltozására vonatkozóan Sümeghy (1950) spontán mederfejlődéssel számolt, az MPT felület korának (1,2 millió év) ismeretében ugyanakkor a változás klímatörténeti eseménnyel is magyarázható. A pleisztocén közepi klímaromlás következtében számolni lehet a csapadékmennyiség csökkenésével, a lehulló csapadék jelentős részének hó és jég formájában történő visszatartásával, ill. a keletkező törmelék mennyiségének megnövekedésével egyaránt.

A hordalékkúp középső ciklusával laterálisan érintkező homoksorozat egy Duna méretű vízfolyás jelenlétére utal. Mederüledékeinek elterjedése részben átfed a mai Duna-völggyel, de K-i irányban benyúlik a Duna–Tisza-köze területére. Felhalmozódása a középső ciklus korával számolva 450–250 ezer év közé tehető. Ez megerősíti azt a korábban publikált fejlődéstörténeti képet mely szerint a Duna fokozatosan tolódott Ny-felé (Sebe és társai 2019).

A mai Duna-völgy homokos üledékeinek tagolása kora és elterjedése

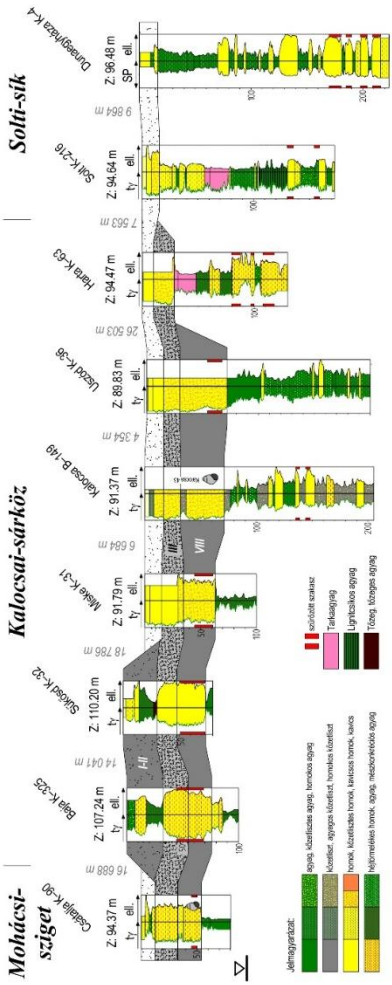
5. *Tézis*: A Duna-völgy mentén Kalocsa–Baja térségében közismerten 60–70-re vastagodó homok összlet nem korlátozódik egy Duna-völgyet kísérő, Kalocsa–Baja térségében kialakult fiatal árkos süllyedékre, hanem

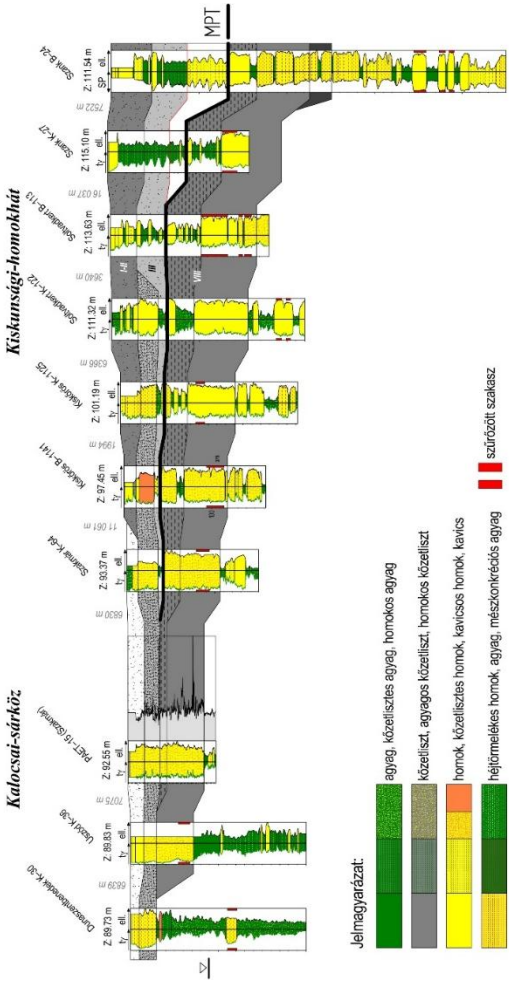
folytatódik kelet felé a Duna–Tisza köze irányában. Jelenléte igazolja, hogy ettől északra a felső pleisztocénben a Duna pannóniai, ettől délre pedig alsó pleisztocén folyóvízi képződményekből felépített térszínen futott.

A Duna-völgy talpán található 10–15 m vastag homok összlet mélyfúrási geofizikai vizsgálatát akadályozza a furat állékonyságát biztosító vezércső, így új eredményt a karotázs korrelációk ezen a területen elsősorban a Kalocsa–Baja térségében közismerten 60–70-re vastagodó homok összlet megítélésében hoztak. É–D-i szelvényen (11. ábra A) jól látható az Uszód–Kalocsa–Csátalja térségében ismert „kivastagodás”. A nagy vastagságú homokréteg ugyanakkor a benne található „Viviparus böckhi-s fauna” alapján bizonyosan idősebb a Duna-völgy felszínén található mintegy 10–15 m vastag homokrétegnél (Jaskó és Kordos 1989), ráadásul Baja–Sükösd térségében fedőjében megtalálható a fölfelé durvuló homokösszlet legfelső ciklusa. Ny–K-i szelvényen ugyanakkor (11. ábra B) e nagy vastagságú homokösszlet jól láthatóan folytatódik kelet felé a Duna–Tisza köze irányában, elterjedése tehát – a gyakori vélekedéssel ellentétben (pl. Jaskó és Krolopp 1991, Kiss et al. 2015) – nem korlátozódik egy Duna-völgyet kísérő, Kalocsa–Baja térségében kialakult fiatal árkos süllyedékre.

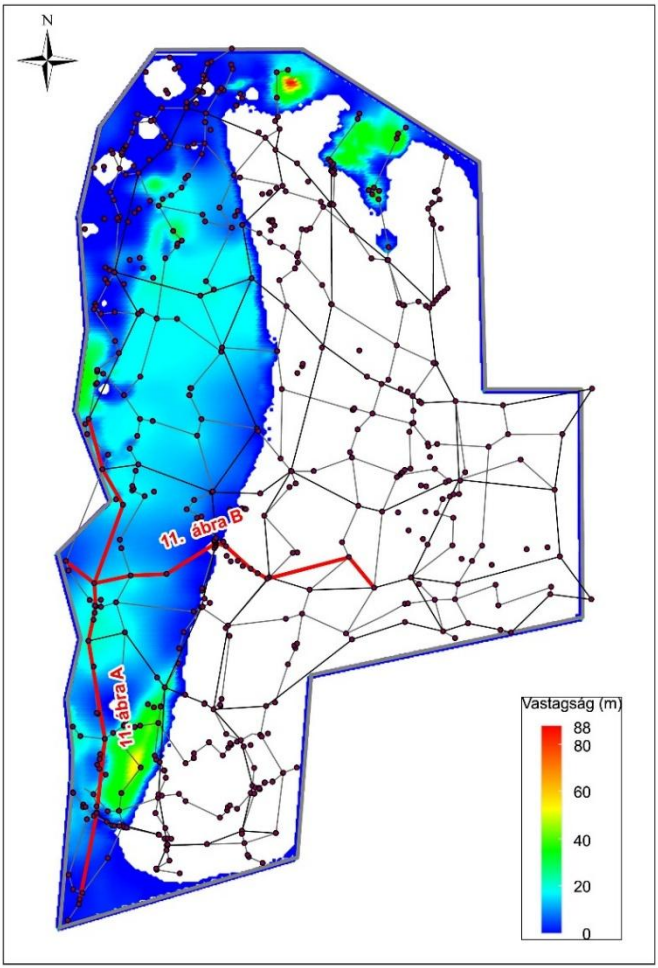
A Solt-tól D-re eső homoksorozat alsó, nagy vastagságú részét ennek megfelelően nem tekintettük a Duna-völgy felszínét borító fiatal üledéksor részének, ami az üledékvastagági térképen is tükröződik (12. ábra). Ezt figyelembe véve az Uszód–Kalocsa térségében bekövetkező „kivastagodás” egyszerűen annyit jelent, hogy ettől északra a felső pleisztocénben a Duna pannóniai, ettől délre pedig alsó

pleisztocén folyóvízi képződményekből felépített térszínen futott.





11. ábra: Kvarter üledékek települési viszonyai Kalocsa és Baja között A) É–D-i szelvény, B) Ny–Ki szelvény



12. ábra: Felső Pleisztocén üledékek izovastagsági térképe a Duna-völgy mentén (a 11. ábra a tézisfüzet ábrája)

A tézisfüzetben hivatkozott irodalom

Borsy, Z., Félszerfalvi, J. & Lóki, J. 1982: A Jánoshalmi MÁFI alapfúrás homoküledékeinek elektronmikroszkópos vizsgálata. *Acta Geographica Debrecina 20*, 35–50.

Borsy, Z., Félszerfalvi, J., Lóki, J. & Franyó, F. 1987: Electron Microscopic Investigations of Sand Material in the Core Drillings in the Great Hungarian Plain. *GeoJournal 15.2*, 185–195.

Franyó F. 1980: Újabb felszínfejlődéstörténet és vízföldtani eredmények a Duna–Tisza közi kutatófúrások alapján. Földrajzi Értesítő 29. 409–442.

Franyó F. 1992: A negyedidőszaki képződmények talpmélység térképe. Kézirat, SZTFH Adattár

Gibbard, P.L., Lewin, J. 2009: River incision and terrace formation in the Late Cenozoic of Europe. Tectonophysics 474, pp. 41–55.

Jaskó S., Kordos L. (1989). A Budapest–Adony–Örkény közötti terület kavics formációja. MÁFI Évi Jel. 1988. pp. 153–166.

Jaskó S., Krolopp E. 1991: Negyedidőszaki kéregmozgások és folyóvízi üledékfelhalmozódás a Duna-völgyben Paks és Mohács között. MÁFI Évi Jel. 1989. pp. 65–82.

Kiss, T., Hernesz, P., Sümeghy, B., Györgyövics, K., Sipos, Gy. 2015: The evolution of the Great Hungarian Plain fluvial system – Fluvial processes in a subsiding area from the beginning of the Weichselian. Quaternary International, 388, pp. 142-155.

Miháltz I. 1953: A Duna–Tisza köze D-i részének földtani felvétele. MÁFI Évi Jel. 1950. 113–138.

Molnár B. 1977: A Duna–Tisza köz felsőpliocén (levantei) és pleisztocén földtani fejlődéstörténete. Földtani Közlöny 107. 1–16.

Nelson, E., Püspöki, Z., White, D., Pogácsás, Gy, McIntosh, R.W., Szappanos, B., Wheeler, L., Fancsik, T., Penkman, K. 2024: A Quaternary aminostratigraphy for the Pannonian Basin: The competing influences of time, burial depth and temperature in deep-core material. Quaternary Science Reviews, 346, doi: 10.1016/j.quascirev.2024.109044

Püspöki, Z., Kovacs, I. J., Fancsik, T., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Tóth-Makk, Á., Udvardi, B., Konya, P., Füri, J., Bendő, Zs., Zilahi-Sebess, L., Stercel, F., Gulyás, Á. & McIntosh, R. W. 2016: Magnetic susceptibility as a possible correlation tool in Quaternary alluvial stratigraphy. *Boreas 45*, 861–875.

Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Berényi, B., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Nádor, A., Fancsik, T., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R.W., Szőcs, T. & Faragó, E. 2020: High-resolution stratigraphy of a Quaternary fluvial deposit based on magnetic susceptibility variations (Jászság Basin, Hungary). *Boreas 49*, 181–199.

Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Falus, Gy., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Szilárd, Sz., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R. W., Szőcs, T., Pálóczy, P. & Fancsik, T. 2021a: High-resolution stratigraphy of Quaternary fluvial deposits in the Makó Trough and the Danube-Tisza Interfluve based on magnetic susceptibility data (Pannonian Basin, Hungary). *Boreas 50*, 205–223.

Püspöki, Z., Gibbard, P. L., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Sümegi, P., Fogarassy-Pummer, T., McIntosh, R. W., Lantos, M., Tóth-Makk, Á., Stercel, F., Krassay, Z., Kovács, P., Szőcs, T. & Fancsik, T. 2021b: Fluvial magnetic susceptibility as a proxy on long-term

variations of mountain permafrost development in the Alp-Carpathian Region. *Boreas 50*, 806–825.

Rónai A. 1985: Az Alföld negyedidőszaki földtana. Geologica Hungarica Series Geologica Tomus 21. p. 455.

Sebe, K., Csillag, G., Pazonyi, P. & Ruszkiczay-Rüdiger Zs. 2019: Quaternary evolution of the river Danube in the central Pannonian Basin and its possible role as an ecological barrier to the dispersal of ground squirrels. *Historical Biology*, doi.org/10.1080/08912963.2019.1666838

Sümeghy J. 1950: A Duna–Tisza-közének földtani vázlata. MÁFI Évi Jel. 1950. 233–262.

Sümegi, P., Gulyás, S., Molnár, D., Sümegi, B. P., Almond, P. C., Vandenberghe, J., Zhou, L., Pál-Molnár, E., Törőcsik, T., Hao, Q., Smalley, I.,Molnár, M. & Marsi, I. 2018: New chronology of the best developed loess/paleosol sequence of Hungary capturing the past 1.1 ma: implications for correlation and proposed pan-Eurasian stratigraphic schemes. Quaternary Science Reviews 19

Urbancsek J. 1977: Magyarprszág mélyfúrású kútjainak katasztere, VII. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 546 p.

Ventra, D. & Clarke, L. E. 2018: Geology and geomorphology of alluvial and fluvial fans: current progress and research perspectives. In Ventra D. & Clarke L. E. (eds.): Geology and Geomorphology of Alluvial and Fluvial Fans: Terrestrial and Planetary Perspectives. 1–21. Geological Society, London, Special Publications 440.

Weissmann, G.S., Hartley, A.J., Nichols G.J., Scuderi L.A., Olson M., Buehler H., Banteah R. 2010: Fluvial form in modern continental sedimentary basins: Distributive fluvial systems. Geology, 38, 39–42.

A témában készült jelentések és megjelent közlemények

Közlemények

Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Berényi, B., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Nádor, A., Fancsik, T., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R.W., Szőcs, T. & Faragó, E. 2020: High-resolution stratigraphy of a Quaternary fluvial deposit based on magnetic susceptibility variations (Jászság Basin, Hungary). *Boreas 49*, 181–199.

Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Falus, Gy., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Szilárd, Sz., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R. W., Szőcs, T., Pálóczy, P. & Fancsik, T. 2021a: High-resolution stratigraphy of Quaternary fluvial deposits in the Makó Trough and the Danube-Tisza Interfluve based on magnetic susceptibility data (Pannonian Basin, Hungary). *Boreas 50*, 205–223.

Püspöki, Z., Gibbard, P. L., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Sümegi, P., Fogarassy-Pummer, T., McIntosh, R. W., Lantos, M., Tóth-Makk, Á., Stercel, F., Krassay, Z., Kovács, P., Szőcs, T. & Fancsik, T. 2021b: Fluvial magnetic susceptibility as a proxy on long-term variations of mountain permafrost development in the Alp-Carpathian Region. *Boreas 50*, 806–825.

Fogarassy-Pummer T., Markos G., Vári Z., Mekker J., Szabó Zs., Bauer M., Gál N. E., Kun É., Jordánné Szűcs A., Szőcs T., Fancsik T., & Püspöki Z. 2024: A Duna–Tisza-köze negyedidőszaki képződményei mágneses szuszceptibilitás és karotázs korrelációs vizsgálatok alapján. *Hidrológiai Közlöny*, *104*(4), 43-62.

Konferencia előadások

Adattári jelentések

Püspöki Z., Fogarassy-Pummer T. (szerk.) 2020: Jelentés az ivó- és öntözővizes rétegsor nagy felbontású fácies korrelációs és klimatosztratigráfiai vizsgálatairól a Dong-ér vízgyűjtő területén különös tekintettel a hidrodinamikai és transzportmodellek gyakorlati szempontjaira. Kézirat, SZTFH Adattár, p. 39

Püspöki Z., Fogarassy-Pummer T., Mekker J., Vári Z., Szőcs T., Pálfi É., Markos G., Bauer M., Hegyiné Rusznyák É., Szappanos B. 2023: Felszín alatti vizek vizsgálata és bányászati vonatkozásainak elemzése – 2. Vízföldtani célú karotázs korrelációk. Kézirat, SZTFH Adattár, p. 26

Püspöki Z., Fogarassy-Pummer T., Mekker J., Vári Z., Szőcs T., Pálfi É., Markos G., Bauer M., Hegyiné Rusznyák É., Szappanos B. 2024: Felszín alatti vizek vizsgálata és bányászati vonatkozásainak elemzése – 2. Vízföldtani célú karotázs korrelációk. Kézirat, SZTFH Adattár, p. 37

DEBRECENI EGYETEM

DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/139/2026.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Fogarassy-Pummer Tímea
Doktori Iskola: Földtudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10065777

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **Fogarassy-Pummer, T.**, Markos, G., Vári, Z., Mekker, J., Szabó, Z., Bauer, M., Gál, N. E., Kun, É., Szűcs, A., Szőcs, T., Fancsik, T., Püspöki, Z.: A Duna-Tisza-köze negyedidőszaki képződményei mágneses szuszceptibilitás és karotázs korrelációs vizsgálatok alapján. *Hidrol Közl. 104* (4), 43-62, 2024. ISSN: 0018-1323.
DOI: http://dx.doi.org/10.59258/hk.17594

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

2. Püspöki, Z., Gibbard, P. L., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Sümegi, P., **Fogarassy-Pummer, T.**, McIntosh, R. W., Lantos, M., Tóth-Makk, Á., Stercel, F., Krassay, Z., Kovács, P., Szőcs, T., Fancsik, T.: Fluvial magnetic susceptibility as a proxy for long-term variations of mountain permafrost development in the Alp-Carpathian region.
Boreas. 50 (3), 806-825, 2021. ISSN: 0300-9483.
DOI: http://dx.doi.org/10.1111/bor.12520
IF: 2.645

3. Püspöki, Z., **Fogarassy-Pummer, T.**, Thamó-Bozsó, E., Falus, G., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Szabó, S., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R. W., Szőcs, T., Pálóczy, P., Fancsik, T.: High-resolution stratigraphy of Quaternary fluvial deposits in the Makó Trough and the Danube-Tisza Interfluve, Hungary, based on magnetic susceptibility data.
Boreas. 50 (1), 205-223, 2021. ISSN: 0300-9483.
DOI: http://dx.doi.org/10.1111/bor.12471
IF: 2.645

4. Püspöki, Z., **Fogarassy-Pummer, T.**, Thamó-Bozsó, E., Berényi, B., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Nádor, A., Fancsik, T., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R. W., Szőcs, T., Faragó, E.: High-resolution stratigraphy of a Quaternary fluvial deposit based on magnetic susceptibility variations (Jászság Basin, Hungary).
Boreas. 49 (1), 181-199, 2019. ISSN: 0300-9483.
DOI: http://dx.doi.org/10.1111/bor.12412
IF: 2.477

DEBRECENI EGYETEM Egyetemi és Nemzeti Könyvtár

DEBRECENI EGYETEM

DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

További közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (2)

5. Püspöki, Z., Sári, K., **Fogarassy-Pummer, T.**, Maigut, V., Barczikayné, S. R., Simó, B., Varga, B.: A hazai szénvagyon dokumentációs és adatrendszerei.
In: A hazai szénvagyon és hasznosítási lehetőségei / (szerk.) Püspöki Zoltán; Debreczeni Ákos; Fancsik Tamás; Hámorné Vidó Mária; Zelei Gábor, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest, 11-20, 2018. ISBN: 9789636713140

6. Püspöki, Z., **Fogarassy-Pummer, T.**, Cserkész-Nagy, Á., Markos, G.: Módszertani fejlesztési lehetőségek a hazai szénkutatási gyakorlatban.
In: A hazai szénvagyon és hasznosítási lehetőségei / (szerk.) Püspöki Zoltán; Debreczeni Ákos; Fancsik Tamás; Hámorné Vidó Mária; Zelei Gábor, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest, 21-27, 2018. ISBN: 9789636713140

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

7. Püspöki, Z., Hámorné Vidó, M., **Fogarassy-Pummer, T.**, Sári, K., Lendvay, P., Selmeczi, I., Detzky, G., Gúthy, T., Kiss, J., Kovács, Z., Prakfalvi, P., McIntosh, R. W., Bódi, E., Báldi, K., Markos, G.: A sequence stratigraphic investigation of a Miocene formation supported by coal seam quality parameters: Central Paratethys, N-Hungary.
Int. J. Coal Geol. 179, 196-210, 2017. ISSN: 0166-5162.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.coal.2017.05.016
IF: 4.13

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

8. **Fogarassy-Pummer, T.**, Sári, K., Bódi, E., Kertész, T.: Coastal effects in East-Borsod Basin presented by high resolution stratigraphic correlation: Poszter.
In: Ifjú Szakemberek Ankétja = Meeting of Young Geoscientists: Absztrakt kötet, Magyar Geofizikusok Egyesülete, Magyar Földtani Társulat, Tiszafüred, 37-38, 2016.

9. Kovács, Z., Bartók, Á., Koczka, Z., Lelesz, M., **Fogarassy-Pummer, T.**, Vincellér, D., Püspöki, Z., Lendvay, P., Hámorné Vidó, M.: A Hidasi-medence földtani rekonstrukciójának térinformatikai feldolgozása.
In: Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában III. : Térinformatikai konferencia és szakkiállítás. Szerk.: Lóki József, Kapitális Nyomdaipari Kft., Debrecen, 468, 2012. ISBN: 9789633182185

DEBRECENI EGYETEM Egyetemi és Nemzeti Könyvtár

DEBRECENI EGYETEM

DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR
H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (2)

10. Szőcs, T., Sári, K., Bauer, M., Kiss-Mezei, Á., **Fogarassy-Pummer, T.**, Kun, É., Tóth, G., Mekker, J., Taksz, L., Püspöki, Z.: Integrated stratigraphic investigation of a lignite bearing succession to support regional hydrogeological modelling.
In: Making groundwater in the Danube region visible: Book of Abstracts. Eds.: Mihael Brenčič, Petra Žvab Rožič, Anja Torkar, Slovenian Committee of International Association of Hydrogeologists (SKIAH) and Slovenian Geological Society, Ljubljana, 49, 2022. ISBN: 9789619596005

11. **Fogarassy-Pummer, T.**, Faragó, E.: Why suitable the "susceptibility termination surfaces" for stratigraphic investigation of fluvial freshwater reservoirs?: Poszter.
In: XLVIII. Ifjú Szakemberek Ankétja. Absztrakt kötet. / A Magyar Geofizikusok Egyesülete (szerk.), Magyar Geofizikusok Egyesülete, Budapest, 32-33, 2017.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 11,897
A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 7,767

A DEENK a Jelölt által a Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2026.04.07.

DEBRECENI EGYETEM Egyetemi és Nemzeti Könyvtár

Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)

Geological modelling and evolutionary reconstruction of the Danube's Quaternary alluvial fan, based on paleoclimatological and well-log correlation

by Tímea Fogarassy-Pummer

Supervisor: Püspöki Zoltán (PhD)

UNIVERSITY OF DEBRECEN

Doctoral School of Earth Sciences

Debrecen, 2026.

Introduction and Objectives

The quantitative and qualitative protection of our drinking and irrigation water resources is a fundamental national interest. Our groundwater resources, which are most protected from geopolitical changes as well as natural and industrial disasters, are now tapped by tens of thousands of production wells. Investigating the interference between these wells and monitoring potential contamination resulting from increasingly intensive land use requires a precise understanding of the host environment. Therefore, the high-resolution investigation of the Quaternary fluvial sedimentary sequence of the Great Hungarian Plain is a fundamental prerequisite for domestic hydrogeological assessments.

Hydrogeological models for the Danube–Tisza Interfluve necessarily rely on a simplified geological basis due to the lack of (1) sufficiently high-resolution stratigraphic subdivision and (2) a geophysical well-log dataset suitable for identifying depositional environments. Within the framework of this doctoral research, (i) the stratigraphic classification was established through the paleoclimatological analysis of eight "MÁFI key boreholes" (Rónai 1985) with depths of approximately 400–1500 m, while (ii) for the mapping of the sequences, a well-log correlation cross-section network was constructed using 593 deep boreholes (cf. appendices of Urbancsek 1977), based on a numerical database containing production well data (well logs, lithology, and screen intervals).

The primary goal was to provide a geological basis for future hydrogeological models through specific surfaces and consistently characterized strata. Magnetic susceptibility measurements were used to support the related geochronological interpretations.

Materials and Methods

I. – Paleoclimatology

The paleoclimatological investigation of core drillings based on laboratory magnetic susceptibility measurements (sampling interval 0.5–1.0 m) has recently received a new interpretive framework (Püspöki et al., 2016). According to this framework, during the glacial periods of the Quaternary, the minerals of the bedrock in mountainous areas are released from the rock through frost weathering and are preserved in the mountain permafrost. Upon the thawing of the permafrost, this immature debris, which also contains magnetite, enters the fluvial sediment and rapidly reaches the basin, temporarily causing an extreme increase in the magnetic susceptibility of the sediment[1]. During interglacial periods, as soil formation advances in the catchment area, the chemical weathering of magnetite occurs within a short timeframe (100–1000 years), leading to a rapid decrease in the magnetic susceptibility of the fluvial sediment. Based on this phenomenon, which repeats with each climate cycle, the Pleistocene sedimentary sequence can be reliably subdivided and even distinguished from older formations of similar lithology (Püspöki et al., 2020).

Based on this interpretation, we performed the stratigraphic analysis of the core drillings from the Danube-Tisza Interfluve and the Makó Trough (Kunadacs, Kerekegyháza, Kecskemét, Nyárlőrinc, Csongrád, Mindszent, Jánoshalma, Tiszainoka)

---

[1] Magnetite is the most common highly magnetic mineral occurring in nature, with a magnetic susceptibility that exceeds the values of the next most magnetic minerals (e.g., hematite, ilmenite) *by orders of magnitude*.

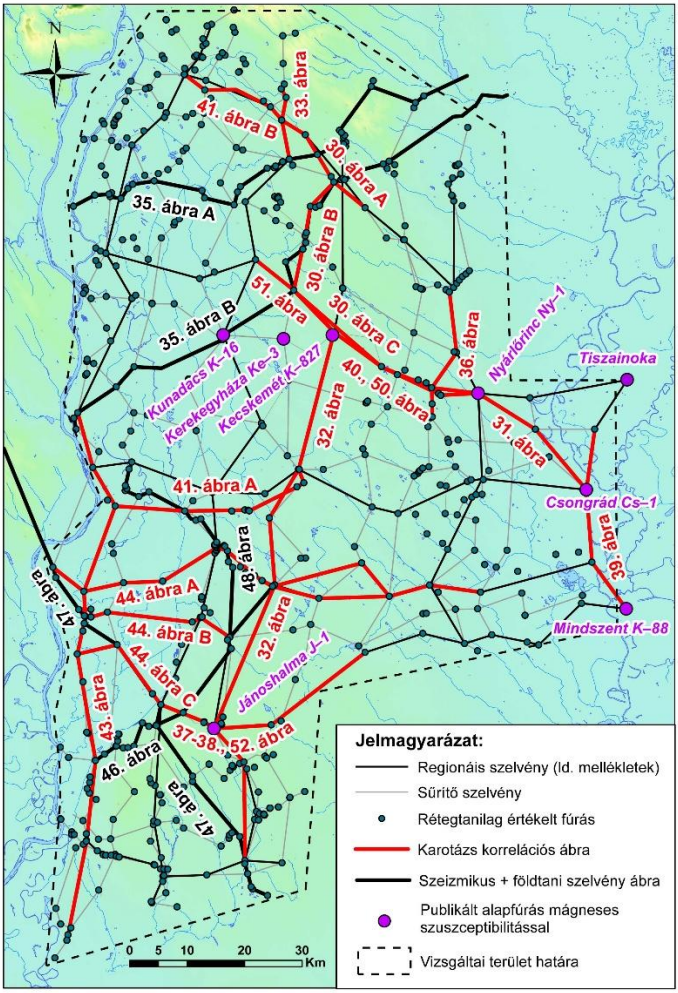
(number of samples: 4,959) and their correlation with global deep-sea oxygen isotope records (Püspöki et al., 2021a, b). This made it possible to subdivide the Quaternary fluvial sedimentary sequence into 8 paleoclimatologically defined, so-called "magnetic susceptibility cycles," as opposed to the previous maximum of 2–3 layers, or in many cases, just a single layer. The magnetic susceptibility-based stratigraphic subdivision of the Makó Trough (Mindszent), which represents the basin interior, has recently been corroborated by amino acid stratigraphic analyses as well (Nelson et al., 2024).

II. – Correlation of Sedimentary Sequences

During the development of the digital database, we record the textual geological descriptions of the hydrogeological logs (lithology, color, carbonate content) layer by layer, along with the depth intervals of the screened sections. Additionally, at 10 cm increments, we record the numerical values of the relevant well-logging geophysical curves—meaning those dependent on porosity, clay content, and grain size (spontaneous potential, resistivity, natural gamma, and occasionally density and neutron porosity). The number of boreholes processed in this manner in the Danube-Tisza Interfluve is 1,290.

In the doctoral research, when selecting boreholes for well-log correlation analysis, priority is given to those that completely or nearly completely penetrate the Quaternary sedimentary sequence and are represented by at least two reliable measurement datasets along their entire open-hole section. The number of boreholes connected by the cross-sections providing a regional overview is 81. The advantage of this data density is that it provides a comprehensive overview of the entire area,

and the uniform interpretation of the cross-section intersections can be performed at a manageable number of points. At this resolution, 11 overview correlation cross-sections covering the area and suitable for illustrating the sedimentary geological conditions (5 N–S, 6 E–W) were completed (Figure 1).



1. Figure: The well-log correlation cross-section network established in the study area (the figure numbering refers to the figures in the dissertation).

Nearly parallel to, along, and between the overview correlation cross-sections, so-called infill cross-sections were created. These "string together" every deep borehole of sufficient depth and with reliable well-logging data that falls close to the cross-section line. Through these infill cross-sections, the number of interpreted boreholes increased to 513. Local cross-sections were created in water-resource areas characterized by high borehole density, as well as to interpret wells in the "leftover" areas between the overview and infill cross-sections that were initially excluded from the interpretation. This enabled the interpretation of an additional 80 boreholes.

With the help of the correlation cross-section network completed in this way, the interpretation of a total of 81+432+80=593 boreholes was performed, enabling the 3D modeling of the interpreted sedimentary geological units. This constitutes nearly half (46%) of the 1,290 boreholes in the area included in the database, representing an order-of-magnitude increase in data content (66 vs. 593) compared to the previous systematic processing (Urbancsek 1977).

III: 3D Modeling

A total of 593 deep boreholes were stratigraphically evaluated along the correlation cross-sections. During the evaluation, the Quaternary sequence—which is typically treated as a single (model) layer in regional geological modeling—was subdivided into 11 layers. The depositional depth of the identified stratigraphic horizons was determined for each borehole (593×11=6,523 data points), and the resulting stratigraphic data table was converted into a format importable

by 3D modeling environments (Jewel, Surfer, MODFLOW, FEFLOW).

To perform the spatial evaluation of the correlation cross-section results, a 3D model covering the entire area was created using the JewelSuite™ Subsurface Modeling[1] (Baker Hughes – a GE Company) environment, which is well-established in the solid rock framework modeling practice of the SARA (Supervisory Authority for Regulatory Affairs) – Geological Survey.

As input data, the depth values of the various surfaces were measured for every borehole and stored in a single table. The input for the 3D modeling consists of two .txt files: the first contains the metadata of the boreholes (name, coordinates), while the second includes the names of the identified stratigraphic units, their top and base points, and their calculated thicknesses. With the aid of the software, each surface was examined individually. Consequently, the ten surfaces determined during the reconstruction of the Quaternary evolutionary history could be displayed on separate maps.

Results and Conclusions

Mapping the base of the Quaternary sedimentary sequence, differentiating the pre-Quaternary formations

1. *Thesis*: With magnetic susceptibility data, Pliocene and Pleistocene formations in the Danube–Tisza Interfluve can be differentiated with high precision and reliability,

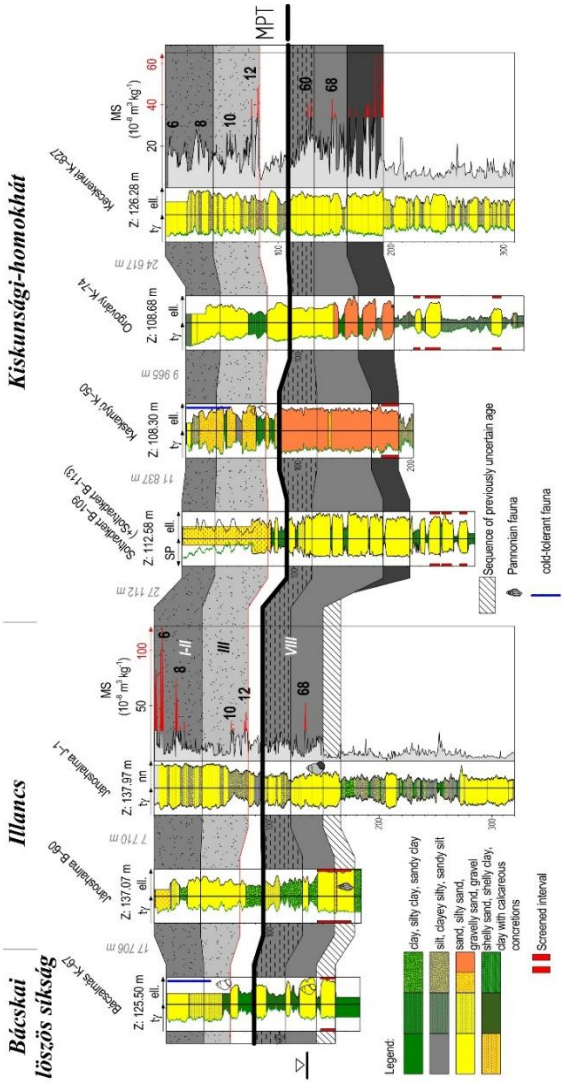
[1] https://www.bakerhughes.com

as the pre-Quaternary sand layers lack the early post-glacial magnetic susceptibility maxima characteristic of the Quaternary. The age of the correlation surface dividing the Quaternary sequence is associated with MIS 36 (~1200 thousand years), and its formation is linked to the gradual cooling of the mid-Pleistocene (Mid-Pleistocene Transition, or MPT surface). This transition affected the sediment-carrying capacity of the Danube, the volume of the transported sediment volume, and consequently, the evolution of its channel development.

The combined evaluation of magnetic susceptibility and faunal data enabled the differentiation of the frequently similar-looking Quaternary and pre-Quaternary formations. In many cases (e.g., the Nyárlőrinc and Csongrád areas), a boundary had to be drawn within a fauna-free fluvial section several hundred meters thick, but there were also instances where distinguishing the Pleistocene remained problematic even in the presence of faunal data.

An example of the latter is the Jánoshalma–Bácsalmás–Kecskemét area (Figure 2), where the sand body occurring between 120 and 170 m, is Pannonian based on the fauna recovered from the 160.00–162.50 m interval of borehole Jánoshalma B–60 (determined by M. Széles), while it is Pleistocene based on the fauna recovered from 150.4–152.4 m of the Jánoshalma core drilling (determined by E. Krolopp). Magnetic susceptibility data reliably settled the debate. In the Jánoshalma J–1 core drilling, the susceptibility completely changes from 150 meters downwards within the sand layer in question. The lower 10 m of the sand layer is completely similar to the overlying sand layer in terms of its well-log

signature; however, the early postglacial susceptibility maxima of the Quaternary do not appear within it. Based on this, the sedimentary sequence occurring between 120 and 170 m in the Jánoshalma–Bácsalmás region consists of sandy Pannonian strata directly overlain by sandy Lower Pleistocene strata, concealing an unconformity. Conversely, taking into account the susceptibility dataset of the Kecskemét core drilling, the sand body that thickens northwards from Jánoshalma towards Soltvadkert–Kaskantyú, extending from 120 meters down to a depth of 190 m, is entirely Lower Pleistocene, which eroded the Pannonian horizon found in the Bácsalmás–Jánoshalma area.



2. Figure: Example of differentiating Quaternary and pre-Quaternary formations in the Jánoshalma–Bácsalmás–Kecskemét area.

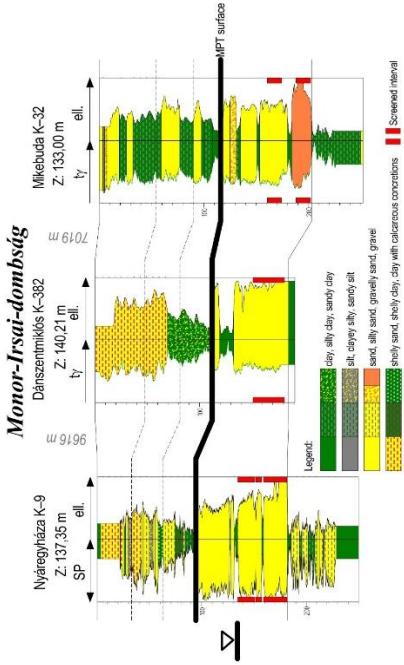
General subdivision of the Quaternary sedimentary sequence

On the well logs of the Quaternary section of water exploration boreholes, a regionally mappable surface can be clearly identified, which separates the predominantly sandy succession forming the lower part of the Pleistocene from the overlying facies containing both fine-grained floodplain deposits and sand intercalations (Figure 3). This is the primary and most important correlation surface in the study area. In the case of a complete succession, it is typically located at a depth of 100–200 m.

The thickness of the sand layers appearing below the primary correlation surface reaches or exceeds 10 meters. Between the sand layers, there are at most only thin, fine-grained intercalations (e.g., Nyáregyháza K–9, Mikebuda K–32), but these are often completely absent; in such cases, a 60–100 m monotonous coarse-grained sand sequence appears on the geophysical logs (e.g., Dánszentmiklós K–382). In contrast, above this surface, the thickness of the sand layers usually remains below 5 m, in many cases not even reaching 2 m, and these thin sand layers appear embedded in silty-clayey fine-grained sediment. A characteristic of this section is the overall coarsening-upward grain size, which, depending on the measurement conditions (logging speed, sensitivity), can manifest in a gradual shift of resistivity values (e.g., Dánszentmiklós K–382), but also in the increasingly higher values of the resistivity maxima of the intercalating sand layers (e.g., Nyáregyháza K–9). The coarsening-upward trend can be interrupted by thicker sand intercalations (e.g., Mikebuda K–32). Moving away from the Pest Plain to the south and southeast, the extent of the coarsening-upward trend decreases;

however, this results not from the disappearance or thickening of the sand intercalations, but from the nearly identical values of the resistivity maxima of the thin sand layers.

The primary correlation surface is located at 295 m in borehole Mindszent K–88; based on susceptibility investigations corroborated by amino acid stratigraphic analyses, it is a surface correlated with MIS (Marine Isotope Stage) 36 (~1.2 million years) (Püspöki et al. 2021a, b). Accordingly, it coincides with the beginning of the Mid-Pleistocene Transition (Gibbard and Levin 2009). In reference to this, we have designated this boundary as the MPT surface.



3. **Figure: General appearance of the Quaternary sedimentary sequence on geophysical well logs.**

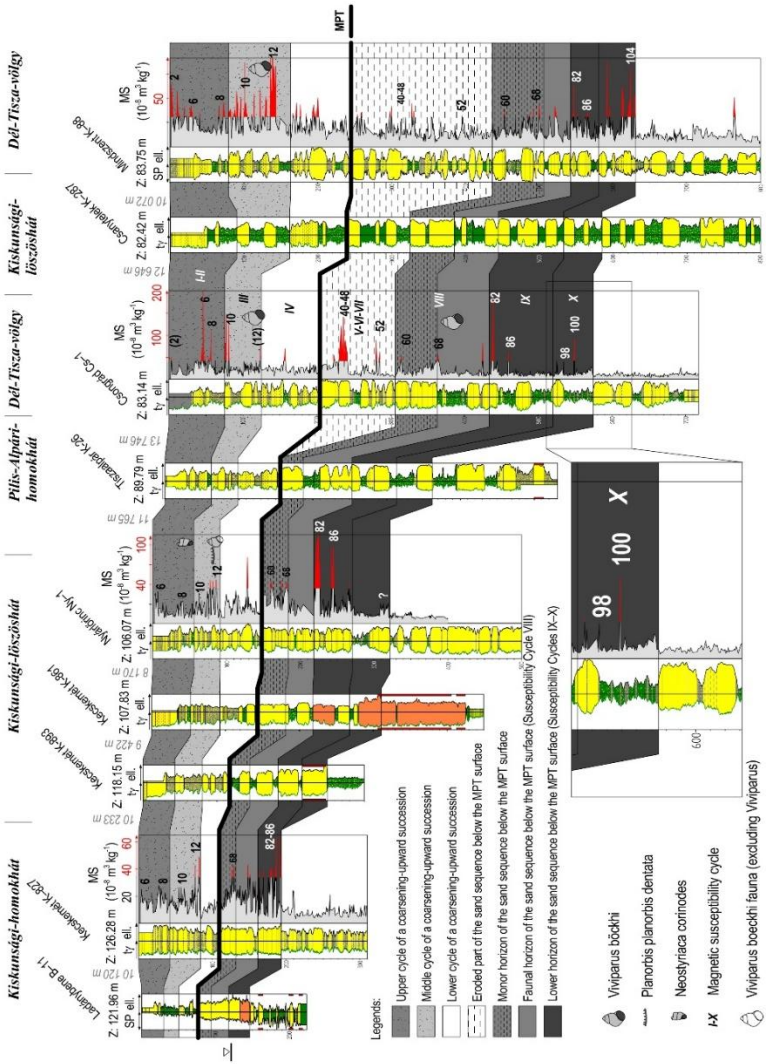
Subdivision, age, distribution, and paleoenvironmental interpretation of the sand succession below the MPT surface

2. *Thesis*: The fluvial succession below the MPT surface—contrary to previous structural interpretations—is a valley-fill sedimentary sequence characterized by intense lateral erosion or braided channel development, which may have been connected to an intrabasinal alluvial fan in the direction of the Makó Trough. The 30 m thick upper part of the succession is deposited overlappingly above the valley-fill sequence.

The thickness of the sandy facies located below the MPT surface approaches or slightly exceeds 100 m across a large part of the Danube-Tisza Interfluve. Since it contains hardly any floodplain intercalations, it is easily identifiable on well logs. However, the appearance of the sand sequence changes towards the Makó Trough. Its thickness increases to several hundred meters, and fine-grained silty-clayey intercalations of 10 m or more in thickness appear between the 10 m thick sand layers (Figure 4).

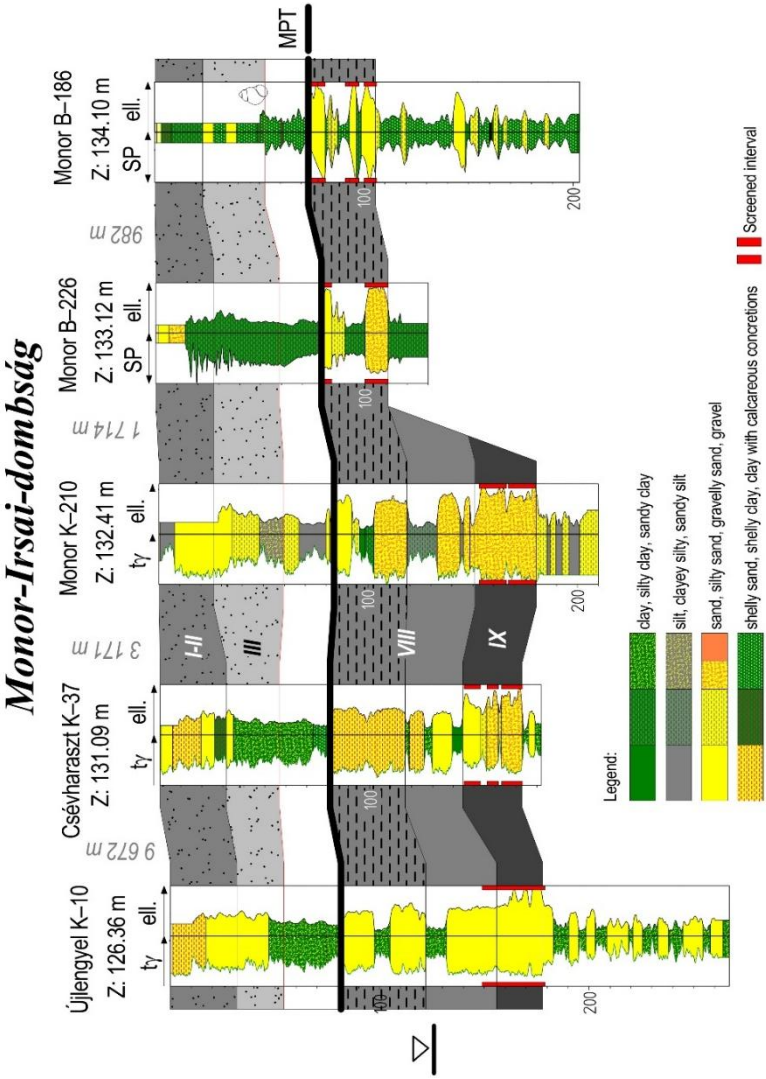
The stratigraphic correlation of the sequence thickening to 300 m in the Makó Trough with the 100 m thick undifferentiated sand succession can again only be resolved by jointly considering the faunal and susceptibility data. Within this, susceptibility cycle VIII, which is also paleontologically defined by the first appearance datum (FAD) of *Viviparus böckhi* (FAD Vb), is of prominent importance. Based on this, it was possible to perform the correlation of the structurally elevated sand sequence presented earlier (Figure 2) along the

Bácsalmás–Jánoshalma–Kecskemét line with susceptibility cycle VIII (Figure 4). Since the fauna-corroborated cycle VIII (MIS 68–60) is found over a larger area than cycle IX—which contains an upward-increasing pair of peaks (MIS 86–82)—and cycle X—which contains the high values characteristic of the base of the Quaternary (MIS 100, 104)—the latter two were treated separately. Based on the published ages of the susceptibility cycles (VIII, IX, X) (Püspöki et al., 2021a, b), the age of the entire sand sequence can be placed in the time interval between MIS 104 and 60 (~2.6–1.7 million years).



4. Figure: Differentiation and subdivision of Quaternary formations in relation to the Danube-Tisza Interfluve and the Makó Trough

The approximately 30 m thick upper part of susceptibility cycle VIII is once again deposited overlappingly. The examination of the sedimentary sequences of water wells in the Monor–Pilis area led to this recognition (Figure 5). Referring to the type area, which contains both geophysical and faunal data important for identification and interpretation, we distinguished this overlapping upper part from the underlying sequence under the name "Monor Unit". Its age corresponds to the upper part of susceptibility cycle VIII, and thus it can be placed in the time interval between MIS 68 and 60 (~1.9–1.7 million years). Towards the Makó Trough, a sedimentary succession exceeding 100 m in thickness is found above the "Monor Unit" and below the MPT surface (Figure 4). Its age presumably represents the entire ~1.7–1.2 million year period; however, it has been eroded over a significant part of the area.

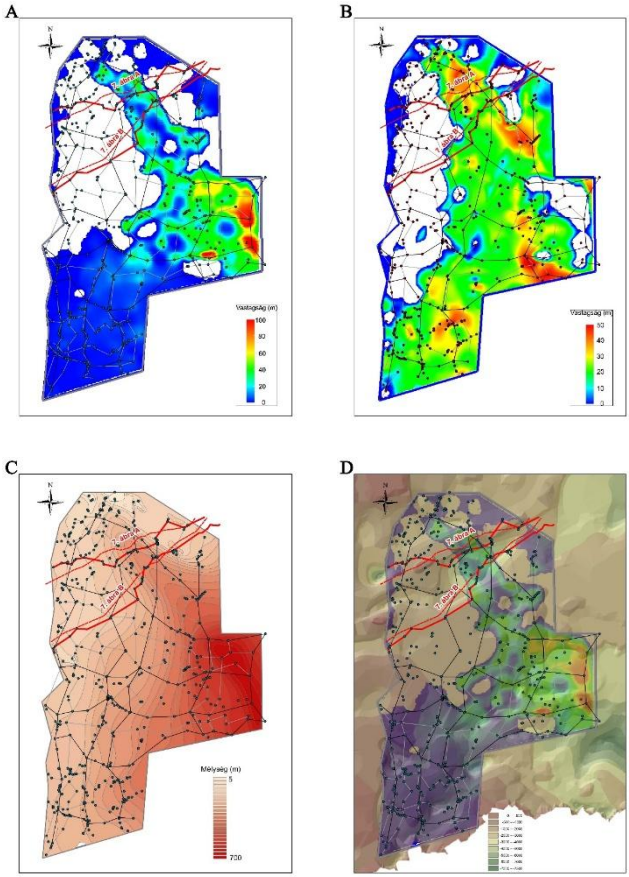


5. Figure: Overlapping deposition of Quaternary sediments in the Monor area.

The NW–SE axis thickness distribution of the thickness maps for the over a large area well-correlatable susceptibility cycle IX and the „Monor Unit” (Figure 6 A, B) strikingly resembles the Quaternary base depth map of some authors (e.g., Franyó, 1992) (Figure 6 C), which was usually explained by the presence of a structural trench (the "Levantine Trench," Sümeghy, 1950). To investigate the possibility of this structural trench, a comparison was made with seismic profiles and basement topography. Based on the basement topography presented here (Figure 6 D), the distribution of the sedimentary sequence within the NW-SE striking depression does not follow a structural graben; instead, it is essentially perpendicular to a basement topographic high that is detectable both gravimetrically and seismically. Consequently, the 'Levantine Graben'—as a structural interpretation—has not been confirmed.

Based on the thickness map, the sand succession below the MPT surface fills a NW–SE trending depression to the northwest of the Nyárlőrinc–Lajosmizse area, which, however, is not a structural trench but presumably a valley incision. The 10 m thick, vertically uniform sand bodies indicate the presence of a large, Danube-sized watercourse (cf. Sümeghy 1950; Miháltz 1953; Molnár 1977). The subordinate nature of the floodplain sediments points to intense lateral erosion or braided channel formation. Southeast of the Nyárlőrinc–Lajosmizse area, towards the Makó Trough, the directionality ceases, the sedimentary sequence thickens, and the proportion of fine-grained floodplain sediments increases. Here, the formation of an intrabasinal alluvial fan can be inferred. The thickness map of the „Monor unit” indicates that, over time, fluvial accumulation was deposited overlappingly onto the more

elevated basin margin areas, beyond the area of the former valley.



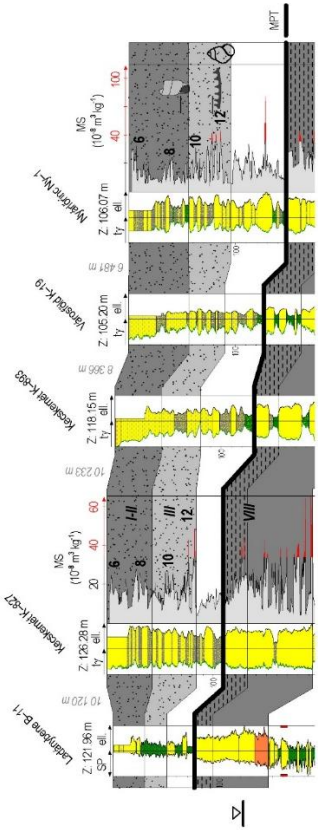
6. Figure: Thickness distribution of Quaternary sedimentary units: *A) sand sequence correlated with susceptibility cycle IX, B) „Monor Unit", C) Quaternary base depth map (Franyó 1992), D) sand sequence correlated with susceptibility cycle IX in comparison with the basement topography (Haas et al. 2012). (Note: Figure 19 refers to the figure presented in the dissertation.)*

Subdivision, age, and distribution of the sand sequence above the MPT surface

3. *Thesis*: The fine-grained, coarsening-upward sedimentary sequence above the MPT surface is an alluvial fan created by small watercourses; thus, its paleoenvironmental characteristics correspond to the concept of the Danube–Tisza Interfluve alluvial fan as a "fan-shaped alluvial fan," well-established in the physical geographical literature. However, its formation only commenced with the "climate deterioration" occurring in the Mid-Pleistocene.

The delimitation of the coarsening-upward sequence appearing above the MPT surface—which often exceeds 100 m in thickness and contains thin sand layers—from the underlying units along the MPT surface can be easily achieved on a lithological basis; however, its subdivision based on well-log correlation remains uncertain. The joint consideration of magnetic susceptibility and paleontological data in the vicinity of the core drillings enables the subdivision of the uniform sequence into three geochronological units (Figure 7). The lowermost unit extends from the MPT surface to the base of an extreme SUS peak series (MIS 12) coinciding with the last appearance datum (LAD) of *Viviparus böckhi* (Nyárlőrinc Ny–1 – 72 m); accordingly, its age is 1.2–0.45 million years. The middle section extends from the base of the MIS 12 peak series to the appearance of cold-tolerant faunal elements (e.g., *Neostyriaca corinodes*, Nyárlőrinc–1 48 m); its age is 450–250 thousand years, and it is paleontologically corroborated by the presence of the "*Viviparus böckhi* fauna" (magnetic susceptibility cycle III). The uppermost section is characterized by a renewed increase in magnetic susceptibility values and

cold-tolerant fauna, and it is presumably younger than 250 thousand years (MIS 8) (cf. occurrences of *Neostyriaca corinodes*: MIS 6, 8, 10, 150–350 thousand years; Sümegi et al., 2018).



7. Figure: Subdivision of the coarsening-upward sequence overlying the MPT surface, based on magnetic susceptibility and faunal data (Detail from Figure 31).

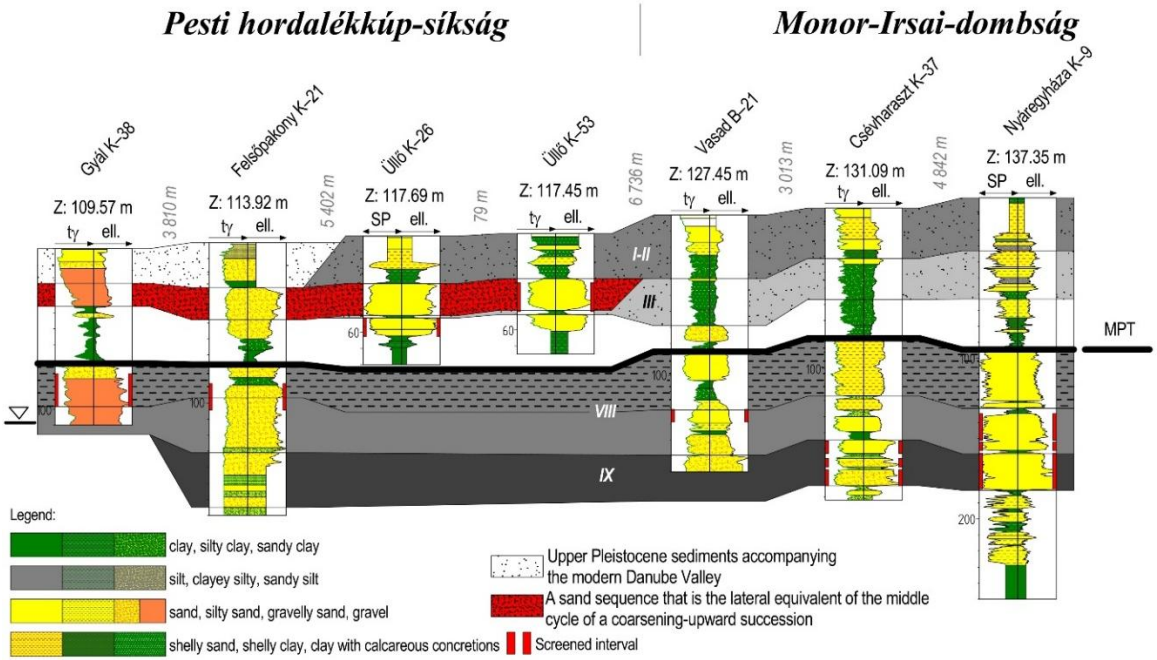
In the absence of faunal and susceptibility data, the well-log correlation surfaces were designated at the base of the fine-grained sediments located at the bottom of the geochronological cycles. Directly overlying the MPT surface, the occurrence of fine-grained sediments is widespread, thus its identification is reliable. However, the fine-grained intercalations found at the base of the middle and upper cycles present a lower resistivity contrast and are discontinuous, making their tracing uncertain.

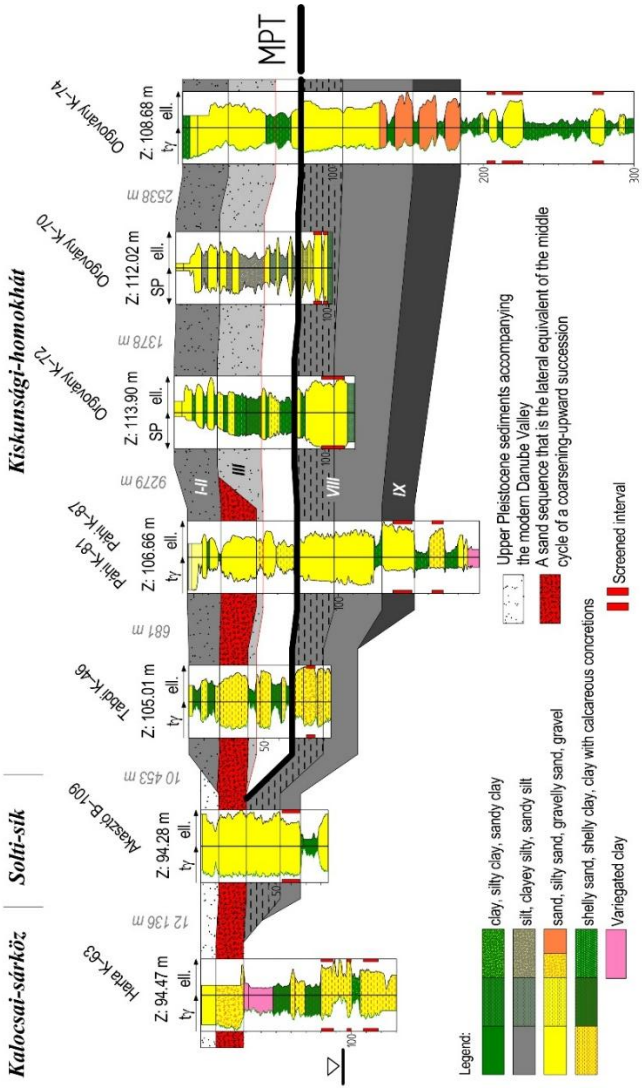
The continuous fine-grained formation overlying the MPT surface could be the most significant and regionally most widespread aquitard of the entire Quaternary sequence, whereas the silty intercalations appearing only in patches above the base of the middle and upper cycles are regionally discontinuous facies, which can likely only locally influence the direction and velocity of groundwater flow. Their identification on geophysical well logs is uncertain, but their correlation would be greatly facilitated by incorporating magnetic susceptibility measurements into well-logging practice.

4. *Thesis*: The alluvial fan is laterally bordered to the west by a sand sequence approximately parallel to the modern Danube Valley, dating to between 450 and 250 thousand years ago, which confirms the former presence of a large-scale watercourse (the Danube) (cf. Sebe et al. 2019).

The lithological character of the middle cycle (450–250 thousand years old), which corresponds to magnetic susceptibility cycle III, changes in the western part of the study area. In a westward direction, for example in the Vasad–Üllő and Orgovány–Páhi areas, the fine-grained sequence

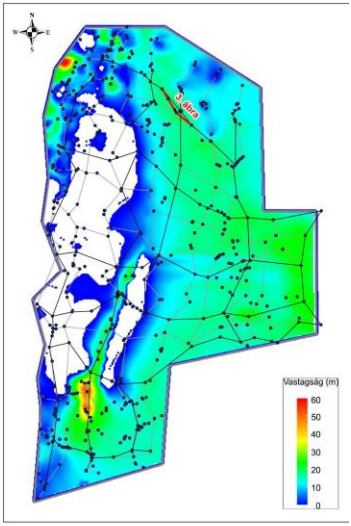
containing only thin sand intercalations borders a visibly monotonic sand succession reaching a thickness of 20 m (Figure 8). Since the fine-grained material of the upper sedimentary cycle clearly overlies it in both the Páhi–Tabdi and Üllő areas, its formation may coincide with the middle cycle; however, due to its differing lithological character, we have mapped it as a separate unit.

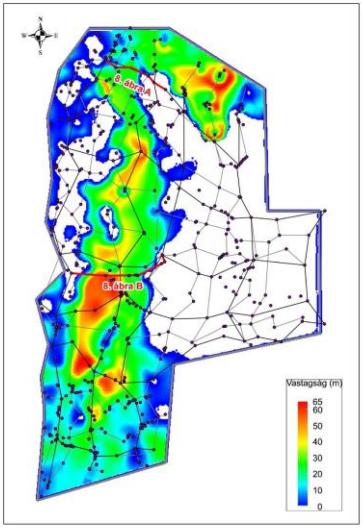

Pesti hordalékkúp-síkság
Monor-Irsai-dombság
Gyál K-38
Felsőpakony K-21
Üllő K-26
Üllő K-53
Vasad B-21
Csévharaszt K-37
Nyáregyháza K-9
Z: 109.57 m
Z: 113.92 m
Z: 117.69 m
Z: 117.45 m
Z: 127.45 m
Z: 131.09 m
Z: 137.35 m
3 810 m
5 402 m
79 m
6 736 m
3 013 m
4 842 m
I-II
III
VIII
IX
MPT
Legend:
clay, silty clay, sandy clay
silt, clayey silty, sandy silt
sand, silty sand, gravelly sand, gravel
shelly sand, shelly clay, clay with calcareous concretions
Upper Pleistocene sediments accompanying the modern Danube Valley
A sand sequence that is the lateral equivalent of the middle cycle of a coarsening-upward succession
Screened interval



8. Figure: Sand sequence laterally bordering the middle cycle of the coarsening-upward succession in the Vasad–Üllő and Orgovány–Páhi areas.

The thickness maps of the geochronological units of the coarsening-upward succession are influenced by erosion occurring along the margin of the Danube Plain, as well as by the thick sand succession bordering the middle cycle to the west. Therefore, to illustrate the distribution, we present the thickness map of the uppermost cycle, which shows the greatest extent (Figure 10 A), and we have separately plotted the distribution of the continuous sand sequence laterally connected to the fine-grained material of the middle cycle (Figure 10 B). The uppermost cycle covers essentially the entire Danube–Tisza Interfluve; at the same time, based on the thickness map, the sand sequence laterally bordering the middle cycle is a sedimentary succession with a nearly N–S trend, which partly overlaps with the current Danube Valley and is partly located to the east of it.





9. Figure: Thickness map of the uppermost cycle of the coarsening-upward sequence

10. Figure: Thickness map of the sand sequence laterally bordering the middle cycle of the coarsening-upward sequence. (Figures 3 and 8 refer to the figures presented in the thesis summary.)

The paleoenvironmental interpretation of the fine-grained, coarsening-upward succession overlying the MPT surface is a subject of debate. To determine the fluvial or aeolian character of this fine-grained sequence, numerous supplementary analyses were conducted during the drilling of core boreholes (Franyó 1980). Both malacological data (Krolopp in Franyó 1980) and scanning electron microscopic (SEM) images of

sand grains (Borsy et al. 1982, 1987) confirmed that the upper 100–200 m thick fine-grained succession is more accurately interpreted as a frequent alternation of fluvial, lacustrine, and aeolian environments, rather than a monotonous sequence of predominantly aeolian formations. This is further supported by the coarsening-upward trend observed over large areas on well-log correlations, which, among fluvial sequences, is primarily a characteristic of fan-shaped alluvial fans (Weissmann et al. 2010, Ventra and Clarke 2018). The typically small thickness of the sand layers embedded in the fine-grained sediment also suggests that sediment accumulation is linked to watercourses significantly smaller than the modern Danube.

Regarding the change in the size of the watercourses, Sümeghy (1950) posited spontaneous channel development; however, given the known age of the MPT surface (1.2 million years), the change can also be explained by clinatohistorical events. As a consequence of the Mid-Pleistocene climate deterioration, one must account for a decrease in precipitation, the retention of a significant portion of precipitation in the form of snow and ice, and an increase in the volume of generated debris.

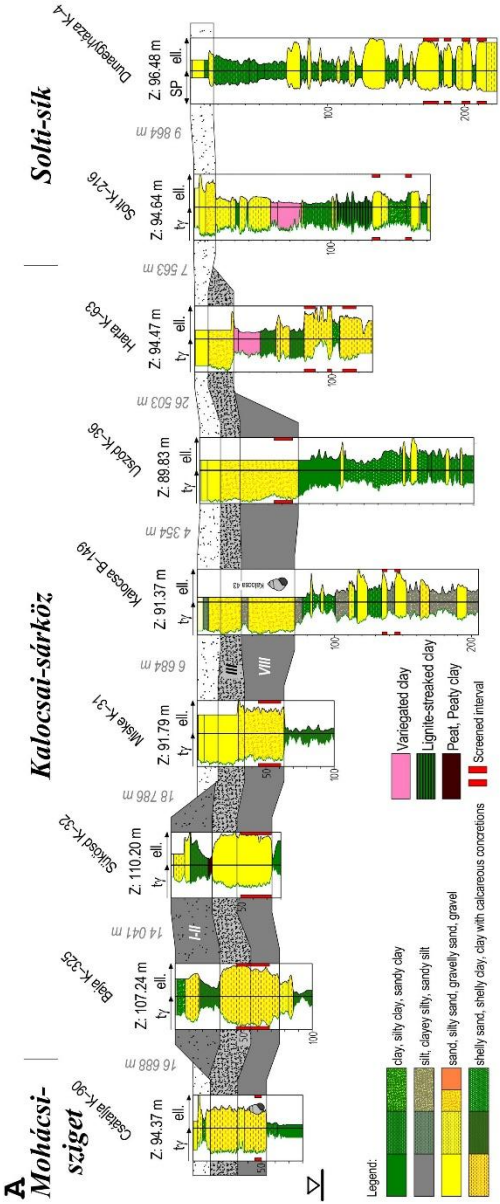
The sand sequence laterally bordering the middle cycle of the alluvial fan indicates the presence of a Danube-sized watercourse. The distribution of its channel sediments partially overlaps with the modern Danube Valley but extends eastward into the area of the Danube–Tisza Interfluve. Considering the age of the middle cycle, its accumulation can be dated to between 450 and 250 thousand years. This corroborates the previously published evolutionary model, according to which the Danube gradually shifted westward (Sebe et al. 2019).

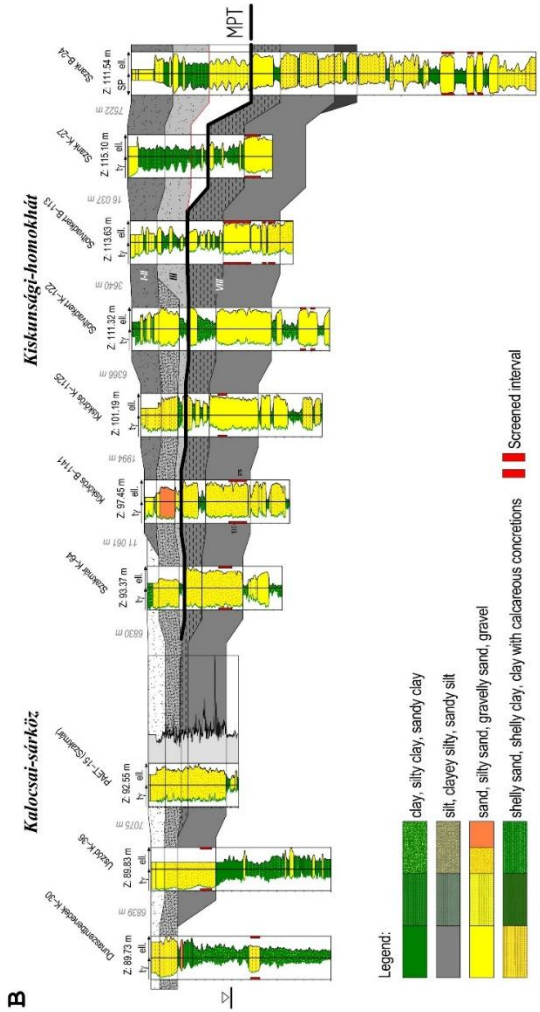
Subdivision, age, and distribution of the sandy sediments of the modern Danube Valley

5. *Thesis*: The sand succession in the Kalocsa–Baja region along the Danube Valley, which is well-known to thicken to 60–70 m, is not restricted to a young, trenched depression formed in the Kalocsa–Baja area accompanying the Danube Valley; instead, it continues eastward toward the Danube–Tisza Interfluve. Its presence confirms that north of this point during the Late Pleistocene, the Danube flowed over a terrain composed of Pannonian formations, while south of it, it flowed over a surface built of Lower Pleistocene fluvial deposits.

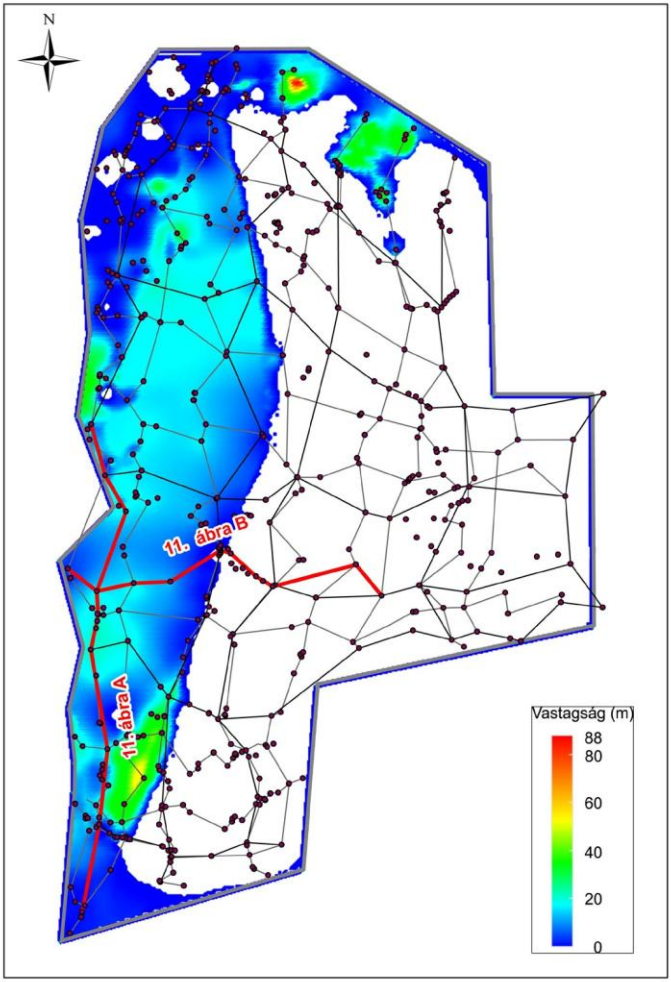
Geophysical well-logging of the 10–15 m thick sand sequence at the base of the Danube Valley is hindered by the conductor pipe ensuring borehole stability; therefore, new results from well-log correlations in this area primarily provided insight into the assessment of the sand succession in the Kalocsa–Baja region, which is well-known to thicken to 60–70 m. On the N–S profile (Figure 11 A), the known "thickening" in the Uszód–Kalocsa–Csátalja area is clearly visible. At the same time, based on the "*Viviparus böckhi* fauna" found within it, this high-thickness sand layer is certainly older than the approximately 10–15 m thick sand layer found at the surface of the Danube Valley (Jaskó and Kordos 1989); furthermore, in the Baja–Sükösd area, the uppermost cycle of the coarsening-upward sand sequence can be found overlying it. Meanwhile, on the W–E profile (Figure 11 B), this high-thickness sand succession clearly continues eastward toward the Danube–Tisza Interfluve; thus, its distribution—contrary to common belief (e.g., Jaskó and Krolopp 1991, Kiss et al. 2015)—is not restricted to a young, trenched depression formed in the Kalocsa–Baja area accompanying the Danube Valley.

Accordingly, the lower, high-thickness part of the sand sequence south of Solt was not considered part of the young sedimentary succession covering the surface of the Danube Valley, a distinction that is also reflected in the sediment thickness map (Figure 12). Taking this into account, the "thickening" occurring in the Uszód–Kalocsa area simply means that north of this point during the Late Pleistocene, the Danube flowed over a terrain composed of Pannonian formations, while south of it, it flowed over a surface built of Lower Pleistocene fluvial deposits.


A
Mohácsi-sziget
Kalocsai-sárköz
Solti-sík
Csátalja K-90
Z: 94.37 m
16 688 m
Bajá K-325
Z: 107.24 m
14 041 m
Sükösd K-32
Z: 110.20 m
18 786 m
Miske K-31
Z: 91.79 m
6 684 m
Kalocsa B-149
Z: 91.37 m
4 354 m
Uszód K-36
Z: 89.83 m
26 503 m
Harta K-63
Z: 94.47 m
7 563 m
Solt K-216
Z: 94.64 m
9 864 m
Dunaegyházza K-4
Z: 96.48 m
SP
ell.
Legend:
clay, silty clay, sandy clay
silt, clayey silty, sandy silt
sand, silty sand, gravelly sand, gravel
shelly sand, shelly clay, clay with calcareous concretions
Variegated clay
Lignite-streaked clay
Peat, Peaty clay
Screened interval



11. Figure: Depositional conditions of Quaternary sediments between Kalocsa and Baja: A) N–S profile, B) W–E cross-section.



12. Figure: Isopach map of Upper Pleistocene sediments along the Danube Valley. (Figure 11 refers to the figure presented in the thesis summary.)

References cited in the Thesis Summary

Borsy, Z., Félszerfalvi, J. & Lóki, J. 1982: A Jánoshalmi MÁFI alapfúrás homoküledékeinek elektronmikroszkópos vizsgálata. Acta Geographica Debrecina 20, 35–50.

Borsy, Z., Félszerfalvi, J., Lóki, J. & Franyó, F. 1987: Electron Microscopic Investigations of Sand Material in the Core Drillings in the Great Hungarian Plain. GeoJournal 15.2, 185–195.

Franyó F. 1980: Újabb felszínfejlődéstörténet és vízföldtani eredmények a Duna–Tisza közi kutatófúrások alapján. Földrajzi Értesítő 29. 409–442.

Franyó F. 1992: A negyedidőszaki képződmények talpmélység térképe. Kézirat, SZTFH Adattár

Gibbard, P.L., Lewin, J. 2009: River incision and terrace formation in the Late Cenozoic of Europe. Tectonophysics 474, pp. 41–55.

Jaskó S., Kordos L. (1989). A Budapest–Adony–Örkény közötti terület kavics formációja. MÁFI Évi Jel. 1988. pp. 153–166.

Jaskó S., Krolopp E. 1991: Negyedidőszaki kéregmozgások és folyóvízi üledékfelhalmozódás a Duna-völgyben Paks és Mohács között. MÁFI Évi Jel. 1989. pp. 65–82.

Kiss, T., Hernesz, P., Sümeghy, B., Györgyövics, K., Sipos, Gy. 2015: The evolution of the Great Hungarian Plain fluvial system – Fluvial processes in a subsiding area from the beginning of the Weichselian. Quaternary International, 388, pp. 142-155.

Miháltz I. 1953: A Duna–Tisza köze D-i részének földtani felvétele. MÁFI Évi Jel. 1950. 113–138.

Molnár B. 1977: A Duna–Tisza köz felsőpliocén (levantei) és pleisztocén földtani fejlődéstörténete. Földtani Közlöny 107. 1–16.

Nelson, E., Püspöki, Z., White, D., Pogácsás, Gy, McIntosh, R.W., Szappanos, B., Wheeler, L., Fancsik, T., Penkman, K. 2024: A Quaternary aminostratigraphy for the Pannonian Basin: The competing influences of time, burial depth and temperature in deep-core material. Quaternary Science Reviews, 346, doi: 10.1016/j.quascirev.2024.109044

Püspöki, Z., Kovacs, I. J., Fancsik, T., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Tóth-Makk, Á., Udvardi, B., Konya, P., Füri, J., Bendő, Zs., Zilahi-Sebess, L., Stercel, F., Gulyás, Á. & McIntosh, R. W. 2016: Magnetic susceptibility as a possible correlation tool in Quaternary alluvial stratigraphy. Boreas 45, 861–875.

Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Berényi, B., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Nádor, A., Fancsik, T., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R.W., Szőcs, T. & Faragó, E. 2020: High-resolution stratigraphy of a Quaternary fluvial deposit based on magnetic susceptibility variations (Jászság Basin, Hungary). Boreas 49, 181–199.

Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Falus, Gy., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Szilárd, Sz., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R. W., Szőcs, T., Pálóczy, P. & Fancsik, T. 2021a: High-resolution stratigraphy of Quaternary fluvial deposits in the Makó Trough and the Danube-Tisza Interfluve based on magnetic susceptibility data (Pannonian Basin, Hungary). Boreas 50, 205–223.

Püspöki, Z., Gibbard, P. L., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Sümegi, P., Fogarassy-Pummer, T., McIntosh, R. W., Lantos, M., Tóth-Makk, Á., Stercel, F., Krassay, Z., Kovács, P., Szőcs, T. & Fancsik, T. 2021b: Fluvial magnetic susceptibility as a proxy on long-term

variations of mountain permafrost development in the Alp-Carpathian Region. Boreas 50, 806–825.
Rónai A. 1985: Az Alföld negyedidőszaki földtana. Geologica Hungarica Series Geologica Tomus 21. p. 455.
Sebe, K., Csillag, G., Pazonyi, P. & Ruszkiczay-Rüdiger Zs. 2019: Quaternary evolution of the river Danube in the central Pannonian Basin and its possible role as an ecological barrier to the dispersal of ground squirrels. Historical Biology, doi.org/10.1080/08912963.2019.1666838
Sümeghy J. 1950: A Duna–Tisza-közének földtani vázlata. MÁFI Évi Jel. 1950. 233–262.
Sümegi, P., Gulyás, S., Molnár, D., Sümegi, B. P., Almond, P. C., Vandenberghe, J., Zhou, L., Pál-Molnár, E., Törőcsik, T., Hao, Q., Smalley, I.,Molnár, M. & Marsi, I. 2018: New chronology of the best developed loess/paleosol sequence of Hungary capturing the past 1.1 ma: implications for correlation and proposed pan-Eurasian stratigraphic schemes. Quaternary Science Reviews 19
Urbancsek J. 1977: Magyarprszág mélyfúrású kútjainak katasztere, VII. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 546 p.
Ventra, D. & Clarke, L. E. 2018: Geology and geomorphology of alluvial and fluvial fans: current progress and research perspectives. In Ventra D. & Clarke L. E. (eds.): Geology and Geomorphology of Alluvial and Fluvial Fans: Terrestrial and Planetary Perspectives. 1–21. Geological Society, London, Special Publications 440.
Weissmann, G.S., Hartley, A.J., Nichols G.J., Scuderi L.A., Olson M., Buehler H., Banteah R. 2010: Fluvial form in modern continental sedimentary basins: Distributive fluvial systems. Geology, 38, 39–42.

Reports and publications related to the topic

Publications

Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Berényi, B., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Nádor, A., Fancsik, T., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R.W., Szőcs, T. & Faragó, E. 2020: High-resolution stratigraphy of a Quaternary fluvial deposit based on magnetic susceptibility variations (Jászság Basin, Hungary). Boreas 49, 181–199.

Püspöki, Z., Fogarassy-Pummer, T., Thamó-Bozsó, E., Falus, Gy., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Szilárd, Sz., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R. W., Szőcs, T., Pálóczy, P. & Fancsik, T. 2021a: High-resolution stratigraphy of Quaternary fluvial deposits in the Makó Trough and the Danube-Tisza Interfluve based on magnetic susceptibility data (Pannonian Basin, Hungary). Boreas 50, 205–223.

Püspöki, Z., Gibbard, P. L., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Sümegi, P., Fogarassy-Pummer, T., McIntosh, R. W., Lantos, M., Tóth-Makk, Á., Stercel, F., Krassay, Z., Kovács, P., Szőcs, T. & Fancsik, T. 2021b: Fluvial magnetic susceptibility as a proxy on long-term variations of mountain permafrost development in the Alp-Carpathian Region. Boreas 50, 806–825.

Fogarassy-Pummer T., Markos G., Vári Z., Mekker J., Szabó Zs., Bauer M., Gál N. E., Kun É., Jordánné Szűcs A., Szőcs T., Fancsik T., & Püspöki Z. 2024: A Duna–Tisza-köze negyedidőszaki képződményei mágneses szuszceptibilitás és karotázs korrelációs vizsgálatok alapján. Hidrológiai Közlöny, 104(4), 43-62.

Reports

Püspöki Z., Fogarassy-Pummer T. (szerk.) 2020: Jelentés az ivó- és öntözővizes rétegsor nagy felbontású fácies korrelációs és klimatosztratigráfiai vizsgálatairól a Dong-ér vízgyűjtő területén különös tekintettel a hidrodinamikai és transzportmodellek gyakorlati szempontjaira. Kézirat, SZTFH Adattár, p. 39

Püspöki Z., Fogarassy-Pummer T., Mekker J., Vári Z., Szőcs T., Pálfi É., Markos G., Bauer M., Hegyiné Rusznyák É., Szappanos B. 2023: Felszín alatti vizek vizsgálata és bányászati vonatkozásainak elemzése – 2. Vízföldtani célú karotázs korrelációk. Kézirat, SZTFH Adattár, p. 26

Püspöki Z., Fogarassy-Pummer T., Mekker J., Vári Z., Szőcs T., Pálfi É., Markos G., Bauer M., Hegyiné Rusznyák É., Szappanos B. 2024: Felszín alatti vizek vizsgálata és bányászati vonatkozásainak elemzése – 2. Vízföldtani célú karotázs korrelációk. Kézirat, SZTFH Adattár, p. 37

UNIVERSITY of DEBRECEN

UNIVERSITY AND NATIONAL LIBRARY
UNIVERSITY OF DEBRECEN
H-4002 Egyetem tér 1, Debrecen
Phone: +3652/410-443, email: publikaciok@lib.unideb.hu

Registry number: DEENK/139/2026.PL
Subject: PhD Publication List

Candidate: Tímea Fogarassy-Pummer
Doctoral School: Doctoral School of Earth Sciences
MTMT ID: 10065777

List of publications related to the dissertation

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (1)

1. **Fogarassy-Pummer, T.**, Markos, G., Vári, Z., Mekker, J., Szabó, Z., Bauer, M., Gál, N. E., Kun, É., Szűcs, A., Szőcs, T., Fancsik, T., Püspöki, Z.: A Duna-Tisza-köze negyedidőszaki képződményei mágneses szuszceptibilitás és karotázs korrelációs vizsgálatok alapján. *Hidrol Közl. 104* (4), 43-62, 2024. ISSN: 0018-1323. DOI: http://dx.doi.org/10.59258/hk.17594

Foreign language scientific articles in international journals (3)

2. Püspöki, Z., Gibbard, P. L., Nádor, A., Thamó-Bozsó, E., Sümegi, P., **Fogarassy-Pummer, T.**, McIntosh, R. W., Lantos, M., Tóth-Makk, Á., Stercel, F., Krassay, Z., Kovács, P., Szőcs, T., Fancsik, T.: Fluvial magnetic susceptibility as a proxy for long-term variations of mountain permafrost development in the Alp-Carpathian region. *Boreas. 50* (3), 806-825, 2021. ISSN: 0300-9483. DOI: http://dx.doi.org/10.1111/bor.12520 IF: 2.645

3. Püspöki, Z., **Fogarassy-Pummer, T.**, Thamó-Bozsó, E., Falus, G., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Szabó, S., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R. W., Szőcs, T., Pálóczy, P., Fancsik, T.: High-resolution stratigraphy of Quaternary fluvial deposits in the Makó Trough and the Danube-Tisza Interfluve, Hungary, based on magnetic susceptibility data. *Boreas. 50* (1), 205-223, 2021. ISSN: 0300-9483. DOI: http://dx.doi.org/10.1111/bor.12471 IF: 2.645

4. Püspöki, Z., **Fogarassy-Pummer, T.**, Thamó-Bozsó, E., Berényi, B., Cserkész-Nagy, Á., Szappanos, B., Márton, E., Lantos, Z., Nádor, A., Fancsik, T., Stercel, F., Tóth-Makk, Á., McIntosh, R. W., Szőcs, T., Faragó, E.: High-resolution stratigraphy of a Quaternary fluvial deposit based on magnetic susceptibility variations (Jászság Basin, Hungary). *Boreas. 49* (1), 181-199, 2019. ISSN: 0300-9483. DOI: http://dx.doi.org/10.1111/bor.12412 IF: 2.477

DEBRECENI EGYETEM Egyetemi és Nemzeti Könyvtár

UNIVERSITY of DEBRECEN

UNIVERSITY AND NATIONAL LIBRARY
UNIVERSITY OF DEBRECEN
H-4002 Egyetem tér 1, Debrecen
Phone: +3652/410-443, email: publikaciok@lib.unideb.hu

List of other publications

Hungarian book chapters (2)

5. Püspöki, Z., Sári, K., **Fogarassy-Pummer, T.**, Maigut, V., Barczikayné, S. R., Simó, B., Varga, B.: A hazai szénvagyon dokumentációs és adatrendszerei.
In: A hazai szénvagyon és hasznosítási lehetőségei / (szerk.) Püspöki Zoltán; Debreczeni Ákos; Fancsik Tamás; Hámorné Vidó Mária; Zelei Gábor, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest, 11-20, 2018. ISBN: 9789636713140

6. Püspöki, Z., **Fogarassy-Pummer, T.**, Cserkész-Nagy, Á., Markos, G.: Módszertani fejlesztési lehetőségek a hazai szénkutatási gyakorlatban.
In: A hazai szénvagyon és hasznosítási lehetőségei / (szerk.) Püspöki Zoltán; Debreczeni Ákos; Fancsik Tamás; Hámorné Vidó Mária; Zelei Gábor, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest, 21-27, 2018. ISBN: 9789636713140

Foreign language scientific articles in international journals (1)

7. Püspöki, Z., Hámorné Vidó, M., **Fogarassy-Pummer, T.**, Sári, K., Lendvay, P., Selmeczi, I., Detzky, G., Gúthy, T., Kiss, J., Kovács, Z., Prakfalvi, P., McIntosh, R. W., Bódi, E., Báldi, K., Markos, G.: A sequence stratigraphic investigation of a Miocene formation supported by coal seam quality parameters: Central Paratethys, N-Hungary.
Int. J. Coal Geol. 179, 196-210, 2017. ISSN: 0166-5162.
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.coal.2017.05.016
IF: 4.13

Hungarian abstracts (2)

8. **Fogarassy-Pummer, T.**, Sári, K., Bódi, E., Kertész, T.: Coastal effects in East-Borsod Basin presented by high resolution stratigraphic correlation: Poszter.
In: Ifjú Szakemberek Ankétja = Meeting of Young Geoscientists: Absztrakt kötet, Magyar Geofizikusok Egyesülete, Magyar Földtani Társulat, Tiszafüred, 37-38, 2016.

9. Kovács, Z., Bartók, Á., Koczka, Z., Lelesz, M., **Fogarassy-Pummer, T.**, Vincellér, D., Püspöki, Z., Lendvay, P., Hámorné Vidó, M.: A Hidasi-medence földtani rekonstrukciójának térinformatikai feldolgozása.
In: Az elmélet és gyakorlat találkozása a térinformatikában III. : Térinformatikai konferencia és szakkiállítás. Szerk.: Lóki József, Kapitális Nyomdaipari Kft., Debrecen, 468, 2012. ISBN: 9789633182185

DEBRECENI EGYETEM Egyetemi és Nemzeti Könyvtár

UNIVERSITY of DEBRECEN

UNIVERSITY AND NATIONAL LIBRARY
UNIVERSITY OF DEBRECEN
H-4002 Egyetem tér 1, Debrecen
Phone: +3652/410-443, email: publikaciok@lib.unideb.hu

Foreign language abstracts (2)

10. Szőcs, T., Sári, K., Bauer, M., Kiss-Mezei, Á., **Fogarassy-Pummer, T.**, Kun, É., Tóth, G., Mekker, J., Taksz, L., Püspöki, Z.: Integrated stratigraphic investigation of a lignite bearing succession to support regional hydrogeological modelling.
In: Making groundwater in the Danube region visible: Book of Abstracts. Eds.: Mihael Brenčič, Petra Žvab Rožič, Anja Torkar, Slovenian Committee of International Association of Hydrogeologists (SKIAH) and Slovenian Geological Society, Ljubljana, 49, 2022. ISBN: 9789619596005

11. **Fogarassy-Pummer, T.**, Faragó, E.: Why suitable the "susceptibility termination surfaces" for stratigraphic investigation of fluvial freshwater reservoirs?: Poszter.
In: XLVIII. Ifjú Szakemberek Ankétja. Absztrakt kötet. / A Magyar Geofizikusok Egyesülete (szerk.), Magyar Geofizikusok Egyesülete, Budapest, 32-33, 2017.

Total IF of journals (all publications): 11,897
Total IF of journals (publications related to the dissertation): 7,767

The Candidate's publication data submitted to the Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

07 April, 2026

DEBRECENI EGYETEM Egyetemi és Nemzeti Könyvtár