

Pliocén folyók szedimentológiai rekonstrukciója a Gödöllői-dombságon

Reconstruction of Pliocene fluvial channels, Gödöllő Hills, Hungary

UHRIN András¹

Abstract

Following the infill of the Late Miocene Lake Pannon by huge deltaic systems a widespread alluvial plain was formed in the Pannonian Basin during Pliocene to Pleistocene. Thickness of this alluvial succession is over 600–700 m in the central parts of the basin. Quaternary uplift, however, has inverted the basin fill, thus along the rim of mountainous areas lacustrine deposits and parts of the fluvial systems are cropping out. Borehole data demonstrate that the bulk of these sediments is variegated silt and clay formed on floodplain. Sandy to gravelly channel fill deposits comprise a smaller volume. However, these crop out in several sand pits and road cuts, e. g. in the northern part of Gödöllő Hills. In the studied outcrops five facies units were described as follows: medium-grained trough cross-bedded sand, medium-grained sand with compound cross-bedding, small channel fills with parallel bedding to basal concavity, fine-grained cross-laminated sand, and massive silt to mud.

Significant fining upward is rare, but decreasing thickness of cross-sets is often present in sands, defining cycles of about 5 m height. Cycle boundaries are commonly drawn by strong cementation of sand. In some outcrops gently dipping lateral accretion surfaces were observed; together with cyclicity, they indicate point bar deposits of meandering rivers. Palaeocurrent directions were also determined; they show that these rivers flowed from northwest – from the uplifting North Hungarian Range – to southeast. From the facies units morphology of individual bars was reconstructed. Lateral accretion surfaces of point bars show the direction of bend migration. A compound cross-bedded sandbody proved to be a confluence bar, which was partially eroded later by a small bar-top channel.

Comparison with data from nearby boreholes and a 500 m long railroad cut has shown that channel fill sands are isolated within the fine sediments of floodplains, but amalgamation of 3–4 channel fill sandbodies is an abundant phenomenon, which can be the result of frequent avulsions and/or low subsidence rate. The depth of meandering rivers can be estimated as 5–8 m, but 2–3 m deep temporary channels also existed. Thin layers of sand within floodplain fines could have been deposited by crevasse splays.

In Isaszeg, the southernmost outcrop of the area, sandbodies built by transverse bars were recognized. Lack of silt and mud in a nearby borehole confirms that these sediments were deposited by a braided river with more unsteady discharge; based on the measured palaeocurrents this river flowed to northeast.

The reconstructed river courses seem to follow the axes of coeval anti- and synclines of the area, known from seismic sections.

Összefoglalás

A pliocénben, a Pannon-tó feltöltődését követően lerakódott folyóvízi üledékeket vizsgáltam Gödöllő, Galgahévíz és Isaszeg térségében. A jelenlegi feltárásokban elsősorban keresztrétegzett homok különböző változatai fordulnak elő, de fúrási rétegsorok és egy archiv szelvény értékeléséből kiderül, hogy pélites üledékek is nagy mennyiségben jelen vannak.

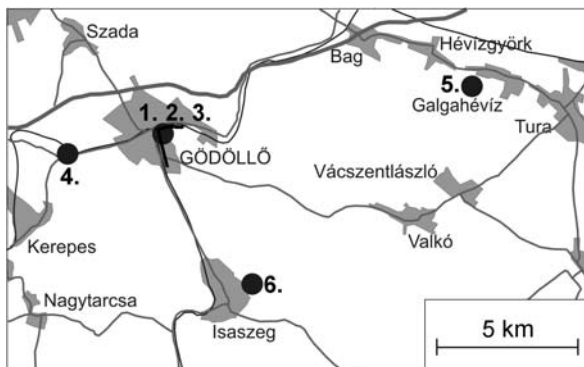
A feltárásokból rekonstruáltam azokat az üledékszerkezeteket ill. fizikai folyamatokat, amelyek a ma látható rétegformákat kialakították. Gödöllőn és Galgahévízen meanderező folyók kanyarulatainak fejlődése során kialakuló övzátonyokat, míg Isaszegen valószínűleg fonatos medrű folyó mederzátonyát lehetett azonosítani. A gödöllői Szabadság úti feltárásban a mederbe betorkolló másik vízfolyás által lerakott „torkolati” zátony is megjelenik. Az övzátonyokban észlelt belső eróziós felületek alapján az egyes kanyarulatok fejlődésének iránya is nyomon követhető volt. A fúrások és a gödöllői vasúti bevágás szelvényeiben az egyes homoktesteket – mederüledékeket – pélites ártéri üledékek választják el egymástól, de több helyen akár 3–4 egymás fölé települő medterest is összeolvad, ami gyakori avulzióra, illetve viszonylag

¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Általános és Történelmi Földtani Tanszék, 1518 Budapest, Pf. 120.
E-mail: uhrin-a@freemail.hu

lassú süllyedésre utal. A homoktestek és a feltárásokban látható üledékciklusok vastagsága alapján a folyók mélysége elérte az 5–8 métert. Ugyanakkor kisebb, 2–3 m mély medrek is kialakultak, a még vékonyabb homokbetelepülések pedig ártéri hordalékkelebek lehettek. A feltárásokban meghatároztam az egykori szállítási irányokat: ezekből kiderül, hogy a terület nagy részén az üledéket északnyugatról – az emelkedő Északi-középhegység felől – délkelet felé irányuló folyók rakták le, ugyanakkor az Isaszegen azonosított fonatos medrű, nagyobb esésű folyó vize északkelet felé haladt. A leírt jellegek és szállítási irányok a területre jellemző szerkezeti irányokkal is összefüggésbe hozhatók: úgy tűnik, a folyók az üledékképződéssel egyidőben formálódó szinklinálisok tengelyével közel párhuzamosan folytak.

Kutatástörténet és földtani helyzet

A Gödöllői-dombság területének nagy részét borító negyedidőszaki üledékek (löss és futóhomok) fekéjében kereszttrétegzett homok található, amely elsősorban a dombság északi részének morfológiai magaslatain bukkann fel a felszínre (általán vizsgált feltárásainak elhelyezkedése az 1. ábrán látható).



1. ábra. A vizsgált feltárások elhelyezkedése (1–3. Gödöllő, Szabadság úti feltárás, vasúti bevágás és fúrési szelvények; 4. Gödöllő és Kerepes közötti feltárás; 5. Galgahévíz; 6. Isaszeg).

Fig. 1. Location map of the studied outcrops (1–3. Gödöllő, Szabadság Road outcrop, railroad cut and borehole sections; 4. outcrop between Gödöllő and Kerepes; 5. Galgahévíz; 6. Isaszeg)

BÖCKH János (1872) ezt a képződményt is a pleisztocénbe sorolta; GÜLL Vilmos (1909) már az agyagból és homokból álló „pontusi üledékek” részeként említi. A gödöllői vasúti bevágás munkálatai során (1935–36) a homokból emlősmaradványok kerültek elő, ezek alapján MOTTL Mária (1939) levantei, tehát középső-pleiocén kort határozott meg. GAÁL István (1946) ugyanezeket a leleteket alsó-pleiocén korúnak tartotta, de a későbbi felülvizsgálatkor (1953) alsó- és középső-pleiocén formákat egyaránt meghatározott. Tehát ha az üledék viszonylag rövid idő alatt rakódott le, akkor keletkezése a középső-pleiocénre vagy még későbbre tehető. Legutóbb KORDOS László (1990) erősítette

meg a fossziliák alsó-középső-pleiocén korát, hozzátéve, hogy ez a lelet nem feltétlenül fedi le a képződmény teljes időbeli kiterjedését.

SZENTES Ferenc (1943) említi először a homok kereszttrétegzettségét; az eltérő ősmaradványanyag mellett ez alapján különítette el a „levantei homokot és agyagot” a tőle északnyugatra felszínre kerülő párhuzamos rétegzettségű – idősebb, tavi eredetű – felső-pannoniai üledékektől.

Az addigra egyértelműen pliocén korúnak és folyóvízi eredetűnek minősített kereszttrétegzett homokról PÉCSI (1958, 1959) megállapította azt is, hogy vastagsága Gödöllő–Isaszeg vonalában a legnagyobb (50–200 m). Szerinte ez a terület még a pliocénben is folyamatosan süllyedt, így maga felé vonzotta a vízfolyásokat. Ugyanakkor feltételezte, hogy képződése óta a homok nagy mértékben lepusztult. Jelenlegi elterjedését PÉCSI az utólagos cementációval magyarázza: eszerint a mai dombhákat az erősen cementálódott részek alkotják.

JÁMBOR Á. és munkatársai (1966) a kereszttrétegzett homokot ismét nagy vízhozamú folyó üledékeként írták le, keletkezését pedig a felső-pleiocénbe helyezték. A jelenleg érvényes beosztás alapján a Pannon-tó feltöltődését követően, de még a pliocénben lerakódott folyóvízi üledékek – így az általán vizsgált képződmények is – ezen a területen a Nagyalföldi Tarkaagyag Formációba sorolhatók. (GAJDOS & PAPP 1997). A legutóbbi években FODOR és munkatársai (2001; in press) szeizmikus szelvények alapján a terület szerkezeti vonásait vizsgálták; a Gödöllői-dombság északi részén jellemzően észak-északnyugat–dél-délkeleti csapású normálvetőket és a vetőkhöz kapcsolódó antiklinálisokat állapítottak meg. Szerintük az említett szerkezetek már a késő-miocén előtt létrejöttek, de később reaktiválódtak.

Munkám célja az volt, hogy meghatározzam a pliocén folyóvízi üledékek rétegformáit kialakító folyamatokat, az egykori folyók jellegét és folyásirányát, ami alapján a terület ősföldrajzáról kaphatunk képet.

A feltárások leírása

Gödöllő, Szabadság úti feltárás

A feltárás egy rövidebb (15 m) nyugat-keleti, valamint egy 50 m-es észak-déli falból áll. A mérések,

rajzok, szelvények a fal legjobban látható alsó 4 méteréről készültek (2. ábra).

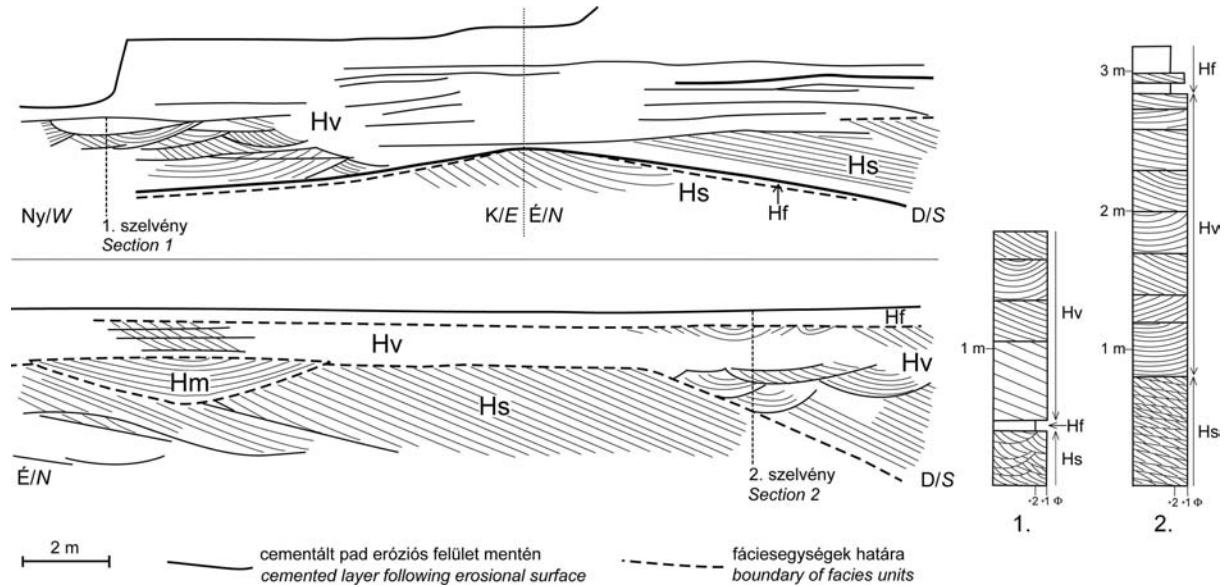
Az itt megjelenő homok változatos mértékben meszesen cementált. Az erős cementáció helyenként az észleléseket is megnehezítette. Ugyanakkor a

cementált padok jellemzően a nagyobb léptékű üledékformákat követik, elősegítve azok felismerését.

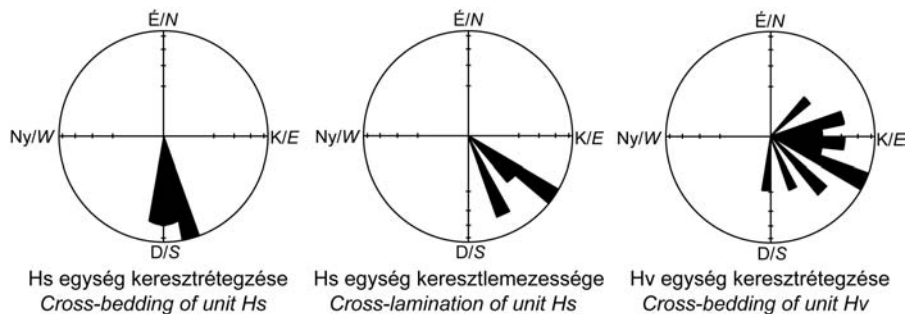
Az egyik legszembevetőbb cementált pad a két fal találkozásánál 2 m magasságban jelenik meg, innen látszólag Ny-i és D-i irányba is kb. 10°-os szögben (valójában DNy-ra, kb. 15°-ban) dől. Egy másik, vízszintes cementált szint az É-D-i fal felső

részen, kb. 4 m magasságban húzódik végig (2. ábra), utóbbi osztja két nagyobb egységre a feltárást. Ez a két pad egyben eróziós felületnek is tekinthető, mivel láthatóan mindkettő elmettzi a később leírt keresztlemezes, aprószemcsés homok alsó határát.

A szemcseméret és az üledékszerkezetek alapján négy fáciesegységet különítettem el.



2. ábra. A gödöllői Szabadság úti feltárás vázlata, szelvényei és fáciesegységei.
 Fig. 2. Sketch, sections and facies units of Szabadság Road outcrop, Gödöllő



3. ábra. Szállítási irányok a Szabadság úti feltárásban.
 Fig. 3. Palaeocurrent data in Szabadság Road outcrop

Hv: vályúsan kereszttrétegzett közép- és aprószemcsés homok

Uralkodóan 0,25–0,5 mm átmérőjű szemcsékből áll, de csak közepesen osztályozott: sok 0,1–0,2 mm-es szemcsét is tartalmaz. A szemcsék gyengén koptatottak, anyaguk nagyrészt kvarc, de földpát, muszkovit és biotit is azonosítható. A két fő cementált pad között ez a típusú homok látható a legnagyobb felületen, a feltárás felső, nehezebben elérhető részén pedig csak ezt lehetett azonosítani. Az egyes kereszttrétegzett kötegek – vályúk – magassága 10 és 60 cm közötti, szélességük 0,5–5 m

közé esik. A kötegek egy része a szimmetrikus „vályú” forma helyett ék alakú (2. ábra), ami valójában ugyanannak az üledékformának (hajladozó gerincű dűnéknek) az egykori szállítási irányval kis szöget bezáró metszete (vö. RUBIN, 1987). A szállítási irányok uralkodóan K–DK-iek (3. ábra).

A vályúsan kereszttrétegzett homokban két ciklust lehet elkülöníteni, ezek közül az alsó (a vízszintes cementált pad alatti) figyelhető meg jól. Ebben felfelé haladva az üledékformák mérete – a kötegvastagság – egyre kisebb; legfelső részén már a szemcseméret is csökkenni kezd, a 0,5 mm körüli szemcsék megritkulnak. Ezzel párhuzamosan a szállítási irányok egyre nagyobb szórást mutatnak,

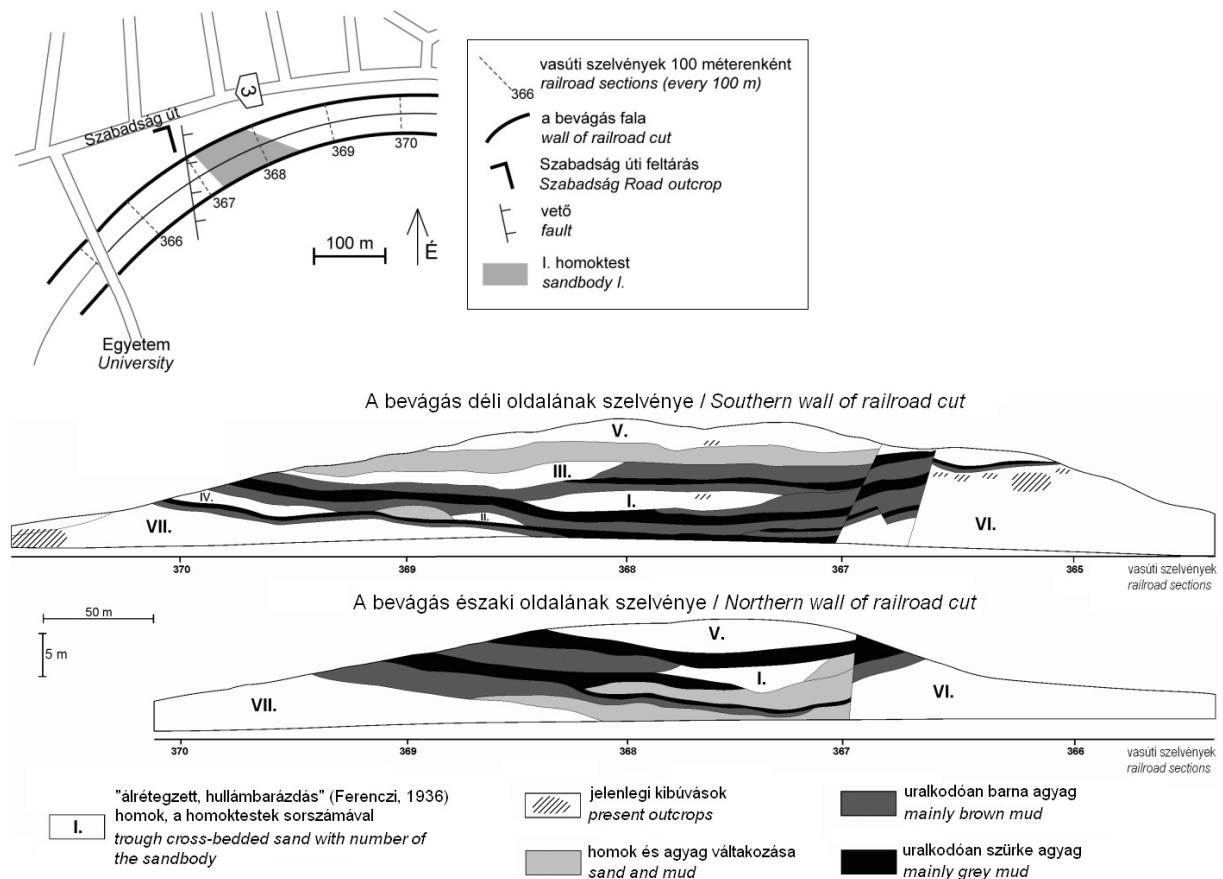
már ÉK-i és D-i irány is előfordul. A felső cementált pad felett újból nagyobb méretű, vályúsán kereszttrétegzett kötegek jelennek meg, melyekben a kereszttrétegzés az előbbiektől kissé eltérő irányban, D–DK felé dől. Ez egy újabb, hasonló ciklus alsó részeként értelmezhető.

Hs: *sík-táblás kereszttrétegzésű közepszemcsés-aprószemcsés homok*

Szemcsemérete és ásványos összetétel alapján nem különül el a vályúsán kereszttrétegzett homoktól (Hv). A feltárás észak-déli falának északi részén jelenik meg egy 30 m széles, legalább 2 m vastagságot elérő homoktestben. Ez lefelé még az alsó cementált pad, ill. az ott közbetelepülő néhány cm vastag keresztlemezes, aprószemcsés homok alatt is folytatódik, de alsó határa már nem állapítható meg. Felülről vízszintes eróziós felület határolja (2. ábra), e

felett már vályús kereszttrétegzés figyelhető meg. Egy nagyméretű (1 m magas, 8 m széles) vályúszerű forma a homoktesten belül is megjelenik, ám sajátos jellemzői miatt ezt külön fáciesegységbe (Hm) soroltam.

A sík-táblás kereszttrétegzésű homok mellső lemezei 2–5 cm vastagok, 15–20°-os szögben dőlnek, és lefelé a vízszinteshez hajlanak. A mellső lemezek dőlésirányai 170° körüliek, ugyanakkor összetett belső szerkezetet – vályús kereszttrétegzést – is mutatnak. Utóbbit a dűnék mellső lemezein vándorló áramlásfodrok építhették fel. A keresztlemezek dőlésadatai a kereszttrétegzéstől kissé eltérők, 128–155° közé esnek (3. ábra). Habár a rétegek litológiai jellemzőiben és dőlésirányaiban nincsenek számottevő különbségek, a homoktest nem teljesen egységes: néhány méterenként a kereszttrétegzéssel megegyező irányban dőlő, de azt kis szögben metsző eróziós felületek szakítják meg a rétegek folytonosságát.



4. ábra. A gödöllői vasúti bevágás szelvényei (FERENCZI, 1936 nyomán).

Fig. 4. Sections of railroad cut, Gödöllő (after FERENCZI, 1936)

Hm: *közepszemcsés, tál-formájú homoktest*

Közepesen osztályozott, szemcséinek legnagyobb része 0,5 mm körüli. Néhány szemcse átmérője eléri az 1 mm-t, de 0,1–0,25 mm közöttiek is előfordulnak. A már említett vályúszerű formát tölti ki; alulról éles, konkáv eróziós felület határolja, ez választja el a Hs, illetve – a legfelső, néhány cm

magas szakaszon – a Hv fáciesegységtől. Felső határa szintén eróziós, de közel vízszintes felület. Rétegei 0,5-1 cm vastagságúak, belső szerkezetük nincsen, lefutásuk az alsó eróziós felülettel párhuzamos (2. ábra). A forma szimmetriatengelyében mért dőlésirányuk 75°, dőlésszögük 29°, tehát a szállítási irány kissé eltért a többi egységre jellemző K–DK-i iránytól.

Mivel a forma jóval nagyobb a *Hv* fáciesegységbe tartozó vályúknál, és azokkal ellentétben erőteljesen bevágódik az alatta lévő rétegekbe, keletkezését is másként értelmeztem: itt valószínűleg egy, a *Hv* fáciesegység képződésének idején bevágódó mederszerű mélyedés kitöltését látjuk.

Hf: keresztlemezes aprószemcsés homok

Szinte kizárólag 0,1–0,25 mm-es szemcsékből áll. Egy 2–5 cm vastag rétege közvetlenül az alsó cementált pad alatt, azt hosszan követve húzódik, és a felső pad alatti 50 cm-ben is megjelennek hosszan elnyúló, 10–20 cm vastag keresztlemezes, finomszemcsés szintek. Az ezeket felépítő rétegek 1–2 cm magasak, 3–5 cm szélesek, tehát áramlásfodrok építhették fel őket (ALLEN, 1980), az előző fáciesegységekhez képest lényegesen kisebb vízmélység és/vagy erősen lecsökkent áramlási sebesség mellett képződhettek. A fáciesegységben néhol kúszófodrok is megjelennek: eszerint időnként igen bőségesé vált az üledék utánpótlása, jóval több anyag rakódott le, mint amennyi erodálódhatott (ALLEN, 1980).

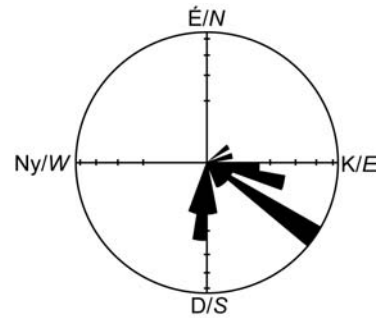
Összegzésként megállapítható, hogy a feltárásban mérhető szállítási irányok viszonylag kis szórással K-DK felé mutatnak (3. ábra: *Hs* egység keresztlemezősége ill. *Hv* egység kereszttrétegzése). A *Hs* fáciesegység nagyobb léptékű kereszttrétegzése ettől eltérően D felé dől: ez a zátonygyarapodás irányát jelezheti, ami eszerint itt nem esett egybe a víz folyásirányával.

Gödöllő, vasúti bevágás

A város belterületén – a Szabadság úti feltárástól alig 100 méterre – lévő bevágásban az eddig említett feltárásokhoz képest jóval nagyobb felületen váltak láthatóvá a pliocén üledékek. Ezt a rétegsort – még az építési munkálatok idején – FERENCZI István (1936) dokumentálta (4. ábra). A feltárásból mára csak néhány folt maradt vizsgálható.

Ezekben a foltokban vályúsan kereszttrétegzett homokot találtunk, amelynek szemcsemérete és ásványos összetétele megfelel a közeli Szabadság úti feltárás *Hv* fáciesegységének. FERENCZI szelvénye alapján ugyanakkor az üledéket nagyrészt agyag alkotja; ennek közel vízszintes rétegei közé települnek be 1–5 méter vastagságú, 30–130 méter széles homoklencsék. A homok ennél nagyobb vastagságban csak a bevágás két végének közelében jelenik meg. Keleten az említett homokbetelepülés agyag alatti, legalább 7,5 m vastagságú homokrétteg bukkan ki; nyugaton az agyagos rétegeket vető szakítja meg, ettől Ny-ra tárt fel a bevágás 15 m vastagságban homokot, melyben csak egyetlen, maximálisan 1 m vastag agyagos szint található. (Elhelyezkedése alapján ezzel a homoktesttel korrelálható a Szabadság úti feltárás.)

Az agyagon belüli legjelentősebb homokbetelepülés (4. ábra, I.) a bevágás mindkét oldalán megjelenik. Szélessége az északi falon 70, a délin 130 m; legnagyobb magassága 5 m. Alulról homorú eróziós felszín, felülről közel vízszintes felület határolja. Hasonló homoklencse (II.) található a déli fal alsó részén, a 368+60 vasúti szelvényénél is, ám ez kisebb méretű, és a bevágás szemközti falán nincs vele azonosítható képződmény. Szintén csak a déli falon jelenik meg két hosszan elnyúló, de csak 1–2 m vastag homokrétteg (III., IV.).



VI. homoktest kereszttrétegzése
Cross-bedding of sandbody VI.

5. ábra. Szállítási irányok a vasúti bevágás VI. homoktestjében.

Fig. 5. Palaeocurrent data in sandbody VI of railroad cut.

A leírtak közül jelenleg csak az I. homoktest anyaga jelenik meg egy foltban a felszínen. A szállítási irány itt D–DK-i. Szintén csak egy foltban vizsgálható a feltárás középső szakaszán az agyagos rétegeket fedő vastagabb homokrétteg (V.); ebben K–DK felé dől a kereszttrétegzés. Jobban feltárt részek található a bevágás két vége közelében; az ottani nagy vastagságú homoktestekben több helyen 5–10 méter széles foltokban bukkan felszínre az üledék.

A vetőtől nyugatra lévő (VI.) homoktestet cementált padok tagolják. Ezek vastagsága 10 cm és 1 m közötti, felületük megközelítőleg sík, és jellemzően DNy felé dől. A padokban az üledékszerkezet rosszul látható, de a vályús kereszttrétegzést azonosítani lehet. A köztük lévő lazább üledékben a kereszttrétegzés dőlésiránya is mérhető, ami uralkodóan DK-i, viszonylag nagy szórással (az adatok 56° és 190° közé esnek).

Ebben a homoktestben néhol más üledékformák is megjelennek. A 366+20 szelvényénél, 5 méterrel a fal teteje alatt egy igen nagy méretű – 10 méter széles, 1 méter magas – vályúszerű forma található. Ez az alakzat a Szabadság úti feltárás *Hm* fáciesegységéhez hasonló; kereszttrétegzésének dőlésiránya (a forma szimmetriatengelyében mérve 163–165°) jól illeszkedik a környező kisebb kötegek dőlésadatai közé. A 366+30 szelvényénél feltárt vályúsan kereszttrétegzett kötegek felett egy 15–20 cm vastag, aprószemcsés, kúszófodrokból felépülő, sík felületekkel határolt szint található, ami a Szabadság úti feltárás *Hf* fáciesegységébe sorolható. Közvetlenül e felett a feltárás egy kiugró (keményebb) paddal ér

véget, ami az 1936-ban készült szelvény alapján a homoktesten végighúzódo agyagréteg alsó részének felelhet meg.

A vasúti bevágás K-i végénél lévő vastag homoktest helyén kizárólag a *Hv* fáciesegységnek megfelelő – vályúsan kereszttrétegzett – homok jelenik meg, mely csak gyengén cementált; kereszttrétegzésének dőlésirányai 115° és 205° közé esnek (5. ábra).



6. ábra. Homokkőrétegek kibukkanása Gödöllő és Kerepes között.

Fig. 6. Outcropping beds of sandstone between Gödöllő and Kerepes.

Gödöllő és Kerepes közötti feltárás

A 3-as főút mogyoródi elágazásától Gödöllő irányában 500 méterre az útbevágás mindkét oldalán erősen cementált homokkőrétegek bukkannak felszínre (6. ábra). Az erős cementáltságtól eltekintve az anyag litológiai jellemzői megfelelnek a Szabadság úti feltárás *Hv* fáciesegységének. Az üledékszerkezet is hasonló: a jobb feltártságú szakaszokon egyértelműen vályús kereszttrétegzés látható, 10–40 cm magasságú vályúkkal.

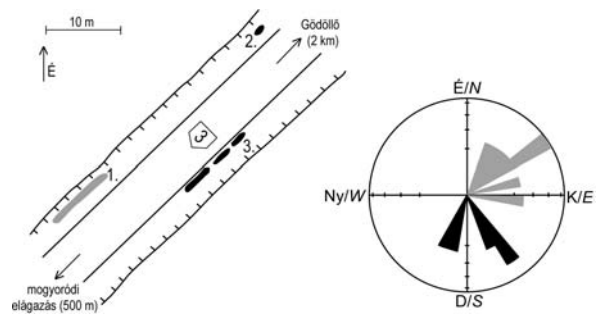
A bevágás ÉNy-i oldalán látható vályúkban (7. ábra, 1.) a kereszttrétegzés dőlésirányai uralkodóan ÉK-iek, szórásuk viszonylag csekély. Az út ugyanezen oldalán egy, az előbbi kibúvástól 30 m-rel ÉK-re lévő réteglejzen (2.) 193° -os dőlésirányt mértem.

A bevágás túloldalán (3.) csak néhány cementált pad kerül felszínre. Ezek szintén kereszttrétegzettek, habár a vályúk nem azonosíthatók biztosan; a dölések az előbbi réteglejzhez hasonlóan dél felé mutatnak.

Galgahévíz

A feltárás a településtől délkeletre, a Bikatóhoz vezető út mellett található (8. ábra). Az ÉK–DNy-i csapású, 150 m hosszú, 5–10 m magas falat (I. fal) részben növényzet és törmelékfolyások borítják, így csak három különálló szakaszát lehetett vizsgálni. Ezen a falon a homok nagy része gyengén vagy

egyáltalán nem cementált. Előfordulnak ugyan erősebben cementált padok is, de ezek vékonyak (5–10 cm), legfeljebb néhány méter hosszúak, és alig kapcsolódnak az üledékszerkezetekhez.



7. ábra. A Gödöllő és Kerepes közötti feltárás térképvázlata és szállítási irányjai (a szürke szín az 1., a fekete a 2. és a 3. kibúvás adatait jelzi).

Fig. 7. Sketch-map and palaeocurrent data of the outcrop between Gödöllő and Kerepes (grey: data of outcrop 1, black: data of outcrop 2 and 3).

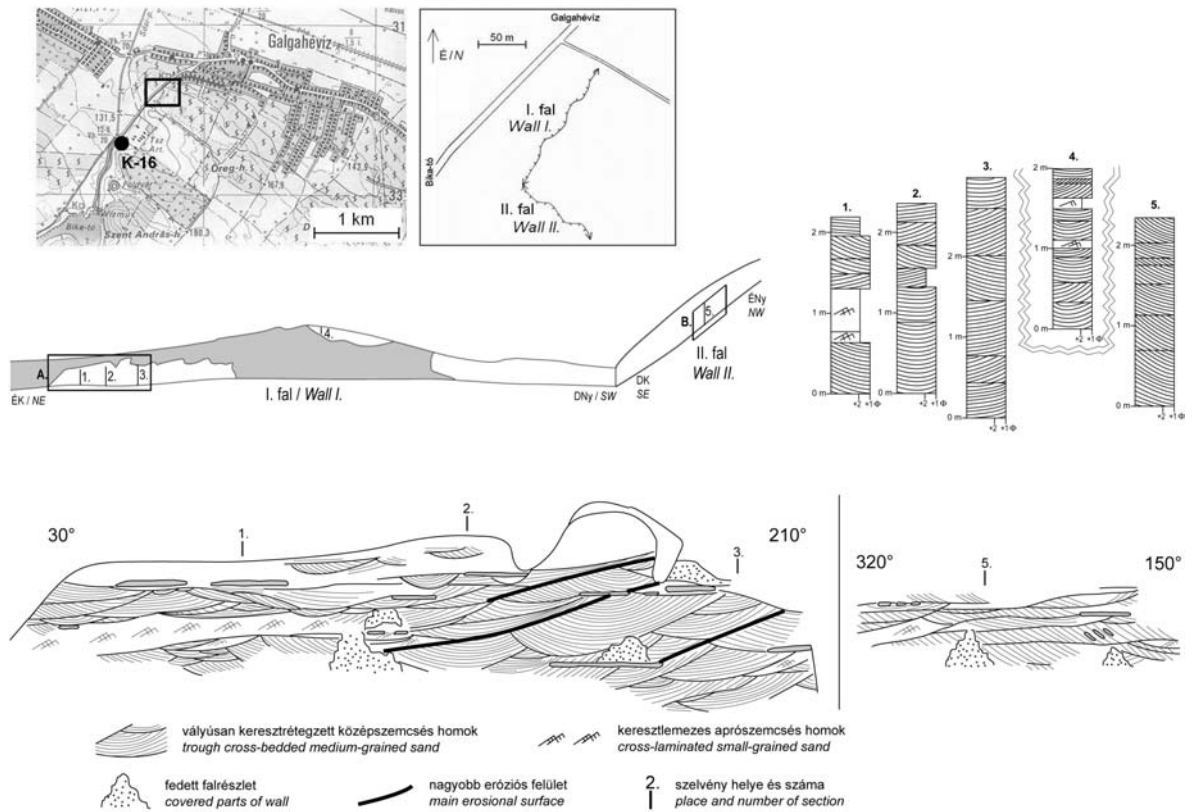
A feltárás délkeleti részén egy 80 m hosszú ÉNy–DK-i csapású fal (II. fal) látható. Ennek anyaga erősebben cementálódott, de egyéb tulajdonságaiban a két fal anyaga azonos. A litológiai jellemzők és a réteglejz alapján az alábbi két fáciesegységet lehet megkülönböztetni (a gödöllői feltárásnál használt kategóriákat és jelöléseket követve):

Hv: vályúsán kereszttrétegzett közepesemcsés homok

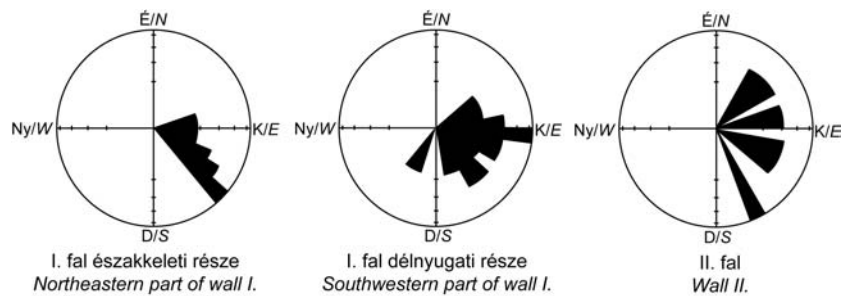
A feltárt rétegsor fő tömegét ez a fáciesegység adja. Szemcséi rosszul koptatottak, közepesen osztályozottak. Közöttük kevés földpát és csillám mellett a kvarc kimagaslóan a leggyakoribb. Az átlagos szemcseméret 0,25–0,5 mm, de néhol – egyes kisebb kereszttrétegzett kötegekben – csak 0,2 mm körüli. A legnagyobb kötegekben ugyanakkor a 0,5–1 mm átmérőjű szemcsék is viszonylag gyakoriak. A vályúk magassága 10 és 120 cm között, szélességük 0,5 és 4 m között alakul, de méretük változása a legtöbb helyen nem mutat szabályosságot: egymás fölé vagy mellé egészen eltérő nagyságú formák települhetnek. Mégis valószínű, hogy a feltárást két egymásra települő üledékciklus alkotja. A legnagyobb vályúk ugyanis az I. fal legalsó részén vannak; 4–5 m magasságban már a kisebbek válnak jellemzővé (8. ábra). Ezt felfelé egy teljesen növényzettel borított szakasz követi, ami finomabb szemcseméretű üledékre is utalhat, de közel függőleges lévén megközelíthetetlen. A fal felső részén, ahol a rétegek újra láthatóvá válnak, ismét megfigyelhető, hogy a kötegvastagság felfelé némileg csökken. Az I. falon sok helyen megfigyelhető, hogy a vályúk – habár a szállítási irányra közel merőleges metszetben látjuk őket – nem szimmetrikusak: délnyugat felé hosszabban elnyúlnak, míg északioldali oldaluk erodálnak látszik. A II. falon – ami a szállítási irányjal nagyjából párhuzamos csapású – elsősorban közel vízszintes felületekkel határolt, 20–100 cm

vastag ék alakú kötegek jelennek meg, melyek 5–20 m távolságon belül ékelődnek ki (8. ábra). A rétegeken belül 20–30° dőlésszögű, gyakran tangenciális kereszttrétegzés látható. Ezek keletkezését a vályús

kereszttrétegzéssel azonos módon lehet magyarázni, a különbség oka csak a feltárás eltérő iránya (cf. RUBIN, 1987)



8. ábra. A galgahévízi feltárás helye, vázlata, részletrajzai és szelvényei.
 Fig. 8. Location, sketch, details and sections of Galgahévíz outcrop



9. ábra. Szállítási irányok a galgahévízi feltárásban.
 Fig. 9. Palaeocurrent data in Galgahévíz outcrop.

A feltárás északnyugati részén a kereszttrétegzés vályúkban mért dőlése egységiesen K–DK-i (9. ábra). A délkeleti szakaszon is ez az uralkodó irány, de a változékonyság megnő: 55° és 210° közötti adatokat mértem, és két egymással szomszédos vályú között is előfordulnak 90° feletti eltérések. A II. falon lévő rétegekben szintén kelet-délkeleti irányokkal találkozunk, hasonlóan nagy szórással. Az egymással szomszédos vályúk alsó, konkáv felületei néhol több méter hosszú, egyenes eróziós felületeket jelölnek ki (8. ábra), de ezek nem tagolják egyértelműen

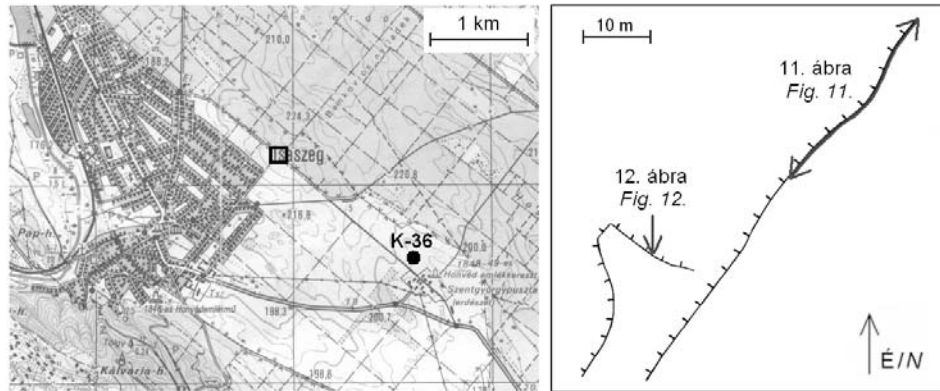
különálló részekre a fáciesegységet. Az említett felületek 10–20°-os szögben É–ÉK felé dőlnek; ez jellemző a vályúsan kereszttrétegzett homok és a közbetelepülő, Hf fáciesegységbe tartozó rétegek legtöbb határfelületére is.

Hf: *Keresztlemezes homok*

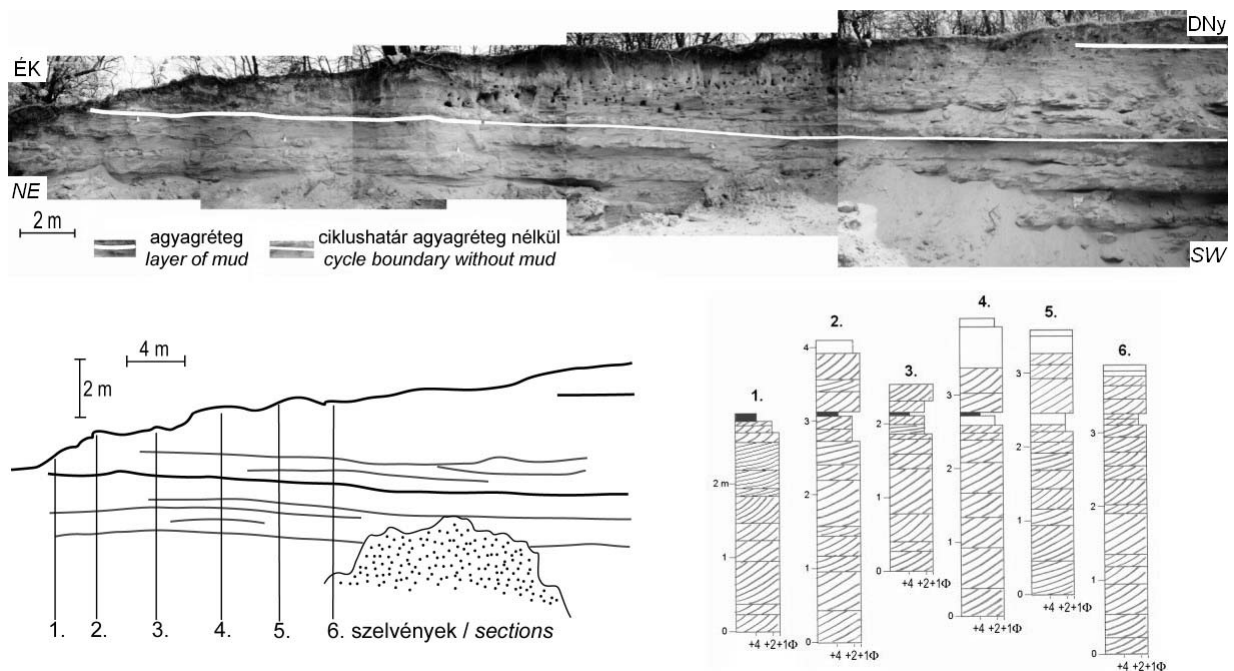
Anyaga elsősorban aprószemcsés (0,1–0,25 mm szemcseátmérőjű), közepesen osztályozott homok. A feltárás legfelső részén előfordul olyan

réteg is, ami a *Hv* fáciesegységgel megegyező anyagból épül fel, ám keresztlemez, és lemezeinek felszínét 1–2 mm vastag aleuritpel borítja. A keresztlemez rétegek elhelyezkedése szabálytalan, a feltárás minden részén betelepülnek a *Hf* egység üledékformái közé. A legtöbb ilyen réteg 5–20 cm vastagságú és 1–2 m távolságon belül kiemelkedik, de a

feltárás alsó részén 30–50 cm vastag, akár 10 méteren át követhető keresztlemez szintek is láthatóak (8. ábra). Az egységet felépítő keresztlemez kötegek a legtöbb helyen 1–3 cm magasságú kúszódombok, melyek jelenléte nagymértékű üledék-utánpótlásra utal.



10. ábra. Az isaszegi feltárás térképvázlata
Fig. 10. Sketch-map of Isaszeg outcrop.



11. ábra. Az isaszegi feltárás fényképe, túlmagyisított vázlat és szelvényei.
Fi. 11. Photo, exaggerated sketch and sections of Isaszeg outcrop.

Isaszeg

A településtől keletre, a 10. ábrán jelölt helyen található egykori homokbánya 2003 nyara óta nagyrészt feltöltésre került. Az eredeti bányafal (11. ábra) ÉK–DNY-i csapású, 60 m hosszú, ÉK-i részén 3–4 m, DNY-i részén 10 m magas volt. Közélemben

több kisebb, erre nagyjából merőleges csapású fal is található. A feltárás anyaga nagyrészt gyenge cementáltságú homok, melyet 10–80 cm vastag, közel vízszintes, erősen cementált padok tagolnak. Ettől a – valószínűleg utólagos – jelenségtől eltekintve a homok viszonylag homogén, különösen az előző feltárásokhoz viszonyítva, így egyetlen fáciesegységbe soroltam. A másik egységet az alárendelten megjelenő pélites üledékek alkotják.

Hv: vályúsan keresztarétegzett homok

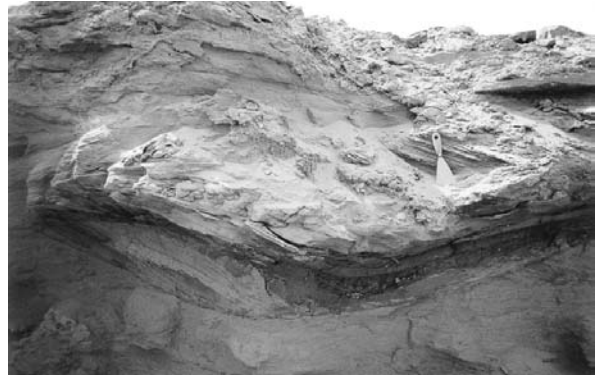
Sok 0,5 mm körüli átmérőjű szemcsét tartalmaz, de helyenként – az üledékformák méretcsökkenésével párhuzamosan – az átlagos szemcséátmérő is lecsökken: itt 0,25 mm körüli érték a jellemző, sőt egy-két rétegben aprószemcsés homok is megjelenik. Közepesen osztályozott, rosszul koptatott; elsősorban kvarc-, kisebb mértékben csillám- és földpátszemcsék alkotják. Az ÉK–DNy-i csapású falat vizsgálva az egységet 10–60 cm közötti vastagságú, közel vízszintes felületekkel határolt rétegek építik fel. A kevésbé vastag rétegek 2–5 m, a vastagabbak 10–20 m hosszúságúak; oldalirányban elvékonyodnak, majd kiékelődnek. Az egyes rétegeken belül tangenciális keresztarétegzés figyelhető meg (11. ábra). A mellő lemezek vastagsága 0,5–1,5 cm; dőlésirányuk ÉK (kivételesen É vagy K) felé mutat. A kötegvastagság alulról felfelé haladva eleinte szabálytalanul ingadozik, majd a felső 70–80 cm-es szakaszon már csak kisebb (10–30 cm) vastagságú kötegeket találunk. Ezekben néhol már a szemcseméret is lecsökken, megjelenik az aprószemcsés homok. Legfelül, az üledékciklust lezárva 5–10 cm vastag agyagréteg (*Fk* fáciesegység) települ a fal ÉK-i, kb. 20 méteres szakaszán. Ettől DNy-ra ez a réteg hiányzik, de vonalának folytatása itt is új üledékciklus kezdetét jelzi. A keresztarétegzett homok rétegei e vonal felett ismét elérik a 30–50 cm vastagságot, a szemcsék nagysága pedig a 0,5 mm-t, változatlanul ÉK-i szállítási irányokkal, majd felfelé újból elkezdődik a rétegformák és szemcsék méretének csökkenése. Közben több helyen megjelennek 1–2 cm vastag aleuritszintek, majd – a ciklus alsó határánál 3 m-rel magasabban – egy, az előbbihez hasonló agyagréteg. A „vízszintes” réteghatárok két helyen enyhén meghajlanak (ez jól látható a 11. ábra túlmagasított vázlatán), így a feltárás középső harmadában 3–4°-os szögben a szállítási iránnyal szemben, DNy felé dőlnek. Ugyanakkor az egymás feletti határvonalak mindvégig párhuzamosak maradnak.

A fő bányafalra merőleges csapású feltárásokban ugyanezek a képződmények más metszetben tanulmányozhatók. Itt vályúsán keresztarétegzett kötegeket látunk, ezek egyikében egy 5–15 cm vastag aleuritréteg is látható. Valószínű, hogy Isaszegen is a vályús keresztarétegzésű homok szállítási irányra merőleges és azzal párhuzamos metszete alkot látszólag különböző üledékformákat.

Fk: agyag- és aleuritrétegek

A legjelentősebb ide tartozó szint a feltárás alsó üledékciklusának legfelső rétege. Ez a réteg 5–10 cm vastagságú; sötétbarna agyag alkotja makrofauna nélkül, kevés szenesedett növényi törmelékkal. Tartalmaz 1–4 cm-es meszes gumókat is; hasonló gumók a homokban is előfordulnak, ám kizárólag az

agyagréteg feletti 20 cm-ben. Hasonló jellegű a második üledékciklust felülről lezáró, kb. 5 cm vastag réteg is. A második ciklus homokrégei közé települő, általában csak 1–2 cm vastag rétegeket aleurit alkotja. Ezek a rétegek oldalirányban néhány méteren belül elvégződnek, lepelként burkolva a homok keresztarétegzett kötegeit. Az említett rétegeken túl kevés sötétbarna, mészkonkréciós, szerves anyagban dús agyag a *Hv* fáciesegységben, egyes vályúk kitöltéseként is megjelenik (12. ábra).



12. ábra. Vályús keresztarétegzésű homok (*Hv* fáciesegység) az isaszegi feltárásban, melynek formáját az áramlás szünetében kiülepedő aleurit is megőrizte.

Fig. 12. Trough cross-bedded sand (Hv unit) in Isaszeg outcrop, with silt settled during a pause of flow.

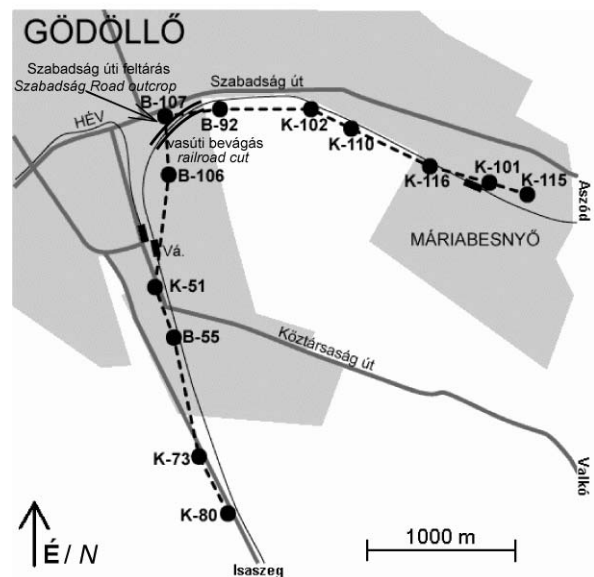
Gödöllő, fúrások

Gödöllő környékén nagy számú vízkutató fúrás harántolta a pliocén homokot kvarter fedő nélkül vagy csak néhány méter vastag kvarter fedő alatt. A vizsgált fúrásokat (13. ábra) úgy választottam ki, hogy azok két, egymásra közel merőleges szelvényre illeszkedjenek. A fúrások egymástól nagyjából 500 m távolságra esnek, talpmélységük legalább 90–100 m. Kivételt jelent a 40 m mély B–107 jelű fúrás, melynek jelentősége, hogy a Szabadság úti feltárás közvetlen közelében mélyítették.

A 14. ábrán látható rétegsorok meghatározásához a fúrások leírása mellett a karotázsszelvényeket használtam fel, ellentmondásos esetekben az utóbbit vettem alapul. Megállapítható, hogy a területen az üledék felső 100 méterét közel egyenlő arányban építi fel homok és pélit; a nyugat-keleti irányú szelvény Ny-i részén (B–92, K–102 és K–110 jelű fúrások) a pélit kissé túlsúlyba kerül.

Szinte az összes fúrásban található egy vagy több 10–30 m vastag homokréteg, ezeket helyenként kis – 1–2 m – vastagságú agyagosabb vagy pélitből álló szintek szakítják meg. A vastag homokrégek között az üledéket nagyrészt pélit alkotja, de ezek a szakaszok kevésbé homogének: viszonylag sok 1–3 méter vastagságú, durvább szemcseméretű üledéktest is közbetelepül. Az utóbbi egységek még a szomszédos fúrásokban sem azonosíthatók egymással,

oldalirányban tehát kis kiterjedésűek: méretük és elhelyezkedésük alapján valószínű, hogy hasonlóak a vasúti bevágás középső, agyagos részén belül megjelenő kisebb homoktestekhez. Ugyanakkor a vastag homokrétegeket néhol akár 500–1000 m távolságban is követni lehet: például a K–116 fúrásban 127,7 és 143,6 m tengerszint feletti magasság között lévő homok valószínűleg megfelel a K–101 fúrásban 126,8–141,8 m közé eső rétegnek, illetve a K–110, K–116, K–101 és B–115 jelű fúrások 100–105 méteres magasságban kezdődő homokszintjei is azonos réteget jelezhetnek. Az észak–déli szelvényben az egyes fúrások rétegsorait kevésbé lehet megfeleltetni egymásnak, de a K–51 fúrásban 106,3–122,3 m között lévő homokszint a B–55 fúrás 106,5–122,3 m közötti rétegében folytatódhat.



13. ábra. A vizsgált gödöllői fúrások elhelyezkedése és a szelvények nyomvonala.

Fig. 13. Location map of the studied boreholes and sections in Gödöllő.

1. táblázat. A feltárásokban azonosított fáciesegységek.

Table 1. Facies units identified in the outcrops.

Litofácies	Kód	Litofácies fő jellemzői	Értelmezés	
			folyamat	építőelem
	Hv	vályús keresztstrétegzettségű homok (közép- vagy durvaszemcsés)	hajladozó gerincű dűnék épülése	meder mélyebb része
	Hs	sík-táblás keresztstrétegzettségű homok	egyenes gerincű dűnék épülése	harántirányú zátony, meder sekélyebb része
	Hf	keresztlemezes és kúszó keresztlemezesességű homok	áramlásfodrok épülése	sekély zátonytetők, feltöltődő sekély medrek
	Hm	konkáv aljzattal párhuzamosan rétegzett homok	–	kisebb meder kitöltése
	Fk	kőzetliszt, agyag	kiüledés pangó vízből	ártéri mocsár üledéke

Az egyes fáciesegységek értelmezése

A folyóvízi rétegsorok üledékszerkezeteinek csoportosítására az elmúlt évtizedekben többféle rendszert is kidolgoztak. Ezek közül leginkább MIALL (1988) fáciesosztályozása terjedt el. Az ebben szereplő litofáciesek közül az általam vizsgált feltárásokban négy jelenik meg egyértelműen (1. táblázat: *Hv*, *Hs*, *Hf*, *Fk*).

A gödöllői, Szabadság úti feltárás *Hm* fáciesegysége és a vasúti bevágás hasonló rétegfarmája viszont ezek egyikébe sem sorolható be. Ugyanakkor – többek között – GARCÍA-GIL (1993) önálló litofáciesként írt le ilyen formákat; ez alapján különítettem el az ötödik típust (*Hm*).

A fáciesek azonosításával már az üledékformákat létrehozó folyamatokról is

tájékoztatót kapunk. Az egymással szabályszerűen kombinálódva megjelenő fáciesek pedig ún. fáciesegyütteseket alkotnak (MIALL, 1988), melyek alapján három alapvetően eltérő üledékképződési környezet rekonstruálható (2. táblázat).

Az üledékképződési folyamatok azonban jóval összetettebbek annál, hogy ezzel a besorolással pontos képet kapjunk róluk. Egy adott fáciesbe tartozó üledékek – és kialakulásuk – között is jelentős különbségek lehetnek, a legtöbb fácies és építőelem többféle folyótípusban is megjelenik, sokszor nem is húzható közöttük éles határ. Példa erre a folyásirányú és az oldalirányú zátonygyarapodás: a zátony épülésének iránya valójában bármilyen 0° és 90° közötti szöveget bezárhat a víz folyásirányával (MIALL, 1988; MIALL,

1995), a két elnevezés viszont csak a két szélsőértéket fejezi ki. Ugyanakkor a folyásirányú gyarapodás leggyakrabban a fonatos, míg az oldalirányú inkább a meanderező folyók jellemzője.

A következőkben rekonstruálom az észlelt szerkezeteket létrehozó folyamatokat, a szerkezetek és litológiai jellemzők kombinációja alapján pedig az egykori üledékképződési környezeteket.

2. táblázat. A feltárások fáciesegyütteseiből azonosítható üledékképződési környezetek.
Table 2. *Sedimentary palaeoenvironments identified on the basis of facies associations.*

Üledékképződési környezet:	Fonatos medrű folyó	Meanderező folyó	
		mederöv	ártér
Üledékgyarapodás iránya	folyás-és oldalirányban	oldalirányban	felfelé
Fáciesegyüttes	Hs, Hv, Hf	Hv, Hf	Fk

Gödöllő, Szabadság úti feltárás

A vályúsan keresztregzett homokban (*Hv* fáciesegység) felfelé haladva az üledékformák mérete egyre kisebb lesz, a szállítási irányok egyre nagyobb szórást mutatnak, az üledékciklus legfelső részén pedig már a szemcseméret is lecsökken. Mindez a szállító közeg energiájának csökkenését jelzi. Folyóvízben ennek legvalószínűbb oka a meder fokozatos eltolódásával járó látszólagos feltöltődés; a felfelé finomodó ciklusok elsősorban a meanderező folyók üledékeire jellemzőek (ALLEN, 1970). A meander fejlődése, a sodorvonal fokozatos távolabb helyeződése után a ciklust ártéri üledékek zárják le, a következő mederbevágodást pedig éles eróziós felszín jelzi: ilyen mentén alakulhatott ki a Szabadság úti feltárás vízszintes cementált padja.

A meanderek belső oldalán lévő övzátony a folyásirányra közel merőlegesen gyarapszik, amit gyakran – de nem minden esetben – a gyarapodás irányában lapos szögben dőlő felületek mutatnak (COLLINSON, 1986; GARCÍA-GIL, 1993; WILLIS, 1993a, 1993b). A gödöllői feltárás vályúsan keresztreggett kötegei között ezek nem rajzolódnak ki egyértelműen, amit a feltárás viszonylag kis mérete is okozhat, de azt is feltételezhetjük, hogy a mederben a vízjárás viszonylag egyenletes volt, így az övzátony gyarapodása nem váltakozott nagymértékű – jól látható felületeket létrehozó – erózióval.

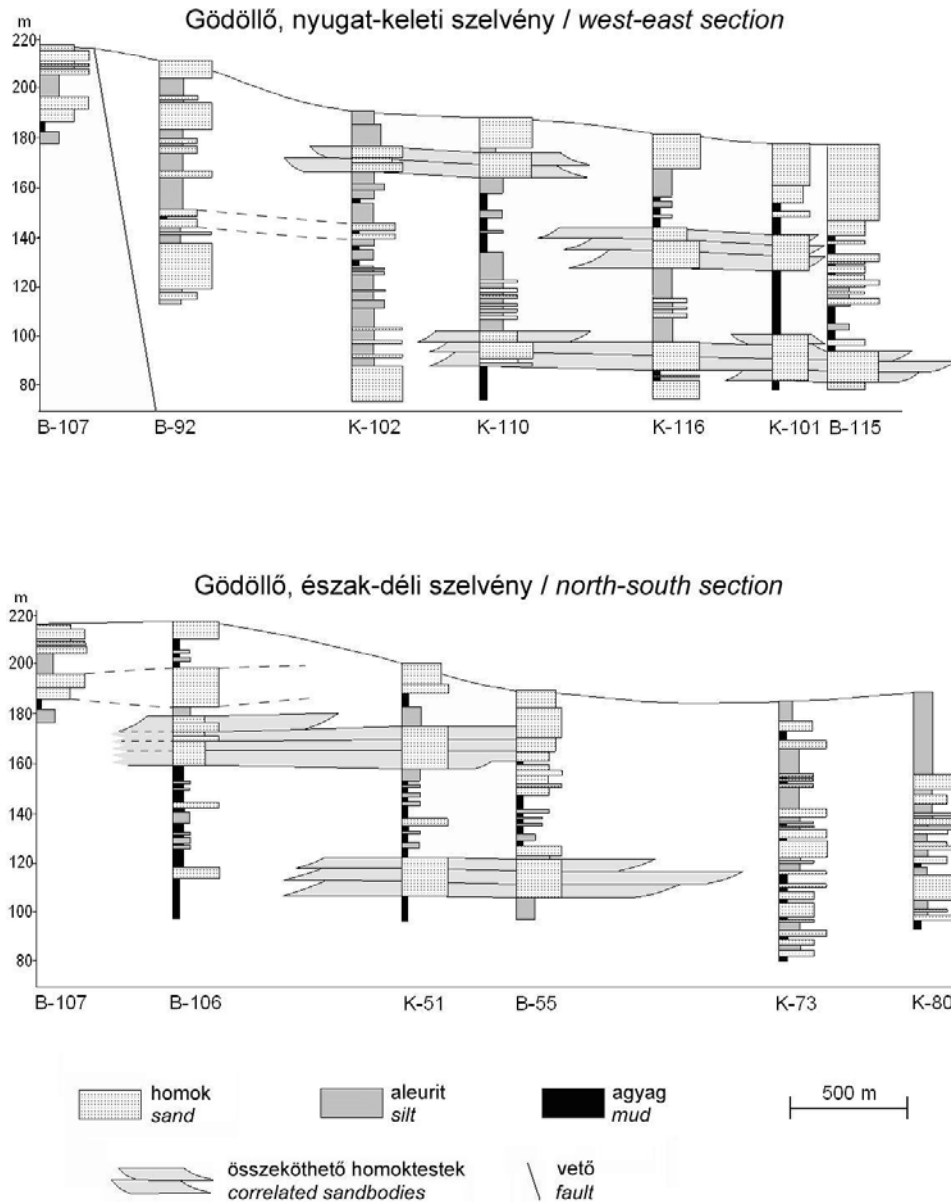
A *Hs* fáciesegység belső eróziós felületei viszont valószínűleg nem az oldalirányú gyarapodás során alakultak ki; ez ugyanis nem adna magyarázatot a *Hv* és *Hs* fáciesegységek elkülönülésére. A két egységet nem választja el jelentős eróziós felület, ami arra utalna, hogy képződésük között hosszabb idő telt el, és az üledékképződési környezet jelentősen megváltozott volna. A *Hv* egység vályús keresztreggését az egykori mederfenéken vándorló, néhányszor 10 cm magasságú hajladozó gerincű dűnék hozták létre (vö. COLLINSON, 1986). A *Hs* egység ezzel szemben egyetlen összefüggő, legalább 3 m vastag kötegnek tekinthető, melyben az egyes mellső lemezek akár 10 m hosszan is követhetők. Ilyen szerkezetet a dűnéknél jóval nagyobb méretű és

azoknál kisebb magasság/hosszúság arányú keresztzátonyok okozhatnak (vö. CANT & WALKER, 1978). Az összetett rétegformák kialakulása szintén a nagyméretű zátonyokra jellemző, amelyek felületén kisebb üledékformák vándorolhatnak a víz folyásirányában (JACKSON, 1976; KHAN, 1987).

A *Hv* egység mellső lemezeinek kelet-délkeleti (átlagosan 110° irányú) dőlései alapján az egykori meder vize ebben az irányban áramlott. A *Hs* egység nagyléptékű keresztreggése dél (átlagosan 170°) felé dől, ami a zátony épülésének irányát mutatja. Ez az eltérés akár oldalirányú gyarapodásra is utalhatna, ám az összetett formán belüli keresztlemezesség a medertől kissé eltérő – átlagosan 137°-os – szállítási irányt mutat. A zátony felett tehát a meder többi részétől eltérő irányban folyt a víz; az áramlási és zátonygyarapodási irányok különbsége így csak 33°, ami a folyás- és oldalirányú gyarapodás közötti átmenetet jelent.

Ilyen átmenet kialakulhat a fonatos medrű folyók zátonyain is, melyek áradáskor víz alá kerülnek, és a felettük lévő víz a 15. ábrán (COLLINSON, 1970) látható módon áramlik. Ilyenkor azonban a zátony a mederben tapasztalt szállítási iránnyal párhuzamosan növekszik. A másik lehetőség, hogy a zátony egy másik, a mederbe betorkolló vízfolyás üledékéből épül (16a ábra). Ekkor a zátony a főmeder irányára közel merőlegesen gyarapszik, a felette tapasztalható áramlási irány pedig várhatóan a két meder folyásiránya közötti átmenetet mutat.

A meanderező folyókban ezek a képződmények elsősorban a kanyarulatokat átvágó átereszmedrek és a főmeder találkozásánál jönnek létre, ezek az ún. átereszzátonyok (*chute bars* – WOLFERT et al., in press). A meder formájának, tehát az egykori kanyarulatok helyzetének megállapításához jobb feltárásra lenne szükség, így nem dönthető el, hogy átereszzátonyt látunk, vagy két különálló meder találkozott a közelben. Utóbbi – a mederágak gyakori szétválása és találkozása miatt – a fonatos medrű folyókra jellemző, ám a két folyótípus nem választható el élesen egymástól: akár az is előfordulhat, hogy egy több ágra szakadó folyó egyes ágai is meanderezővé válnak.



14. ábra. A gödöllői fúrások rétegsorai és az egymással korrelálható homoktestek.
Fig. 14. Lithological columns of boreholes in Gödöllő with correlated sandbodies.

A meanderező jelleget a felfelé finomodó ciklusok jelenléte mellett a feltárás közvetlen közelében mélyített B-107 számú fúrás rétegsora is alátámasztja (14. ábra). A 40 m mély fúrás hosszának 51%-ában homokban, 49%-ában agyagban haladt; az ártéri üledékek ilyen felhalmozódásával fonatos medrű folyók üledékében nem találkozunk (vö. COLLINSON, 1986).

A betorkolló vízfolyás megszűnése után a zátony felett is a Hv fáciesegység üledéke kezdett lerakódni. A folyó – valószínűleg áradás idején – erodálta is a zátonyt. Ennek során alakulhatott ki a homokkal kitöltött másodlagos meder (Hm egység), amely már a vályúsan keresztretegzett homok képződése közben vágódott be a zátony üledékébe (16b ábra). Az áradás után az itteni áramlás lelassult, így az erózió megszűnt, a kialakult mélyedés pedig feltöltődött. A másodlagos meder iránya (75°) kissé

eltér a főmeder átlagos szállítási irányától, de az ottani adatok szórását is figyelembe véve illeszkedik közéjük.

A feltárásban látott kötegvastagságok alapján az egykori meder méretét is megbecsülhetjük. A dűnék magassága alapján ALLEN (1968) az alábbi képletet javasolta:

$$h = 0,086 \cdot H^{1.19}$$

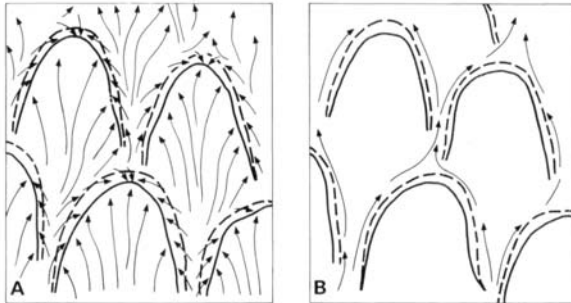
tehát

$$H = {}^{1.19}\sqrt{\frac{h}{0,086}}$$

(h : dűnemagasság, H : vízmélység), eszerint a Szabadság úti feltárás helyén a meder legnagyobb

mélysége 5 m körül volt. Később, recens folyók vizsgálatakor a vízmélység és a dűnemagasság arányaiban igen nagy szórást tapasztaltak (JACKSON, 1976; ALLEN, 1980; FLEMMING, 2000), így ez a képlet csak közelítő becslésnek tekinthető. Mivel a zátonyok a vízfelszínél magasabbra nem épülhetnek, magasságuk – esetünkben a H_s egység 3 méteres vastagsága – alsó határt ad a vízmélységre. A legvalószínűbb mélység ugyanakkor ezt meghaladja, mert a feltárásban csak az egykori zátony egy részét látjuk (felső része erodálódhatott, alsó része fedett).

A Szabadság úti feltárásban tehát egy körülbelül 5 m mélységű meanderező folyó két felfelé finomodó üledékciklusának rétegsora jelenik meg; a folyó ezen a helyen K–DK felé folyt. Az alsó ciklus üledékei közé települve egy nagyobb zátony üledékét látjuk, amely egy eltérő irányú vízfolyáshoz kapcsolódhat.



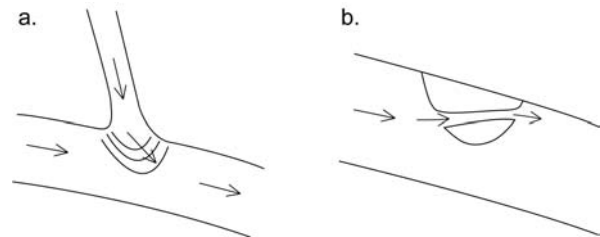
15. ábra. Áramlási irányok zátonyokkal tagolt mederben magas (A) és alacsony (B) vízhozamnál (COLLINSON, 1970).
Fig. 15. Flow patterns associated with high (A) and low (B) discharge over a bed dominated by bars (COLLINSON, 1970).

Gödöllő, vasúti bevágás

FERENCZI (1936) szelvényei alapján az itt feltárt üledék nagyrészt agyagból és az abban lévő kisebb-nagyobb homokbetelepülésekből áll. A bevágás nyugati részén egy észak-déli csapású vető megy át (4. ábra), ettől nyugatra esik az a vastag homoktest (4. ábra, VI.), amelynek folytatásában a Szabadság úti feltárás található.

Az agyagrétegek ártéri üledékek; ezek nagy mennyisége itt is alátámasztja, hogy meanderező folyó rétegsorát látjuk. A homoktesteket a folyó mederüledékei, vagyis az övzátonyok alkotják; méretüket több tényező befolyásolja. Vastagságuk az egykori meder mélységével egyezik meg, miután az övzátony épülése egy adott helyen a teljes feltöltődésig tart (BRIDGE & DIEMER, 1983), de a vetőtől nyugatra több, egymást követő meder üledéke települhet egymásra. A Szabadság úti feltárásban lévő ciklushatáron kívül a déli oldal szelvényén látható vékony agyagréteg is egy ciklus – egy meder – üledékeit zárhatja le. A kereszttrétegzett kötegek vastagsága alapján itt is 5 m körüli vízmélységet feltételezhetünk, ami szintén igazolja, hogy a 10 métert meghaladó vastagságú homok nem lehet

egyetlen meder üledéke. A hasonló, meder- és ártéri üledékekből álló rétegsorokban gyakori jelenség az egymás fölé települő homoktestek összeolvadása: habár avulzió során a mederöv helye időről időre megváltozik, később – ha az aljzat süllyedése elegendően lassú – gyakran visszakerül közvetlenül a könnyen erodálható korábbi mederüledékek fölé (vö. PUIGDEFABREGAS & VAN VLIET, 1978, BRIDGE & LEEDER, 1979).



16. ábra. a. Zátony keletkezése és szállítási irányok a torkolatnál; b. Másodlagos meder bevágódása a korábban képződött zátony üledékébe.

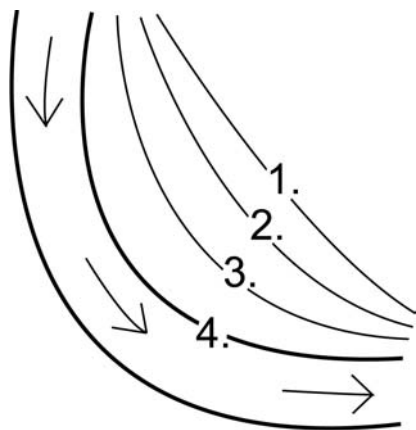
Fig. 16. a. Bar accretion and current directions at the confluence; b. Secondary channel cutting into sediments of the former confluence bar.

Szállítási irányokat csak az agyagréteg alatti néhány méteres szintben lehetett mérni (a 4. ábrán jelölt jelenlegi feltárásokban), így ezek a feltételezett, egymásra települő medrek közül valószínűleg csak egyre vonatkoznak. Az adatok itt is ÉNy–DK-i folyásirányt mutatnak. A cementált padok DNy-i dőlése a szállítási irányra merőleges, feltehetően az oldalirányú gyarapodás felszíneit követi. Ez alapján a folyó itteni kanyarulata a 17. ábrán látható módon, DNy felé fejlődhetett. A kereszttrétegzett kötegek között megjelenő nagyobb vályúszerű formát csatornakitöltésként értelmezhetjük: ilyen csatornákat áradáskor az övzátonyon átereszt létrehozó víz mélyíthetett ki.

A vetőtől K-re a bevágás mindkét oldalán megjelenő homokbetelepülés egyike (4. ábra, I.) két keresztmetszetét összekötve egy ÉNy–DK irányú, mederüledékből álló sávot kapunk (4. ábra). A jelenleg rossz feltártság miatt itt csak egy szállítási irányt lehetett mérni, de ennek 155° -os értéke jól egyezik a meder ÉNy–DK-i irányával, és a bevágás más részein (más medrek üledékében) mért adatokkal is. Üledékének vastagsága alapján a meder mélysége – az eddig látottakhoz hasonlóan – 5 m körül lehetett. Mivel valószínűleg oldalirányú gyarapodással rakódott le, szélessége nem az egykori meder szélességével, hanem az övzátony épülésének sebességével és időtartamával függ össze.

A bevágás középső és K-i részének nagyobb homoktesteiből (V., VII.) is ÉNy–DK-i szállítási irányok állapíthatók meg. A köteghatároknál magasabb rendű, az üledéket tagoló felületek nem észlelhetők, így a medrek fejlődésére itt nem tudunk következtetni.

A bevágás K-i és DNy-i részén tapasztalható, egymással ellentétes irányú 3–4°-os rétegdőlések (4. ábra) azzal magyarázhatók, hogy a bevágáson a 367. és 368. vasúti szelvények között egy ÉNy–DK-i csapású szinklinális tengelye halad át. Ezt teszi valószínűvé, hogy az említett irány megfelel a területen FODOR et al. (in press) által kimutatott – elsősorban hasonló csapásirányú normál vetőkhöz kapcsolódó – redők jellemző tengelyirányának.



17. ábra. Délnyugat felé gyarapodó övzátóny épülésének folyamata (1. → 4.).

Fig. 17. Accretion of a point bar towards the southwest (1 → 4).

Gödöllő és Kerepes köztis feltárás

A 3-as főút Gödöllő és Kerepes közötti bevágásában kizárólag a *Hv* fáciesegység – vagyis elsősorban övzátónyokat felépítő, hajladozó gerincű dűnék – üledékei jelennek meg. A mért szállítási irányok É–ÉK (25°) és D–DNy (210°) közé esnek, átlagosan K–DK felé mutatnak. Ez a változékonyság megerősíti, hogy az üledéket nagy kanyargósságú folyók rakták le. Ugyanakkor nehezen értelmezhető, miért találunk az útbevágás két oldalán – egymástól 10–20 méterre – élesen elkülönülő szállítási irányokat (7. ábra). Mindenképpen feltételezni kell, hogy két különböző övzátóny anyagát látjuk, melyek oldalirányban érintkeznek egymással. Ezek különböző időben képződhettek, üledékük úgy kerülhetett egymás mellé, hogy a későbbi meder részben erodálta a korábbi, e helyen eltérő irányú meder fejlődésével létrejött övzátóny. A kibúvások kis felülete azonban nem teszi lehetővé az eróziós felület észlelését.

Galgahévíz

A homokbánya ÉK–DNy-i falán megállapítható, hogy itt is legalább két üledékciklus rétegei jelennek meg. A legnagyobb (1 m körüli) vastagságú keresztretegzett kötegek a feltárás alsó részén a leggyakoribbak. 4–5 m magasan már a

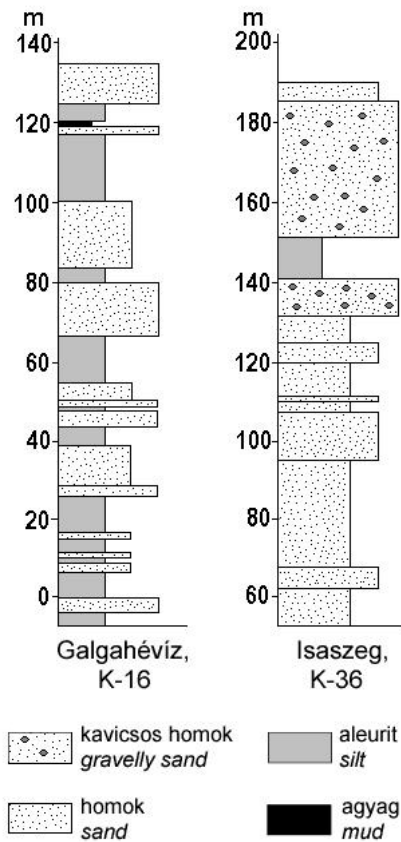
vékonyabb kötegek kerülnek többségbe, sőt néhol keresztlemezes szintek is láthatók (8. ábra), a ciklus felső határa azonban nincs feltárva. A fal felső részén (9. ábra, 4. szelvény) viszont ismét vastagabb (50 cm-t elérő) keresztretegzett kötegeket találunk, amelyek egy újabb ciklushoz tartozhatnak. Ebben a ciklusban szintén felfelé csökken a kötegvastagság, sőt a szemcseméret is: felső részén aprószemcsés homokból álló, keresztlemezes szintek is vannak. A vályús keresztretegzés (*Hv* fáciesegység) túlsúlya és a ciklusosság arra utal, hogy meanderező folyó övzátónyának üledékét látjuk. Ezt támasztja alá a feltárástól kb. 800 méterre mélyített K–16 jelű fúrás rétegsora is (18. ábra), melyben közel egyező vastagságú homokos és pélites szintek váltakoznak.

A gödöllői feltárásokhoz viszonyítva feltűnő, hogy a kötegvastagságok csökkenése kevésbé egyenletes, az egymással szomszédos formák között is nagy méretkülönbségek vannak. Ezt az egykori folyó vízhozamának nagyobb ingadozása magyarázhatja. Habár az övzátóny épülésével adott helyen a meder fokozatosan sekélyedett, eközben az egymást követő árvízi és kisvízi időszakok jelentős vízszintváltozásokhoz – tehát eltérő méretű üledékformák képződéséhez – vezethettek. Ez a vízszintingadozás az övzátóny oldalirányú gyarapodásában is jelentős megszakításokat okozhatott, ami megmagyarázná, miért találunk a *Hv* fáciesegységben É–ÉK felé dőlő, több méter hosszú eróziós felületeket.

A belső eróziós felületek dőlésiránya az övzátóny épülésének irányát jelzi; ez alapján az itteni kanyarulat fejlődésével a meder É–ÉK-i irányban helyeződött át, ami az erre merőleges (K–DK-i) szállítási irányokkal összevetve oldalirányú zátónygyarapodást jelent. Ezt igazolja, hogy az egyes keresztretegzett kötegek – vályúk – északkeleti oldala sok helyen hiányosan őrződött meg, a dűnéket tehát kialakulásuk után ebből az irányból érte erózió. Az alsó üledékciklusban az övzátóny rétegsora legalább 6 m vastag, tehát a meder mélysége is legalább ennyi volt. A legnagyobb kötegvastagságok alapján – ALLEN (1968) képletével – a maximális vízmélység 8–9 méterre becsülhető. Mivel a meanderező folyók szélessége jellemzően a mélység 12–40-szeresét teszi ki, ehhez a mélységhez 100–350 méteres mederszélesség tartozik (ROSGEN, 1994).

A vályúsán keresztretegzett homok kötegei közé települő, 50 cm vastagságot is elérő keresztlemezes szintek (*Hf* fáciesegység) arra utalnak, hogy az egykori meder aljzatán a hajladozó gerincű dűnéken kívül más üledékformák is épültek. Hasonló keresztlemezes homoktesteket építenek fel a homokot szállító fonatos folyók keresztzátónyai, illetve az azok felületén mozgó áramlásfodrok (CANT & WALKER, 1978). Ez a magyarázat akár meanderező folyó üledékeiben is helytálló lehet: ugyanígy értelmezte GARCÍA-GIL (1993) az általa övzátónyok rétegsorából leírt keresztlemezes homoktesteket, ami ismét mutatja,

hogy a két folyótípus tulajdonságai egymással keveredve is megjelenhetnek.



18. ábra. A galgahévízi és isaszegi fúrások rétegsora.
Fig. 18. Lithological columns of boreholes in Galgahévíz and Isaszeg.

A galgahévízi feltárásban ezek alapján egy, a gödöllőinél nagyobb – körülbelül 8–9 m mélységet elérő –, ám kevésbé egyenletes vízhozamú, K–DK-i folyásirányú meanderező folyó két üledékciklusának rétegeit látjuk, ahol az alsó ciklus üledékei egy É–ÉK felé gyarapodó övzátonyon rakódtak le.

Isaszeg

Az előző észlelési helyekkel ellentétben a legnagyobb feltárt felület itt az üledék szállítási irányával párhuzamos, ami azonos üledékformák esetén is eltérő megjelenést eredményezhet. Ám a látott különbségeknek nemcsak ez az oka: Isaszegen valószínűleg egy, az eddigiektől eltérő folyótípus üledékei láthatóak. Habár a feltárás nagy részében az üledékformák mérete szabálytalanul változik, ciklusosság itt is kimutatható. Az alsó üledékciklust felülről az a szint határolja, ahol előbb eltűnnek a 30 cm-t meghaladó vastagságú kötegek, majd vékony agyagréteg jelenik meg, amit eróziós felület fed le. Utóbbi a feltárás ÉK-i részén az agyagot teljes mértékben erodálta, de az eróziós felület felett itt is

nagyobb rétegformák – a következő ciklus üledékei – jelennek meg, majd ezeket is agyagréteg zárja le. Az agyagrétegekben található meszes gumók alapján a felszín időnként szárazra is került, rajta talajképződés zajlott.

A szárazra kerülésre az övzátony épülése itt nem ad kellő magyarázatot. Az isaszegi feltárás kereszttrétegzett kötegei a szállítási iránnyal párhuzamos metszetben inkább táblásak, mint ék alakúak: 10–20 m hosszúságban is követhetők, és csak nagyon lapos szögben ékelődnek ki. Ilyen egymásra rakódó, táblás kötegeket jellemzően fonatos folyók zátonyai építenek fel (COLLINSON, 1986), az ezeken belüli kereszttrétegzést a zátony felszínén mozgó dűnék idézik elő. Ha az üledéket a medren belül képződő zátony rakta le, akkor a szállítási iránnyal szemben dőlő köteghatárok sem jelentenek ellentmondást: recens folyókban végzett megfigyelések (SKELLY et al., 2003; LUNT et al., 2004) igazolják, hogy a zátonyok a folyásiránnyal szemközti oldalon is épülhetnek, és a köteghatárok – jellemzően 5°-nál kisebb szögben – ilyenkor is a zátonygyarapodás irányában dőlnek. Ez alapján feltételezhetjük, hogy az egykori folyó fonatos medrű volt. A feltárás közelében nem mélyült fúrás, ám az innen 1700 méterre DK-re lévő K–36 számú fúrásban (18. ábra) a pélites (ártériként értelmezhető) üledékek igen alárendelt szerepűek; ez a rétegsor is inkább fonatos mederre utal.

A zátonyok üledéke nagyrészt árvíz idején rakódik le, az apadás során előbb egyre finomabb szemcséjű és egyre kisebb méretű rétegformák képződnek, majd az újabb áradásig a legtöbb zátony épülése szünetel. A következő áradás kezdetekor a korábban lerakódott üledék is erodálódhat. Az árvizeket követő fokozatos vízszintcsökkenés hozhatta létre a feltárásban látható ciklusosságot. Habár csak két üledékciklust lehetett azonosítani, nem valószínű, hogy a 9 m vastag rétegsor lerakódása alatt mindössze két árvíz következett be. Egyes árvizek után a vízszint olyan gyorsan csökkenhetett, hogy az apadás időszakára jellemző formák képződése elmaradt, de a későbbi erózió is eltüntethette ezeket, tehát nem állapítható meg, hány árhullám üledékeit látjuk a feltárásban. A 12. ábrán látható aleuritkitöltés – amely a H_v fáciesegységben, az összefüggő pélites rétegektől távol található – szintén jelzi, hogy az áramlás többször is lelassult, ám a kiülepedő pélite – valószínűleg a későbbi erózió miatt – csak az akkori aljzat mélyedéseiben őrződött meg.

ALLEN (1968) képlete alapján a kereszttrétegzett kötegek vastagságából a folyó maximális vízmélységét 5 méterre becsülhetjük. Más eszközünk nincs a mélység megállapítására, mert a fonatos folyó zátonyának magassága ezt nem jelzi. Az ilyen folyók medre nem töltődik fel teljesen, nem helyeződik át, tehát egy zátony a vízmélységet meghaladó vastagságú üledéket is lerakhat. Az sem állapítható meg biztosan, hogy a feltárásban egy vagy több zátony üledékét látjuk, mivel az egyes zátonytesteket

elválasztó felületek hasonlóak lehetnek a zátonyon belüli eróziós felszínhez, köteghatárokhoz. A folyó szélessége – ha fonatos medrűnek tekintjük – meghaladhatta a mélység negyvenszeresét, azaz a 200 métert (vö. ROSGEN, 1994).

Az isaszegi feltárásban tehát egy DNY-ról ÉK felé áramló, valószínűleg fonatos folyó medrében épülő zátonyok üledékei láthatóak. A folyó mélysége – így vízhozama is – valószínűleg igen változékony volt.

Gödöllő, fúrások

A vizsgált fúrások rétegsorára jellemző, hogy az agyagos-aleuritos üledékek közé különböző vastagságú homokrétegek települnek. Az eddig látottak alapján ezeket a rétegeket a meanderező folyó mederüledékeiként – főként övzátonysorozatokként –, a pélitét pedig ártéri üledékként értelmezhetjük. A felszíni feltárások alapján ezen a területen nagyjából 5 m mély medreket rekonstruáltam; a vasúti bevágásban látott, ennél vastagabb homoktestet több meder egymásra települő, összeolvadó üledékeinek lehet tekinteni. A fúrásokkal harántolt 10-30 méter vastagságú homoktestek valószínűleg hasonló módon alakultak ki. Erre utal, hogy helyenként vékony pélitesebb szintek szakítják meg őket; ezek a szintek – a vasúti bevágás VI. homoktestjének agyagbetelepüléséhez hasonlóan – ciklushatárok lehetnek.

Az 1-3 méter vastagságú homokrétegeket az előzőeknél sekélyebb medrek hozhatták létre, melyek kialakulásához nemcsak a kisebb vízhozam vezethetett, hanem az is, hogy az avulzió során létrejövő új medrek némelyike nem állandósult, fennállásának rövid ideje alatt pedig kevésbé mélyülhetett ki. A legvékonyabb (1 méter körüli vastagságú) homokszintekről ill. a pélitben lévő hasonló méretű homokos betelepülésekről elképzelhető, hogy nem az árvizek idején a mederből kilépő víz által létrehozott hordalékbebenyek (JORGENSEN & FIELDING, 1996) üledékei. Mivel az ártérre kijutó homok már nem szállítódik nagy távolságra, a belőle létrejövő homoktestek sem lesznek nagy kiterjedésűek. Emiatt nem valószínű, hogy egy ilyen képződményt az egymástól kb. 500 méterre lévő fúrások közül több is harántoljon.

Az övzátonyok épülésével kialakuló homoktestek hosszan elnyúlnak az egykori meder nyomvonalát követve. Az oldalirányú gyarapodás miatt szélességük a meder szélességének – ami 5 méteres mélységet feltételezve legalább 60 m (vö. ROSGEN, 1994) – többszöröse is lehet, tehát több fúrásban való megjelenésükhöz a szelvény irányának elég közelítőleg megegyeznie a kanyargó meder átlagos folyásirányával.

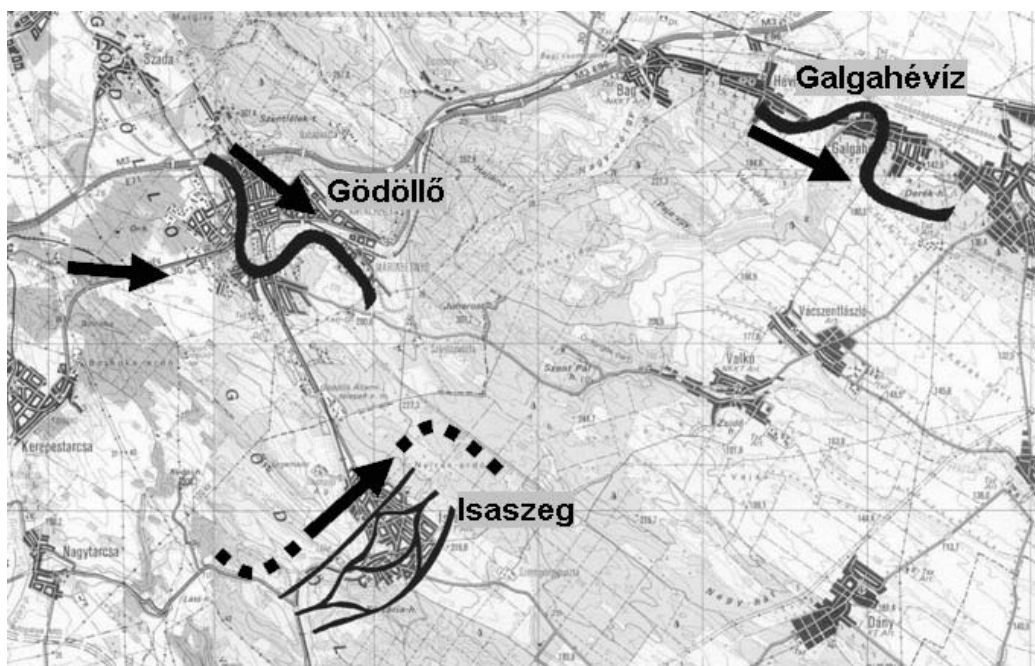
Ennek megfelelően több olyan fúrás is van, amelynek vastag homokrétegei korrelálhatóak egymással (14. ábra). A Ny–K-i szelvényre eső K–102 számú fúrás 166,2–176,6 m tengerszint feletti

magasság közé eső homokrétege valószínűleg a K–110 fúrásban 163,2–173,7 m között folytatódik. A korreláció mellett szól, hogy a két réteg vastagsága mindössze 20 centiméterrel különbözik – az övzátonyok rétegsorának vastagsága oldalirányban nem változik jelentősen. A területen az üledék – a vasúti bevágásban látottakhoz hasonlóan – gyengén redőzött lehet, vagy kisebb vetők tagolhatják: ez magyarázhatja a két fúrás homokrétegei közötti 3 m-es szintkülönbséget. Valószínű, hogy a 10 méter vastagságú mederüledék legalább két, egymásra települő övzátonyból származik: a K–102 fúrásban 169,8–171,8 m között található agyagosabb réteg az alsó övzátony felfelé finomodó üledékciklusának végét jelezheti. Hasonlóan összeköthető egymással a K–116 számú fúrásban 127,7–143,6 és a K–101 fúrásban 126,8–141,8 m között lévő homokszintek. Vastagsága alapján ez az üledéktest legalább három övzátonyból állt össze.

A legnagyobb távolságon át követhető képződmény a K–110-tól a B–115 fúrásig, körülbelül 80 és 100 m tengerszint feletti magasságok között végighúzódo homoktest, ami szintén több övzátony üledékéből tevődhetett össze. Elvileg nem zárható ki, hogy több övzátony egymás mellé is települ: ebben az esetben nem lenne igazolható, hogy a szelvényben közel 2 km hosszúságban egyazon meder üledékei jelennek meg. Azonban az egymás melletti medreknek egy időben kellett volna létezniük, ám a meanderező folyókra nem jellemző, hogy vizük egyszerre több, egymás közelében lévő ágban folyjon. Ezek a medrek tehát a szelvényvel (295°–115°) közel párhuzamosak lehetnek.

Esetenként az É–D-i szelvény fúrásai is korrelálhatóak egymással. Valószínűleg összetartoznak a B–106 számú fúrásban 159,7–179,5 m, illetve a K–51 fúrásban 158,3–175,3 m között lévő homokrétegek. A B–106 fúrásban ez a réteg két felfelé finomodó ciklust is tartalmaz, amelyek itt is két övzátonyhoz tartozhatnak. A ciklusok vastagsága 3,8 ill. 6,2 m, tehát az egykori medrek mélysége ezeket az értékeket elérte vagy meghaladta. Ezeket a vastagságokat alapul véve a homokréteg körülbelül négy meder egymásra települő üledékeiből áll. A másik összefüggő réteg – amely vastagsága miatt hasonlóan összetett szerkezetű lehet – a K–51 fúrásban 106,3 és 122,3, a B–55 számúban 106,5 és 122,3 m között található.

Mivel mindkét szelvényben található néhány 500–1000 méteren át követhető homoktest, valószínű, hogy egyik szelvény sem merőleges az egykori folyók jellemző irányára. Az irányok pontos egyezése viszont hosszabban követhető képződményeket eredményezne: ilyenből csak egy fordul elő, a Ny–K-i szelvény K–110 és B–115 fúrás közé eső, DK felé forduló szakaszán látjuk. A tapasztaltakkal jól egyeznek a gödöllői feltárásokban mért, átlagosan DK-i szállítási irányok, tehát elmondható, hogy ezen a területen a pliocénben uralkodóan ÉNy–DK-i folyásirányú meanderező folyók haladtak át.



19. ábra. A terület különböző részein meghatározott folyók jellegei és átlagos szállítási irányai.
 Fig. 19. Types and average palaeocurrent directions of rivers.

Következtetések

Az egyes észlelési helyeken tapasztalt jelenségek magyarázata és a környezetek rekonstrukciója lehetővé teszi azt is, hogy a vizsgált terület pliocén üledékképződési viszonyairól átfogó képet kapjunk.

A 19. ábra térképén, amely a Gödöllői-dombság különböző részein tapasztalt átlagos szállítási irányokat ábrázolja, látható, hogy a terület nagy részén a pliocén vízfolyások ÉNy-ről DK-re, vagyis az éppen emelkedő Északi-középhegység felől a süllyedő, feltöltődő Alföld felé irányulhattak. Ezek a vízfolyások elsősorban meanderező folyók voltak; mélységük Gödöllő környékén maximálisan 5–6 m lehetett, keletebbre (Galgahévízen) a 8–9 m-t is elérte. A meanderező jelleg arra enged következtetni, hogy az itteni folyók viszonylag sík térszínen folytak és vízhozamukban nem voltak szélsőséges ingadozások. Habár az üledékszerkezetek Galgahévízen a gödöllőinél erősebben ingadozó vízhozamra utalnak, ez az egy feltárás nem elegendő ahhoz, hogy a terület egészére érvényes tendenciát határozzunk meg.

Az isaszegi feltárás látszólag nem illeszthető ebbe a képbe: az ottani folyó fonatos jellegű és jelentősen eltérő – DNy–ÉK-i – szállítási irányú. Ezt az ellentmondást feloldaná, ha a közelben létezett olyan mélyedés ill. gyorsabban süllyedő terület, amely a folyók irányát befolyásolta és létrehozta a fonatos meder kialakulásához szükséges nagyobb esést (vö. OUCHI, 1985). Ugyanakkor az egyes feltárásokban látott üledékek nem feltétlenül egy időben képződtek, így az sem zárható ki, hogy a folyók eltérő jellege nem térbeli különbséget, hanem a pliocénen belüli időbeli változást – pl. éghajlatváltozást – tükröz.

A Gödöllő és Isaszeg közötti süllyedéket már PÉCSI (1958, 1959) is feltételezte. A közelmúltban FODOR és munkatársai (in press) szeizmikus szelvények elemzése alapján a Gödöllői-dombságban több helyen, így Isaszegtől keletre is – környezetének jellemző szerkezeti irányaihoz, illetve a területet átszelő vetőkhöz hasonlóan – északnyugat–délkeleti tengelyirányú szinklinálist azonosítottak. Ezek képződése a pliocénben is tarthatott, ami összefüggésben lehet az általam megállapított folyótípusokkal és folyásirányokkal.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondok témavezetőmnek, SZTANÓ Orsolyának a terepi észlelésekben és dolgozatom elkészítésében nyújtott segítségével,

hasznos észrevételeiért, tanácsaiért. Köszönettel tartozom FODOR Lászlónak a konzultációért és legújabb kutatási eredményeinek bemutatásáért, JÁMBOR Áronnak

javaslataiért és fűrési adatbázisának rendelkezésemre bocsátásáért, valamint MAGYARI Árpádnak a vizsgált feltárások kiválasztásában, illetve a térképek elkészítésében való közreműködéséért. A munka az OTKA T 037724 számú pályázatának támogatásával készült.

Irodalom

- ALLEN, J. R. L. 1968. Current Ripples. North Holland Publishing Co., Amsterdam, 433 p.
- ALLEN J.R.L. 1970. Studies in fluvial sedimentation: a comparison of fining-upwards cyclothems, with special reference to coarse member composition and interpretation. – *Journal of Sedimentary Petrology* 40, 298–323.
- ALLEN, J. R. L. 1980. Sedimentary Structures, Their Character and Physical Basis I–II. Elsevier, Amsterdam, 593 + 663 p.
- BÖCKH J., 1872. Főth-Gödöllő-Aszód környékének földtani viszonyai. – *Földtani Közöny* 2, 6–18.
- BRIDGE, J. A. & DIEMER, J. A.. 1983. Quantitative interpretation of an evolving ancient river system. – *Sedimentology* 30, 599–623.
- BRIDGE, J. S. & LEEDER, M. R. 1979. A simulation model of alluvial stratigraphy. – *Sedimentology* 26, 617–644.
- CANT, D. J. & WALKER, R. G. 1978. Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan River, Canada. – *Sedimentology* 25, 625–648.
- COLLINSON, J. D. 1970. Bedforms of the Tana River, Norway. – *Geografiska Annaler* 52A, 31–56.
- COLLINSON, J. D. 1986. Alluvial sediments. *In*: READING, H. G. (ed.): *Sedimentary Environments and Facies*, Elsevier, 20–62.
- FERENCZI I., 1936. A gödöllői MÁV bevágás szelvénye. Kézirat, MÁFI Adattár.
- FLEMMING, B. W. 2000. The role of grain size, water depth and flow velocity as scaling factors controlling the size of subaqueous dunes. *In*: TRENTESAUX, A., GARLAN, T. (ed.): *Marine Sandwave Dynamics, Proceedings of an International Workshop, University of Lille 1, France*
- FODOR, L., HORVÁTH, E., MAGYARI, Á., NOVOTHNY, Á., RUSZKICZAY, Zs., SÍKHEGYI, F., SZÉKELY, B., TIMÁR, G., UNGER, Z. & WEBER, J. 2001. Tectonic and non-tectonic control on landform evolution, drainage pattern in a loess-covered area (Gödöllő Hills, central Hungary): complex methodological approach. Abstract book of the 3rd Stephan Müller Conference, EGS, Balatonfüred, 18.
- FODOR, L., BADA, G., CSILLAG, G., HORVÁTH, E., RUSZKICZAY-RÜDIGER, Zs., PALOTÁS, K., SÍKHEGYI, F., TIMÁR, G., HORVÁTH, F. & CLOETINGH, S. in press. An outline of neotectonic structures and morphotectonics of the western and central Pannonian basin. – *Tectonophysics*.
- GAÁL I., 1946. A gödöllői középsőpliocén emlősmaradványok kérdése. – *Földtani Közöny* 75–76, 22–23.
- GAÁL I. 1953. Újvizsgált néhány hatvani és gödöllői emlősmaradványról és a pliocén tagolódásáról. – *Földtani Közöny* 83, 263–272.
- GAJDOS I. & PAPP S. 1997. Nagyalföldi Tarkaagyag Formáció. *In*: CSÁSZÁR G. (ed.): *Magyarország litosztratigráfiai alapegységei*, MÁFI, 74 p.
- GARCÍA-GIL, S. 1993. The fluvial architecture of the upper Buntsandstein in the Iberian Basin, central Spain. – *Sedimentology* 40, 125–143.
- GÜLL V. 1909. Budapest dunajobbparti környékének, továbbá Gödöllő-Isaszeg vidékének agrogeológiai viszonyai. – MÁFI Évi Jelentése 1907-ről, 172–191.
- JACKSON, R. G. 1976. Largescale ripples of the lower Wabash River. – *Sedimentology* 23, 593–623
- JÁMBOR Á., MOLDVAY L. & RÓNAI A.. 1966: Magyarázó Magyarország 200 000-es földtani térképsorozatához, L-34-II. MÁFI, Budapest.
- JORGENSEN, P. J. & FIELDING, C. R. 1996. Facies architecture of alluvial floodbasin deposits: Three-dimensional data from the Upper Triassic Callide Coal Measures of east-central Queensland, Australia. – *Sedimentology* 43, 479–495.
- KHAN, Z. A.. 1987. Paleodrainage and paleochannel morphology of a Barakar river (early Permian) in the Rajmahal Gondwana Basin, Bihar, India. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 58, 235–247.
- LUNT, I. A., BRIDGE, J. S. & TYE, R. S. 2004. A quantitative, three-dimensional depositional model of gravelly braided rivers. – *Sedimentology* 51, 377–414.
- MIALL, A. D. 1988. Reservoir heterogenities in fluvial sandstones: lessons from outcrop studies. – *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists* 72, 682–697.
- MIALL, A. D. 1995. Description and interpretation of fluvial deposits: a critical perspective (discussion). – *Sedimentology* 42, 379–389.
- MOTTL M. 1939. A gödöllői vasúti bevágás középső pliocénkori emlősfaunája. – MÁFI Évkönyv 32, 257–265.
- OUCHI, S. 1985. Response of alluvial rivers to slow active tectonic movement. – *Geological Society of America Bulletin* 96, 504–515.
- PÉCSI M. 1958. Budapest természeti képe. Akadémiai Kiadó, Budapest, 744 p.
- PÉCSI M. 1959. A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalakulása. Akadémiai Kiadó, Budapest, 345 p.
- PUIGDEFABREGAS, C. & VAN VLIET, A. 1978. Meandering stream deposits from the Tertiary of the Southern Pyrenees. *In*: MIALL, A. D. (ed.): *Fluvial Sedimentology, Memoirs of the Canadian Society of Petroleum Geologists* 5, Calgary, 469–485.
- ROSGEN, D. L. 1994. A classification of natural rivers. – *Catena* 22, 169–199.
- RUBIN, D. M. 1987. Cross-bedding, bedform and paleocurrents. – *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, 188 p.
- SKELLY, R. L., BRISTOW, C. S. & ETHRIDGE, F. G. 2003. Architecture of channel-belt deposits in an aggrading shallow sandbed braided river: the lower Nebraska River, northeast Nebraska. – *Sedimentary Geology* 158, 249–270.
- SZENTES F. 1943. Aszód távolabbi környékének földtani viszonyai. – *Magyar Tájak Földtani Leírása* IV., 70 p.

- WILLIS, B. 1993a. Ancient river systems in the Himalayan foredeep, Chinji Village area, northern Pakistan. – *Sedimentary Geology* 88, 1–76.
- WILLIS, B. 1993b: Interpretation of bedding geometry within ancient point-bar deposits. Special Publications of the International Association of Sedimentologists 17, 101–114.
- WOLFERT, H. P., KOOMEN, A. J. M., MAAS, G. J. in press. Aquatic macrophyte growth and seasonal bedform changes in a lowland sand-bed meandering system. – *Catena*.