

Pécsi Tudományegyetem  
Természettudományi Kar

# A Kulcs- rácalmási magaspart recens felszínfejlődése

Készítette: Deák Máté, Víg Balázs

Témavezető: Dr. Fábíán Szabolcs Ákos

2014

## **Tartalomjegyzék**

|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Absztrakt .....</b>                                                                  | <b>4</b>  |
| <b>2. Bevezetés és célkitűzés.....</b>                                                     | <b>5</b>  |
| 2.1 A vizsgált terület településeinek földrajzi helyzete és a tájbeosztás kapcsolata ..... | 8         |
| 2.2 A vizsgált terület éghajlata .....                                                     | 9         |
| 2.3 Célkitűzés .....                                                                       | 9         |
| <b>3. Kutatási módszerek.....</b>                                                          | <b>10</b> |
| 3.1 DGPS mérések, domborzati metszet értelmezése .....                                     | 10        |
| 3.2 Vízföldtani megfigyelések .....                                                        | 11        |
| 3.3 Vízhozam mérések.....                                                                  | 13        |
| 3.4 Levéltári források.....                                                                | 13        |
| 3.5 Fúrásszelvények értelmezése .....                                                      | 14        |
| 3.6 Statisztikai elemzések .....                                                           | 17        |
| 3.6.1 A csapadékadatok vizsgálata.....                                                     | 17        |
| 3.6.2 A vízállás vizsgálata .....                                                          | 18        |
| <b>4. Eredmények.....</b>                                                                  | <b>20</b> |
| 4.1. Természeti viszonyok .....                                                            | 20        |
| 4.1.1. A vizsgált terület földtani felépítése .....                                        | 20        |
| 4.1.2. A kulcs-rácalmási fúrások bemutatása.....                                           | 23        |
| 4.1.3. A kulcsi fúrásszelvények .....                                                      | 26        |
| 4.1.4. A Duna jelenlegi folyásirányának kialakulása .....                                  | 31        |
| 4.1.5. A vizsgált terület vízföldtana .....                                                | 31        |
| 4.2. A települések geomorfológiája .....                                                   | 36        |
| 4.2.1. A magaspart fejlődése, a törmeléklető kialakulása.....                              | 36        |
| 4.2.2. Recens felszínmozgások .....                                                        | 36        |
| 4.2.3. Mozdásveszélyes lejtők .....                                                        | 37        |
| 4.2.4. Jelenleg stabil, nyugalomban lévő területek .....                                   | 37        |
| 4.2.5. Stabil, állékony területek .....                                                    | 37        |
| 4.2.6. Korábbi mozgások.....                                                               | 38        |
| 4.2.7. Omlások .....                                                                       | 39        |

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3. Genetikus morfológiai formák .....                                             | 39        |
| 4.3.1. Deráziós völgyek .....                                                       | 39        |
| 4.3.2. Eróziós-deráziós völgyek .....                                               | 40        |
| 4.3.3. Szuffóziós folyamatok és azok formakincsei .....                             | 40        |
| 4.3.4. Deráziós fülkék .....                                                        | 41        |
| 4.3.5. Löszszakadékok .....                                                         | 41        |
| 4.3.6. Löszhátak és völgyközi hátak .....                                           | 41        |
| 4.3.7. Akkumuláció és defláció által kialakult formák .....                         | 41        |
| 4.4. Antropogén formák .....                                                        | 42        |
| 4.5 Dokumentált mozgások térben és időben .....                                     | 42        |
| 4.6 Az 1982 és 2012 közötti időszak csapadékadatai .....                            | 44        |
| 4.7 Vízállásadatok jellemzése 1982 és 2012 között .....                             | 49        |
| 4.8 A források vízhozamának vizsgálata .....                                        | 53        |
| 4.9 Hatótényezők Kulcsón .....                                                      | 54        |
| 4.10 Esettanulmány I.: a 2010. október 22-i csuszamlás hidrometeorológia okai ..... | 55        |
| 4.11 Esettanulmány II.: a 2011. január 17-i csuszamlás hidrometeorológia okai ..... | 58        |
| <b>5. Az eredmények összefoglalása és értékelése .....</b>                          | <b>61</b> |
| <b>6. Felhasznált irodalmak jegyzéke .....</b>                                      | <b>64</b> |
| <b>7. Melléklet .....</b>                                                           | <b>68</b> |

## 1. Absztrakt

A Duna menti magaspartok évezredek óta a társadalom és a természet heroikus és egyenlőtlen küzdelmének a térszínei. Az ember próbálja belakni e több szempontból is kiemelkedően fontos területet, de a folyamatosan visszatérő felszínmozgások állandó veszélyt jelentenek a környezetre. Jelen dolgozatban bemutatásra kerülnek a kulcs–rácalmási magaspart földtani, morfológiai és vízföldtani adottságai, melyek leginkább meghatározzák a visszatérő felszínmozgásokat. A vizsgálatok során kiemelt szerep jutott a bekövetkezett felszínmozgások tér- és időbeli eloszlásának elemzésére, a mozgások által veszélyeztetett területek altalajviszonyai és a domborzat kapcsolatának ismertetésére, illetve a mozgásokat esetlegesen kiváltó hatótényezők megállapítására. Az eredmények megállapításához elengedhetetlen volt a levéltári és önkormányzati dokumentumok áttanulmányozása, a célterület részletes terepbejárása, a mozgásos, illetve mozgások által veszélyeztetett felszín DGPS alapú felmérése. Ahhoz, hogy a tömegmozgások kialakulását a jövőben könnyebben előrejelezhessük, szükséges a partfal állékonyságát befolyásoló tényezők, a csapadék és a Duna vízállásainak időbeli vizsgálata. Az 1982 és 2012 közötti időszak klimatikus és hidrológia viszonyaiban megfigyelhető sajátosságok, mint például a területre hulló csapadék mennyisége, időbeli eloszlása, az átlagtól eltérő extrém csapadékesemények, illetve a Duna magas- és alacsony vízállásai, az árhullámok időbeli lefutása és a vízszintingadozások módosítják a partfal stabilitását. A csuszamlásos időszakokra vonatkozó esettanulmányok bizonyítják és bemutatják, milyen kapcsolat van a löszpart fejlődése, illetve a csapadékból és a folyóvízből származó víz között.

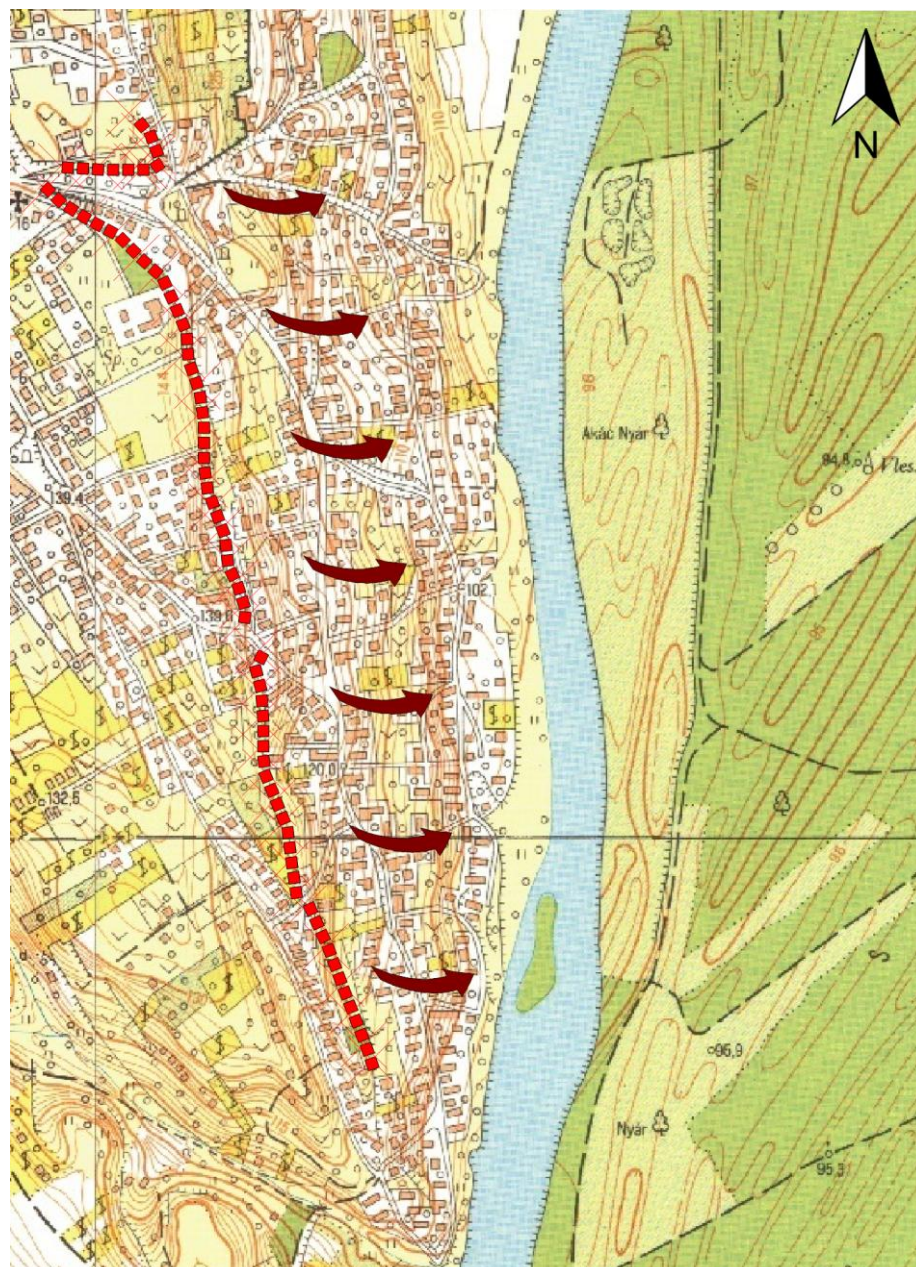
Kulcsszavak: magaspart, fúrásszelvények, felszínmozgások, DGPS, Kulcs–Rácalmás, csapadék mennyisége, vízállás

## 2. Bevezetés és célkitűzés

Magyarországon a felszínmozgásokkal sújtott területeket három nagy csoportba lehet sorolni, úgy, mint az Északi-középhegység harmadidőszaki vulkáni és csúszásra hajlamos laza tengeri üledékeiből felépülő területek, a Dunántúl laza harmad- és negyedidőszaki üledékes dombságai, valamint a folyók és tavak magasparti területei. Ez utóbbin belül külön típust képviselnek azon mozgások, amelyek a Duna jobb oldali partszakaszán helyezkednek el. E szakasz (Gönyű–Mohács) közel 330 kilométer hosszan, helyenként megszakításokkal követi a Dunát, így 9 magasparti szakasz különíthető el. A dunai teraszvidék magaspartjai (Gönyű–Komárom), a Gerecsei magaspartok (Neszmély–Süttő, Lábatlan–Nyergesújfalu), az Esztergom–Visegrád közötti magaspartok (Esztergom, Pilismarót és Visegrád), Buda felszínmozgásokkal veszélyeztetett részei (Rózsadomb, Várhegy), az Érd és Ercsi közti partszakasz (Érd, Százhalombatta, Ráckeresztúr és Ercsi), a Kulcs és Dunaújváros közötti magaspartok (Kulcs, Rácalmás és Dunaújváros), a Dunaföldvár–Dunakömlőd közti partok (Dunaföldvár, Bölske és Dunakömlőd), Paks–Dunakömlőd magaspartjai, illetve a Bata–Dunaszekcső közötti magaspartok. Az észak-déli Duna szakasz tipikus magaspartja a kulcs–rácalmási magaspart, melyet részletesen megvizsgálunk e dolgozatban.

A Duna-menti területek mindig is vonzó, társadalmilag aktív térnek számítottak, ahol a beépítések során sok esetben figyelmen kívül maradtak az egyes területek földrajzi sajátosságainak számbavétele. A kulcsi üdülőterület és Rácalmás egykori belterülete (ma ófalu) egyaránt a korábbi felszínmozgások által felszabdalt területeken helyezkedik el. Mivel a mozgások az épített környezetet veszélyeztetik, a partok fejlődésének vizsgálata elengedhetetlen. Ez az aktualitás adja fontosságát a témának, amit térben és időben egyaránt érdemes és kell vizsgálnunk.

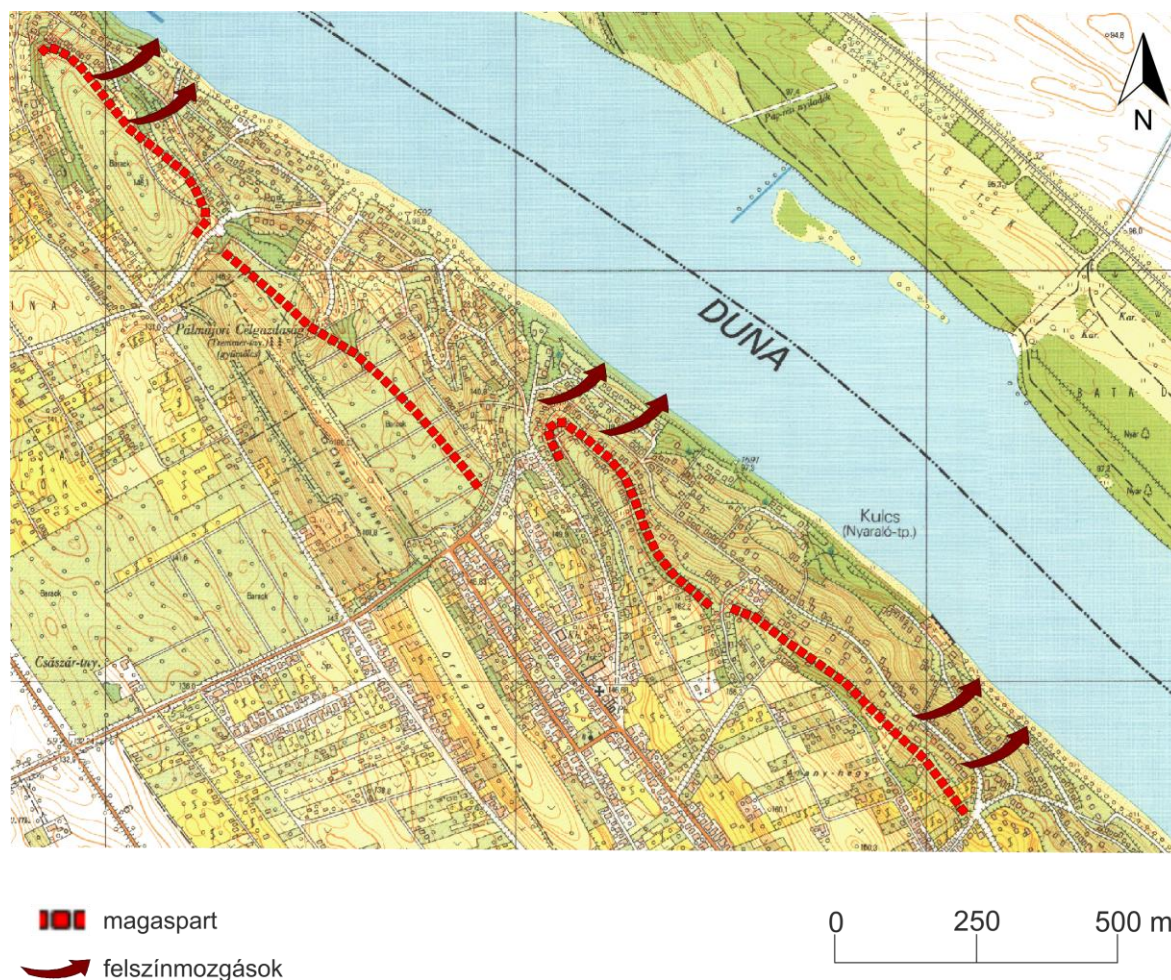
Kulcs és Rácalmás települések nem mindig voltak különálló közigazgatási egységek, erre egészen az 1990-es évek közepéig kellett várni, amikor is az 1994. december 11-i önkormányzati választásokat követően szétváltak. Mivel e két település a közelmúltig egy községet alkotott, ezért a bekövetkezett felszínmozgások dokumentálása a fő település, azaz Rácalmás, illetve annak egykori polgármesteri hivatalának fennhatósága alá került. Ez okokból kifolyólag a mai Kulcs területén végbement mozgásokról készült archivált dokumentumok a rácalmási iratokhoz kerültek.



 magaspart  
 felszínmozgások

0 250 500 m

1. ábra. A magaspartok és a Duna közti törmelékletűn elhelyezkedő rácalmási ófalu területe.  
(készítette: Deák Máté)



**2. ábra. A magaspartok és a Duna közti felszínmozgásokkal felszabdalt terület Kulcs üdülőövezetében.**  
(készítette: Deák Máté)

A partfalmozgásokról szóló összeírások túlnyomó része a mai Rácalmás területére tehető, azonban ez nem jelenti azt, hogy Kulcsra ne lettek volna egy azon időben ilyesfajta események. A feltételezhető ok, ami miatt nem készült feljegyzés az lehet, hogy a település helytörténete szerint a mai mozgásos terület (feltehetően korábban is itt történtek) gyér beépítettséggel és ebből adódóan kevés számú lakossal rendelkezett. A beépült területek nagy részén elsősorban nyaralóházak voltak, azonban az 1962-es „Általános Rendezési Tervben” (FARKAS J. – TAKÁCS A. 2011) szereplő tanulmány a Duna és a partfalak közötti területet erdőövezetként írja le, csak a Deák Ferenc utca volt családi házas jellegű. A mai aktív csuszamlásos területen helyezkedő Hullám utca az 1967-ben megjelent „Kulcs belterületi vízrendezési kiviteli terv, részletes helyszínrajz a Deák Ferenc utca területről” (FARKAS J. – TAKÁCS A. 2011) szóló jelentésben még csak földútként volt

feltűntetve. Csupán az 1960-as és 1970-es években történt a terület teraszosítása, majd felparcellázása.

Ezzel szemben a rácalmási területen végbement katasztrófák erősen érintették a község lakóit, hiszen a település ösközösségi, beépült részén (mai ófalu) mentek végbe a folyamatok. A károk mértéke, így valószínűsíthetően sokszorosával meghaladta a szomszédos községét, hiszen jelentés érkezett az 1964–66. évek közötti mozgások során károsodást ért postáról, katolikus templomról, italboltról, valamint a tanácsházról (FODOR T.-né et al. 1983).

A mai viszonyokat figyelembe véve elmondható, hogy Rácalmás területén a mozgások megszűnni látszanak, ami feltehetően a partfal-stabilizációs munkálatoknak köszönhető (jelenleg a harmadik ütemnél tart), az elmúlt években előforduló lassú kúszási folyamatok jelenleg nem megfigyelhetők.

A rácalmási területekhez képest a kulcsi üdülőövezetben, illetve a Duna-parti részen a felszínmozgásos folyamatok aktivizálódtak. E magaspart a hazai Duna szakasz egyik legaktívabb, legveszélyesebb területe napjainkban. Az elmúlt 50 évben számos csuszamlást regisztráltak, melyek közül a legutóbbiak a 2010–2011-es időszakra estek.

## **2.1 A vizsgált terület településeinek földrajzi helyzete és a tájbeosztás kapcsolata**

Kulcs a Duna jobb partján fekszik Dunaújvárostól északra 14 km-re, Budapesttől délre 67 km-re a Csepel-sziget déli elvégződésénél. Kulcs közvetlen déli szomszédjaként elhelyezkedő Rácalmás Dunaújvárostól északra 11 km-re, Budapesttől 70 km-re fekszik. A Magyarország Kistájainak Katasztere nagytáji tájbeosztását figyelembe véve Kulcs és Rácalmás egyaránt az Alföld részeként tekinthető (MAROSI S. – SOMOGYI S. [szerk.] 1990, DÖVÉNYI Z. [szerk.] 2010). A középtáji besorolást tekintve Rácalmás a Mezőföld része, míg Kulcs már a Duna-menti síkság tagjaként szerepel. A kistáji felosztás szerint Rácalmás a Közép-Mezőföldön, míg Kulcs a Csepeli-síkon terül el. Az utóbbi terület kistáji beosztásánál a kataszter (DÖVÉNYI Z. [szerk.] 2010.) maximum 126 méter t.sz.f.-i magasságot említ éppen Kulcs területére, holott a saját terepi mérések, illetve egyéb irodalmak alapján (MAROSI S. – SOMOGYI S. [szerk.] 1990, FODOR T.-né et al. 1983) ennél jóval magasabb értékek is fellelhetők.

PÉCSI M. et al. (1967) és ÁDÁM L. et al. (1959) tájbeosztását tekintve a két település a Pentelei-lőszplató részeként ismert, így azok egyértelműen a Mezőföld részét képezik. A fentebb említett közép- és kistáji besorolás Kulcs esetében tehát erősen vitatható. A terület Mezőföldhöz való sorolását elsősorban annak fejlődéstörténetével magyarázhatjuk. JÁMBOR

Á. – RÁLISCHNÉ FELGENHAUER E. (2002) által végzett közép-dunai terület lösz-tábláinak vizsgálatai alapján a kulcsi területek földtani felépítése a Mezőföldhöz való tartozást erősíti meg. SCHWEITZER F. (2011) által leírt dunai magasparti szakaszok esetében a terület a Kulcs–Dunaújváros közötti magaspartokba sorolható, tehát ez a beosztás sem különíti el földtani és morfológiai tekintetében Kulcsot a Mezőföldről.

## **2.2 A vizsgált terület éghajlata**

A két település éghajlata egyaránt mérsékelt meleg, száraz. A napsütéses órák éves száma átlagosan 2050 óra, de a Közép-Mezőföld keleti felén elérheti a 2070 órát is. A terület nyári napsütéses óráinak átlaga 780–820, míg a téli 180–200. Az évi középhőmérséklet 10,3–10,5°C között változik. A fagymentes időszakok hossza átlagosan 200 nap, de a 210 napot is elérheti. Az évi átlagos csapadékösszegek 530–580 mm között változik. A vegetációs időszak csapadéka 300–320 mm. A hótakarós napok száma 30–34 nap közötti; az átlagos hóvastagság 20–22 cm. Az ariditási index meghaladja az 1,2 értéket, olykor elérheti az 1,3-at is. A területek uralkodó széliránya az ÉNY-i és É-i; az átlagos szélesség 2,5–3,3 m/s között változik.

## **2.3 Célkitűzés**

Ahhoz, hogy a mozgások kialakulásának tér- és időbeli előfordulásáról a későbbiekben pontosabb és biztosabb képet kapjunk meg kell vizsgálnunk a térség földtani, morfológiai, vízföldtani és klimatológiai viszonyait. Továbbá megvizsgálni és értelmezni kell az altalajviszonyok helyzetét (fűrasszelvényekkel), a felszínmozgások területek kiterjedését, a bekövetkezett mozgásokat, valamint a csapadék, a vízállás és a mozgások közti lehetséges összefüggéseket.

Dolgozatunkban az elmúlt harmincegy év csapadék, illetve dunai vízállásadatai alapján vizsgáljuk meg, hogy a szokásostól eltérő események milyen hatással voltak az 1982 és 2012 közötti időszak tömegmozgásaira.

### 3. Kutatási módszerek

A terepi vizsgálatokhoz első lépésben helyszíni bejárást végeztünk. A terepi munka során, témavezetőnk és külső konzulensünk segítségével képet kaptunk Dunaújváros, Rácalmás és Kulcs települések területén történt mozgásokról, a mozgások földtani és vízföldtani okairól, hatásairól, társadalmi-természeti következményeiről. Sor került egy második terepi bejárásra Kulcs településen, szintén témavezetőnk segítségével. Amikor is elkészítettük a DGPS méréseket, illetve megfigyeltük a terület vízföldtani sajátosságait.

#### 3.1 DGPS mérések, domborzati metszet értelmezése

A domborzati viszonyok bemutatásához előzetesen terepi méréseket végeztünk differenciál GPS (DGPS) – módon Topcon FC250 műszer segítségével. A mérést megelőzően kiválasztottunk egy pontot, amelynek ismertek a földrajzi koordinátái és a partfal mögötti magasabb térszínen helyezkedik el. E pontnak a megtalálásához segítségünkre volt a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet honlapján lévő Magyarország fűráspont térképe, valamint a Földmérési és Távérzékelési Intézet honlapján, szabadon kikereshető vízszintes alappontok térképes adatbázisa<sup>1</sup>. A méréshez alkalmas alappont a Naphegy utcában az y\_640819,32 és x\_189892,808 földrajzi koordinátákon található. A DGPS működési elve: a vevő és a bázis állomás ugyanabban az időben ugyanazon műholdak jelét fogja, így meghatározva pontos helyzetüket.

A bázis felállítása során a bázisantenna magassága 103,3 cm-en volt. A mérések során összesen 53 pont adatát vettük fel. A mérés kiindulási pontja a Naphegy utca volt, ennek helyzetét a 3. ábrán fel is tüntettük. A terepi munkát megelőzően többszöri helyszíni szemlét tartottunk, annak érdekében, hogy a bázisponttól eljuthassunk a sűrűn beépített lakó- és üdülőövezetes területen keresztül a Duna szintjéig. A beépítettség miatt a domborzati profilhoz szükséges magassági adatok nem minden esetben tudták kirajzolni a valós domborzati adottságokat, mivel sok esetben a lakóházak közötti szűk, esetlegesen mesterségesen kialakított lejárókban kellett végezni a méréseket. A mérési pontok elsősorban azokra a területekre koncentráálódtak, ahol a közelmúltban felszínmozgásos folyamatok mentek végbe, illetve az altalajviszonyokat bemutató fűrások készültek. A mérést követően a magassági pontok és földrajzi koordinátáik (EOV-ban), valamint a fűrások helyzetének ismeretében készítettük el a 3. ábrát. A térkép alapját az 1:10 000 méretarányú Kulcs teljes területét lefedő szelvény adta, amelynek vetülete EOV. Erre a raszteres állományra helyeztük rá a mérési pontokat tartalmazó vektoros állományt. A térkép elkészítéséhez a QGIS szabadon

---

<sup>1</sup> <http://www.geoshop.hu/index.php?module=Products&cmd=selectProducts#> (2014. március 16)

használható szoftvert alkalmaztuk. A magassági adatok ábrázolásához szükséges diagramot OpenOffice-ban készítettük, majd a CorelDRAW-ban ráhelyeztük az adott területen elvégzett fúrások szelvényeit.

A rácalmási területen végbement felszínmozgások miatti lakossági bejelentések helyzetének és a terület geomorfológiai viszonyainak térképes ábrázolásához a QGIS programot használtuk. A levéltári kutatásaink során megszerzett adatokat használtuk a felszínmozgások miatti bejelentések helyének megjelöléséhez. Az ehhez szükséges geomorfológiai térképet a SCHWEITZER F. (1983) által szerkesztett Rácalmás geomorfológiai térképe adta. A térképen ábrázolt 1,03 km<sup>2</sup>-es terület a település egykori központjának geomorfológiai viszonyait mutatja be. A mai utcahálózat e térképre való ráhelyezése érdekében georeferálásra volt szükség. Ehhez szükségünk volt arra az ismert koordinátákat tartalmazó térképi szelvényre, amely lefedi ezt a területet. A georeferálást követően berajzoltuk a teljes utcahálózatot, majd feltüntettük a bejelentések helyeit.

### **3.2 Vízföldtani megfigyelések**

A második terepi bejárás során megvizsgáltuk a település területén, a csapadék elvezetésére kialakított árokrendszer állapotát, valamint egy, a Duna medrétől nem messze bekövetkezett mozgást, ami megrongálta és teljesen használhatatlanná tette a vízelvezető árkokat, ami azóta nem képes ellátni feladatát, tehát a csapadékvizet nem tudja megfelelő módon elszállítani. A partfalat ezáltal sokkal jobban átáztatja a lehulló csapadék azon a területen. Erről fényképes dokumentáció készült.



**1. kép: A csapadékelvezető árok Kulcs üdülöterületén.  
(készítette: Kalmár Péter)**



**2. kép: A 2010-2011-es csuszamlások által megrongált csapadékelvezető árok.  
(készítette: Kalmár Péter)**

Meggyőződünk arról, hogy Kulcson még mindig nincs megoldva a szennyvíz elvezetése. Ezt a lakosok szippantással vagy természetes szikkasztással oldják meg. A bejárás során alacsony vízállást tapasztaltunk a Dunán. A víz alacsony szintje miatt a mederben megfigyelhettük a felszínre törő talaj- és rétegvízforrásokat, illetve a Duna medrében létrehozott közátont.



**3. kép: A Duna alacsony vízszintjénél megjelenő talaj- és rétegvízforrások.  
(készítette: Kalmár Péter)**

A száraz időjárás miatt a terület kisebb vízfolyásait, melyek többnyire időszakosak, és amelyek felszabdalták a magaspartot, nem lehetett megfigyelni. A száraz időre és az alacsony vízállásra lehetett visszavezetni az üdülőterületen található ásott kútban lévő talajvíz alacsony szintjét, mert a felszínalatti vizeknek nem volt utánpótlása a csapadékból, és a folyó sem tudta megemelni szintjüket.

### **3.3 Vízhozam mérések**

A Duna mentén kilépő források méréséhez stoppert, illetve egy 1 literes mérőedényt használtunk. A látható mozgásveszélyes területek közötti részen, ami egyben a DGPS mérés során bejárt területet is jelenti, történtek a források felkutatása és egyesek megmérése. Ezen a területen 18 db forrást találtunk és ezekből 5 esetében végeztük el a vízhozam mérését. Az egyes források vízhozamának pontosabb ismeretéhez természetesen hosszabb vizsgálati időre lenne szükség, mert a hozamok folyamatosan változnak, változhatnak az évszak vagy egy adott időszak, nap időjárási viszonyainak függvényében.

### **3.4 Levéltári források**

A kulcs-rácalmási magaspartok korábbi felszínmozgásos éveinek felderítése érdekében szükségessé vált a települések archivált dokumentumainak megtekintése. Az ehhez

szükséges kutatómunkát a Magyar Nemzeti Levéltár Fejér Megyei Levéltárának kutatószolgálatában végeztük, ezen belül is a székesfehérvári (8000 Székesfehérvár, Kikindai út 3), valamint a móri (8060 Mór, Major u. 3.) kirendeltségben. A kutatáshoz szükséges anyagok átnézését az 1960–2012 évek közötti időszakra kívántuk elvégezni, azonban a levéltárban fellelhető anyagok nem fedték le időben a már korábban említett kutatási időszakot, így a rendelkezésünkre álló anyagok időben 1960–1990 közötti eseményeket tartalmaztak. Az adott év felszínmozgások miatti lakossági bejelentéseit tartalmazó iktatókönyv részletes áttekintése során a témához kapcsolódó bejegyzés sorszámaának és irattári jelének alapján kikereshető, majd olvasható volt a mutatókönyvben a bejegyzés részletes kifejtése.

### 3.5 Fúrásszelvények értelmezése

Kulcs belterületén bekövetkezett felszínmozgások által sújtotta helyein az elmúlt negyven évben több altalajfúrást mélyítettek.

K1–K5 (20–68 m között, 310,2 m fúráshosszal): FTV Mérnökgeológiai Iroda, 1979.

F1–F6 (5,6–20 m között): Mélyépterv Kultúrmérnöki Kft., 1989.

M1–M2 (3,3–5,6 m között): Terraexpert Kft., 2006.

T1–T6 (15–30 m között): Geo Pannon Kft., 2009.

C1–C11 (27 m-ig): Mercatus Kft., 2011.

A Magyar Földtani és Geofizikai Intézet térképes adatbázisában található Magyarország fúráspon t térképe (1:100 000) Kulcs területére vonatkozóan összesen 29 fúráspon tot tartalmaz.<sup>2</sup>

A fentebb leírt fúrá sok csak egy része van feltűntetve az internetes adatbázisban. Míg az általunk leírt fúrá sokon kívül elvégzett feltárá sok nagy része nem a mozgá sveszélyes területen helyezkedik el.

A dolgozatunkban felhasznált fúrá sszelvények (C4–C5–C6, C7–C8, C9–C10–C10/1) beszerzése Kulcs Polgármesteri Hivatalában történt, a Farkas Geotechnikai Szakértői és Laboratórium i Kft. jelentéséből. A szelvények és az egyes rétegek átszerkesztését a CorelDRAW X6 szoftverrel készítettük. A fúrá sok fizikai talajfésle ségeket írnak le (talajmechanika), amiknek a jelölésük egy részéhez a litosztratigráfia táblázatokban ismert

---

<sup>2</sup><http://loczy.mfgi.hu/flexviewer/furas/> (2014.április 6.)

jeleket alkalmaztuk. A különböző fúrási mélységet mutató szelvények arányos ábrázolása érdekében mindegyik esetén az  $1\text{cm}=1\text{m}$  arányosságot alkalmaztuk, ezt az elvet a fúrásban lévő rétegek vastagságához is felhasználtuk. A fúrások helyének megállapításához a jelentésben található EOVS koordináták voltak a segítségünkre, amik pontos elhelyezkedésüket a 3. ábrán mutatjuk be. Segítségükkel jól szemléltethető a csuszamlásos területek altalajviszonyai.



Mérési pontok

- ◊ 90.0970 - 105.3
- ◊ 105.31 - 120.5
- ◊ 120.51 - 135.8
- ◊ 135.81 - 151
- ◊ 151.01 - 166.2140

★ fúrásponatok

0 250 500 m

3. ábra. A kulcsi terepi mérés során felvett pontok helyzete, magassági adatuk szerinti osztályozása, illetve a terület fúrásponatai. (készítette: Deák Máté)

### 3.6 Statisztikai elemzések

#### 3.6.1 A csapadékadatok vizsgálata

Miután a konkrét mozgások térbeli, időbeli elhelyezkedését megvizsgáltuk a magaspartok fejlődését befolyásoló tényezők következtek. Ahhoz, hogy az állékonyságot befolyásoló tényezőket meghatározzuk és megértsük a víz milyen szerepet játszik a magaspartok életében, a terület általános földtani felépítését, valamint morfológiai képét és az ezekből következő vízföldtani tulajdonságait, majd a terület klimatikus viszonyait tanulmányoztuk statisztikai módszerekkel.

Az elmúlt ötven év kutatásaiból kiderül az is, hogy a partfalak állékonyságát a ráhulló csapadék mennyisége, térbeli és időbeli eloszlása is befolyásolja. A csapadékból kapják utánpótlásuk egy részét a felszín alatti vizek is. Ahhoz, hogy megtudjuk, hogy a térségben milyen csapadékmennyiség illetve átlagok a jellemzőek és, hogy megtaláljuk az átlagtól jóval eltérő extrém csapadékeseményeket megvizsgáltuk a térség csapadékadatait. Mivel az elmúlt harmincegy évet vizsgáljuk a csapadékadatokat is 1982. és 2012. között néztük át. Ebben az Országos Meteorológiai Szolgálat volt segítségünkre. Rendelkezésünkre bocsájtották a vizsgált időszak, adonyi és dunaújvárosi mérőállomás havi csapadékadatait. A két adatsort összehasonlítottuk. Először egy F-próbát végeztünk el, annak érdekében, hogy megtudjuk a két adatsor szórása mennyire tér el egymástól és, hogy a T-próba elvégzése lehetséges-e. Miután a számolás kis eltérést mutatott, lehetővé tette a T-próba elvégzését is az 1-es és 2-es számú képletek alapján.

$$t = \frac{|m_1 - m_2|}{S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \sigma_1^2 + (n_2 - 1) \sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

1. és 2. képlet: A T-próba kiszámításának képletei

A két próbából kiderült, hogy a két adatsor eltérése nem szignifikáns, ezért az adonyi adatokat használtuk fel Kulcs térségének csapadékviszonyaira kivetítve, mivel a vízálláshoz az adonyi vízmérce értékeit vizsgáltuk. 1982 és 2012 közötti időszak havi adatait oszlopdiagramon ábrázoltuk. Ez alapján figyeltük meg a csapadékmennyiségek periódusosságát és a jellemző adatokat. A rendelkezésünkre álló értékekből kiszámoltuk a

térség átlagos havi csapadéértékeit. Később ezekhez viszonyítottuk az egyes aktív csuszamlásos időszak csapadékeseményeit. Ebből megtudtuk mennyivel tért el a csapadék mennyisége az átlagtól és ez hogyan befolyásolhatta a partfalak állékonyságát. Szintén kiszámoltuk és ábrázoltuk oszlopdiagramon a saját adatainkból, az egyes évek csapadékmennyiségeit. Ezekből megállapítottuk melyik évben múlta felül, illetve melyik évben maradt el nagymértékben a csapadék mennyisége az átlagtól. A csapadékmennyiséggel kapcsolatban megvizsgáltuk azt is, hogy egyes mennyiségek milyen gyakorisággal fordultak elő a vizsgált harminc év alatt, ebből kiderült melyik mennyiség volt a legjellemzőbb és melyik fordult elő a legritkábban. Az F-próbát és T-próbát, valamint a diagramokat Microsoft Excel 2007 programmal készítettük el.

### **3.6.2 A vízállás vizsgálata**

Következő lépésként a térség fő erózióbázisát képező Dunának a vízállásadatait értékeltük. A Közép-dunántúli Vízügyi Főigazgatóság a rendelkezésünkre bocsájtotta az adonyi vízmérce (1597,8 fkm, 91,680 mBf) napi vízállásadatait. Az adatokat táblázatkezelő (Microsoft Excel 2007) programban kezeltük. A vízállásokat vonaldiagramon ábrázoltuk. A függvényen megfigyeltük a periódusságot, a visszatérő maximumokat és minimumokat és az extrém magas illetve alacsony vízállások időtartamát. Ott ahol a Duna közvetlenül erodálja a magaspartot fontos tudni, hogy az egyes vízállások alkalmával milyen rétegek és milyen hosszán áztat át a folyó. Ahol a partfal, csuszamlásos vagy folyóvízi üledékkel van védve és ahol a Duna nem tudja közvetlenül erodálni, azt kell megfigyelni, hogy volt-e akkora vízállás, aminek a szintje elérte a partfalat. A mederben jelentkező források szempontjából fontos, hogy tapasztalunk-e hosszabb idejű alacsony vízállásokat. Ilyenkor a forrásokat nem duzzasztja vissza a Duna és a felszín alatti talaj- és rétegvizek természetes úton meg tudnak csapolódni.

Utolsó lépésként az 1982 és 2012 közötti intervallumba eső aktívabb tömegmozgásos időszakokat vizsgáltuk. Mivel ezek mindegyike alapján jól dokumentált, pontos időpontot, illetve területet tudunk vizsgálni. Két esettanulmány készítettünk. Az értékelt két időpont a 2010. októberi, és a 2011. januári mozgásos időszakok. Az említett mozgások időpontját megelőző egy év csapadék és vízállásadatit vizsgáltuk. A csapadékmennyiséget oszlopdiagramon ábrázoltuk. Ezt összevetettük az általunk készített harmincegy éves átlagokkal, majd megállapítottuk, hogy a csuszamlást megelőző egy év milyen mértékben és hogyan tért el az átlagtól. A vízállásokat is a tömegmozgást megelőző évben vizsgáltuk.

Amikor napra pontos dátum volt, akkor az első esetben az adott napig, a második esettanulmánynál a mozgást követő első hét végéig nézve a napi vízállásadatokat. Ebből megtudtuk milyen extrém magas és alacsony volt a vízállás, esetleg teljesen átlagos. A megszokottól eltérő események időtartamának megfigyelését is elvégeztük. Ezek alapján próbáltunk összefüggéseket és azonosságokat találni a két esemény és az azokat megelőző időszak hidrometeorológiai tulajdonságai között.

## 4. Eredmények

### 4.1. Természeti viszonyok

#### 4.1.1. A vizsgált terület földtani felépítése

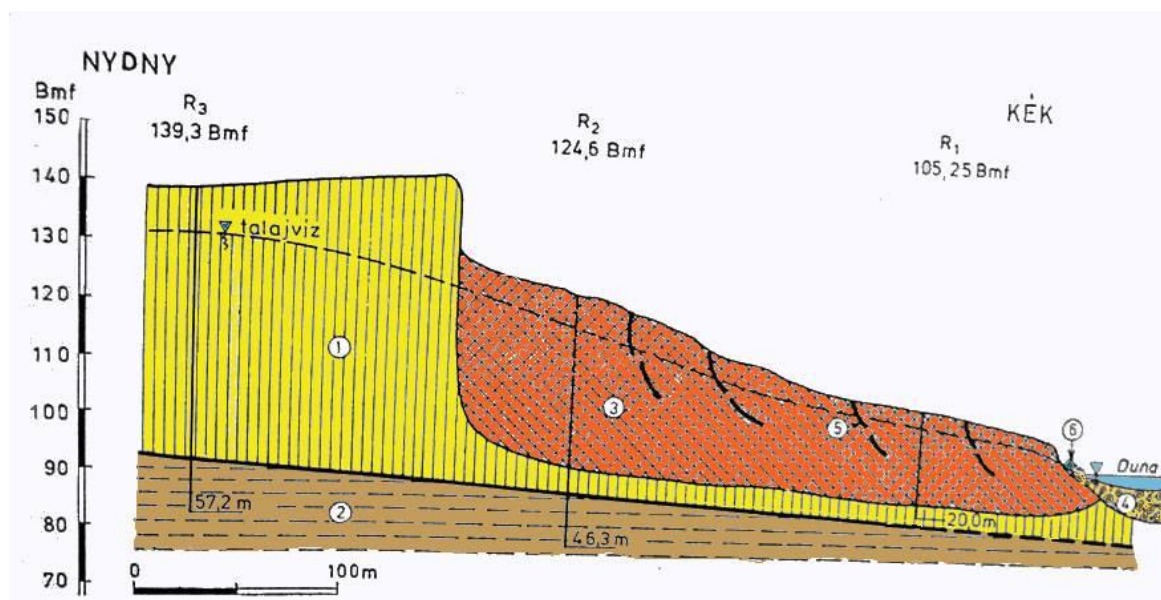
A kulcsi és rácalmási magaspart felépítését tekintve egyaránt megtalálunk felső-pannóniai, illetve kvarter időszeri rétegeket. Jellemző e típusra, hogy a partfalat felépítő felső-pannóniai rétegek a Duna középvízi állása fölött is kibukkannak. Az ilyen földtani felépítéssel rendelkező magaspartokon a leggyakoribbak nagyobb földcsuszamlások. (SCHEUER GY. 1979, FODOR T.-né et al. 1983, SCHWEITZER F. 2011).

A terület morfológiai arculatának kialakulásában nagy szerepe volt az eróziós folyamatoknak, valamint a kéregmozgásoknak. A nagyarányú areális eróziós tevékenységek során lepusztult pannon tábla függőleges mozgások (pliocén-pleisztocén) során egyes részei eltérő mértékben kiemelkedtek, süllyedtek vagy helyben maradtak. Az így létrejövő É-D-i irányú és hosszanti K-Ny-i irányú völgyeket a pleisztocén során a deflációs és eróziós folyamatok kipreparálták. Az ÉNY-DK irányú táblarögökön megindultak az akkumuláció és löszképződés folyamatai. A nagy mennyiségű hulló por akár 40–60 m vastag lösszé is diagenizálódott. A vizsgált területre igen jellemzők voltak a pliocén-pleisztocén folyóvízi akkumulációs folyamatok, aminek következtében nagy mennyiségű homok rakódott le. A táblák északi területein felhalmozódott üledékek a defláció, a csapadékos és száraz időszakok váltakozása, illetve a nagyméretű suvadások következtében folyamatosan pusztultak, így a táblák északi részein megfigyelhetők a pannóniai rétegek felszínre bukkanásai. A kéregmozgások miatt kialakult törésvonalak a későbbiek során meghatározták az interglaciálisokban és glaciális elején a csapadék nagy mennyisége következtében létrejövő időszakos vízfolyások eróziós pályáit (JÁMBOR Á. 2002). Az utolsó glaciálisban folytatódó löszképződés mellett a korábban részben feldarabolt és kiemelkedett vagy lesüllyedt területeket az újpleisztocénban a posztpliocén vetővonalak mentén kiújuló mozgások tovább daraboltak, aminek következtében megkezdődhetett a löszre jellemző formakincsek kialakulása (ÁDÁM L. et al. 1959, BULLA B. 1934).

Általánosságban megállapítható, hogy a magaspartokat késő neogén és negyedidőszeri rétegek alkotják. A magaspartokat jellemzően beltengeri eredetű felső-pannóniai agyag, agyagos iszap és homokrétegek építik fel, illetve a pliocén korú keresztarétegzett homok és a körülbelül 1–1,5 méter vastagságú vörösayag, valamint az akár 20–80 méter összvastagságú lösz, löszös-homok és fosszilis talajokból álló pleisztocén rétegsorok (KLEB B. – SCHWEITZER F. 1999).

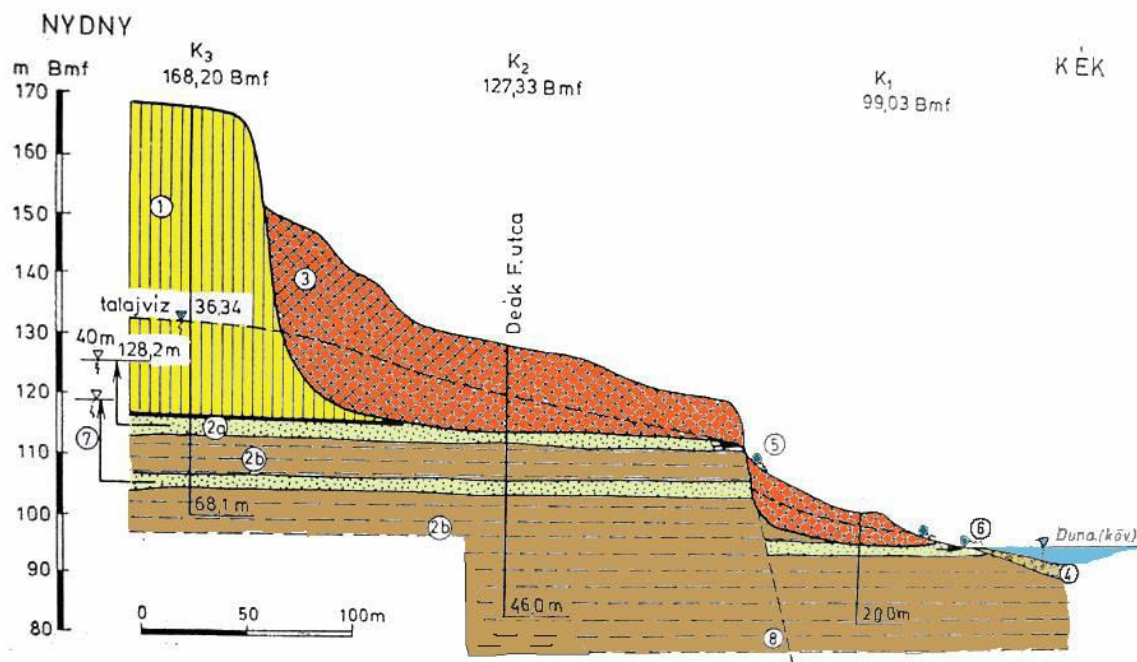
A dunai magaspartok relatív kis kiterjedését (körülbelül 330 km) összehasonlítva azok változatos felépítésével megállapítható, hogy a lokális természeti tényezők milyen nagy szerepet játszanak kialakulásukban. SCHEUER GY. (1979) szerint a természeti tényezők mind lokálisan mind regionálisan lehetnek passzívak (morfológia és földtan), valamint aktívak (hidrogeológiai viszonyok).

FODOR T.-né et al. (1983) szerint a kulcsi és a rácalmási magaspartok is azt a hármas tagolást mutatják, ami általában a dunai magaspartoknál megfigyelhető. 1, a magaspart peremétől nyugati irányban dominálnak a löszös képződmények, ez a partfal mögötti tagolt rész, amely 130–168 méter t.sz.f.-i magasságban fekszik. 2, a partfal és a Duna közötti területen találhatóak a mozgások által elmozdított anyagok halmaza. 3, a Duna mentén a folyóvízi üledékek húzódnak.



4. ábra. Rácalmás áttekintő földtani szelvénye FODOR T.-né et al. (1983) alapján.

1 = pleisztocén lösz, 2 = felső-pannóniai agyag, 3 = lesuvadt anyag, 4 = dunai üledékek, 5 = másodlagos mozgások helye, 6 = talajvíz forrás



**5. ábra.** A kulcsi üdülőterület áttekintő földtani szelvénye FODOR T.-né et al. (1983) alapján.  
 1 = pleisztocén lösz, 2a = felső-pannóniai homok, 2b = felső-pannóniai agyag, 3 = rogyott anyag, 4 = dunai  
 üledékek, 5 = kevertvízű forrás, 6 = rétegvíz, 7 = rétegvíz, 8 = feltételezett vető

Kulcs földtani felépítését harmadidőszaki és negyedidőszaki képződmények alkotják. A késő-miocén pannóniai üledékek felszínének magassága 115 méter t.sz.f.-i magasságban van, egyébként már a Duna középvízszintje felett (FODOR T.-né et al. 1983). A rétegek anyaga elsősorban aleuritok, agyagok és finomhomok. A pannóniai üledékekre sok helyen rakódtak plio-pleisztocén vörösayagok. A felszínen található a legidősebb képződmények (pliocén), mint pl. a Duna mentén megfigyelhető homokkövek (legszebben a Forrás utca alatt láthatóak), valamint agyagok, homokok. A területen végzett fúrások szelvényei alapján a pannóniai rétegek igen változatos vastagságúak, a partfal mögötti részen 25–30 m, az egykori csuszamlásos térszínnél 20 m, míg a Dunához legközelebb lévő ártéri részen 15 m vastag (FARKAS J. – TAKÁCS A. 2011).

A Farkas Geotechnikai Szakértői és Laboratóriumi Kft. által készített Kulcs területére vonatkozó szakértői vélemény szerint a késő-miocén rétegben található pannon agyag montmorillonit tartalmú (FARKAS J. – TAKÁCS A. 2011). Az agyag, így saját tömegének ötszörösét is képes felvenni vízből, továbbá térfogatuk az eredeti hússzorosára is nőhet, aminek következtében nem képesek az alakváltozással szemben ellenállni és szinte folyadékként viselkedve csúszópályát alakíthatnak ki (SZABÓ J. 1996).

A negyedidőszaki pleisztocén rétegek vastagsága körülbelül 40–50 méter, amelyek főként eltemetett fosszilis talajokat, mocsári talajokat, löszöket és lösszerű anyagokat

tartalmaznak (FODOR T.-né et al. 1983), amik genetikailag eolikus, deluviális és fluviális eredetűek.

A rácalmási magaspartot a kulcsihoz hasonlóan késő-miocén, pliocén és pleisztocén rétegek építik fel. A 45–55 m vastag negyedidőszaki rétegek összetétele lösz, fosszilis talajok és homok. A benne lévő lösz genetikáját tekintve ugyanaz, mint amiket Kulcson találunk. A pleisztocén rétegek alatti felső-pannóniai összlet agyagot (szürke és duzzadó), agyagos-közetlisztet, valamint közetlisztet tartalmaz. Külön kiemelnénk a rácalmási-part 50–150 m széles árterét, ami főként a magas ártérhez tartozik (PÉCSI M. 1959) és itt az idősebb képződményeken fiatal holocén üledékek (kavics, homok és öntésiszap) rakódtak le, olykor 6–15 m vastagságban (ÁDÁM L. et al 1959, FODOR T.-né et al. 1983).

A kulcsi területen a homokos-kavicsos holocén rétegek (0,2–10 méter) csak kis sávban maradtak meg, mivel az egykori mozgásokból létrejövő törmeléklejtők magasabb térszínen helyezkednek el, mint a Duna, így a folyó ártere körülbelül egy 25–30 méter szélességű területre korlátozódik a jobb oldali partszakaszon.

A két település közötti magasparti szakaszon váltakoznak a különböző típusú löszrétegek. Megfigyelhető típusos lösz, homokos lösz és lösszerű képződmények, valamint közöttük fosszilis talajok és homokrétegek (két-három proluviális réteg). A fosszilis talajok itt hidromorf, illetve erdő típusúak. Az összlet mélyebb részein pedig különböző agyagos rétegek állnak (FODOR T.-né et al. 1983).

#### **4.1.2. A kulcs-rácalmási fúrások bemutatása**

RÓNAI A. et al. (1972) szerint a kulcsi partfal anyaga nagy részben típusos lösz. A rétegeket alkotó szemcsék 40–50%-át a 0,02–0,06 mm-es porfrakció teszi ki. A típusos lösz mellett megfigyelhető ártéri infúziós lösz is. A Duna árterén lévő lösz iszappal keveredik, ennek következtében az kötöttebb szerkezetű, finomabb rétegzettséget mutat, valamint a mészkarbonát tartalma minimális. Nagyobb lehet benne a szerves anyag tartalom is. Sok esetben nagy mennyiségű agyaggal keverődik, ilyenkor az agyagra jellemző fizikai jellemzőket mutatja, mint pl. a plaszticitási indexe elérheti a 30–40%-ot is, ami már kövér agyagnak felel meg (UNGÁR T. 1964).

**1. táblázat. A típusos lösz legfontosabb jellemzői.**

|     |                                                                                                 |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | homogén, porózus, gyengén diagenizált, fakósárga színű                                          |
| 2.  | általában rétegtelen, de homok, vályog vagy fosszilis talaj betelepülések lehetnek              |
| 3.  | jól osztályozott kőzetliszt (10–50%), súlyaránya: 40–70%                                        |
| 4.  | agyag- és homoktartalma 5–25%, a domináló agyagásványok az illit és a montmorillonit            |
| 5.  | a kvarc jelenléte nagyarányú (40–80%)                                                           |
| 6.  | változó mésztartalom (1–20%)                                                                    |
| 7.  | a szemcsék egy része gyengén cementált, illetve aggregált, a pórustérfogat 45–55%, vízáteresztő |
| 8.  | száraz állapotában is állékony, de vízzel telítődve és nyomás hatására rozkodás jellemzi        |
| 9.  | könnyen erodálódik a felszíni vizek hatására                                                    |
| 10. | faunája és flórája elsősorban szárazföldi, hidegtűrők                                           |
| 11. | ásványi anyagainak felhalmozódása leginkább szél és víz által                                   |
| 12. | a lerakódott poranyag diagenézis során válik lösszé                                             |

**Forrás: PÉCSI M. 1993.**

A kulcsi partfal mögötti térszínen a lösz rétegei kemények, míg a partél és a Duna közötti áthalmozott területen már jelentkeznek puha, kevésbé állékony rétegek is (FODOR T.-né et al. 1983). A fűrészek mindegyike a partél és a Duna közötti felszínmozgásos területen lett mélyítve. A szelvényekben egyaránt megtalálhatók szemcsés és kötött talajok. A szemcsés talajok (szervetlen talajok, mint pl. homok, kavics, homokliszt) osztályozása a szemeloszlásuk alapján történik, míg a kötött talajok (agyag, iszap, homokliszt, mint kötőanyag) meghatározásához azok vízzel való kapcsolatuk szerinti plaszticitási indexük segít (UNGÁR T. 1957).

**2. táblázat. Kötött talajok osztályozása plaszticitási indexük alapján. Az osztályozás alapja a szemeloszlás alapján történő besorolás: a 0,063 mm homokliszt frakció legyen <40%-nál és az  $I_p$  legyen <10%. A plaszticitás alapján történő besorolás: a 0,063 mm homokliszt frakció legyen  $\geq 40\%$ -nál és az  $I_p$  legyen  $\geq 10\%$ .**

| Plasztikus index $I_p\%$ | csoportnév            | név                  |
|--------------------------|-----------------------|----------------------|
| $\leq 10$                | nem plasztikus        | szemeloszlás alapján |
| 10–15                    | kis plaszticitású     | iszap                |
| 15–20                    | közepes plaszticitású | sovány agyag         |
| 20–30                    |                       | közepes agyag        |
| $30 \leq$                | nagy plaszticitású    | kövér agyag          |

Forrás: FAUR K. B. – SZABÓ I. (2011)<sup>3</sup>

A plasztikus index nem más, mint a folyási határ (az a víztartalom, amelynél az anyag már folyik) és a plasztikus határ (az a víztartalomérték, amelynél az anyag a képlékeny és a merev állapot közt van) értékeinek a különbsége (RÓNAI A. 1963).

Az osztályozás segítségével a megfelelő csoportba sorolhatók a vegyes, átkevert, áthalmazott anyagok.

A talajmechanikai beosztás szerint a löszös rétegek iszapnak, iszapos homoknak és homokos iszapnak minősülnek (FODOR T.-né et al. 1981, SCHEUER GY. 1979). A sovány, közepes és kövér agyagok meghatározása azok homok, iszap és agyag tartalmuk százalékos eloszlása szerint történik. Azonban ezek alapján nem lehet az egyes rétegeket egyértelműen besorolni a talajtani nevezéktan csoportjaiba, ezért kell a plasztikus index egyértelműen meghatározott határai szerinti besorolást követni.

A fosszilis talajok gyakorta besorolásra kerülnek az iszap és sovány agyag nevezéktani csoportjaiba. A kulcsi feltárásokban (Vörösdomb) is kimutatott fosszilis téglavörös talajok magas plaszticitása miatt, azok közepes vagy kövér agyagnak felelnek meg. A pleisztocén összletben megtalálhatók homok, homokkő és kőzetliszt rétegek váltakozásai (FODOR T.-né et al. 1983). A negyedidőszaki rétegek alatti felső-pannóniai rétegösszlet elsősorban magas plaszticitású anyagokat tartalmaz, mint pl. agyag, agyagos-kőzetliszt, iszapok, továbbá az összleten belül megfigyelhetők szemcsés (homokos) vízvezető rétegek, amelyek a felettük és alattuk lévő anyagok áztatásával csökkentik azok nyíróellenállásukat, ezzel rontva a part állékonyságát.

<sup>3</sup>[http://meip.x5.hu/files/1622\(2014. április 12.\)](http://meip.x5.hu/files/1622(2014. április 12.))

**3. táblázat. A felszíni profilokhoz felhasznált kulcsi fúrások legfontosabb adatai.**

| fúrás jele | mélyítés<br>magassága (mBf.) | fúrasmélység<br>(m) | EOV_y   | EOV_x   |
|------------|------------------------------|---------------------|---------|---------|
| C4         | 94,39                        | 12                  | 640 319 | 190 684 |
| C5         | 113,72                       | 22                  | 640 285 | 190 631 |
| C6         | 122,33                       | 27                  | 640 246 | 190 590 |
| C7         | 97,9                         | 10                  | 640 975 | 190 143 |
| C8         | 103,55                       | 9                   | 640 952 | 190 126 |
| C9         | 94,07                        | 14                  | 641 175 | 189 955 |
| C10        | 105,48                       | 5,7                 | 641 145 | 189 936 |
| C10/1      | 113,44                       | 5,2                 | 641 127 | 189 919 |

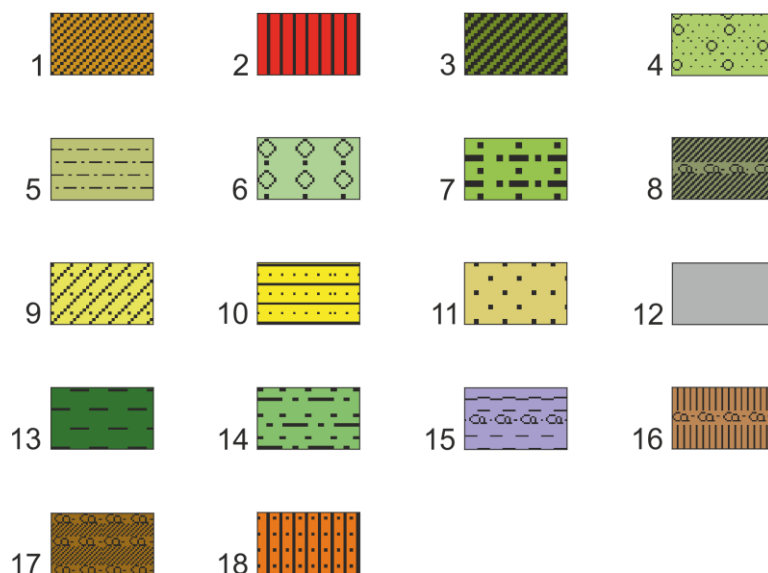
**Forrás: FARKAS J. – TAKÁCS A. (2011)**

A kulcsi feltárások mellett meg kell említenünk a Rácalmáson mélyített fúrások általános jellemzését. A mélyített fúrások rétegeinek vizsgálatai során kimutatható, hogy Rácalmáson a mélységgel növekszik az anyagok plaszticitási indexe. A kulcsihoz hasonlóan itt is megtalálható típusos lösz, valamint iszappal és agyaggal átkeveredett ártéri löszök. A laboratóriumi vizsgálatok szerint az áthalmazott rétegek közepes vagy akár nagy mennyiségben tartalmazhatnak, olyan agyagásványokat, amelyek erősen térfogatváltozók, ilyen az illit és a montmorillonit. Az ilyen agyagásvány mennyisége igen változó arányokat mutat (30–80%). Tartalmuk néhol meghaladja a dunai magasparkokra jellemző mennyiséget, így egyes rétegek plaszticitási indexe a 80–90%-ot is elérheti, ami nagymértékben kihathat a lejtő állékonyságára (FODOR T-né. et al. 1983).

#### **4.1.3. A kulcsi fúrásszelvények**

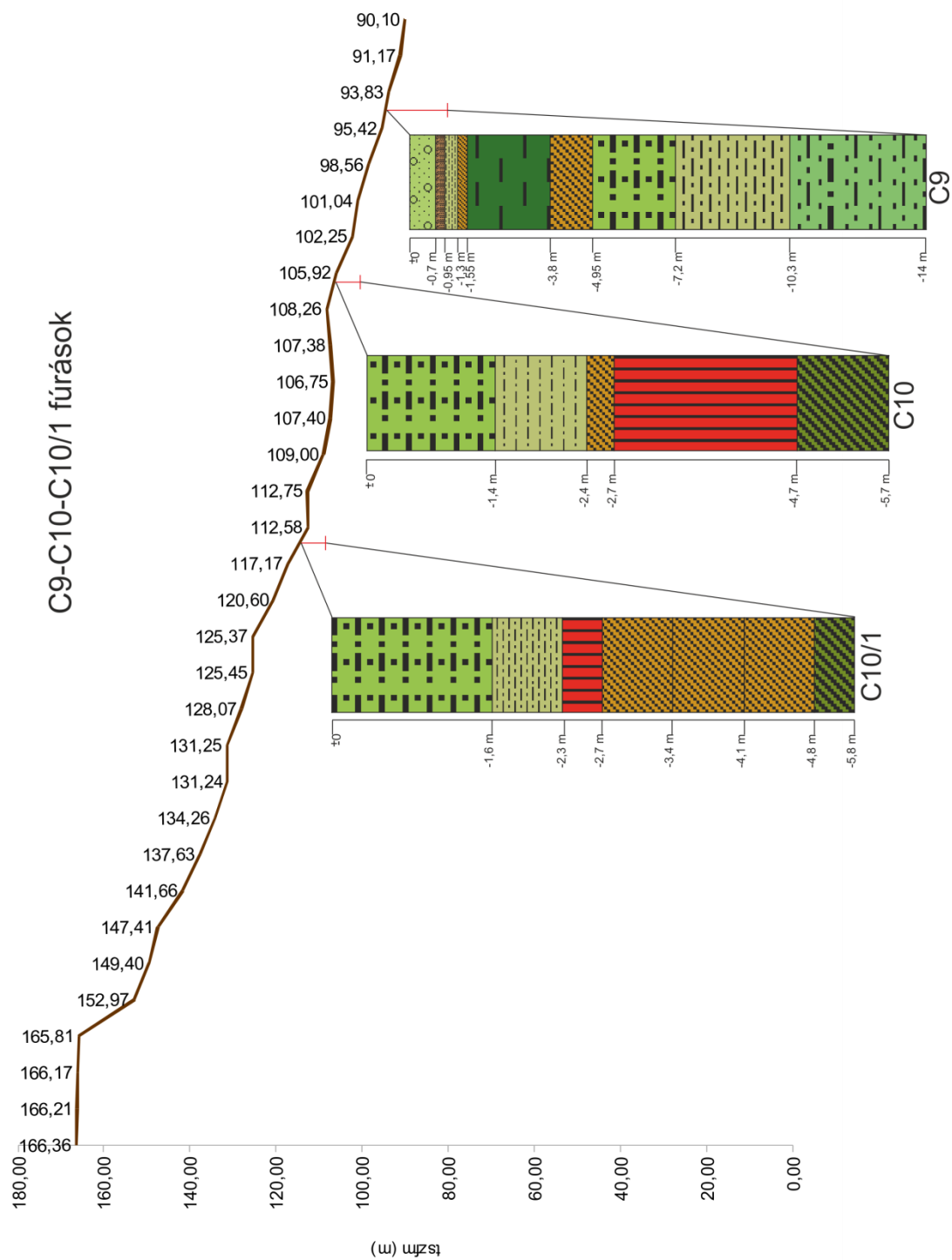
A felszínmozgásos területeken elvégzett fúrások alapján elkészített szelvényeken a csúszólapok helyzetét minden esetben a felső, puha, folyós homokos iszap, iszapos homok és iszapos finomhomok rétegekben húzták meg (FARKAS J. – TAKÁCS A. 2011). A vizsgált területeken elvégzett csekély számú fúrás miatt azonban nem lehet ilyen egyértelműen

meghatározni, illetve berajzolni a csúszólapok elhelyezkedését. A pontosabb meghatározáshoz szükséges lenne a partél és a Duna közti teljes szakaszon mélyítések végezni. További problémát jelent, hogy a mozgások következtében a rétegek egymáshoz képest elmozdultak, anyaguk átkeveredett, így a talajmechanikai alapokon osztályozott rétegek esetében a csúszólapok helyének ilyen szintű meghatározása kérdésessé válik.

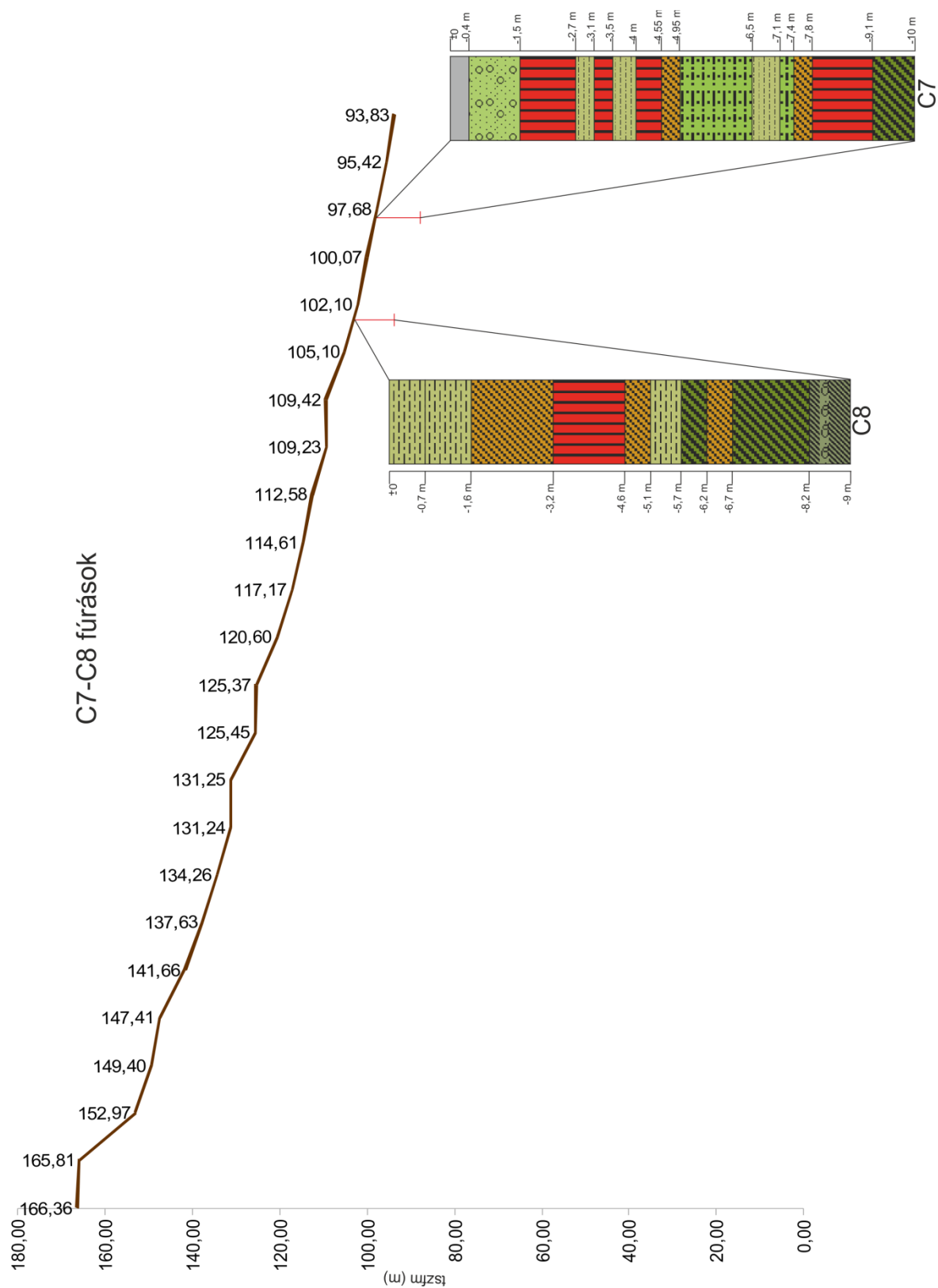


**6. ábra. Fúrásszelvények jelmagyarázata. (készítette: Deák Máté)**

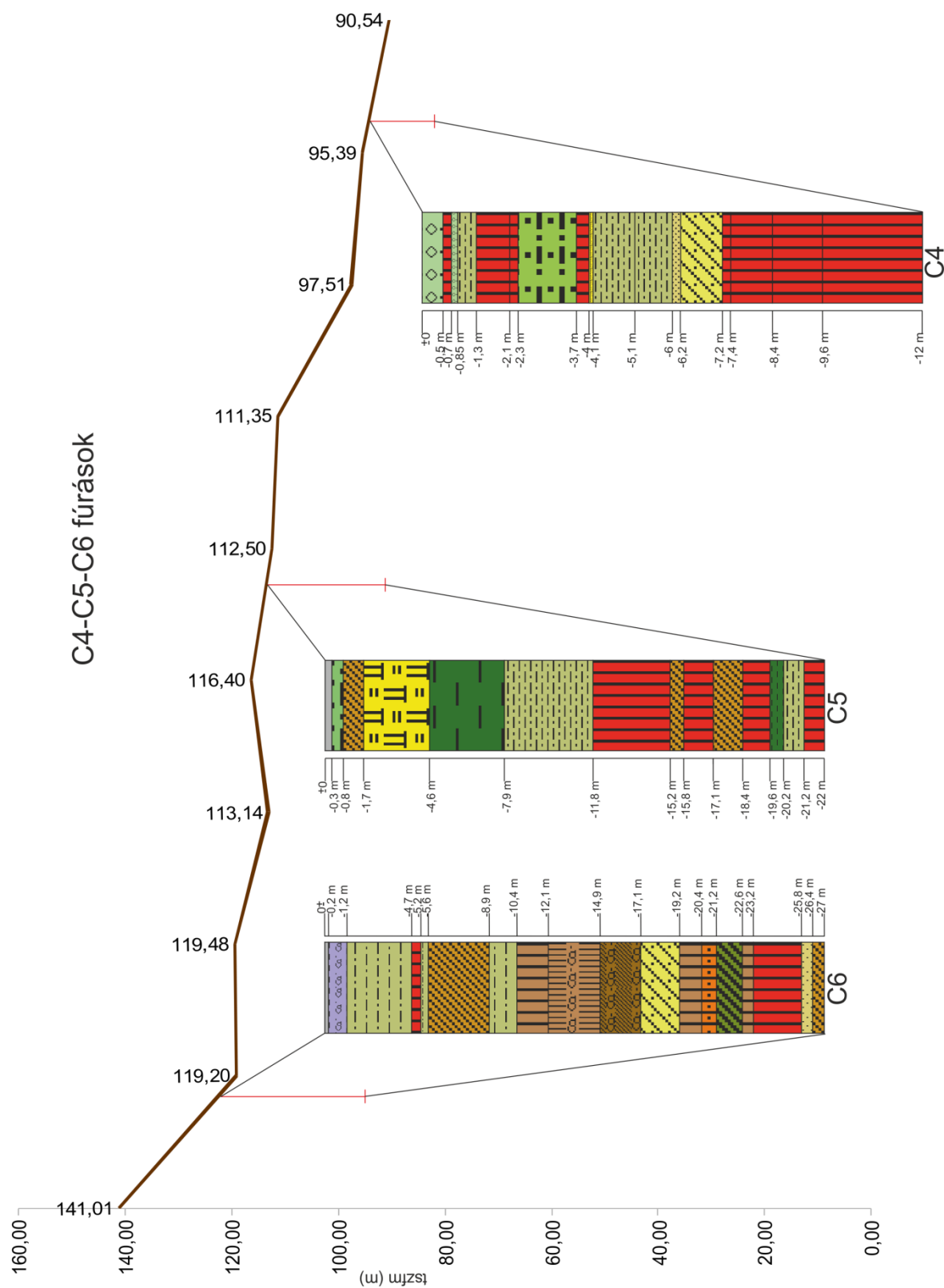
1 = sovány agyag, 2 = közepes agyag, 3 = kövér agyag, 4 = kavicsos homok, 5 = homokos iszap, 6 = homokos kavics, 7 = iszapos finomhomok, 8 = mészkőtörmelékes kövér agyag, 9 = homokos sovány agyag, 10 = homokkő, 11 = homok, 12 = aszfalt, salak, 13 = iszap, 14 = iszapos homok, 15 = mészkőtörmelékes iszap, 16 = mészkőtörmelékes közepes agyag, 17 = mészkőtörmelékes sovány agyag, 18 = mészkőtörmelékes közepes agyag



7. ábra. A C9–C10–C10/1 jelű kulcsi fúrászelvények bemutatása a DGPS mérés adataiból készített felszíni profilon.  
(készítette: Deák Máté)



8. ábra. A C7–C8 jelű kulcsi fúrászelvények bemutatása a DGPS mérés adataiból készített felszíni profilon.  
(készítette: Deák Máté)



9. ábra. A C4–C5–C6 jelű kulcsi fúrászelvények bemutatása a DGPS mérés adataiból készített felszíni profilon.  
(készítette: Deák Máté)

#### **4.1.4. A Duna jelenlegi folyásirányának kialakulása**

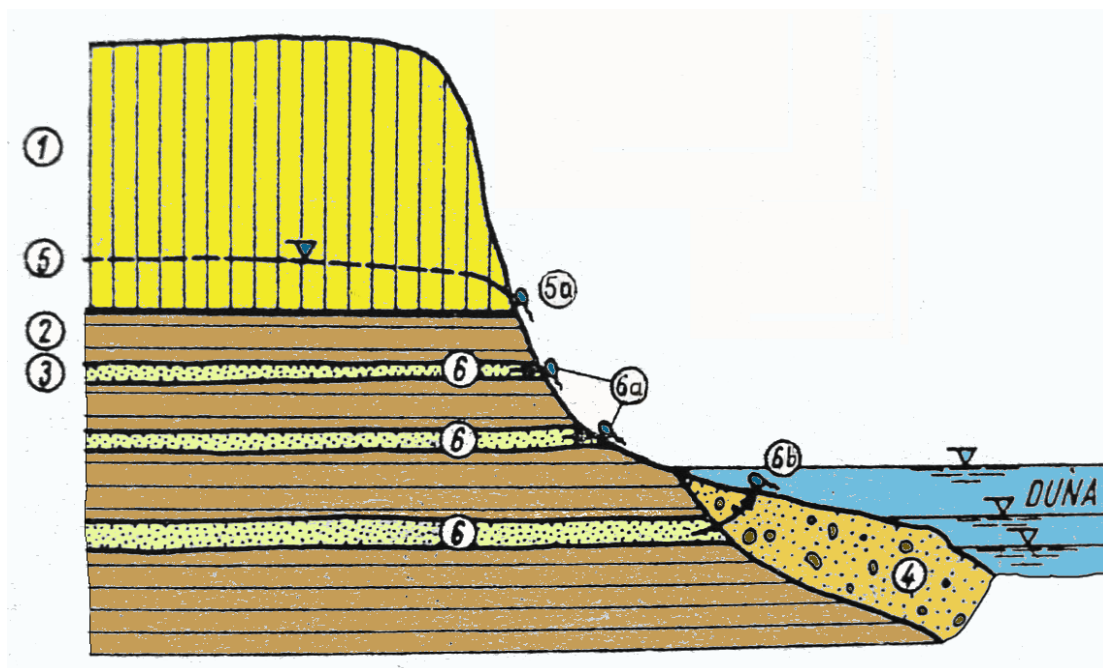
A magaspartok mai arculatának kialakulásában döntő szerep jutott a Duna oldalazó eróziójának. A vizsgált terület kialakulásának vonatkozásában a Duna mederváltozásainak fontosabb állomásai a plio-pleisztocénban kezdődtek meg. A pliocén végi kéregmozgások hatására a folyó felvette a maihoz hasonló nyugat-keleti irányú folyását a Duna-menti mélyedésben. A Visegrádi-szoroson átfolyt, majd a délföldi pleisztocén süllyedék irányába, a Duna-Tisza közti süllyedékben folytatta útját dél-délkeleti irányban (PÉCSI M. 1959, BULLA B. 1962, MEZŐSI G. 2011). A pleisztocénban a folyási iránya nagyjából megfelelt a mai Budapest–Kecskemét–Szeged vonalának, sőt a mai Cegléd irányába is folyt. Ezt bizonyítják a területen végzett fúrásokból felszínre hozott dunai kavicsok (PÉCSI M. 1959). A pleisztocén utolsó interglaciálisig a Duna-Tisza közti süllyedéket a folyó feltöltve egy hatalmas hordalékkúpot hagyott a területen. A hordalék lerakása következtében a Duna nyugat felé elmozdult, majd a felső-pleisztocén süllyedékek (kalocsai, baja-zombori) maguk felé irányították a folyót, így az felvette az észak-déli irányú folyását (BULLA B. 1962). A holocénkori bevágódásával megkezdődött a magaspartok jelenlegi arculatának kialakítása.

A folytonos erózióval a Duna megpróbálja a medrét mindinkább nyugati irányba tolni. Erre az elmozdulásra több lehetséges magyarázat is született: a fentebb említett süllyedékek a folyót magához vonzották, tehát a tektonikai mozgásoknak, kibillenéseknek nagy szerepük lehetett (még ma is kimutathatók kisebb mozgások). A másik felvetés szerint a Föld forgása miatt fellépő Coriolis-erő a Duna észak-déli folyásirányú szakaszát megpróbálja a nyugati irányba terelni. A tektonikus elmozdulásokhoz képest a Coriolis-erő által fellépő hatás jóval gyakrabban és erősebben hat a folyóra (BALLA Z. 2007, MEZŐSI G. 2011). JÁMBOR Á – RÁLISCHNÉ FELGENHAUER E. (2002) szerint a Duna hordaléka az alacsonyabb vízálláskor a Coriolis-erő és az uralkodó ÉNY-i szelek hatására a folyó baloldali partjánál rakódik le és halmozódik fel, így a meder keleti felének feltöltődése miatt a Duna folyamatosan nyugati irányba tolódik el.

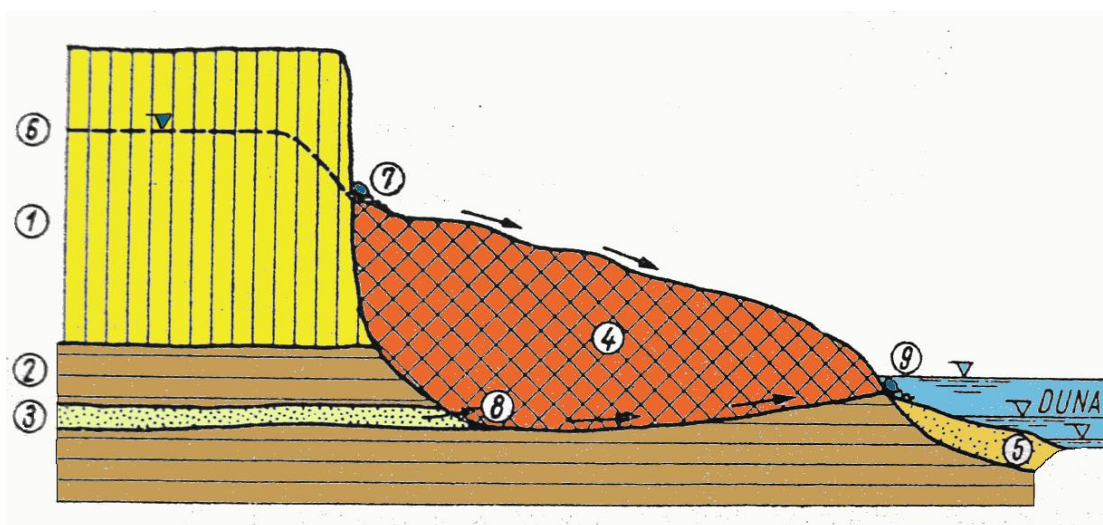
#### **4.1.5. A vizsgált terület vízföldtana**

Partfáltípusok KARÁCSONY S. – SCHEUER GY. (1972) szerint három csoportba sorolhatók azok vízföldtani hatótényezőjük szerint:

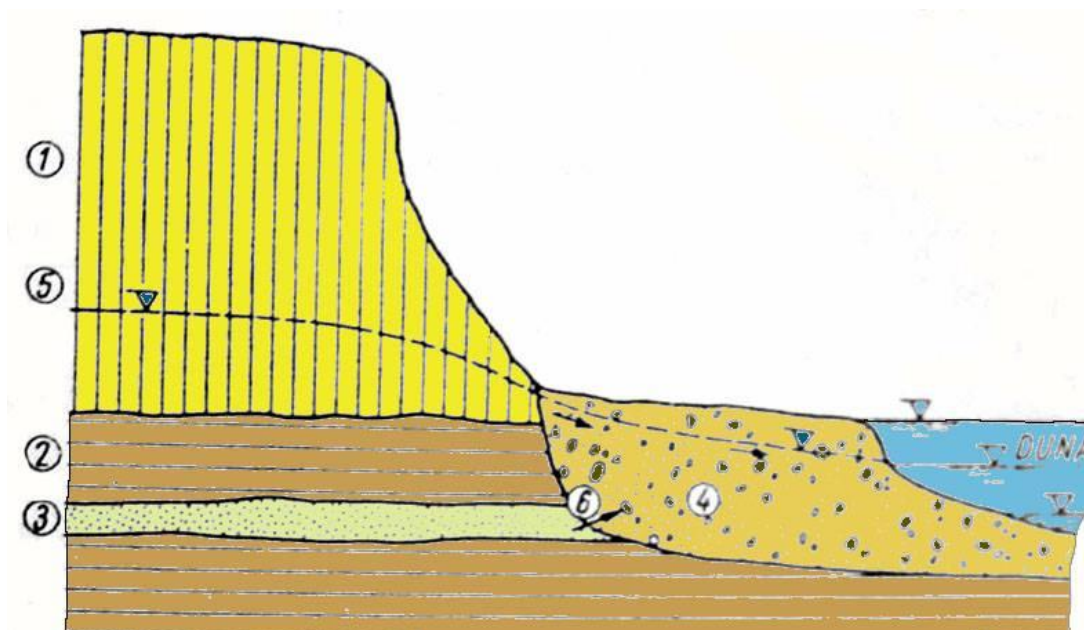
- 1.: Közvetlenül erodálódó magaspart.
- 2.: Előtérrel és csuszamlásos törmelékkel rendelkező magaspart.
- 3.: Előtérrel, valamint folyóvízi üledékkel védett magaspart.



10. ábra. Közvetlen erodálódó magaspárt KARÁCSONY S. – SCHEUER GY. (1972) szerint.  
 1 = pleisztocén rétegek, 2 = felső-pannóniai vízzáró rétegek, 3 = felső-pannóniai vízvezető rétegek,  
 4 = holocén folyóvízi üledékek, 5 = talajvíz, 5/a = talajvízforrás, 6 = rétegvíz, 6/a = partfalból kilépő  
 rétegvízforrás, 6/b = feltörő rétegvízforrás



11. ábra. Előtérrrel és csuszamlásos üledékekkel rendelkező magaspártok  
 KARÁCSONY S. – SCHEUER GY. (1972) szerint.  
 1 = pleisztocén üledékek, 2 = felső-pannóniai vízzáró képződmények, 3 = felső-pannóniai vízvezető  
 képződmények, 4 = csuszamlásos üledékek, 5 = holocén folyóvízi üledékek, 6 = talajvíz,  
 7 = visszaduzzasztott talajvízforrás, 8 = rétegvíz kilépése a csuszamlásos üledékekbe, 9 = másodlagos  
 rétegvíz forrás



12. ábra. Az előtérrel és folyóvízi üledékekkel védett magaspart típusai

KARÁCSONY S. – SCHEUER GY. (1972) szerint.

1 = pleisztocén rétegek, 2 = felső-pannóniai agyag-iszap rétegek, 3 = felső-pannóniai homokréteg,  
4 = holocén homokos kavics, 5 = talajvíz, 6 = rétegvíz

E három típus meghatározásának alapjául szolgálnak a területek morfológiai, földtani kapcsolatai a Dunával. Kulcs község egy része a korábbi csuszamlás halmazok tömegeire épült közvetlen a magaspart és a Duna közti területen. A területre jellemző felső-pannónia és pleisztocén rétegek magasan kiemelkednek a Duna vízszintje felett, olykor teljes magasságuk 160 méter t.sz.f.-i magasság fölé (168,2 m a legmagasabb pont) nyúlik, míg a folyó null pontja 91,4 méter t.sz.f.-i magasságban van (PÉCSI M. 1959).

A felső-pannónia rétegek 30–50 méteres felső szakaszán néhol megfigyelhető 6–7 vízvezető homokréteg, amelyek a rétegvizeket tárolják. Emellett a rétegeket felépítő iszap és agyagrétegeket helyenként 2–5 cm vastagságú homokerek tagolják, amik nyomásalatti vizet tárolnak. A területre kétféle parttípus jellemző: a közvetlen erodálódó part, illetve az előtérrel és csuszamlásos törmelékkel rendelkező magaspart.

A közvetlen erodálódó partok esetén a dunai árvizek idején, valamint már a folyó középvízi állásánál is alámossa a partfalat. Kulcsan a pannóniai rétegek felszíne magasabban helyezkedik el (115 méter t.sz.f.-i magasságban), mint a Duna árvízi szintje, míg a rácalmási pannon rétegek fekvő magassága 85–90 méter t.sz.f.-i magasságban van, tehát a Duna vízszintje alatt. (FODOR T.-né et al. 1983). A rétegvizek a mélyebben fekvő pannóniai homok összletben találhatóak, míg a pleisztocén régekből a talajvízforrások fakadnak. E két esetben a Duna nincs befolyással a forrásokra, csak a folyóhoz, illetve annak medréhez közel eső felső-

pannóniai rétegekből kiinduló nyomásalatti rétegforrásokra (KARÁCSONY S. – SCHEUER GY. 1972, HORVÁTH ZS. – SCHEUER GY. 1977). Az előtérrel és csuszamlásos anyaggal rendelkező parttípus esetén a folyó nem közvetlenül a magaspartnál folyik, mivel a meder és a partél között a mozgások során felhalmozódott, átkevert, átáztatott lejtőtörmelék anyaga helyezkedik el. A csuszamlás halmazok meggátolják a felszín alatti vizek közvetlen erózióbázisba jutását, aminek következtében visszaduzzadnak, majd a Dunától távolabb és magasabb térszíneken jelentkeznek forrásként. Ennek következtében a forrásokból érkező víz felülről átáztatja a rétegeket, amely során csökken annak állékonysága. A törmelékletjtők alatt közelebb fekvő felső-pannóniai vízvezető homokrétegekben áramló és tárolandó vizek a felszíni forrásokhoz hasonlóan áztatják a lejtőket (KARÁCSONY S. – SCHEUER GY. 1972).

A partfalak vízföldtani adottságuk szerinti harmadik típusa az előtérrel és folyóvízi üledékkel védett magaspartok. E típus esetén a partfal és a Duna közötti távolság nagyobb, mint a közvetlen erodálódó partoknál, hiszen a folyó által felhalmozott üledékek, hordalékanyagok egyfajta természetes védelmet nyújtanak a víz eróziós tevékenységével szemben. Ilyen típust a Kulcstól délre fekvő Rácalmáson figyelhetünk meg, ahol a rácalmási Nagy-sziget, ami voltaképpen egy zátonysziget védi a települést a Duna oldalazó eróziójától. A folyó egy kisebb ága megkerülve a szigetet az Ófalu területének alsó részénél folyik, így Rácalmáson a közvetlen erodálódó és az előtérrel, valamint folyóvízi üledékekkel védett magaspartok figyelhetők meg. A Duna szintje alatt található felső-pannóniai rétegek, amelyekből a folyó medrében vagy annak közelében talajvízforrások fakadnak. Mivel a pannon rétegek mélyen fekszenek, ezért azokban nem találunk rétegforrásokat, ezzel szemben ezek Kulcson igen gyakoriak. A talajvizek a jó víztartó áthalmozott anyagokban tárolódnak, amelynek mozgásai általánosan nyugat-keleti irányú. Sok esetben a jó vízvezető rétegek miatt a források nem is lépnek a felszínre, hanem közvetlenül a folyóba torkollanak, tehát a terület vizeinek fő megcsapolója a Duna. A talajvíz mellett a felső-pannóniai rétegek homokos összletei nyomásalatti rétegvizeket tárolnak. A talajvíz felszín alatti mélysége igen változatos képet mutat. A löszplató alatt megközelítően 2–5 m mélységben mozog, majd a partélhez közeledve fokozatos víztükör mélyülés figyelhető meg, mivel itt már 15–35 m annak felszín alatti helyzete. A partél és a Duna közti áthalmozott törmelékletjtőben a partfalhoz közeli részeken kezdetben 10–15 m mélyen található, majd ez a mélység egyre inkább csökken a folyóhoz közeledve (FODOR T.-né et al. 1983).

Korábbi mérnökgeológiai vizsgálatok alapján a magaspartoknál és azok környezetében három víztípust különböztettek meg: talajvizet, rétegvizet, kevertvizet (a talajvíz és rétegvíz keveredése) (FODOR T.-né et al. 1983, SCHEUER GY. 1979).

Kulcs part menti területein is jelen van e három víztípus, amelyek mértékét meghatározzák a különböző természetes és antropogén jelenségek. A talajba jutó víz leggyakoribb formája az intenzív kertművelés és locsolás, a természetes növényzet ritkítása vagy kiírtása következtében csökkenő vízfelvétel, a szennyvízszikkasztások, a vízelvezetés hiánya, a csőtörések és a területre lehullott csapadék, ami a háttérterületről (partfáltól nyugatra) is érkezik. A Dunához közel eső magaspart alsó részén figyelhetőek meg a források felszínre jutása, azok szivárgása. A pleisztocén rétegekben mozgó talajvizet a folyó szintje felett 10–15 méterre lévő felső-pannóniai vízzáró (agyagos) rétegek kényszerítik a felszínre (FODOR T.-né et al. 1983). Az ilyen vízkilépéseket duzzasztott forrásnak nevezzük, amikor is a talajvíz nem közvetlenül a Duna mellett jön a felszínre, hanem a folyó szintje felett akár 30 méteres magasságban (SCHEUER GY. 1979). A források emellett megjelenhetnek a felső-pannóniai vízvezető (homokos) rétegek megszűnése miatt, vagy a tereprendezések során kialakított bevágások talajvíz áramlási útjának elmeszése révén (FODOR T.-né et al. 1983). A magaspart lábától kiinduló és a Dunáig tartó csuszamláshalmazban a talajvíz esése 5–20° közé esik: a partfal és a Deák Ferenc utca közti területen 5–6°, e terület alatt a Dunáig 8–14° (FARKAS J. – TAKÁCS A. 2011). A víz felszín alatti mélysége a vékonyabb löszös területeken 2–5 m, míg a magasparton 10–20 m mélyen leginkább a szürke pannon agyag felett.

Jelenleg is megfigyelhetőek pontszerű- és vonalmenti vízkilépések: pontszerűek például a Forrás utcában, Sötér sétány alatti területen, Hullám utca alatti dunaparti részen. Vonalmenti források a Duna fölött a folyóval párhuzamosan körülbelül 3–3,5 km-es szakaszon a Görbe utcától egészen a Hajós utcáig megfigyelhetők.

Mindkét, a szakirodalmakban (FODOR T.-né et al. 1983, SCHEUER GY. 1979) leírt rétegvíz típus jelen van e területen. E két típus az egyszerű- és a nyomásalatti rétegforrások. Az egyszerű rétegforrások a törmeléklető alsó szakaszán lépnek a felszínre a vízvezető homokos felső-pannóniai rétegekből. A nyomásalatti rétegvizek vízutánpótlását a folyóparthoz közel fakadó rétegvizek biztosítják. Az ilyen források a törmeléklető alsó szakaszán vagy a Duna medrében fakadnak, s magas vízállás esetén a folyó kihat azok vízhozamára (SCHEUER GY. 1979).

A partfal és a Duna közötti csuszamláshalmazban a réteg- és talajvizek keverednek, így kevertvízű források is jelen vannak.

## **4.2. A települések geomorfológiája**

### **4.2.1. A magaspart fejlődése, a törmelékletítő kialakulása**

A magaspartok, mint a kulcsi vagy rácalmási partfal is állandóan ki volt/van téve az éghajlati változásoknak. A csapadék és napsütés folytonos váltakozásának hatására a falban repedések keletkeznek, amelyek egyre mélyebbre hatolnak. A lerepedt rész némileg elválik a faltól és teljes súlyával a talpán áll, míg el nem éri a repedés azt a mélységet, amikor az oszlopmagasság már olyan nagy, hogy a lerepedt rész nem bírja megtartani magát és ekkor leroskad. A folyamat sokszori ismétlődésének következtében a magaspart alatt törmelékletítő halmozódik fel, amely a partfalból távozó vizeket visszaduzzasztja. A vizek felszínre lépése előtt átáztatják a törmelékletítő anyagát, aminek a következtében megindul egy felszínmozgásos folyamat (pl. suvadás, szeletes csuszamlás), s ennek hatására megkezdődik a partfal hátrálása (GALLI L. 1952). A Duna holocén kori bevágódása és oldalazó eróziója jelentős mértékben kihatott a partfal fejlődésmenetére. A csuszamláshalmazok anyagait a folyó folyamatosan alámosta, majd elszállította, így a partfal hátrálását az alatta lévő törmelékletítő folyamatosan követte, ennek következménye, hogy a part peremét a törmelék elméletileg soha nem érheti el.

### **4.2.2. Recens felszínmozgások**

A mozgások a fosszilis csuszamlások kevésbé állékony anyagain történtek. A recens felszínmozgásoknak a korábbi nagymértékű csuszamlásokhoz képest már nincs akkora domborzat- és felszínformáló hatásuk, azonban Kulcs esetében a rendkívül sűrű beépítettség és a műszaki infrastruktúra hálózatának kiépítése miatti anyagi károk jelentik a legnagyobb problémát. A települést legutóbb érintő nagyobb felszínmozgás 2010. októberében (Alsó Deák Ferenc utca és a Duna között) és 2011. januárjában (Hullám utca és Deák Ferenc utca között) történt. Mindkét esetben rétegcsuszamlás alakult ki: SZABÓ J. (1996) szerint az ilyen preformált csuszamlásról (a csúszás pályáját meghatározza a letítő rétegződése és szerkezete) akkor beszélhetünk, ha a csuszamlás lejtőirányban és közel sík felület mentén alakul ki, úgy, hogy a felette elhelyezkedő réteg(ek) elcsúsznak azon. A folyamat megindításához átázott, kis nyírószilárdságú (a nyíróerővel szembeni ellenállás) rétegek szükségesek. A mozgást megelőzően a csuszamlás fejnél repedések keletkeznek, majd a mozgást követően egymástól eltérő méretű blokkok vagy tömbök jönnek létre, melyek között különböző mélységű és szélességű repedések alakulnak ki. További károkat okozhatnak ezeknek a tömböknek, blokkoknak a mozgásai.

#### **4.2.3. Mozgásveszélyes lejtők**

A lejtők csuszamlásveszélyessége elsősorban a litológiai és hidrológiai viszonyoktól függenek. Azok a lejtők a legkevésbé állékonyak, amelyek anyagának nyírószilárdsága víz hatására tág határok között mozog, ilyen gyakori anyaga a lejtőnek az egyes agyagásványok (pl. illit, montmorillonit). A hidrológiai viszonyokat tekintve hazánk nedves kontinentális éghajlata kedvez a mozgások kialakulásának. A fagy és olvadás állapotának gyakori váltakozása miatt megnövekszik a lejtő víztartalma, ami a téli hónapokra jellemzően kevesebb csapadék ellenére is tél végi maximumot mutat (SZABÓ J. 1996). Ennek következtében a belső kohézió lecsökken (DOMJÁN J. 1952), a talajokban tárolt vízmennyiség pedig jelentősen megnő, így kedvező feltételek jönnek létre a csuszamlások megindulásához. Az ilyen lejtőket, tehát aktív felszínmozgásos területeknek nevezhetjük, ahol napjainkban és a közelmúltban is megfigyelhetők voltak különféle mozgások. Ezeken a területeken a mozgásokat kiváltó okok folyamatosan jelen vannak. Kulcsan a Deák Ferenc utca és Hullám utca alatti rész nagyobb mozgásai: 1964., 1969., 1977., 2006., 2010. és 2011.

Rácalmáson az 1964., 1966., 1969. és 1977. években megfigyelhető felszínmozgások óta nem történt jelentősebb mozgás. Azóta állandósultak az év egy adott időszakában (elsősorban tavasszal) a csupán néhány dm-es kúszásos tömegmozgások, aminek következtében egyes házak oly mértékben megrepedeztek, hogy bontás szükségeltetett. Az ilyen típus a település ófalujában figyelhető meg, legutóbb a Kossuth Lajos utca felső szakaszán kellett elbontani két lakóépületet, valamint az aszfaltozott úton szemmel láthatóak a mozgások nyomai. Az ófalú állékonyságának növelés érdekében partfalstabilizációs munkálatok folytak és még jelenleg is tartanak (3. ütemnél tart).

#### **4.2.4. Jelenleg stabil, nyugalomban lévő területek**

Ide sorolhatjuk azon részeit a településeknek, ahol jelenleg nincs mozgás, de valamikor a múltban voltak. Ez tulajdonképpen a magaspart és a Duna közötti törmelékletjtő teljes területét jelenti. A csuszamlásokat kiváltó okok megjelenésével ismét bekövetkezhetnek felszínmozgások.

#### **4.2.5. Stabil, állékony területek**

Azok a területek, ahol sem a múltban sem a jelenben nem történtek felszínmozgások, s ez feltehetően a jövőben is így lesz. A magaspart részei sorolhatók ide, főként a partéltől távolabb eső részei, ahol már kisebb omlások sem fordulhatnak elő.

#### **4.2.6. Korábbi mozgások**

A területen történt felszínmozgások tipizálása nem mindig egyértelműen meghatározható. Előfordultak olyan helyi adottságokból eredő kisebb területre kiterjedő mozgások, amelyek a nem tipizálható mozgásformákba sorolhatóak, mint pl. repedések felnyílása, lösztömbök bezökkenése, kisebb elmozdulások (SCHEUER GY. 1979). Az ilyen formák kialakulása valószínűleg a területre lehulló nagy mennyiségű csapadék miatti állékonyságcsökkenés okozza.

A múltban történő egyedi sajátosságokkal és formakincssel rendelkező mozgástípusok közül Kulcson a legtöbb esetben a partrogyásokat említik meg (FODOR T.-né et al. 1983, SCHEUER GY. 1979). A településen (északi területein) úgynevezett összetett csúszólapú partrogyások alakultak ki, amelyek alámetszők, talppontiak és talppont felettiak voltak. Az ilyen típusú partrogyások azoknál a dunai magaspartonknál alakultak, alakulnak ki, melyeket részben vagy egészben felső-pannóniai rétegek alkotják, illetve a partél és a folyó közötti távolság nem jelentős (100 méternél kevesebb). A pannon összletben megtalálhatók vízvezető homokos rétegek, amik rendszerint nyomásalatti vizeket tartalmaznak. A rétegvíz forrásának nyomása feltehetően a vele kapcsolatban álló dunai áradások során megnő, így a körülötte lévő anyagok nyírószilárdsága lecsökken; elősegítve a rogyás megindítását. A csúszólapok is e homokos rétegek felületén jöttek létre (SCHEUER GY. 1979).

A kulcsi partrogyások talppontjai a fentebb említettek szerint tehát, alámetszők (Vörösdomb), talppontiak és talppont felettiak (egykori hajóállomás) voltak. A csuszamlás talppontja a csúszólap és a felszín elmozdulásának a vonala (PÉCSI M. 1971). Az alámetsző esetén a csuszamlás pályájának magassága a lejtőláb alá nyúlik, talpponti esetén a lejtőlábon véget ér, míg talppont felettinél a lejtőláb felett ér véget<sup>4</sup>.

A kulcsi mozgásokkal szemben Rácalmáson suvadások voltak, illetve kúszások. A suvadások egy előre meghatározott agyagos csúszólapon játszódnak le. Az ilyen szingenetikus csuszamlások esetén a lejtő rétegződése ellentétes a lejtő irányával (SZABÓ J. 1996) A vízáteresztő rétegek átnedvesedésével a csapadék eljut az agyagréteghez, aminek következtében az anyag erős térfogatváltozáson megy keresztül. A felette lévő összlet megrepedezik és a perem mentén karéjosan felszakad, majd a mozgás során az anyag szeletekre, tömbökre esik. A mozgó tömeg a csúszás alatt a szakadásfront felé dől, nem a lejtőiránynak lefelé, így kialakul a jellegzetes kagyló formájú mélyedése. További nagy mennyiségű csapadék hatására az állékonyságukból veszített agyagrétegek újból

---

<sup>4</sup> <http://mek.oszk.hu/02900/02911/02911.htm#3> (2014. április 16.)

megszakadhatnak (CHOLNOKY J. 1922, PÉCSI M. 1971, LÓCZY D. et al. 2008). A Dunába kimozgó csúszólapok miatt a rácalmási suvadások alámetszőknek sorolhatók.

#### **4.2.7. Omlások**

Omláskor meghatározó tényező a lejtőszög (45–90%), amin a repedések által meggyengült faldarab a nehézségi erő hatására elválik a faltól és aláhullik (LÓCZY D. 2008). A két településen a magasabb, falszerű meredek (30–40 m) löszhátak peremein, az eróziós völgyek oldalain és a fosszilis, illetve recens csuszamlások halmazain, lépcsőin figyelhetők meg kisebb omlások (1–2 méter szélességben és mélységben). Kialakulásukban nagy szerepe van a repedésekbe behatoló víz tágító hatásának, a fagy és olvadás váltakozása következtében táguló repedéseknek és a sűrű növényzet gyökérzetének nyomó hatásának.

### **4.3. Genetikus morfológiai formák**

A felszínmozgások következtében kialakuló és fejlődő morfológiai formák jellemzik a kulcsi magasparti szakaszt. A formák fejlődésmenetében nagy szerepe volt (még ma is) a Duna eróziós tevékenységének, a felszín alatti vizek és a folyó közti kapcsolat folyamatos változásának, az antropogén beavatkozásoknak. A beépítések és az egyre fokozódó mezőgazdasági, kertművelési munkálatokból fakadó intenzív tájhasználat negatívan hatott a domborzatra, annak jelenlegi arculatára. A magaspart több évezredes fejlődése során végbement felszínmozgások következtében kialakult formakincseket (fosszilis) az újbóli mozgások átformáltak. A kulcsi terület domborzatát tekintve síksági és dombsági, amely három egymástól elkülöníthető felszínnel rendelkezik. A szerkezeti mozgások által eltérő mértékben kiemelkedett, ezáltal az eróziós folyamatokból részben kimaradt 50–300 méter szélességű és megközelítőleg 2–5° lejtésű löszhátak képviselik az egyik jellegzetes geomorfológiai felszínét a területnek. A partfal és a Duna között omlások, rogyások, csuszamlások által kialakított törmelékletjtők és lépcsőik húzódnak a folyó középvízi szintje felett 20–35 méterrel. Továbbá meghatározóak a deráziós völgyek, deráziós fülkék, a deráziós lépcsők, valamint néhány szuffózió okozta forma.

#### **4.3.1. Deráziós völgyek**

Jellegzetes formatípusa a területnek. A legtöbb esetben lapos, teknő és tálkeresztmetszetű vagy keskeny félhenger alakú hosszanti a völgyfő felé némileg kiszélesedő általában völgytalp nélküli mélyedések, melyekben sem meder sem állandó vízfolyás nem található, illetve a csapadék-és olvadékvizek árkosai sem figyelhetők meg (SZILÁRD J. 1965,

BULLAB. 1962). Ezek általában 400–800 méter hosszúak és 100–300 m szélesek, de megfigyelhető ennél kisebb (100–200 m hosszúak) vagy nagyobb (1–3 km hosszúak) is (ÁDÁM L. 1969). A deráziós völgyek kialakulására számos elmélet született, amelyek sokszor egymástól eltérő véleményeket tartalmaztak. A legtöbb esetben azonban a pleisztocén periglaciális kedvező éghajlati feltételei mellett történő kialakulásukat említették. Az ilyen éghajlatú területeken működő areális és lineáris erózió közül a leggyakoribban említettek a szoliflukció, fagy általi aprózódás, felszínmozgások (suvaszás, omlás), pluvioniváció (vizek általi leöblítés). A periglaciális képződés hangsúlyozásának gyakorisága ellenére megjelentek olyan vélemények is, amelyek szerint a holocénban történő völgyképződések a defláció, a suvaszások, a lineáris erózió és a lejtőleöblítés együttes hatására indultak meg.

A mai völgyfejlődés feltételei erősen függenek az emberi tevékenységektől, főként a mezőgazdaságtól, valamint a földműveléstől. Az ilyen területeken végbemenő areális erózió (felületi leöblítés) hatására a főleg laza üledékekkel borított térszíneken lejtős anyagáthalmozódás megy végbe, amely felhalmozódik a völgyek mélyebben fekvő részein, ezzel befolyásolva a terület további fejlődési menetét.

#### **4.3.2. Eróziós-deráziós völgyek**

Az eróziós folyamatok által átformált deráziós völgyek. Morfológiai jellemzőjük alapján még deráziós völgyeknek tekinthetők, azonban esetükben megjelennek állandó vízfolyások (pl. rácalmási Barina-dűlő). A völgyekben jelentkező intenzív záporok, valamint olvadékvizek mennyiségének fokozatos növekedése révén a lineáris erózió megváltoztatja a völgyek jellegzetes alakját, megbontja azt. Megkezdődik a deráziós barázdák (1–2 m széles, 20–30 cm mély) és árkok (1–15 m széles, 0,5–1 m mély) kialakulása (MAROSI S. 1965). Az erózióval erősen érintett szakaszain megfigyelhetők az olykor 2–3 méteres löszfalak, valamint kisebb omlásra hajlamos lejtők.

#### **4.3.3. Szuffúziós folyamatok és azok formakincsei**

A deráziós völgyek kialakulásában nem csak a korábban említett folyamatok bírtak és bírnak jelentős szereppel, hanem a szuffúzió jelensége is. Jellemző formái a löszdolinák és löszkutak, amelyeket a völgyek tengelyében vagy a völgyek kisebb deráziós fülkéiben figyelhetünk meg. A löszdolinák a legtöbb esetben hosszanti tengelyű, ovális alakú felszíni mélyedések. Kialakulásuk során a csapadékvizek beszivárognak a repedések mentén, majd a víz által kioldódott mésztartalom következtében a lösz fokozatosan tömörül és rogyadozik, míg a felszínen a fokozatos süllyedés hatására létrejön a jellegzetes hosszanti mélyedés

(ÁDÁM L. 1969). A terület intenzív használata miatt e formáknak csak a maradványai figyelhetők meg.

A löszkutak minden esetben eróziós úton alakulnak ki a csapadékvizek felszín alatti beszivárgása során. A repedések mentén, az egyenlőtlenebb térszíneken a fokozódó szivárgás miatt a repedésekben eróziós üreg jön létre. Az így kialakuló löszforma rendkívül gyorsan pusztul a partfal omlásai miatt. Kulcson és Rácalmáson a felszakadt egykori löszkutak előfordulása a gyakoribb.

#### ***4.3.4. Deráziós fülkék***

Ezek az ovális vagy kerekded kisformák kialakulásukat tekintve a lineáris és areális erózió együttes hatására következik be. Az ily mértékű erózió során a lösz borító talajréteg lepusztul és maga az anyakőzet, a lösz kerül a felszínre. Az így kialakult felszínt a vonalas erózió mélyíti, szélesíti, majd a fokozatos növekedés mellett a folyamat átmegy areális erózióba. A deráziós fülkék kialakulásában napjainkban jelentős szerepe van az emberi hatásoknak. Az olyan átalakított területeken ahol az év egy részében hiányzik vagy kevés a növényzet (szántóföld, gyümölcsstermesztés) megnövekszik a kialakulásukhoz szükséges feltételek aránya.

#### ***4.3.5. Löszszakadékok***

Meredek, olykor függőleges falak jellemzik. Az ilyen löszformák leggyakrabban a nagy mennyiségű csapadék (vonalas erózió), majd a szuffóziós folyamatok során V alakú szakadékká átfórmált egykori löszmélyutakban jönnek létre. Előfordulhat azonban az is, hogy löszmélyutaktól függetlenül is kialakulnak csupán a vonalas erózió és a korrózió hatására, ilyen típusú szakadék Kulcson is megfigyelhető (pl. Vörösdomb alatt).

#### ***4.3.6. Löszhátak és völgyközi hátak***

A 120–168 méter t.sz.f.-i magasságban, illetve 50–300 méter széles É-D-i irányú pásztákban futó hátak körülveszik a deráziós, deráziós-eróziós völgyeket. Az intenzív tájhasználat (beépítettség, mezőgazdaság, talajerózió) miatt fokozatosan pusztulnak, keskenyednek.

#### ***4.3.7. Akkumuláció és defláció által kialakult formák***

A kulcsi és rácalmási területeken egyaránt megfigyelhetünk ilyen típusú formakincseket. A 13. ábrán is látható, hogy a rácalmási felszínmozgásos területek közelében

a lepusztulásból kimaradt löszplatót kötött futóhomok borítja eltérő vastagságban (2–7m). Ezeken gyakoriak a kis formák megjelenése, mint pl. szélbarázdák, buckák. Kialakulásuk a pleisztocén-holocén határára tehető (BORSY Z. 1974). Ma már azonban a terület intenzív tájhasználatára és beépítettsége miatt e formák eltűnőben vannak. Felszínükön sok helyen néhány 10 cm-es talajréteg van. Kulcson a rácalmáshoz hasonló feltételek mellett vannak jelen a formakincsek. Külön kiemelhető a település nyugati határában lévő Radicsa-völgy, ahol a felszínen vékony lepelhomok figyelhető meg, ami alatt 1–2 m-re már folyóvízi eredetű kavicsos homok található, ez azért is különös mert a terület a Dunától kb. 3,5 km-re található. ÁDÁM L. et al. (1959) szerint a folyóvízi üledéktelepülése kétféleképpen magyarázható: a Kulcs északi területeivel határos adonyi alluviális síkság kialakulása előtt a Váli-völgy alsó szakaszának volt a része, s a Váli valahol Rácalmás közelében torkollott a Dunába. A másik elképzelés szerint a Duna egyik holtága terült el a völgyben. A feltételezések szerint az utóbbi a legvalószínűbb, azonban csak mélyfúrások segítségével lehetne pontosabb fejlődéstörténetet adni a vitatott területről.

#### **4.4. Antropogén formák**

A természeti viszonyok hatására kialakult formakincsek mellett jelentősek azon formák is, amelyeket az ember az intenzív tájhasználatára során közvetett vagy közvetlen módon alakított ki. Az antropogén beavatkozás során kialakított felszínformák, mint pl. a tereplépcsők és a löszmélyutak sorolhatók ide. Kialakításuk jelentősen befolyásolja a lefolyási viszonyokat, hiszen a rajtuk lefolyó vizek kimosásokat, üregeket, evorziós üstököket alakítanak ki, valamint a löszfalban fokozódhatnak az omlások.

#### **4.5 Dokumentált mozgások térben és időben**

A levéltári kutatás elvégzése után számos bejelentést találtunk az 1966., az 1969., és az 1977. évre vonatkozóan. Néhány esetben az iktatókönyvből kikeresett bejegyzés bővebb leírása hiányzott a mutatókönyvből (feltehetően hiányosan került a levéltár raktárába), így az adatbeszerzés némileg hiányos lett. Ez azt jelenti, hogy egy adott év bejelentése az iktatókönyvbe beírása került (pl. felszínmozgás néven), azonban az a dokumentum, ami ezt a mozgást részleteiben (melyik település, melyik utca, pontos dátum) leírná, már nincs, vagy nem is volt a levéltár raktárában. Az 1966. évben két bejelentést találtunk, amelyekben a mozgások az év február 18-án (Rácalmás, Szigetfő utca 53.) és január 27-én (Rácalmás, Bajcsy Zsilinszky utca 1.) történtek. Az 1969. évi február végi, március eleji felszínmozgások eseményei miatt rengeteg bejelentés érkezett, ezek területi elhelyezkedései elsődlegesen

Rácalmás Fürdő u., Békeköz, Kossuth Lajos u., Bajcsy Zsilinszky u.(1–71. között), Deák tér (8–42. között), Kiss Ernő u. (56), Szigetfő u.(20) és Kulcs Deák Ferenc u.(1–41 között). Az 1977. év során kilenc bejelentést találtunk, ezek helye és ideje: február hónap (Rácalmás, Szentháromság tér 7., Szigetfő u 45., Kossuth Lajos u. 27., Fürdő u. 8., Esze Tamás u. 14., Kiss Ernő u. 63., Marx tér (mai Deák tér)., Kiss Ernő u. 67., Kossuth Lajos u. 5. A mai Rácalmás területére vonatkozó bejelentések helyét a *13. ábrán* tüntettük fel.

A rácalmási felszínmozgásos területek azért kerültek bemutatása, mert a levéltárban elvégzett kutatómunka során az eredményekben leírtak alapján számos korábbi mozgás miatti bejelentés érkezett, amelyek az akkor még a közigazgatásilag egyként kezelt község polgármesteri hivatalába kerültek. Az egykori mozgások bejelentéseinek legnagyobb része, a mai Rácalmás területére érvényesek, míg a kulcsi bejelentések kizárólag egy évben ismereteseek (1969. február-március), holott különböző egyéb forrásokban<sup>5</sup> (helyi lakosok, „*Szakértői vélemény Kulcs felszínmozgásos területeinek vizsgálatáról*”(2011)) megjelennek ugyanazon mozgásos évek, mint amiket Rácalmás esetében dokumentáltak

A Kulcs üdülőterületére vonatkozó felszínmozgásokat tartalmazó levéltári dokumentumok egyedül a Deák Ferenc utcában történt mozgásokat írják le. Ez azt is jelenthetné, hogy az utcában bekövetkezett mozgások a településnek csak egy kis területére koncentráálódtak. Azonban ez az utca hosszan végighúzódik a község mai aktív csuszamlásos területein. A *13. ábrán* feltüntetett felszínmozgásos területek elnevezései északról dél felé, illetve azok dokumentált mozgásos évei: a Deák Ferenc utca és Hullám utca közti szakasz (1964, 1966, 1969, 1977, 2006 és 2011) a Deák Ferenc utca és a Hajóállomás közötti terület (1969, 1977, 2006 és 2011) az Alsó Deák Ferenc utca és a Dunapart (1969, 1977 és 2010) közti rész. Ezeken a területeken kívül a település északi felében található Vörösdomb és Duna közötti rész (1966, 1977 és 2008) emelhető ki, mint mozgásos terület. Az elmúlt 50 év során bekövetkezett mozgások kivétel nélkül e négy területen mentek végbe.

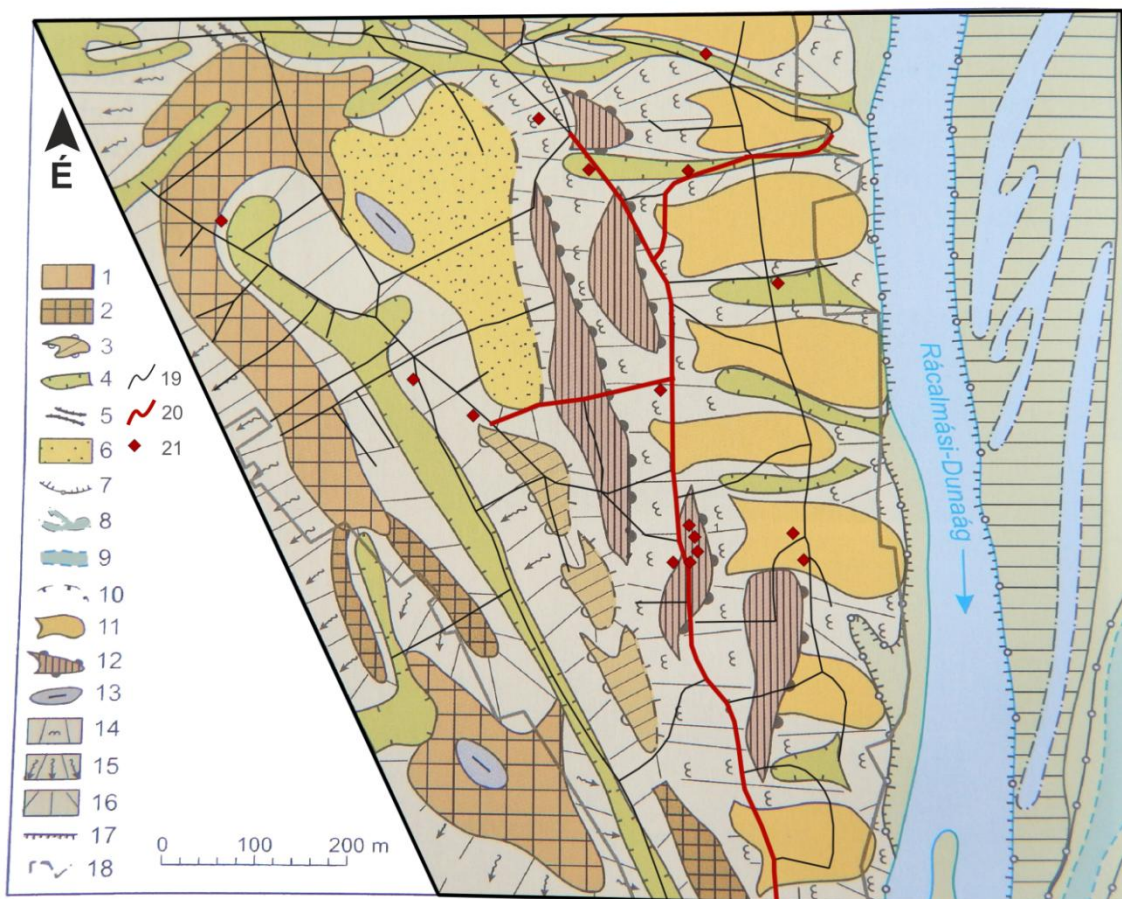
Rácalmás mai ófalu részében dokumentált mozgások kiterjedését két részre oszthatjuk: A település geomorfológiai térképen hosszanti irányban húzott piros vonaltól (Kossuth Lajos utca és Bajcsy Zsilinszky utca) nyugatra, illetve ettől keletre eső területekre. A levéltárban leírt mozgásokon kívül (1966, 1969 és 1977) ismertek más években történt események is, mint pl. 1929, 1934, 1964, illetve 2011. A Rácalmásban történt 2011-es mozgások mértéke meg sem közelítette az ugyancsak 2011-ben Kulcsban történteket. Ekkor a

---

<sup>5</sup><http://mernokgeologia.bme.hu/ocs/index.php/konferencia/2013/paper/viewFile/11/12> (2014. május 2.)

Kossuth Lajos utca felső szakaszán fészíni repedések voltak megfigyelhetők a telkeken, néhány házon és az utca útburkolatán.

A georeferált Rácalmás geomorfológiai térképe (13. ábra) jól szemlélteti a potenciális csuszamlásos felszíneket, alátámasztva azokat a lakossági bejelentésekkel. Az elkészült térképen látható, hogy az alapvetően völgyekben futó utcák némileg eltérnek a valós helyzetüktől. Ez a probléma feltehetően az eredeti geomorfológiai térkép torzítása miatt következett be.



13. ábra. 1 = löszhát, 2 = Derázió által alakított völgyközi hát, 3 = deráziós lépcső, 4 = deráziós völgy, 5 = deráziós nyereg, 6 = kötött futóhomok, 7 = magasártéri szint pereme, 8 = Duna-meder maradvány, 9 = óholocén Duna-meder, 10 = csúszási szakadásfront, 11 = nem mozgó terület, 12 = csúszási felszín, 13 = szuffóziós mélyedés, 14 = mozgásveszélyes lejtő, 15 = erózió által veszélyeztetett lejtő, 16 = stabil lejtő, 17 = természetes és mesterséges tereplépcső, 18 = Rácalmás határa, 19 = utcahálózat, 20–21 = korábbi mozgások miatti bejelentések helyei.  
(szerkesztette: SCHWEITZER F. (2011) alapján Deák Máté)

#### 4.6 Az 1982 és 2012 közötti időszak csapadékadatai

A térség csapadékadatainak vizsgálatához az adonyi és a dunaújvárosi mérőállomás értékeit kaptuk meg az Országos Meteorológiai Szolgálattól. A kettőt összehasonlítottuk annak érdekében, hogy megtudjuk, mutatkozik-e szignifikáns eltérés a két adatsor között, és ezáltal eldöntsük, melyiket használjuk a kulcsi vizsgálatokhoz. Először egy F-próbát

végeztünk el, amelyben a két adatsor szórásait és számtani közepeit hasonlítottuk össze. Ebből kiderül, hogy egyáltalán érdemes-e összehasonlítani a két állomás értékeit. A számítások alapján az adonyi adatsor számtani közepe 45,13, a dunaújvárosi értékek számtani közepe 46,84301 lett. Az adonyi adatsor szórása 32,68025, a dunaújvárosi értékek szórása 32,05981 lett. Az eredményekből látszik, hogy a kettő között kicsi eltérést mutatkozott. A kapott értékek alapján elvégzett F-próba eredménye 0,9198 lett, tehát az adatok közt nincs szignifikáns eltérés ezért összehasonlíthatóak. Ezek után egy T-próbát készítettünk el, a fent említett első és második egyenlet alapján. A T-próba értéke 0,7165 lett. A rendszer szabadságfoka 742. Ez alapján megállapíthatjuk, hogy annak a valószínűsége, hogy a két adatsor megegyezik nagyobb, mint 0,2. Tehát a két mérőállomás értékei nagyon kismértékben térnek el egymástól, szignifikáns eltérést nem mutatnak ezért bármelyiket felhasználhatjuk a további Kulcs térségében végzett vizsgálatokhoz.

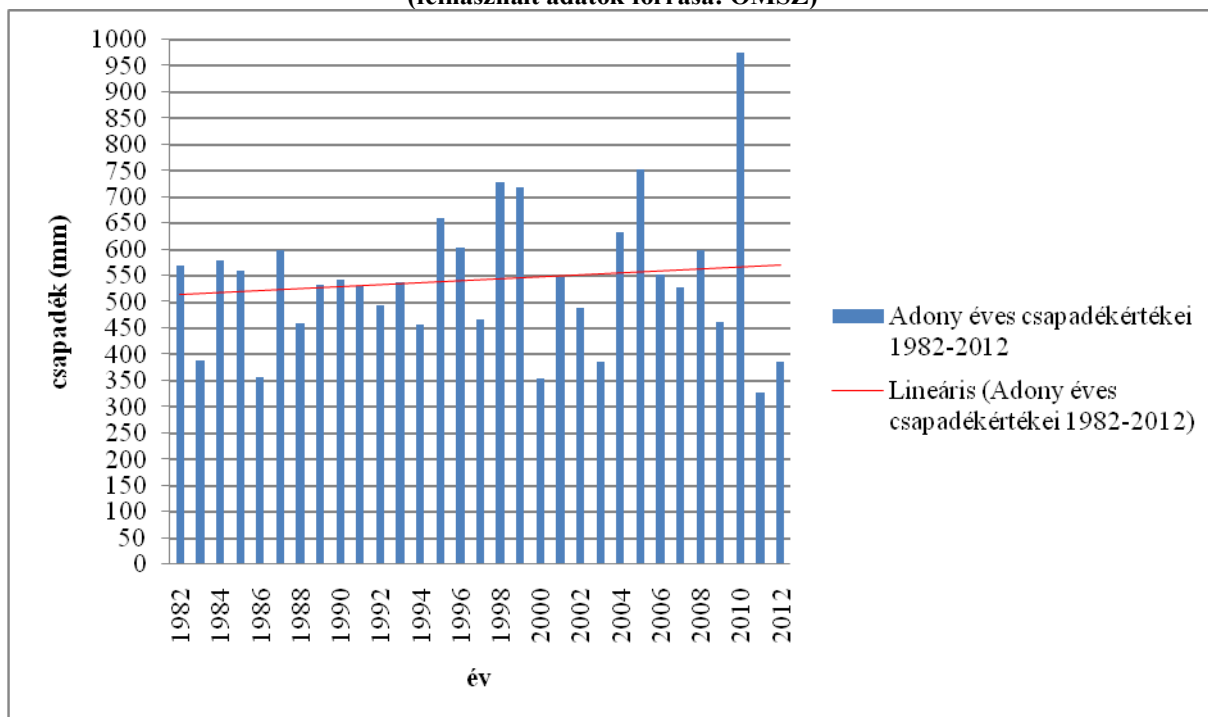
Az adonyi mérőállomás havi csapadéértékeiből kiszámoltuk az 1982 és 2012 közötti időszak átlagos évi csapadékmennyiségét, ami kicsivel több, mint 547 mm lett. Ez pont egybeesik az Országos Meteorológia Szolgálat által a térségre számolt 500–550 mm-es értékekkel.<sup>6</sup> Először a vizsgált harmincegy év alatt mért közel átlagos értékeket vizsgáltuk. Átlagos, vagyis 500 és 550 mm közötti érték hatszor, ezeken kívül átlaghoz közeli, tehát 450 és 500, illetve 550 és 600 mm közötti érték tizenkétszer fordult elő. Ez összesen tizennyolc alkalom, ami időben egyenlően oszlik el a három évtized alatt. Hat-hat időpont esik az 1980-as és 1990-es és az 2000-es évekre. A maradék tizenhárom évben volt valamilyen átlagtól eltérő, szélsőségesen alacsony vagy magas csapadékmennyiségű év (1. diagram). Az eredmények alapján a vizsgált időszak több mint fele átlagosnak mondható.

A megszokottól eltérő tizenhárom évből kettő, az 1983-as és 1986-os év, az 1980-es években, négy az 1990-es években és hét a 2000-es években. Ami látszik, hogy a nem megszokott mennyiségű csapadékos évek időben sokkal egyenlőtlenebbül oszlanak el. A legcsapadékosabb és a legszárazabb évet is 2000 után regisztrálták. A legcsapadékosabb a 2010-es év volt, több mint 975 mm-el, a legszárazabb az utána következő 2011-es év kevesebb, mint 330 mm-el.

---

<sup>6</sup> [http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/altalanos\\_eghajlati\\_jellemzes/csapadek/](http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/)  
(hozzáférés dátuma: 2014. február 25. 18:25)

**1. diagram: Az adonyi mérőállomás által mért éves csapadékösszegek 1982-2012. (mm)**  
 (szerk. Vig Balázs)  
 (felhasznált adatok forrása: OMSZ)



Ami elmondható, hogy minden évtizedben volt egy, a megszokottól több csapadékot hozó időszak, ám míg ez a maximum a nyolcvanas években az átlagos mennyiséget alig haladta meg, addig a 2010-es évben már közel duplája volt a területre jellemző átlagnak (2. diagram). A három érték 1987-re, 1999-re és 2010-re esett. Ugyanez nem figyelhető meg a minimumok esetében. A nyolcvanas évek legalacsonyabb értékét egy magasabb érték követi a kilencvenes években, de a kétezres esztendőkből mérték az egész vizsgált időszak legalacsonyabb csapadékmennyiségét.

**2. diagram: Az 1980-as, 1990-es és a 2000-es évek visszatérő csapadékmaximumának változása (mm)**  
 (szerk. Vig Balázs)  
 (felhasznált adatok forrása: OMSZ)



Száraz és nedves periódusok igen eltérően jelentkeztek. Száraz időszak ritkán csak rövid időtartamban, nedvesebb periódus többször és hosszabban tapasztalható 1982 és 2012 között. Megvizsgálva külön az 1980-as, 1990-es éveket, valamint a 2000 és 2012 közötti időszakot a következőket mondhatjuk el.

Az 1980-es években egymást követő két évben nem volt tapasztalható aszályos idő, a legalacsonyabb érték ebben az évtizedben 1986-ban volt kevesebb, mint 360 mm, emellett még az 1983-es évben mértek igen alacsony 390 mm alatti értéket. A legcsapadékosabb évet pedig rögtön az 1986-os évet követően 1987-ben regisztrálták több mint 590 mm-el. Ami azért fontos, mert a száraz magasparra 200 mm-el több csapadék hullott. Ez a partfal állékonyosságát megváltoztathatta, de ebből az időszakból nem jegyezték fel tömegmozgást Kulcs település.

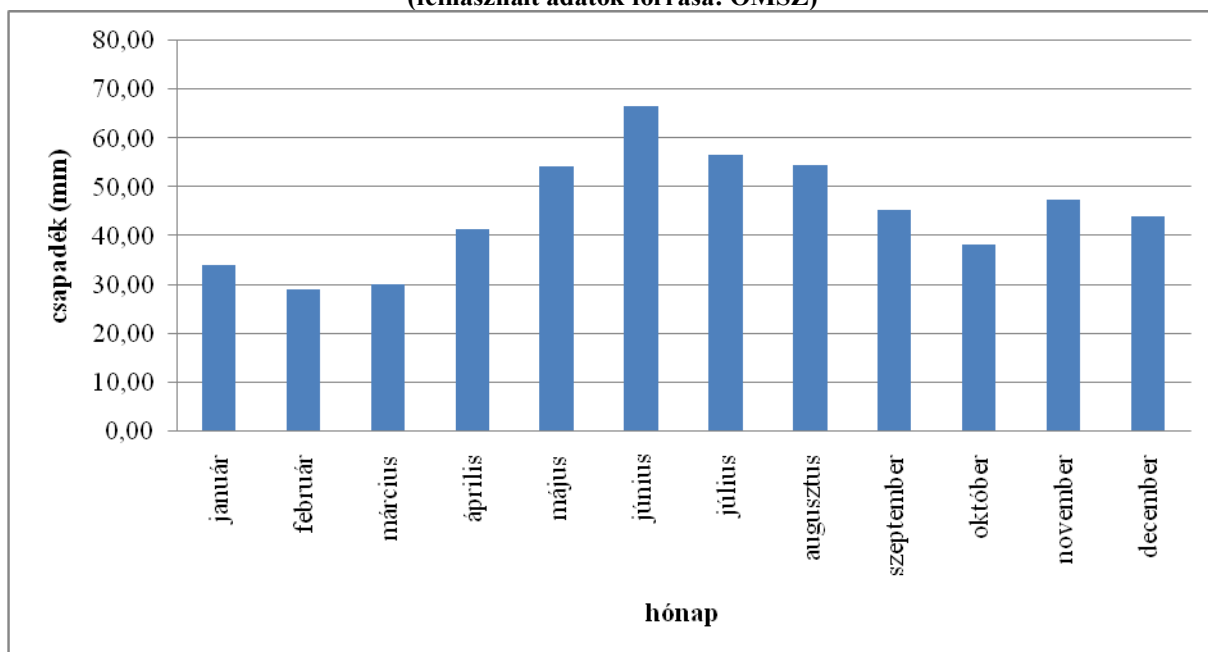
Az 1990-es évek többnyire átlagos vagy igen csapadékos éveket hoztak, 500 mm alatti évet csak kettőt találunk, ebből a legszárazabb az 1994-es év volt kevesebb, mint 460 mm-el. Az 1997-es évben mértek még alacsony 470 mm alatti adatot. Ami fontos, hogy az 1994-től 1999-ig terjedő időszak komoly ingadozást mutat. 1994-es és 1997-es száraz évet is két nagyon nedves év követte. Az első esetben 460 mm körüli értéket 1995-ös évben közel 660 mm ezt követően 1996-ban közel 605 mm követte. De ennél is komolyabb eltérés mutatkozik az évtized végén, amikor a 470 mm-t egy közel 730 majd egy 720 mm-es év követte. Ezekben az esetekben, a csapadékmennyiségben 140–160 mm eltérés figyelhető meg. Viszont ebből az időszakból sem található semmilyen feljegyzés vagy lakossági bejelentés csuszamlásról Kulcson.

A 2000 és 2012 közötti időszak bővelkedik extrém csapadékeseményekben. Regisztráltak mind nagyon alacsony, mind kiemelkedően magas értékeket. Négy esetben mértek 400 mm alatti adatot. 2000-ben, 2003-ban, majd egymás követő két évben 2011-ben és 2012-ben is. Ez utóbbi az egyetlen olyan száraz periódus a harmincegy év alatt, amely két évig tartott. 2011-ben mérték a legalacsonyabb csapadékos ciklus követte. 2003-ban több mint 630 mm, 2004-ben több mint 750 mm esett. A 2010-es év extrém magas mennyiségű csapadéka, ami több mint 975 mm egy viszonylag száraz 460 mm-es évet követett. Majd ez után a már említett aszályos évek jöttek. A 2010-es év közel kétszeresét hozta az átlagos mennyiségnek. Ez az elképesztően magas érték komoly gondot okozott Kulcs település életében. Az év októberében majd a következő év januárjában is aktív tömegmozgásos szakasz jött, több nagyobb csuszamlást is regisztráltak a településen.

Az országos havi csapadékösszegeket 1971 és 2000 között vizsgálva láthatjuk, hogy hazánkban a legcsapadékosabb időszak a májustól augusztusig tart, amit egy újabb maximum követ novemberben. Emellett az április, az őszi hónapok és december is 40 mm fölötti átlaggal rendelkezik. A legszárazabb hónapjaink a téli hónapok valamint a március. Így a csapadék legnagyobb része nyáron és ősz végén hullik.

Ehhez viszonyítva Kulcs térségében az adonyi mérőállomás 1982 és 2012 közé eső adatai alapján a következő képet kaptuk. Az általunk elkészített oszlopdiagram ugyanazt mutatja a csapadék éves eloszlásával kapcsolatban, mint az országos átlag (3. diagram). Nagyon minimális eltéréseket azonban szinte minden hónapban tapasztalhatunk. Ilyen például a január, ami az országos átlaghoz képest növekedett közel 5 mm-el, így Kulcs térségében 35 mm körüli. Az áprilistól augusztusig tartó ciklusban minden hónap 2–5 mm-el kevesebb. Az őszi és év végi átlagoknál az október körülbelül 2–3 mm-es csökkenést, a december pedig 1–2 mm-es növekedést mutat. Összességében a vizsgált területen is nyári, illetve az év végi időszakra koncentrálódik a csapadék legnagyobb része. Ekkor kell befogadnia a magaspartoknak a legtöbb csapadékvizet, amit egy viszonylag szárazabb év eleji ciklus követ, kevesebb csapadékkal, majd ezáltal kisebb mennyiségű hóolvadással.

**3. diagram: Az adonyi mérőállomás értékei alapján számított havi átlagos csapadékmennyiségek 1982–2012. (mm) (szerk. Víg Balázs)**  
(felhasznált adatok forrása: OMSZ)



#### 4.7 Vízállásadatok jellemzése 1982 és 2012 között

A Duna vízállása rendkívül változatos szélsőségekben gazdag képet mutat, az 1982 és 2012 közötti adatok alapján. A mért legmagasabb és legalacsonyabb vízállás között több mint 760 cm különbség volt. A vizsgált harmincegy éves ciklusban 2003. szeptember elsején mérték a legalacsonyabb –35 centiméteres vízszintet, ami egyben az itt mért legalacsonyabb vízállásnak felel meg. A legnagyobb vízszintet 2006. április hatodikán mérték 736 centimétert.

Az alacsony, 100 cm alatti vízállásokat leginkább az év első három hónapjában, valamint az őszi és év végi időszakban figyeltük meg. Az év eleji minimumok sokkal változóbb képet mutatnak, mint az év végiek. Azt elmondhatjuk, hogy a legszárazabb hónapokban a víz szintje is 100 cm körül mozog, ám az év eleji időszakban, több esetben igen magas csúcsokat lehet megfigyelni, így az ingadozások is sokkal nagyobbak ilyenkor, mint az év végén. A vízszintingadozás mértéke elérte akár a 300 centimétert is egy-két hét alatt. Az őszi és téli vízállások kicsi ingadozással tartósan ugyanolyan alacsony vízszintet mutatnak. Mindössze egy alkalommal 1996-ban fordult elő, hogy a szeptembertől december végéig tartó intervallumban nem mértek 100 cm alatti vízállást. Az extrém alacsony, sokszor negatív értékeket mind az év végi, jellemzően az október közepétől december közepéig tartó ciklusokban mérték. Összesen kilenc ilyen évet regisztráltak, és ebből mindössze két alkalommal fordult elő, hogy januárba is negatív adatokat mértek. Itt meg kell említeni a 2003-as évet, amikor az év augusztusától novemberig ingadozásokkal ugyan, de negatív értékeket mértek, november közepétől pedig egy hónapon keresztül kicsi ingadozásokkal 0 centiméter körül mozgott a Duna vízszintje. Ez volt a vizsgált harmincegy év leghosszabb extrém alacsony intervalluma. Egyértelmű csökkenő vagy növekvő tendenciákat ezen időszakok vízállásaiban nem lehet kimutatni, de egyértelműen, évről évre visszatérő jellemzőket igen. Ilyen esetekben, amikor vízszint tartósan alacsony, a Duna medrében megjelenő talaj- és rétegvízforrások viszonylag hosszan tudtak működni és megcsapolják a nyári csapadékos időszakban megemelkedett felszínalatti vizeket.

A magas vízállások esetében éveként több visszatérő csúcsot is megfigyelhetünk. Ezek alapján négy típust írtunk le. Az első, a már említett év eleji ingadozásokkor előforduló és csak a nyolcvanas évek elején, valamint a kétezres években jelentkező január, februári magas vízállások (4. *diagram*). Ez az adott év enyhébb januári időjárásának tudható be. Ezek jellemzően 400 cm körüli maximumot jelentenek, a legalacsonyabb árvízvédelmi készültségi szintet nem haladják meg. Erre példa az 1982-es év. A 2011-es év januári 559 centiméteres

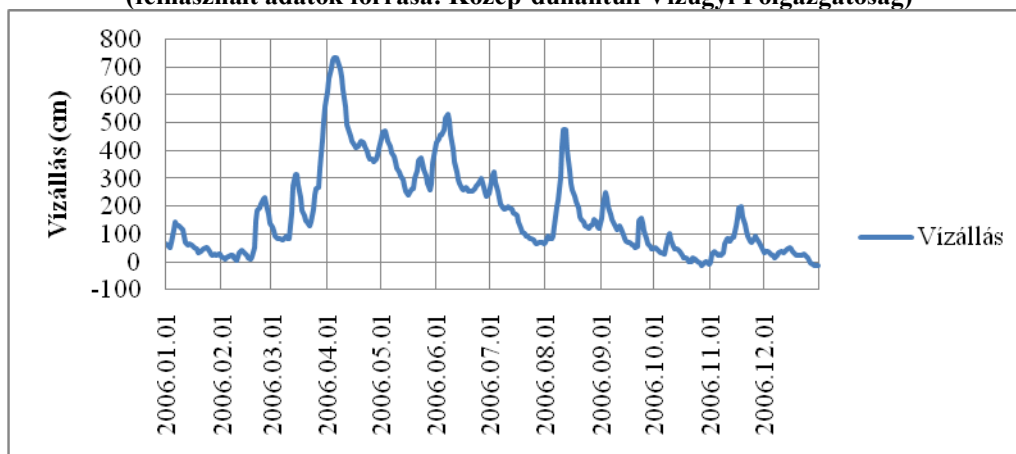
vízállása az egyetlen a januári vízállások közül melynek értéke meghaladja az itt érvényben lévő 550 centiméteres elsőfokú árvízvédelmi szintet.

**4. diagram: Példa év eleji magas vízszintre (szerk. Víg Balázs)**  
(felhasznált adatok forrása: Közép-dunántúli Vízügyi Főigazgatóság)



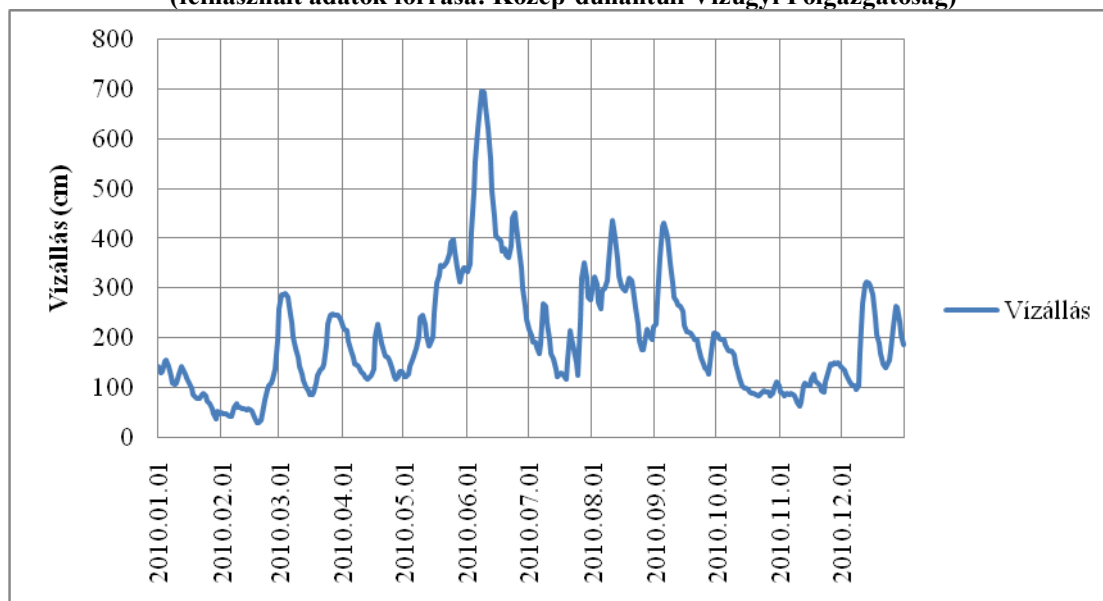
A második és harmadik típus igazodik a tavaszi, illetve a nyár eleji Dunára is jellemző zöldár árhullámainak idejével. A tavaszi árhullámok az általam vizsgált 1982. és 2012. közötti ciklusban, jellemzően a február végétől április végéig tartó intervallumba esnek (5. diagram). Az árhullámok nagyságában és lefolyásában is eltérések mutatkoznak. Például az igen alacsony vízállásokat hozó 2008-as évben a tavaszi árhullám épphogy meghaladta a 300 centimétert. De erre az időszakra tehető több igen magas 500–600 centiméteres vízállás is, illetve a legnagyobb már említett 735 cm is egy tavaszi árhullám idején jelentkezett a 2006-os évben. Ami elmondható, hogy a tavaszi maximumok egy-két szárazabb évet kivéve a 400 és 500 centiméteres intervallumba estek, de voltak az elsőfokú 550 centiméteres árvízvédelmi szintet (1994: 567 cm), a másodfokú 650 centiméterest megközelítő (2002: 646 cm) és egy esetben a harmadfokú, 700 centiméteres árvízvédelmi szintet is meghaladó értékek.

**5. diagram: Példa magas vízállást eredményező tavaszi árhullámra (szerk. Víg Balázs)**  
(felhasznált adatok forrása: Közép-dunántúli Vízügyi Főigazgatóság)



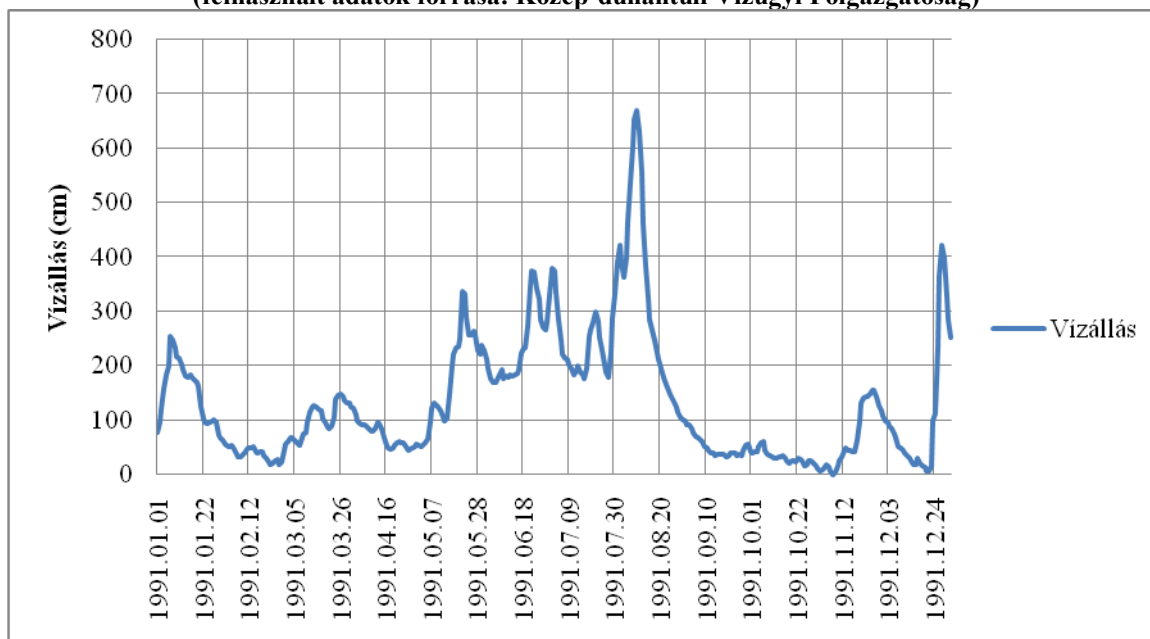
Szintén jól kivehetők a harmadik csoportot alkotó nyár eleji zöldár magas értékei is (6. diagram). Minden évben jelentkeznek, de itt is elmondható, hogy különböző mértékben. Találunk nagyon alacsony (1998: 308 cm) és nagyon magas (2010: 698 cm) értéket is, de az összes év értéke jellemzően a 300 és 700 cm közötti skálán mozog.

**6. diagram: Példa zöldár okozta magas vízállásra (szerk. Víg Balázs)**  
(felhasznált adatok forrása: Közép-dunántúli Vízügyi Főigazgatóság)



A csúcsok esetében érdekesség a negyedik csoport, amikor a legnagyobb, a 600 és 700 centiméteres vízállások is az augusztusi hónapra esnek (7. diagram). Ez a nyár végi csúcs sokszor kisebb értékeket mutatva, de a legtöbb évben megfigyelhető.

**7. diagram: Példa nyár végi maximumra (szerk. Víg Balázs)**  
**(felhasznált adatok forrása: Közép-dunántúli Vízügyi Főigazgatóság)**



Az adonyi vízmércénél érvényben lévő árvízvédelmi fokozatokat felhasználva kiderül, hogy a vizsgált harmincegy év napi adatai alapján, az első árvízvédelmi fokozatot 71-szer haladta meg a vízállás. Ebből 18-szor a másodikat, 7-szer pedig a harmadikat is átlépte a Duna vízszintje.

Időtartamukat tekintve az alacsony vízállások sokkal tovább tartottak, mint az árhullámok. Míg előbbiek akár hónapokig is tapasztalhatóak voltak, addig az árhullámok esetében pár napos komoly vízszintemelkedés, majd 4–7 napos tetőzések, és néhány nap alatt igen komoly apadások a jellemzőek.

Összességében elmondható, hogy a megfigyelt maximumok és minimumok minden évben jelentkeznek, minden alkalommal más mértékben, de egyértelmű növekvő vagy csökkenő tendenciákat nem lehet megfigyelni. Az kiderül, hogy az egyes éveket jól elkülöníthető ciklusokra oszthatjuk fel magas- és alacsony vízállások előfordulása alapján. Uralkodóan az őszi időszakokban mérték a legalacsonyabb, a február és augusztus közötti időszakban a legnagyobb értékeket.

A magas vízállás és a magas csapadékmennyiség az áprilistól augusztusig tartó időszakban együtt jelentkezik. Viszont az év eleji száraz hónapok alatt a viszonylag magas vízállás fejt ki hatását a felszínalatti vizekre és a partfalak állékonyságára. Ugyanígy ősszel főleg a magas csapadékmennyiség táplálja a talajvizeket. A Kulcs térségére jellemző csapadékmennyiségek semmilyen vagy csak nagyon kicsi hatást fejtenek ki az itteni dunai

vízszint alakulására, mert az itt jelentkező árhullámok az egész dunai vízgyűjtő terület éghajlatától függ.

#### 4.8 A források vízhozamának vizsgálata



15. ábra. A kulcsi Dunaparton felszínre lépő néhány forrás. (készítette: Deák Máté)

A két felszínmozgásos szakasz közötti terület sűrűn beépített, antropogén formákban gazdag. A terület hidrológiai viszonyainak megváltoztatása elsőként az 1960-as és 1970-es években történt a teraszosítási munkálatoknak köszönhetően. A mozgások következtében áthalmozódott agyagos, iszapos rétegek miatt a talajvíz visszaduzzadt, majd a vízszint a felszínhez közel emelkedett. A kialakított teraszok elmetszették a víz áramlási útvonalt, aminek eredményeként a víz forrásként a felszínre lépett. Ma ezeket a forrásokat közkutak formájában találhatjuk meg a településen. A talaj- és rétegvizek (később források vízhozama) szintjének növekedése szintén az antropogén hatásokra vezethetők vissza. A növekedés elsősorban a locsolásokból, a szikkasztásokból, a törött vízvezetékekből való elfolyásokból, a növényi felületek csökkenéséből eredeztethető. A vízhozamok természetesen függnék az adott évszak, nap, óra csapadék viszonyaitól is. A talajszint, így a források vízhozamának jelentős

növekedése általánosan a tavaszi (március-április) időszakra tehető (35. oldal). Ahhoz, hogy ennél pontosabb és biztosabb kijelentést tehessünk az általunk vizsgált forrásokat<sup>7</sup> a jövőben továbbra is mérni kell.

#### 4.9 Hatótényezők Kulcson

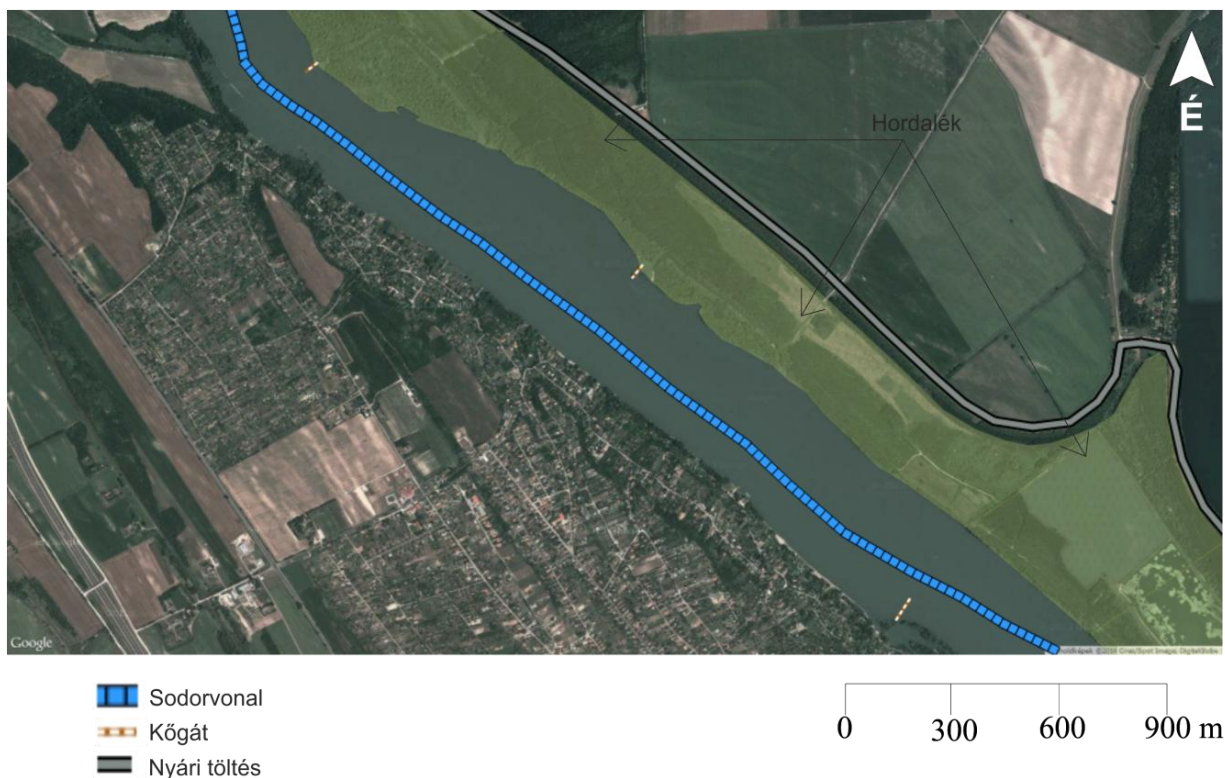
Kulcs területén a csuszamlások előidézésében nagymértékben jelen voltak a közvetlen vagy közvetett antropogén beavatkozások. A korábban említett teraszosítások majd az ezt követő felparcellázások jelentős mértékben megváltoztatták a terület hidrológiai viszonyait. A csapadékvizek egyenlőtlen mértékben kerültek a talajba az útburkolat kialakításának következtében. Az aszfaltozási munkálatok, valamint a vízelvezető árkok megépítése csak a 90-es évek végén és a 2000-es évek elején történtek. További problémaként jelen van a szennyvíz megfelelő elvezetésének kérdése, illetve a csatornázatlan területeken sokáig folyt szikkasztás. A csővezetékek meghibásodása, szivárgása, törése során megnőtt a talajvíz szintje, amit tovább növelt a folyamatos kertgondozásból adódó locsolások mértéke.

Nem elhanyagolható probléma, hogy a községtől északra fekvő Adony és Kulcs belterülete között a Duna bal partján négy vízterelő sarkantyút (kőgát) építettek ki, ami megváltoztatva a folyó sodorvonalát folyamatosan alámosta és még a mai napig is mossa a település partszakaszát. A sarkantyúkkal ellátott oldalon csökken a vízsebesség, aminek következtében felgyorsul a szállított hordalék lerakódása és felhalmozódása. Az 1990-es éveket megelőző ipari mederkotrások hatásairól pontos információk nincsenek, azonban az bizonyos, hogy a kulcsi szakaszra az előzetes tervek szerint szabályozás szükséges, mivel jégdugók, valamint jégtorlódások kialakulására hajlamos. Továbbá a mederben megjelent márgás gázló veszélyezteti a hajóközlekedést, így a VITUKI szakági felelősei mederkotrást javallottak. A szabályozásra két változatot is készített a szakhatóság. Az első változatban a meder 180 méter és 900 méter szélességben történő kotrása során 34 ezer m<sup>3</sup> anyagot termelnének ki. A második esetben maximum 100 méter széles és 500 méter hosszú mélyítés lenne szükséges 15 ezer m<sup>3</sup> mennyiségű hordalék felhozásával (VITUKI 2007. A Duna hajózhatóságának javítása tárgyú projektet megalapozó tanulmány<sup>8</sup>).

---

<sup>7</sup> A melléklet 1., 2., 3., 4., 5., táblázatai.

<sup>8</sup>[http://www.vituki.hu/files/dunahajozhatosag/new/Project%20Final%20Report%20in%20Hungarian/Duna\\_hajozhatosag\\_vegleges.pdf](http://www.vituki.hu/files/dunahajozhatosag/new/Project%20Final%20Report%20in%20Hungarian/Duna_hajozhatosag_vegleges.pdf) (2014. március 11.)



**16. ábra. A Duna sodorvonalát megváltoztató sarkantyúk helyzete és hatásuk Kulcson.**  
(készítette: Deák Máté)

#### 4.10 Esettanulmány I.: a 2010. október 22-i csuszamlás hidrometeorológia okai

2010. október 22-én Kulcs településen tömegmozgást regisztráltak. A csuszamlás komoly károkat okozott az üdülőterületen fekvő ingatlanokban, és a csapadékelvezető árokrendszer egyes részeiben. A csuszamlást megelőző egy év havi csapadék- és napi vízállásadatainak segítségével megvizsgáltuk a mozgás hidrometeorológiai okait. A csapadékviszonyokat vizsgálva egyből szembetűnik, hogy a Kulcs térségre jellemző, átlagos évi csapadékmennyiségnek (500–550 mm) a duplája, több mint 1030 mm hullott a 2009. október és 2010. október közötti intervallumban a magaspartra. Ez nem naptári évhez köthető egy év, ezért a vizsgált ciklus kumulatív eloszlását ábrázolva jobban kitűnik a csuszamlás időpontjáig terjedően a csapadékmennyiségének halmozódása. A mért 1030 mm feletti mennyiség önmagában is rendkívüli csapadékmennyiségnek számít. A löszből felépült magaspart nem tud ekkora mennyiségű csapadékot elvezetni, az állékonyságát elveszíti.

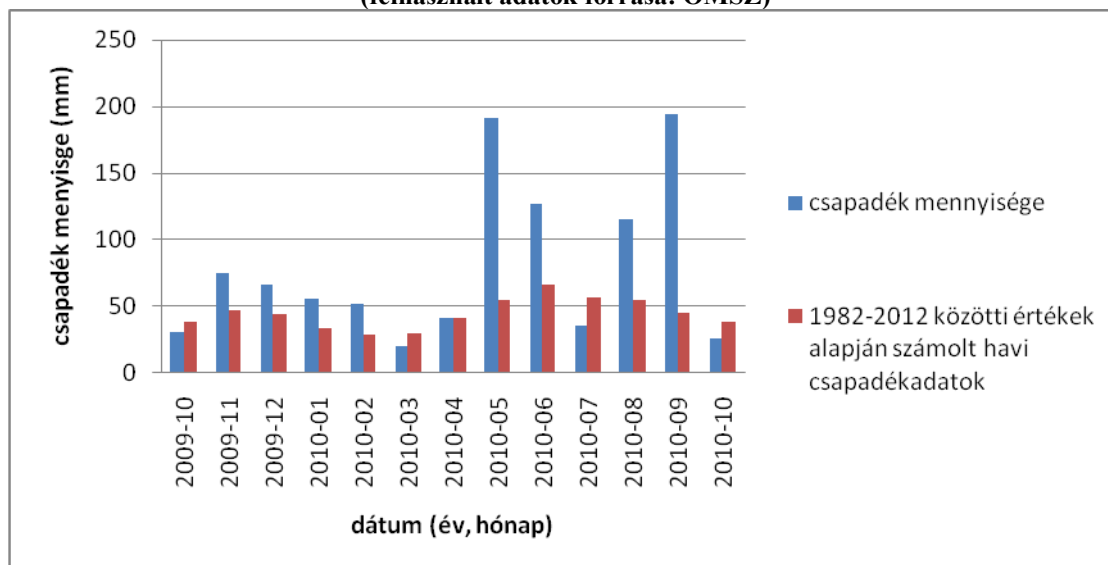
Amellett, hogy nagy mennyiségű csapadékot kapott a partfal, a csapadék eloszlása is nagyon egyenlőtlen (8. diagram). A vizsgált tizenkét hónapból volt három olyan hónap, amikor nem érte el az átlagos értéket a havi csapadék mennyisége, de az összes többi jóval meghaladta a sokéves átlagokat. Megfigyelhetünk két kiemelkedően magas, közel 200 mm-es értéket, ami május és a tömegmozgást közvetlenül megelőző hónapban, szeptemberben hullott. Mindkettő több mint négyszeres a megszokottnak. A júniusi és az augusztusi

hónapban is 100 mm feletti értéket regisztráltak, ez duplája az ilyenkor mért átlagos mennyiségnek. Ami lényeges, hogy két intenzív csapadékú hónapot egy nagyon száraz majd két újabb csapadékos hónap követett, ami komoly ingadozást, a partfal átázását, kiszáradását majd újra átázását jelentette. Ez az egész év folyamán az átlagokat meghaladó csapadék, folytonos utánpótlást biztosított a felszínalatti vizeknek, szintjüket nagymértékben emelte. Így a május-júniusban érkezett közel 320 mm már nem tudott elszivárogni, de még nem okozott csuszamlásokat. A következő kivételesen száraz hónap alatt a partfal ki tudott száradni. A száraz lösz sokkal kevésbé tud ellenállni egy ilyen nagymértékű koncentráltan érkező csapadéknak, mint ami a következő két hónap alatt 310 mm-t jelentett. A második ciklusban érkező nagyon magas csapadékmennyiség már csuszamlást okozott. A kumulatív eloszlás is jól mutatja a leírt és kiemelkedően magas csapadékú hónapokat, ugyanis az ilyen extrém csapadékú esetekben lehet a legnagyobb ugrásokat tapasztalni a diagramon is (9. diagram).

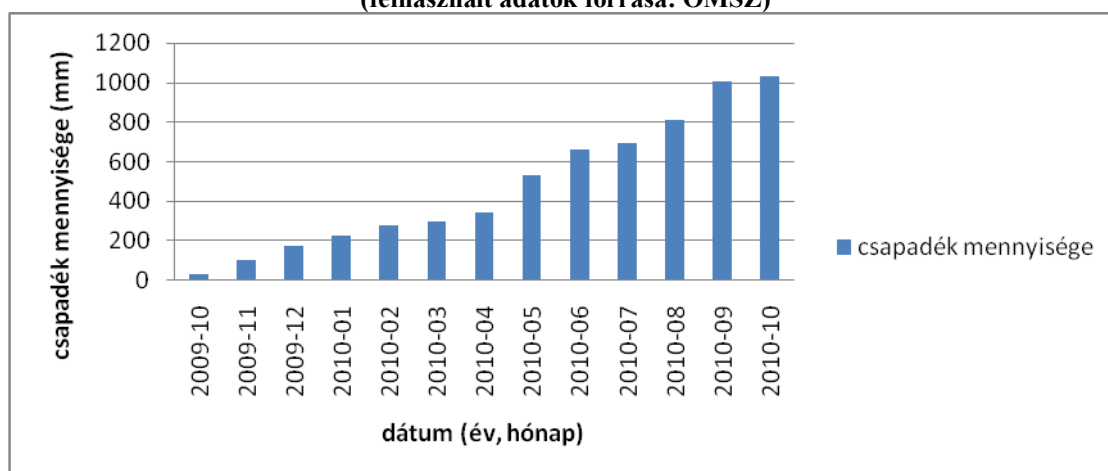
A vízszintet vizsgálva megtudjuk, hogy a vizsgált egy éves időszakban egy komoly árhullám ment le a Dunán, 2010 júniusában. Hét nap alatt 365 centimétert emelkedett a víz, és 698 centiméteren tetőzött június nyolcadikán. Tizenhárom nap alatt levonult az árhullám, és 337 centimétert csökkent a víz szintje (10. diagram). Ez a magas vízállás együtt jelentkezett a június magas csapadékkal. A vízállás miatt a parton létrejövő talaj- és rétegvízforrások nem működhettek. A felhalmozódott felszínalatti víz nem tudott természetes úton sem megcsapolódni. A vízállásban tapasztalható három kisebb maximum, amelyek június végére, augusztus közepére és szeptember elejére estek. Mindegyik 400 cm feletti vízállással tetőzött, egybe esve a magas csapadékú hónapokkal.

A kritikus időszak tehát a májustól-szeptemberig tartó periódus volt. A kiemelkedően magas csapadékmennyiségek együtt jelentkeztek a Dunán levonuló árhullámokkal. A talajvizek nagy mennyiségű utánpótlást kaptak, a folyó pedig magas vízállásával visszaduzzasztotta a mederben alacsony vízállás esetén működő forrásokat. Ezt és a csapadék illetve a vízszint esetében is tapasztalható nagymértékű ingadozást (nedves- száraz-nedves ciklus), a partfal nem bírta el. A tömegmozgás ezt az időszakot követően októberben következett be Kulcs település üdülőterületén.

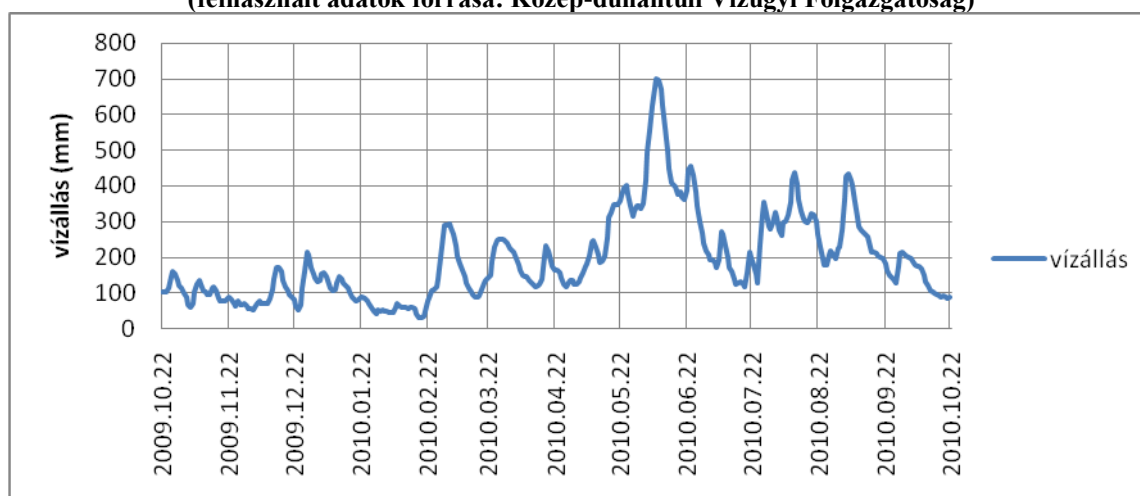
**8. diagram: A 2010. október 22-i csuszamlást megelőző egy év csapadékadatai, az 1982 és 2012 közötti időszak értékeiből kiszámított átlagokhoz képest (szerk. Víg Balázs)**  
(felhasznált adatok forrása: OMSZ)



**9. diagram: A vizsgált egy éves ciklus kumulatív csapadékeloszlása (szerk. Víg Balázs)**  
(felhasznált adatok forrása: OMSZ)



**10. diagram: A 2010. október 22-i csuszamlást megelőző egy év vízállásadatai**  
 (szerk. Vig Balázs)  
 (felhasznált adatok forrása: Közép-dunántúli Vízügyi Főigazgatóság)



#### 4.11 Esettanulmány II.: a 2011. január 17-i csuszamlás hidrometeorológia okai

A második vizsgált csuszamlás három hónappal később következett be, mint az első esettanulmányban bemutatott. Ebben az esetben is a megelőző egy évet vizsgáltuk csapadék esetében (11. diagram). A vízállásadatok szempontjából a csuszamlást megelőző egy évet és az utána következő egy hetet vizsgáltuk, mivel a tömegmozgás időpontjában és az azt megelőző néhány napban emelkedést tapasztaltunk. A további egy hét ábrázolásával megtudtuk, hogy meddig tartott és milyen mértékű volt ez az emelkedés. A két esettanulmány intervalluma 2010 januárja és 2010 októbere között fedt egymást, így ebben az időszakban azonos értékeket és megállapításokat tettünk a csapadék mennyiségében és eloszlásában, valamint a vízállásban tapasztalható maximumok és minimumok esetében.

A csapadék szempontjából az ebben az esetben vizsgált egy éves intervallumban több mint, 975 mm csapadék hullott a magaspart kulcsi szakaszára ez közel 60 mm-el kevesebb, mint az első esetben leírt ciklus mennyisége. A második esetben is pontosabb képet kaptunk a csapadék mennyiségének halmozódásáról a kumulatív eloszlás ábrázolásával. A nagyobb ugrások megmutatják melyik hónapok voltak a legcsapadékosabbak. A legnagyobb ugrásokat május és június, július és augusztus illetve augusztus szeptember között tapasztalhatjuk (12. diagram). A 2010-es év novemberi és decemberi értékeit is megvizsgáltuk, mert azok jelentenek plusz információt az első esettanulmányban vizsgált időszakhoz képest. A januári csapadékot nem vizsgáltuk, mivel a tömegmozgás a hónap közepén következett be, az adatok pedig csak havi bontásban állnak rendelkezésünkre, így az egész hónap értéket nem használhatjuk tizenhét napra kivetítve. A megfigyelt időszakról

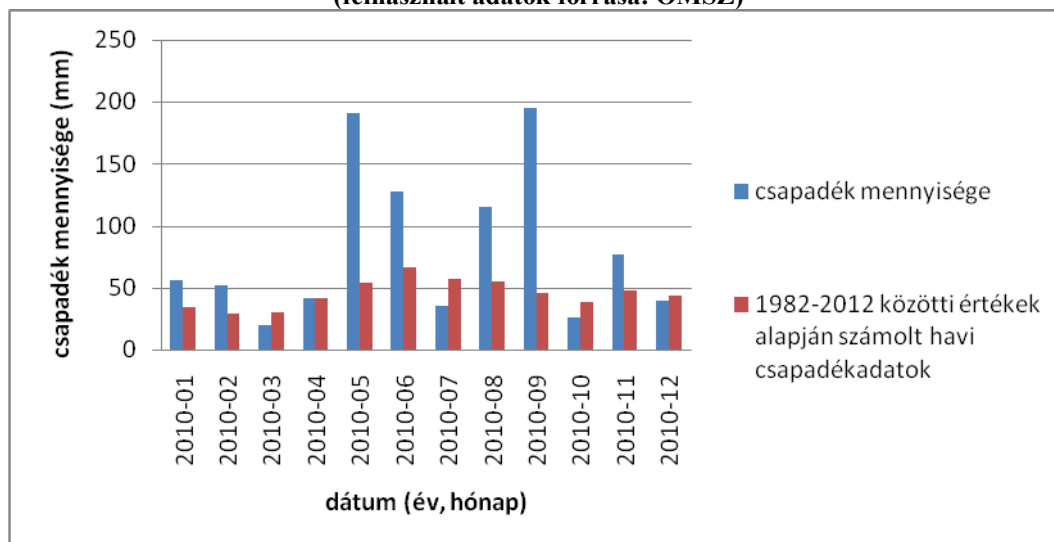
kiderült, hogy az átlagosnál szárazabb októbert egy a novemberben szokásos értéket 30 mm-el meghaladó hónap követte. Így az év korábbi szakaszban tapasztalt kiemelkedően magas csapadékmennyiségek mellett, novemberben is átlagon felüli csapadékot mértek. Ez a száraz hónap után, újra feláztatta a magaspártot és utánpótlást nyújthatott a felszínalatti vizeknek is. A december közel átlagos, attól néhány mm-el kevesebb csapadékot hozott.

A Duna vízállása az októberben bekövetkezett csuszamlást követően december elejéig kisebb ingadozásokkal 90 és 120 cm között volt. Ezután a január 17-i csuszamlásig két kisebb levonuló árhullámot figyelhetünk meg. Az első december nyolcadikán indult, és a vízszint 97 centiméterről öt nap alatt 310 centiméterig emelkedett, majd szintén egy hét alatt a felére apadt vissza. A második csúcsot december 27-én érte el, ami már kisebb 264 centiméteres vízszintet jelentett. A folyó szintje január elejére 104 centiméterig apadt vissza, majd innen egy folytonosan emelkedő tendenciát mutatott a 17-i tömegmozgásig. A Duna a csuszamlás napján, 488 centiméteren állt. Ez az emelkedés csak két nappal a mozgást követően, 559 centiméteren tetőzött (13. diagram).

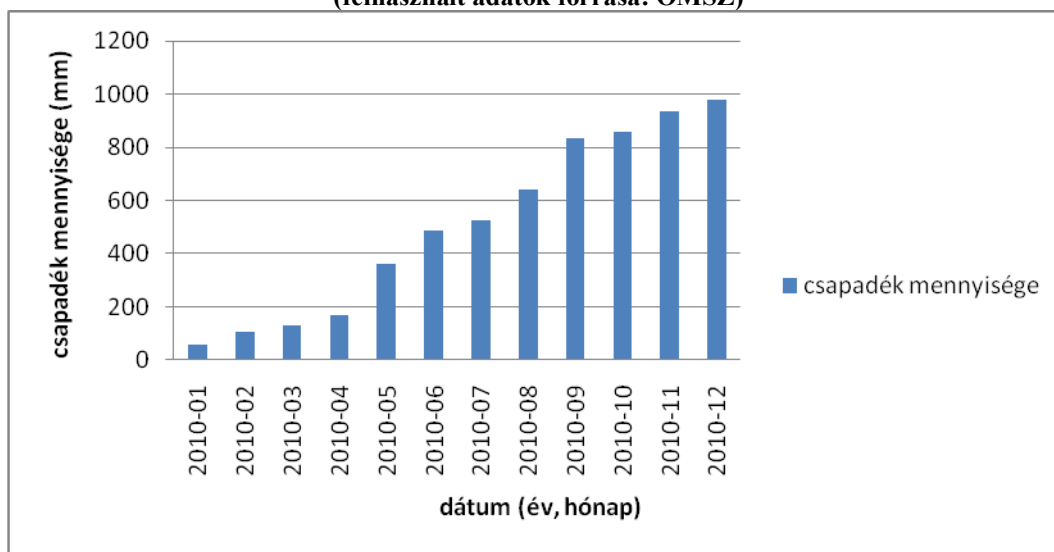
Az első példában bemutatott tömegmozgást követően tehát egy hónapi alacsony vízállást tapasztaltunk, majd három csúcsot is. Ezekből csak az utolsó január közepi csúcs volt, ami meghaladta a legkisebb 550 centiméteres elsőfokú árvízvédelmi szintet, de tetőzése csak két nappal a csuszamlást követően jelentkezett. A három vízszintemelkedés megemelhette a partfalban található rétegvizek szintjét is.

A január 17-i csuszamlással kapcsolatban elmondható, hogy a csapadék és a vízállás magas értékei nem együtt jelentkeztek. Előbb magas csapadék majd ezt követően magas vízállások voltak a jellemzőek. A második csuszamlást is nagymértékben még az elsőt is előidéző, kiugróan magas nyári és őszi eleji csapadékmennyiségek valamint a nyáron és őszi elején ezzel együtt jelentkező magas vízállás okozta. A novembertől januárig tartó időszak magasabb csapadék- és vízállásértékei ezeket a hatásokat csak felerősítették, előidézve a januári tömegmozgásokat.

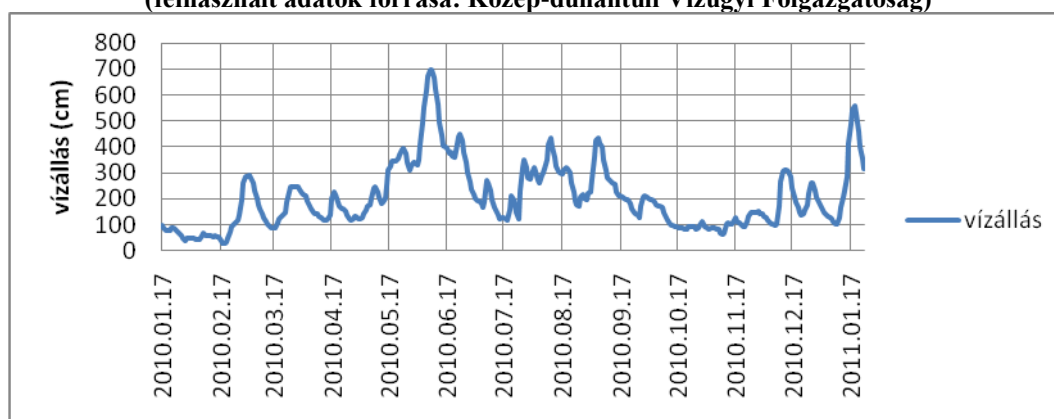
**11. diagram: A 2010 januárja és 2010 decembere közti időszak havi csapadékmennyiségei, az 1982 és 2012 között mért havi átlagokhoz képest (szerk. Víg Balázs)  
(felhasznált adatok forrása: OMSZ)**



**12. diagram: A vizsgált egy éves ciklus kumulatív csapadékeloszlása 2010. január-2010. december (szerk. Víg Balázs)  
(felhasznált adatok forrása: OMSZ)**



**13. diagram: 2010. január 17. és 2011. január 24. közötti vízállások az adonyi vízmérce adatai alapján  
(szerk. Vig Balázs)  
(felhasznált adatok forrása: Közép-dunántúli Vízügyi Főigazgatóság)**



## 5. Az eredmények összefoglalása és értékelése

Kulcs üdülőtérülete és Rácalmás ófalu része a már korábban bekövetkezett felszínmozgások által felszabdalt területre épült. A két települést 1994-ig közigazgatásilag egyként kezelték, azonban azok földtani és morfológiai viszonyait tekintve nem különíthetők el egymástól. Ebből adódóan a dolgozatunkhoz szükséges vizsgálatokat és kutatásokat célszerű volt mindkét település területére elvégezni. A törmelékletőre épült településrészek a magaspártok és a Duna között területnek el, ahol a mozgások következtében áthalmozott anyagok sok helyen igen labilis összetett lejtők formájában vannak jelen. A két magaspárt a dunaújvárosi partszakasz északi tagjaként tekinthető. Földtani felépítésüket figyelembe véve mind pleisztocén mind pedig felső-pannóniai rétegek építik fel. Ezeknek a rétegeknek eltérő a vastagságuk és kifejlődésük, hiszen a kulcsi felső-pannóniai rétegek 115 méter t.sz.f.-i magasságban vannak, így azok a Duna közepes vízállása felett helyezkednek el, míg Rácalmásan ugyanezen rétegek már csak 85–90 méter t.sz.f.-i magasságban vannak, ami azt jelenti, hogy a Duna közepes vízszintje alatt területnek el. E földtani felépítések meghatározzák a két település vízföldtani adottságait. A kulcsi partszakasz esetében megfigyelhetők rétegforrások (egyszerű és nyomásalatti), míg a rácalmási területeken a felső-pannóniai rétegek elhelyezkedése miatt nem figyelhetők meg ilyen források. A talajvizek sok esetben Rácalmásan nem lépnek ki a felszínre, hanem azok közvetlen a folyó medrébe torkollanak. Kulcs esetében azonban sok helyen duzzasztott források vannak jelen, amik az áthalmozott, jó vízzáró anyagokból felépülő törmelékletőkben mozognak és a part közelében lépnek a felszínre.

A magaspártokon folyamatosan végbemenő mozgások (1929, 1934, 1964, 1966, 1969, 1977, 2006, 2008, 2010 és 2011) következtében formakincsekben gazdag és változatos terep

jött létre. Felszínmozgások a területek beépülése előtt is előfordultak. A folyamatosan beépülő és intenzíven használt lejtők állékonysága az antropogén hatások miatt fokozatosan romlottak. A mezőgazdasági tevékenységek, a kertrendezések, a teraszosítások, az utak kialakítása (bevágások), a locsolások, a szennyvizek elszikkasztása, a vizek nem megfelelő elvezetése során megemelkedő talajvízszint mind hozzájárulnak vagy hozzájárulhatnak a mozgások felerősödésében. Az antropogén hatások mellett egyéb tényezők is szerepet játszanak a felszínmozgások kialakulásában: a kedvezőtlen (al)talajviszonyok, a lejtőket felépítő anyagok fizikai jellemzői, az egyes időszakok nagy mennyiségű csapadéka, ha a Duna magas vízállásban van (apadáskor megnövekedő talajvíz áramlási nyomása), a folyó erodáló hatása. A sűrűn beépült területeken a mozgások kialakulását mindkét településen partfalstabilizációs munkálatokkal (Rácalmáson 3. ütem – talaj víztelenítése és gámbion falak építése, Kulcson 1. ütem – talaj víztelenítése) igyekeznek csökkenteni.

A csapadék vizsgálatok kiderült, hogy a JUHÁSZ Á. (1972) által megállapított, Közép-dunai magaspартokra jellemző 550 mm-es évi átlagos csapadékmennyiség, ami Kulcs településre is jellemző, az 1982–2012 közötti időszakra vonatkozóan az adonyi mérőállomás értékei alapján is hasonló képet mutatnak, mivel közel 540 mm-es átlagos értéket kaptunk. A csapadék átlagos mennyisége tehát nem változott negyven év alatt Kulcs térségében.

SCHWEITZER F. (2011) kiemelte a 3–4 éves kiugróan magas csapadékkal rendelkező ciklusok fontosságát a magaspартok fejlődésében. Az általunk feldolgozott adatokban ilyen hosszú átlagot meghaladó csapadékot nem tapasztaltunk, a leghosszabb átlagostól eltérő ciklus két év volt. Ezek közül egyik után sem regisztráltak tömegmozgásokat Kulcson. A vizsgált időszak legaktívabb mozgásos ciklusa a 2010-es év vége és a 2011-es év eleje volt. Ezt egy, az átlag dupláját hozó csapadékos év előzte meg, ami egyben a legcsapadékosabb év is 1982 és 2012 között. Ilyen extrém mennyiséget a száraz magaspарт nem tudott elviselni, állékonyságát Kulcs üdülőterületén teljesen elveszítette. Ez csak két esemény mindössze, ebből egyértelmű összefüggést nem lehet kijelenteni a csapadék mennyisége és a csuszamlás között.

A vízállásokat jellemezve kimutattuk, hogy az éves maximumokat négy típusra lehet szétbontani. Ezek igazodnak a Dunára jellemző árhullámokhoz. A Dunára jellemző vízszintingadozás a térségben a tíz métert is el szokta érni KARÁCSONY S. – SCHEUER GY. (1972). Az általunk feldolgozott adatok alapján 1982 és 2012 között a legnagyobb ingadozás 771 cm volt. Ez kicsit elmarad a legnagyobb értékektől. Alacsony, 100 centiméternél kisebb vízállást a vizsgált intervallum 30 százalékában regisztráltak. Az elsőfokú árvízvédelmi szintet hetvenegyszer, a másodfokút tizennyolcszor, a harmadfokút mindössze hatszor haladta

meg a vízállás harmincegy év alatt. Ezek vizsgálata megmutatja, hogy a folyó vízszintingadozása milyen mértékben befolyásolta a rétegvizek szintjét valamint a források működésének idejét (KARÁCSONY S. – SCHEUER GY. 1972).

Az esettanulmányokban vizsgált tömegmozgásokat megelőző egy éves időszakban az árhullámok magas értékei jellemzően a kiugróan magas csapadékmennyiséggel együtt jelentkeztek. A 2010-es évben a kettő együtt hatott a magaspartra, ami másfél év alatt két komoly csuszamlást okozott.

Ilyen példát mindössze csak ezt a kettőt találtunk a harmincegy év alatt. Két évnél hosszabb magas csapadékú az árhullámokkal egybeeső eseményt, ami csuszamlást idézte volna elő nem jegyezték fel Kulcs településen. Ebből egyértelmű kijelentést nem lehet tenni a mozgások és a csapadék valamint a vízállások kapcsolatára, de megmutatta a vizsgálat, hogy ilyen kiugró mértékű csapadék, ha együtt jelentkezik a Dunán lefolyó nagy árhullámokkal az a partfal állékonyságát teljesen megváltoztatják és csuszamlásokat idéznek elő.

Az 1982 és 2012 közötti időszak csapadék- és vízállásadatainak vizsgálata részletes képet adott a kulcsi magaspartok hidrometeorológiai viszonyairól. Havi csapadékatatokkal és napi vízállásadatokat végzett jellemzés ezelőtt még nem készült sem itt sem a Közép-dunai magaspartok más szakaszán sem.

A későbbiekben, érdemes lenne megvizsgálni más aktív tömegmozgásos magaspartok esetében is az elmúlt harminc, negyven év csapadék- és vízállásértékeit. Megfigyelve a kiugróan magas csapadékú évek kumulatív eloszlását és az árhullámok levonulását is, majd a kapott eredmények alapján esettanulmányokat készíteni egy-egy csuszamlásos időszakról. Az általunk kapott eredményeket, hasonló szemszögből megvizsgált más aktív magaspartokról kapott eredményekkel kiegészítve pontosabb és biztosabb képet kaphatunk a veszélyes partszakaszok csuszamlásainak időbeli bekövetkezéseiről.

## 6. Felhasznált irodalmak jegyzéke

1. ABONYI I. 1995. Dunai árhullámok statisztikai elemzése, különös tekintettel az előrejelzési módszerekre. Hidrológiai Közlöny 75. 3. pp. 144–152.
2. ÁDÁM L. – MAROSI S. – SZILÁRD J. 1959. A Mezőföld természeti földrajza. Földrajzi Monográfiák 2. – Akadémiai Kiadó, Budapest. pp.514.
3. ÁDÁM L. 1969. A Tolnai-dombság kialakulása és felszínalaktana. – Akadémia Kiadó, Budapest. pp.125–172.
4. BALLA Z. 2009. A Coriolis-erő hatása folyókra a magyar szakirodalomban. – A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2007-ről. pp.79-84.
5. BALLA Z. 2009. A Coriolis-erő hatása folyókra és a Baer-törvény. Történeti áttekintés. – A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2007-ről. pp.60–70
6. BENDEFY L. 1972. A dunaföldvári partcsuszamlás. – Földrajzi Közlemények 20/1. pp.1–17.
7. BLÜHBERGER G. 2001. Flussterrassen und Feststofftransport: Elemente der Landschaftsformung in den Alpen und Voralpen: rezente und pleistozäne Terrassen. Shaker, Aachen
8. BORSY Z. 1974. A szélrózsió vizsgálatának újabb eredményei a magyarországi futóhomok területeken. – Földrajzi Értesítő 23. pp.227–236.
9. BORSY Z. 1998. Általános természetföldrajz. Nemzetek Tudása Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 594–615.
10. BULLA B. 1934. A magyarországi löszök és folyóteraszok problémái – Földrajzi Közlemények 62. pp.136–149.
11. BULLA B. 1962. Magyarország természetföldrajza. – Tankönyvkiadó, Budapest. pp.44–60.
12. CHOLNOKY J. 1922. Néhány vonás az Erdélyi-medence földrajzi képéhez. – Földrajzi Közlemények 50. pp.107–122.
13. CLEICI A. – PEREGO S. 2001. Simulation of the Parma River blockage by the Corniglio landslide (Northern Italy). Geomorphology 33. 1–2. pp. 1–23.
14. DÉRI J. 1988. A magyarországi Duna- és Tisza-szakaszok nagyvizeinek változási tendenciái. Hidrológiai Közlöny 68. 5. pp. 255–260.
15. DOMJÁN J. 1952. A középdunai magaspártok csúszásai. – Hidrológiai Közlöny 32. pp.416–423.

16. DÖVÉNYI Z. 2010. Magyarország kistájainak katasztere. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 34–39.
17. FARKAS J. – TAKÁCS A. 2011. Szakértői vélemény Kulcs felszínmozgásos területeinek vizsgálatáról. pp.76. (kézirat)
18. FAUR K. B. – SZABÓ I. 2011. Geotechnika. (digitális tananyag) <http://meip.x5.hu/files/1622> (megtekintve: 2014.március 16.)
19. FODOR T.-né – HORVÁTH Zs. – SCHEUER Gy. – SCHWEITZER F. 1981. A Dunakömlőd-Paks közötti dunai magaspárt mérnökgeológiai térképezése és vizsgálata. – Földtani Közlöny 111. pp.259–279.
20. FODOR T.-né – HORVÁTH Zs. – SCHEUER Gy. – SCHWEITZER F. 1983. A Rácalmás-kulcsi magaspártok mérnökgeológiai térképezése – Földtani Közlöny 113/4. pp. 313–332.
21. GALLI L. 1952. A dunai és balatoni magaspártok állékonyságának törvényszerűségei. – Hidrológiai Közlöny 32. pp. 409–415.
22. HORVÁTH Zs. – SCHEUER Gy. 1976. A dunaföldvári partrogyás mérnökgeológiai vizsgálata. – Földtani Közlöny 106. pp.425–440.
23. JÁMBOR Á. – RÁLISCHNÉ FELGENHAUER E. 2002. A Középdunai terület kvarter talpszint térképe szerkesztésének eredményei. – A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1997–1998-ról. pp.161–175.
24. JAMES S. G. 2009. Landslides. – In: FOOKES, P. G., LEE E. M., MILLIGAN G. (eds.) Geomorphology for Engineers. – Whittles Publishing, UK. pp.173–217.
25. JUHÁSZ Á. 1999. A klimatikus hatások szerepe a magaspártok fejlődésében. Földtani Kutatás 36. 3. pp. 14–20.
26. KARÁCSONY S. – SCHEUER Gy. 1972. A dunai magaspártok vízföldtani sajátosságai. Hidrológiai Közlöny 9. pp.375–383.
27. KARÁCSONY S. – SCHEUER Gy. 1969. Vízföldtani megfigyelések Dunaújváros környékén. Hidrológiai Közlöny 49. 3. pp. 115–126.
28. KLEB B. – SCHWEITZER F. 1999. A Duna csuszamlásveszélyes magaspártjainak településkörnyezeti hatásvizsgálata. – In: GLATZ F. et al. (szerk.) Földtudományok és a földi folyamatok kockázati tényezői. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp.169–182.
29. LÁNG-né BUCZKO E. 1969. A csuszamlások genetikai típusai. – Földrajzi Értesítő pp.241–245.
30. LÓCZY D. 2008. Földfelszíni folyamatok és formák (Geomorfológia II). Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs. pp.157–190.

31. MAROSI S. – SOMOGYI S. (szerk.) 1990. Magyarország kistájainak katasztere I-II. – MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest. 1990. 1026 p.
32. Marosi S. – Szilárd J (szerk.) 1967. A dunai Alföld. Magyarország tájföldrajza 1. Akadémiai Kiadó, Budapest. 381 p.
33. MAROSI S. 1965. A deráziós völgyekről – Földrajzi Értesítő 14. pp.229–238
34. MEZŐSI G. 2011. Magyarország természetföldrajza. Akadémiai Kiadó, Budapest. 379 p.
35. NAGY J. 2003. A rácalmási partmozgások 2002-2003-ban. Földtani Kutatás 40. 3. pp. 11–15.
36. PÉCSI M. 1955. Eróziós és korráziós völgyek és vízmosások képződése a Duna völgyében Dunaalmás és Nyergesújfalu között – Földrajzi Értesítő 4. pp.41–53.
37. PÉCSI M. 1959. A magyarországi Duna-völgy kialakulása és felszínalaktana. Akadémia Kiadó, Budapest. pp.8–18.
38. PÉCSI M. 1965. A Kárpát-medencebeli löszök, lösszerű üledékek típusai és litosztratigráfiai beosztásuk. – Földrajzi Közlemények 13/4. pp.305–332.
39. PÉCSI M. 1971. A földcsuszamlások főbb típusai. – Földrajzi Közlemények 2-3. pp.125–144.
40. RÓNAI A. – BARTHA F. – KROLOPP E. – MIHÁLYI P.-né 1965. A kulcsi löszfeltárás szelvénye – Földrajzi Közlemények 13. pp.361–370.
41. RÓNAI A. 1963. A talajmechanikai vizsgálatok felhasználása a földtani térképezésben. – Hidrológiai Közöny 2. pp.130–137.
42. SCHEUER GY. 1979. A dunai magaspартok mérnökgeológiai vizsgálata. – Földtani Közöny 109. pp.239–240.
43. SCHWEITZER F. 2011. Katasztrófák tanulságai. – Akadémiai Kiadó, Budapest. pp.101–142.
44. SZABÓ J. 1996. A csuszamlásos folyamatok szerepe a magyarországi felszínformák kialakulásában. – In: GLATZ F. et al. (szerk.) Földtudományok és a földi folyamatok kockázati tényezői. – Akadémiai Kiadó, Budapest. pp.143–161.
45. SZILÁRD J. 1965. A magyarországi periglaciális deráziós völgyképződés egyes kérdései – Földrajzi Közlemények 13. pp.225–238.
46. UBELL K. 1964. A folyó- és talajvíz összefüggése a Duna mentén. Hidrológia Közöny 44. 5. pp. 193–200.
47. UNGÁR T. 1957. Üledék- és talajosztályozások összehasonlítása. – Hidrológiai Közöny 37. pp.34–43.

48. UNGÁR T. 1964. A löszfajták fizikai sajátosságai. – Hidrológiai Közlöny 44. pp.537–545.

*Internetes hivatkozások:*

<http://loczy.mfgi.hu/flexviewer/furas/> (megtekintve: 2014. április 6.)

<http://meip.x5.hu/files/1622> (megtekintve: 2014. március 16.)

<http://mek.oszk.hu/02900/02911/02911.htm#3>(megtekintve: 2014. április 12.)

<http://mernokgeologia.bme.hu/ocs/index.php/konferencia/2013/paper/viewFile/11/12>

(megtekintve: 2014. április 16.)

[http://www.vituki.hu/files/dunahajozhatosag/new/Project%20Final%20Report%20in%20Hungarian/Duna\\_hajozhatosag\\_vegleges.pdf](http://www.vituki.hu/files/dunahajozhatosag/new/Project%20Final%20Report%20in%20Hungarian/Duna_hajozhatosag_vegleges.pdf) (megtekintve: 2014. május 2.)

<http://www.geoshop.hu/index.php?module=Products&cmd=selectProducts#>

(megtekintve: 2014. március 11.)

## 7. Melléklet



1. kép. A kulcsi Dunaparton felszínre lépő egyik forrás. (készítette: Deák Máté)



2. kép. Kulcs, Forrás utca. (készítette: Deák Máté)



**3. kép. Az Alsó Deák Ferenc utca és a Duna közti 2010. októberében megcsúszott terület.  
(készítette: Kalmár Péter)**



**4. kép. Az Alsó Deák Ferenc utca és a Duna közti megcsúszott terület.  
(készítette: Deák Máté)**



**5. kép. A Deák Ferenc utca és Hullám utca közti felszínmozgásos terület.  
(készítette: Deák Máté)**



**6. kép. Kulcs, Hullám- és Deák Ferenc utca közti terület partfalstabilizációs munkálataira nyert pályázati összeg. (készítette: Deák Máté)**



**7. kép. Rácalmás, Kossuth L. utca felső részén elvégzett rézsűzés. (készítette: Deák Máté)**



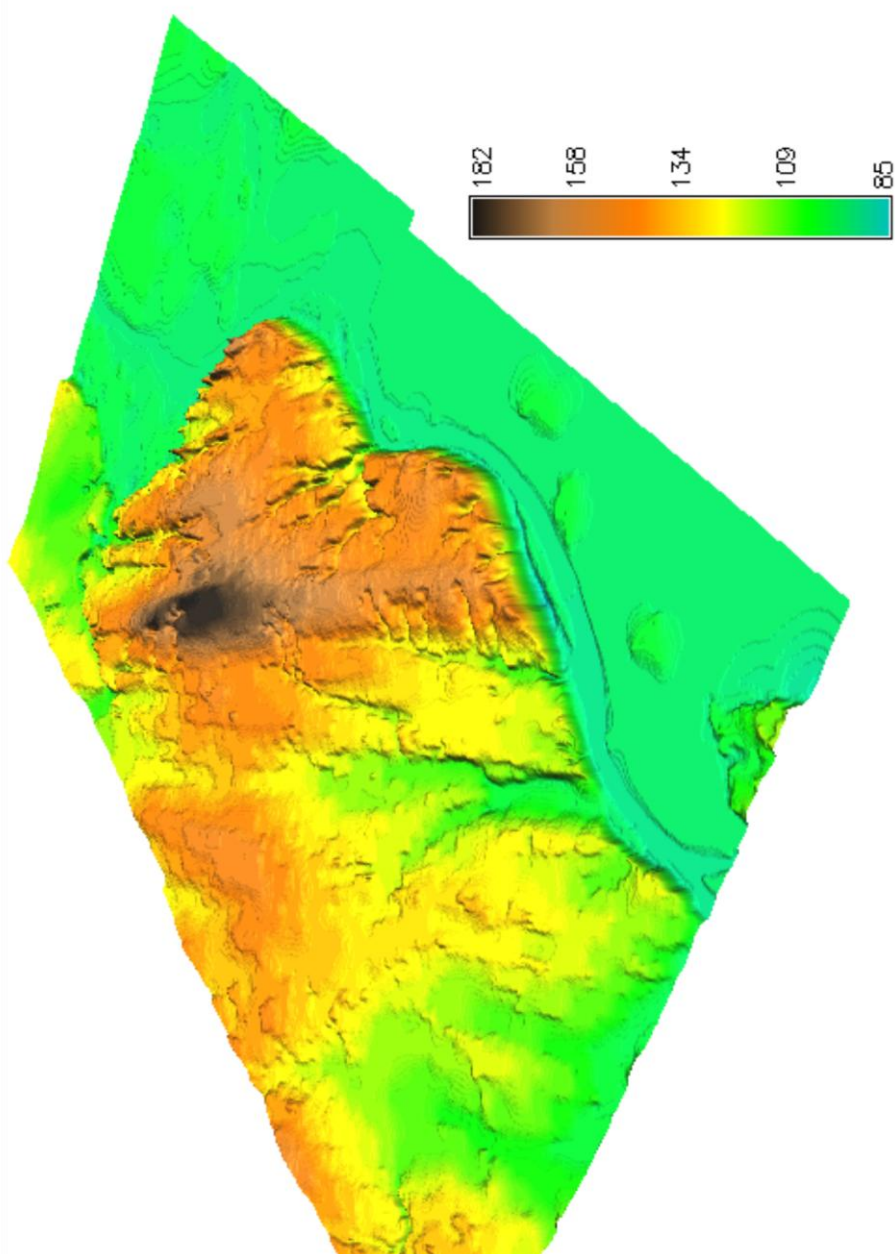
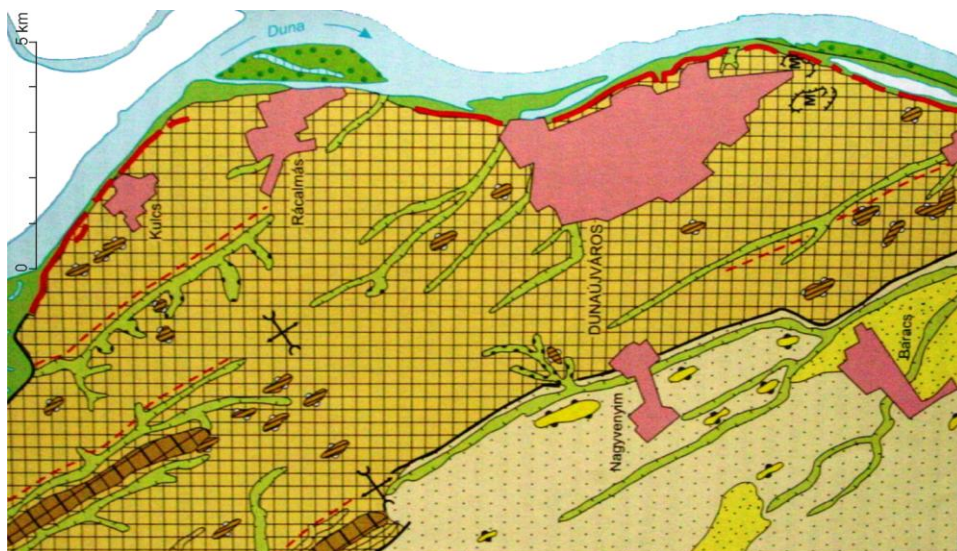
**8. kép. Gabionfalak Rácalmás ófalujában. (készítette: Deák Máté)**



**9. kép. Gabionfal Rácalmás Dunapartján. (készítette: Deák Máté)**



**10. kép. Gabionfal Rácalmás ófalujában. (készítette: Deák Máté)**



1. ábra. A vizsgált terület DEM-je és általános geomorfológiai térképe.  
(készítette és szerkesztette (SCHWEITZER F. 2011. alapján): Deák Máté)

**1. táblázat. Kulcsi források méréseinek adatai (2014. április 20.). (készítette: Deák Máté)**

| Csapadék a mérést megelőző napon, illetve a mérési napon sem volt |                 |                 |                 |                       |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| forrás száma                                                      | 1. mérés l/perc | 2. mérés l/perc | 3. mérés l/perc | mérések átlaga l/perc |
| 1.                                                                | 3,29            | 3,39            | 3,29            | 3,32                  |
| 2.                                                                | 4,49            | 4,29            | 4,39            | 4,39                  |
| 3.                                                                | 1,39            | 1,4             | 1,4             | 1,396                 |
| 4.                                                                | 17,09           | 17,58           | 16,8            | 17,16                 |
| 5.                                                                | 3,29            | 3,69            | 3,59            | 3,52                  |

**2. táblázat. Kulcsi források méréseinek adatai (2014. július 4.). (készítette: Deák Máté)**

| Csapadék a mérést megelőző napon, illetve a mérési napon sem volt |                 |                 |                 |                       |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| forrás száma                                                      | 1. mérés l/perc | 2. mérés l/perc | 3. mérés l/perc | mérések átlaga l/perc |
| 1.                                                                | 3,31            | 3,31            | 3,35            | 3,32                  |
| 2.                                                                | 0,65            | 0,76            | 0,5             | 0,64                  |
| 3.                                                                | 0,81            | 0,81            | 0,8             | 0,806                 |
| 4.                                                                | 11,94           | 13,1            | 12,94           | 12,66                 |
| 5.                                                                | 5,03            | 5,26            | 5,55            | 5,28                  |

**3. táblázat. Kulcsi források méréseinek adatai (2014. július 10.). (készítette: Deák Máté)**

| A mérést megelőző két napon összesen 8 mm csapadék hullott |                 |                 |                 |                       |
|------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| forrás száma                                               | 1. mérés l/perc | 2. mérés l/perc | 3. mérés l/perc | mérések átlaga l/perc |
| 1.                                                         | 3,31            | 3,4             | 3,41            | 3,73                  |
| 2.                                                         | 0,5             | 0,55            | 0,4             | 0,48                  |
| 3.                                                         | 1,01            | 1,1             | 1,1             | 1,07                  |
| 4.                                                         | 13,1            | 12,49           | 13,39           | 12,99                 |
| 5.                                                         | 5,51            | 5,79            | 5,37            | 5,56                  |

**4. táblázat. Kulcsi források méréseinek adatai (2014. július 17.). (készítette: Deák Máté)**

| Csapadék a mérést megelőző napon nem hullott |                 |                 |                 |                       |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| forrás száma                                 | 1. mérés l/perc | 2. mérés l/perc | 3. mérés l/perc | mérések átlaga l/perc |
| 1.                                           | 3,09            | 3,07            | 3,09            | 3,083                 |
| 2.                                           | 0,49            | 0,39            | 0,69            | 0,52                  |
| 3.                                           | 1,2             | 1,205           | 1,1             | 1,17                  |
| 4.                                           | 13,04           | 12,69           | 13,06           | 12,93                 |
| 5.                                           | 5,7             | 6,08            | 6,07            | 5,95                  |

**5. táblázat. Kulcsi források méréseinek adatai (2014. július 29.). (készítette: Deák Máté)**

| A mérést megelőző két napon összesen 26 mm csapadék hullott |                 |                 |                 |                       |
|-------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| forrás száma                                                | 1. mérés l/perc | 2. mérés l/perc | 3. mérés l/perc | mérések átlaga l/perc |
| 1.                                                          | 3,26            | 3,33            | 3,21            | 3,266                 |
| 2.                                                          | 0,4             | 0,4             | 0,5             | 0,433                 |
| 3.                                                          | 2,41            | 2,41            | 2,41            | 2,41                  |
| 4.                                                          | 13              | 12,2            | 13,2            | 12,46                 |
| 5.                                                          | 7,1             | 7,2             | 7,04            | 7,1                   |