

Talaj- és ásványtani vizsgálat Sopron Fő terén

Hofmann Eszter – Bolodár-Varga Bernadett – Bidló András – Horváth Adrienn

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Termőhelyismerettani Intézeti Tanszék

Összefoglalás

Sopron város Fő terének felújítását régészeti feltárás előzte meg 2009 végén. Ennek során lehetőségünk nyílt különböző korokban egymásra rakódott talajrétegek tanulmányozására, talajminták gyűjtésére és vizsgálatára. Az eredeti talajt kb. 4-5 méter mélységben azonosítottuk be, a további talajrétegek pedig a 2,3 méter mélyen még fellelhető Borostyánkő út maradványaira rakódtak és jól láthatóan rétegződtek. Egy választott oldalfalon jelöltük ki a talajszelvényünket, melyen nyolc réteget különítettünk el. Ezek közül kiemelendő a „vörös réteg”, amely a római városfalra épült favázas földsánc kiégett maradványa a régészeti feltárások szerint.

A rétegek gyengén lúgos vagy lúgos (8,0-9,0) kémhatásúak, a legmagasabb pH_{H_2O} -t a vörös rétegben mértük. A vizsgált minták kivétel nélkül magas karbonát tartalommal (25-45%) bírtak. Talajtextúrát tekintve a lazább homokos, homokos vályog összetétel volt jellemző, mely gyakran jellemző a kevert városi talajrétegekre. A rétegek humusztartalma 0,12-4,31 H% közötti értékeket mutatott. A vizsgált talajmintákban kiugró toxikus nehézfém koncentrációkat ($Cd_{total}=1,02$ mg/kg, $Pb_{total}=343,3$ mg/kg, $Zn_{total}=317,3$ mg/kg) a vörös réteg alatt (110-140 cm) mértünk. Az 110 cm alatti rétegek sokkal terheltebbnek bizonyultak a felsőbb rétegeknél. A talajmintákat TGA/DSC 1 termograviméterrel is megvizsgáltuk, egyenletes felfűtés (5°C/perc) mellett, 25-1000°C között, szintetikus levegő atmoszférában. A termoanalitikai kiértékelés alapján a legnagyobb mennyiségben kvarc és karbonát ásványok jellemezték a mintákat, a kalcit a vörös sánc rétegben is dominált. A vörös réteg alatt szervesanyagok is megjelennek a talajszintekben, két határozott exoterm csúcs jellemző 400-500 °C környékén.

Kulcsszavak: Sopron, vörös sánc, talajtulajdonságok, termoanalízis

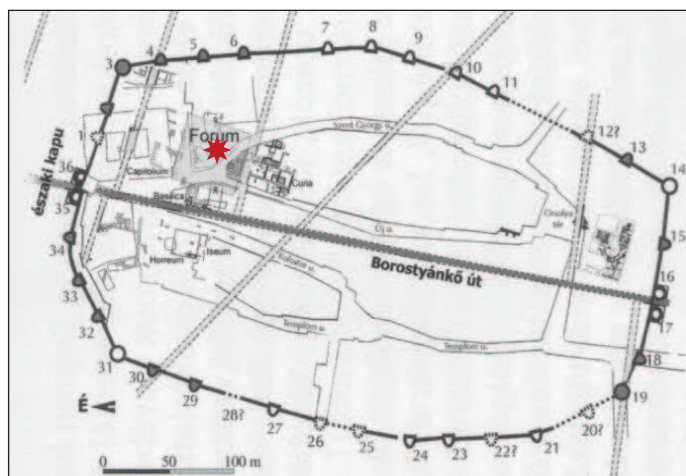
Summary

The renovation of Main Square of Sopron carried out on the end of 2009. Therefore, we had the opportunity to investigate the soil properties of different historical ages and to collect soil samples from 8 separated layers. One of the layers is called as "red rampart", which is the remain of a burned wooden rampart from the Roman city wall. The soil pH of layers was weakly alkaline or alkaline (8.0 to 9.0), the highest value measured in the red rampart. High $CaCO_3$ content (25-45% $CaCO_3$) was typical for all layers. Texture was sandy or sandy loam, which is characteristic for urban soil layers. Humus content were 0.12 to 4.31%. Outliers ($Cd_{total} = 1.02$ mg/kg, $Pb_{total} = 343.3$ mg/kg, $Zn_{total} = 317.3$ mg/kg) were found under the red rampart layer from 110 to 140 cms. The layers below 1.1m were much more polluted than the surface layers. Soil samples examined with TGA/DSC 1, uniform heating (5 °C/min), between 25 to 1.000 °C in synthetic air atmosphere. Based on

thermoanalytical results, quartz and carbonate minerals characterized the composition samples. Especially calcite dominated in the red rampart.

Bevezetés

Sopron a Soproni-hegység és a Fertő-tó melletti Balfi-dombság között, az Ikva patak völgyében fekszik. A Soproni-medence kedvező földrajzi fekvése miatt az őskor óta lakott terület. A régészeti feltárások során sok újkőkori, réz- és bronzkori lelet került elő. A római korban *Scarbantia* virágzott a mai soproni belváros területén, melyen áthaladt az észak-déli Borostyánkő út. A népvándorlás korában a település romvárossá vált, új város i. sz. 900 körül jött létre, melyet még 5-6 méteres magasságban védtek a római kori városfalak. A sorozatos barbár támadások miatt I. István az egykori *Scarbantia* helyén határvárat emelt, melyet pontosan a római kori vár vonalára építettett (TÓTH, 2011). Kr.u. 1030 és 1074 között véletlen tűzvész pusztított a várban, melynek következtében az agyagos föld vörösre égett, fellelhetők a megszenesedett gerendák maradványai is. A keletkezés történetében azonban megoszlanak a régészeti vélemények. Egyes várostörténet kutatók szerint ellenséges támadás miatt ütött ki tűz, míg mások szerint egy a 10. században elterjedt építési technikával állunk szemben, melyet vörös-sánc technikaként is említenek. A vörös-sánc a leírás szerint egy több méter magas földhalom volt, melynek tetején egy másfél méter széles agyagba rakott kőfal húzódtott. A kövek között fa gerendák feküdtek, így biztosítva a levegőjáratokat a tökéletes kiégetéshez, melyek meggyújtásával az agyagos föld vörösre, illetve üvegkeménységűre égett (BARÁZ, 2013). A várfalakon belül a falakhoz támaszkodva kezdtek építkezésekre, így alakultak ki az ellipszis vonalú utcák, melynek egyik gyűjtőpontjában a Fő tér vagy Fórum jött létre (GÖMÖRI, 2013) (1. ábra).



1. ábra. Az É-D-i Borostyánkő út és a Fórum elhelyezkedése (GÖMÖRI, 2013) (A vizsgált talajszelvény helye csillaggal jelölve)

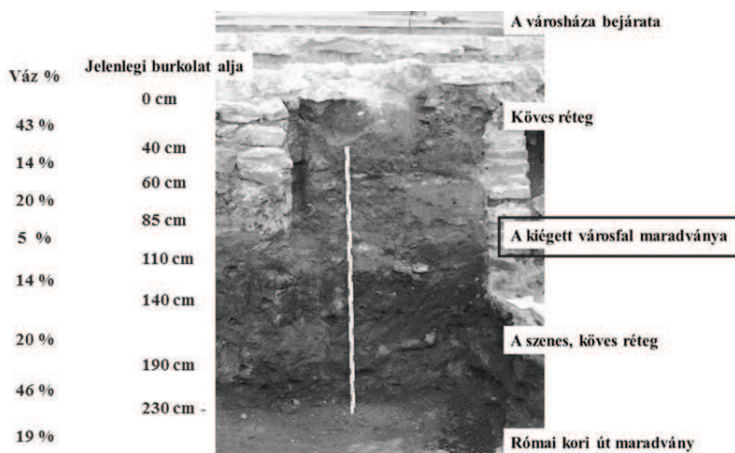
A soproni vörös sáncból származó minták esetében már korábban is történtek kémiai, mágneses és termolumineszcens vizsgálatok (VERŐ, 1988) és a minták mikroszondás elemzése alapján (GYÖRGY & TAKÁCS, 1988) Si és Ca volt a legjellemzőbb alkotó elem. BENKŐ (1988) termolumineszcencia vizsgálatok alapján $835 (\pm 12\%)$ évre becsülte a vörös sánc korát, így a sánc kiégetése a hibaszázalékot is figyelembe véve 1151 körül történhetett. A 2009-es év végén Sopron Fő terén (az egykori Fórum helyén) felújítási

Talaj- és ásványtani vizsgálat Sopron Fő terén

munkálatok kezdődtek meg, melyet régészeti feltárás is megelőzött, így lehetőségünk volt az egymásra rakódott talajrétegek tanulmányozására.

Anyag és módszer

A felújítási munkálatok során az egymásra rakódott talajrétegek mintavételéhez egy jól rétegződött oldalfalat választottunk (2. ábra) a jelenlegi városháza bejárata előtt mintegy 1 méterrel. A szelvény koordinátái É 47°41'11,58"; K 16°35'28,73". A talajszelvény legalsó szintje (190-230 cm) közvetlenül a Borostyánkő út legfelső szintje felett helyezkedett el 230 cm-es talajmélységben. (Az idők során a rómaiak több egymás felett elhelyezkedő utat építettek a vizsgált részen.) Az elkülönülő rétegek között a 60-85 és 85-110 cm-en található a már korábban említett „vörös-sánc” (a későbbiekben vörös réteg), mely alatt egy fekete, szenes, köves réteg különült el. Szakmai szempontok alapján nyolc réteget különítettünk el és mintáztunk meg. Feljegyeztük az egyes szintek színét, szerkezetét, tömödtségét, humusztartalmát, fizikai féleségét és az esetleges kiválásokat, talajhibákat (2. ábra).



2. ábra. A római kori útra rakódott talajrétegek

A talajminták kémhatását (pHH₂O, pHKCl - MSZ 08-0206-2:1978), CaCO₃-tartalmát (MSZ 08-0205:1978) és szervesanyag-tartalmát (FAO, 1990), illetve – az Arany-féle kötöttségi szám alapján – fizikai féleségüket és mechanikai összetételüket (MSZ 08-0205:1978) határoztuk meg. Ezen kívül ammónium-laktát oldható (AL) foszfortartalom (mg P₂O₅/100 g), és káliumtartalom (mg K₂O/100 g) került meghatározásra. Az általános talajtulajdonságok vizsgálata mellett az összes toxikus nehézfém-tartalmakat is meghatároztuk 24 elem esetében (Al, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Se, Sr, Te, Tl, Zn). A felsorolt elemek közül a Cd, Co, Cu, Ni, Pb, és Zn eredményeket emeltük ki a kiértékelést követően, mivel ezen elemek halmozódhatnak fel leginkább az antropogén talajokban, mellyel károsíthatják az emberi egészséget (HORVÁTH et al., 2015). Az összes elem feltárását (HNO₃+H₂O₂ – MSZ 21470-50:2006) követően a talajkivonatok elem-tartalmát induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer (ICP-OES -ICAP 6000 Series) készülékkel mértük meg. A kiértékelésben

irányadónak a Magyarországon hatályos 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletet vettük figyelembe.

Az ásványi összetétel megismerésére zajlottak termogravimetriás analízis/differenciális pásztázó kalorimetria vizsgálatok is a Mettler TGA/DSC 1 termograviméterrel, egyenletes felfűtés mellett (5°C/perc), levegő atmoszférában. A felsorolt vizsgálatokat a Nyugat-magyarországi Egyetem Termőhelyismerettani Intézeti Tanszék laboratóriumában végeztük. A fizikai, kémiai és nehézfém-tartalmi vizsgálatokkal a közel 2 évezredes emberi hatás környezetformáló tevékenység mértékének kimutatása, míg a termogravimetriás mérésekkel a vörös sánc – feltételezett – eredetének meghatározása volt a célunk.

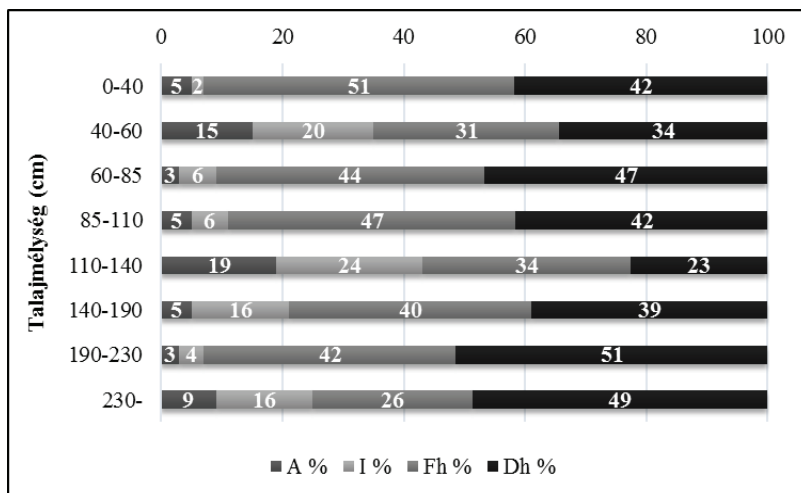
A vizsgált szelvény a WRB 2014 alapján Urbic Technosol (Calcic), a hazai osztályozás szerint a mesterséges talajképződmény (MEST) genetikai talajtípusba soroltuk (Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal - NÉBIH).

Eredmények

A minták kémhatása a városi talajokra jellemzően gyengén lúgos vagy lúgos volt, a legmagasabb pH-t a vörös rétegben mértük. Ennek oka lehet a feltételezett kiégetés, hiszen a hamu kémhatása szintén erősen lúgos. Talajsavanyodásra való hajlamot csak az alsó vörös réteg mutatott a pH_{KCl} értékek alapján.

1. táblázat. Laborvizsgálati eredmények az egész talajszelvényre nézve szintenként

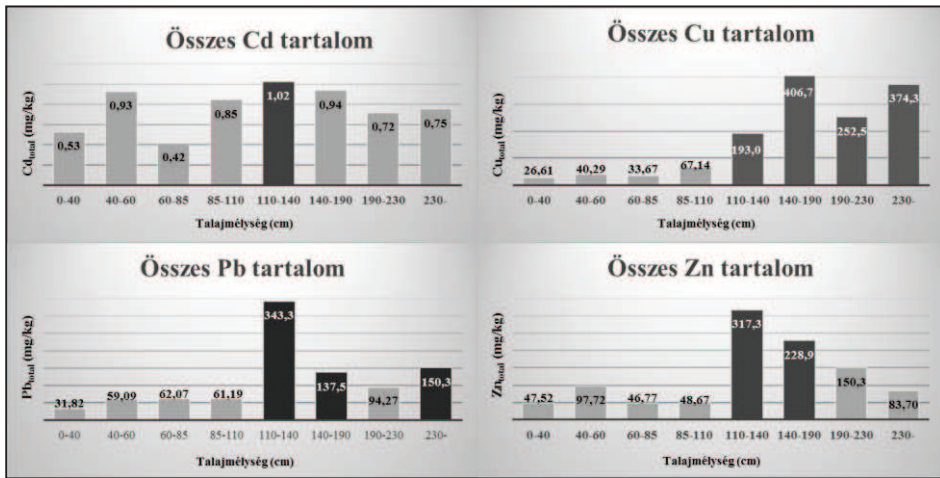
mélység g cm	$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$	pH_{KCl}	CaCO_3 %	H%	K_A	AL-oldható P_2O_5 (mg/ 100 g)	AL-oldható K_2O (mg/ 100 g)
0-40	8,5	7,7	45	1,82	23	125,4	22,8
40-60	8,5	7,7	27	3,09	36	160,5	78,8
60-85	8,9	8,0	29	0,12	40	132,8	135,9
85-110	9,0	8,0	25	0,45	41	141,0	120,1
110-140	8,0	7,5	31	4,31	47	197,0	108,2
140-190	8,2	7,8	36	3,68	38	214,5	68,4
190-230	8,5	8,0	44	1,94	30	190,0	60,4
230-	8,6	7,8	25	1,34	27	142,0	66,6



3. ábra. A római kori útra rakódott talajrétegek szemcseösszetétele

(frakció jelölés: A% - agyag, I% - iszap, Fh% - finom homok, Dh% - durva homok)

A talajminták magas CaCO_3 -tartalmat a talajokban lévő nagy mennyiségű építési törmelékkel magyarázható (2. ábra). A talajok szerkezete laza, kevésbé kötött volt, ami összefügg a homok, homokos vályog összetétellel (3. ábra). Mivel városi talajról van szó, érthető, hogy elég változatos szemcseösszetételű talajrétegekről beszélhetünk, az építkezések során felhasznált homok változó arányban jelenhet meg az egyes korokban lerakódott talajrétegekben. A legmagasabb agyag százalékú a 110-140 cm-es réteg volt, ahol az agyag- és humusz kolloidokhoz jelentős mennyiségű nehézfém kötődött. A szervesanyag-tartalom a szintek többségében közepes volt a vörös rétegeket kivéve, ahol a szervesanyagok hiánya szintén a kiegészítésre utalhat. Az AL-oldható foszfor és kálium koncentrációkat tekintve a kálium szintén a két vörös rétegben mutatta a legmagasabb értékeket. A vörös rétegben mért magas AL-oldható kálium koncentráció a kiegészítés során keletkezett hamura utalhat. A foszfor értékek inkább a vörös rétegek alatti, mélyebb szintekben mutatnak magas értékeket. Ennek legvalószínűbb oka, hogy a régészeti feltárások során emberi csontváz is találtak ~180 cm mélyen, hisz nem volt szokatlan, hogy őseink a romok közé temetkezzenek. A nehézfém tartalmi vizsgálatok alapján a vörös réteg alól származó talajminták a legterheltebbek kadmiummal, ólommal és cinkkel (4. ábra). Ennek oka valószínűsíthetően a középkori fémmegmunkálás és a fórum környéki kovácsműhelyek tevékenysége lehetett illetve a magas agyagtartalom. Sötét színnel a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet szennyezettségi határértékeit meghaladó eredményeket emeltük ki az adott elemre vonatkozóan.



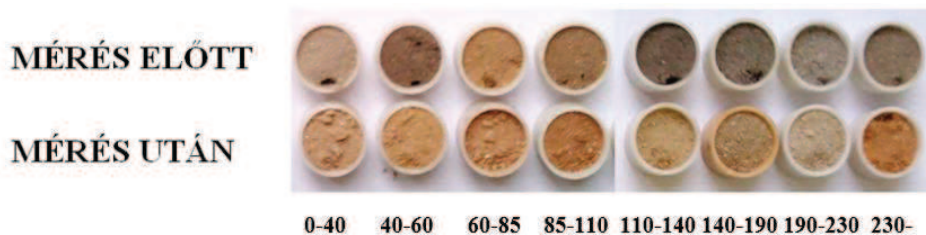
4. ábra. Kadmium, réz, ólom és cinktartalom a vizsgált talajszintekben

A termoanalitikai kiértékelés alapján a talajmintákban legnagyobb mennyiségben kvarc és karbonát ásványokat találtunk, a karbonátok közül a kalcit volt legjellemzőbb. Ennek mennyisége a vörös sánc rétegben elérte a 17%-ot. A 2. táblázat mutatja a talajrétegek termikus analízissel mért karbonáttartalmát.

2. táblázat. Termikus analízissel mért karbonáttartalmak az egyes talajszintekben

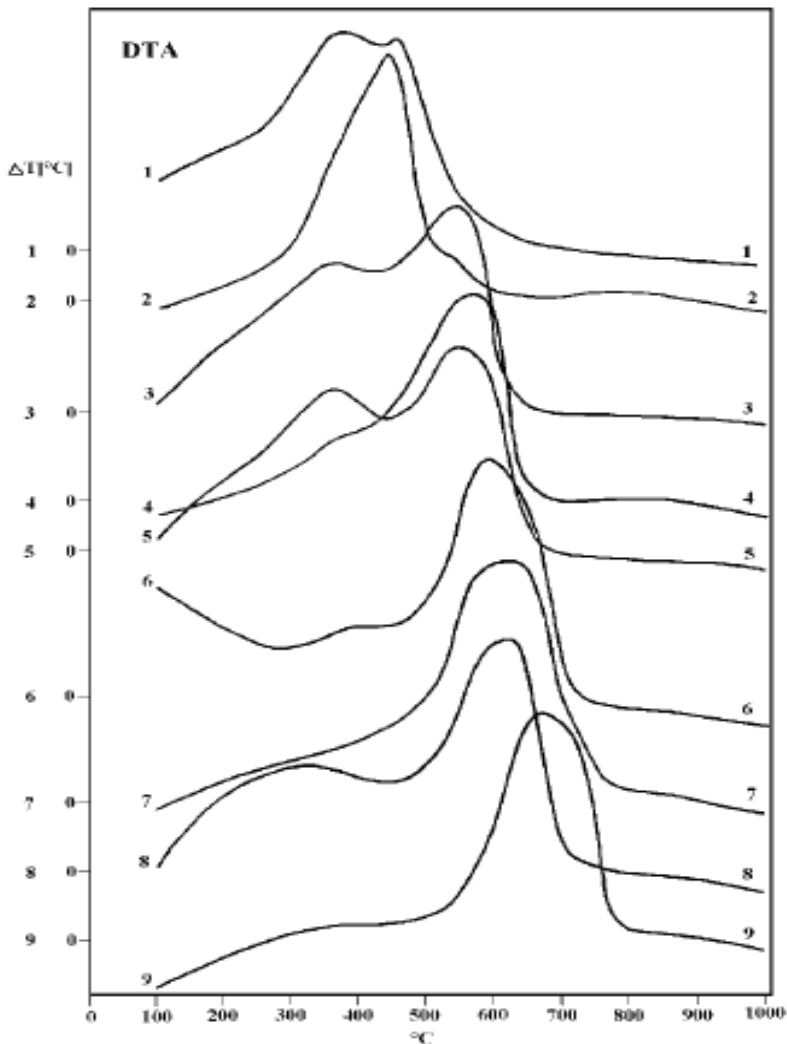
Talajmélység (cm)	0-40	40-60	60-85	85-110	110-140	140-190	190-230	230-
CaCO ₃ % termoanalízis	40	20	20	17	23	27	32	18

A minták színváltozása a termikus vizsgálat során információval szolgálhat a hevítés közben végbemenő folyamatok elemzéséhez. Ahogy az 5. ábrán is látható, hő hatására vörös és fakóbarna színűek lettek a talajminták, a vörös réteg színe (85-110 cm) nem változott a hevítés során. Jelentősebb változás a vörös réteg alatti szintekben figyelhető meg, ahol a szürkés, szenes rétegek vörös színűek lettek, mely a vas jelenlétére utalhat és a DTG felvételein is jól látható 300°C-nál egy csúcs, mely a Fe-oxid-hidroxid ásványokra jellemző.



5. ábra. A talajminták termikus vizsgálat előtt és után a vizsgált rétegek mélysége szerint (cm)

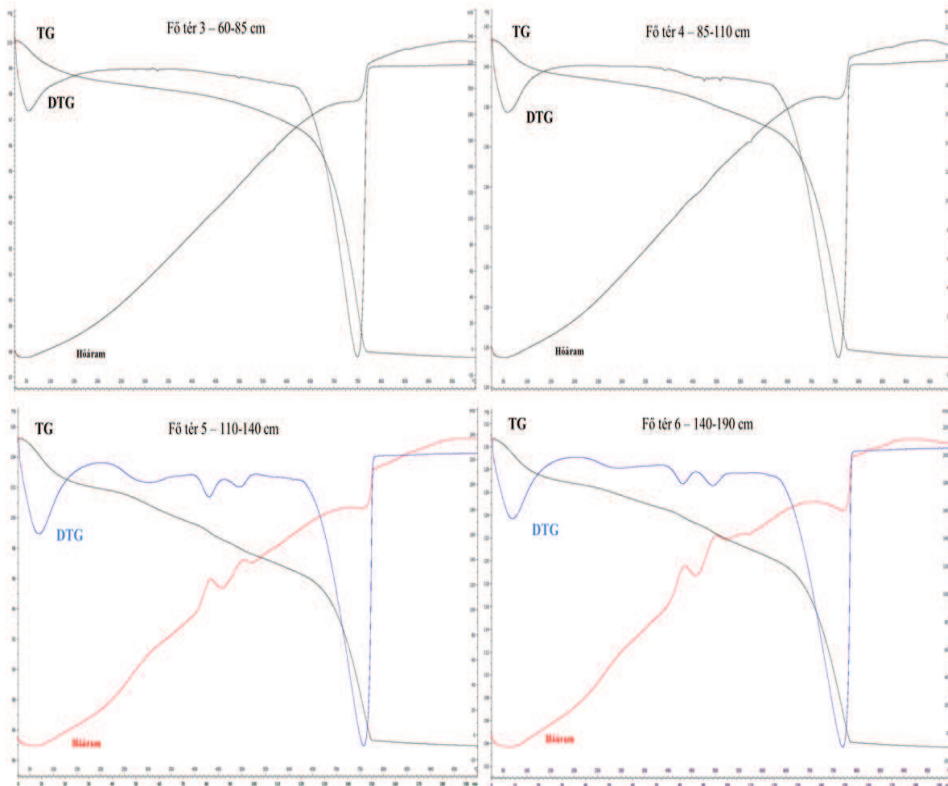
A termoanalitika számos lehetőséget nyújt a természetes szerves anyagok vizsgálatára, amelyek termikus reakciói általában bonyolult folyamatok. A kiégett vörös réteg alatt és felett megjelennek a szervesanyagok a talajban. A talajban található szerves komponensek a levegőn történő hevítés hatására elégnak, miközben hő fejlődik. A szerves anyag égésekor felszabaduló hő erősen függ a benne található funkciós csoportok minőségétől és mennyiségétől. A szénülési fok növekedése szerint a széntartalom növekszik és az illók mennyisége csökken. Ez a változás termikusan összhangban van a telítetlen kötések és a funkciós csoportok redukciójával, és az aromás csoportok mennyiségének növekedésével (FÖLDVÁRI, 2011). Az égés kezdő hőmérséklete a szervesanyagok gyulladási, bomlási hőmérsékletétől függ, így a mért görbéből következtetni lehet a szervesanyagok típusára (PLANTE et al., 2009). A szerves vegyületek égése határozott exoterm reakciókat mutat gyakran széles hőmérsékleti tartományokban.



6. ábra. Különböző szerves (szén)vegyületek exoterm csúcsai (FÖLDVÁRI, 2011)

A 6. ábrán is jól látható, mely különböző szerves (szén)vegyületek határozott exoterm csúcsait mutatja (FÖLDVÁRI, 2011).

A Fő téri talajminták termikus elemzése során kapott felvételekből (7. ábra) jól látszik a mintákban lévő kalcit és kvarc előfordulás, illetve a szervesanyagok 400-500 °C környékén megjelenő határozott exoterm csúcsai, melyek a 6. ábrán látható szénvegyületek határozott exoterm csúcsaihoz hasonló jellegűek, ezek a szénülés folyamatát feltételezik ezekben a talajszintekben.



7. ábra. A vörös réteg és az alatta elhelyezkedő szenes, köves rétegek termoanalitikai felvételei

Eredmények megvitatása és értékelése

A laboratóriumi vizsgálatok alapján a mai napig vitatható eredetű vörös réteg lúgos kémhatása, magas káliumtartama, illetve a termikus analízis eredményei (szervesanyag és agyagásvány jelenléte sem kimutatható) a korábban említett gerendákkal tűzdelte földszánc kiegészésére utal.

A vörös réteg alatti minták magas nehézfém tartalmi értékei az akkori korra jellemző fémmegmunkálásból adódhattak. A vörös sánc alatt (110-140 cm) a termoanalitikai vizsgálatok alapján a szén jelenléte is feltételezhető, melynek exoterm csúcsai 400-500 °C

Talaj- és ásványtani vizsgálat Sopron Fő terén

között jellemzőek, amely megerősítette terepi megfigyelésünket. A korábban említett kémiai, mágneses és termolumineszcens vizsgálatok eredményeit összevetve a saját eredményeinkkel jó egyezést tapasztaltunk. A termoanalitikai felvételeink alapján a Fő téri talajszelvénynél főleg a SiO₂ és a CaCO₃ tartalom dominált a talajmintákban (lásd 2. táblázat, 7. ábra), mely megerősíti GYÖRGY és TAKÁCS (1988) által mért magas Si és Ca eredményeket. Az említett korábbi eredmények és az általunk vizsgált talajszelvény eredményei összhangban vannak egymással, hiszen a lúgos kémhatás, a szervesanyag és egyéb ásványok hiánya jelezheti tehát a vörös rétegek kiégését. A talajszelvény vizsgálata elmúlt korok lenyomatát tárta fel számunkra.

Köszönetnyilvánítás:

Köszönet illeti Stark Miklósnét és Varga Zsófiát a mintavételben és laborvizsgálatokban való közreműködésükért.

Irodalom

6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti vízszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről

BARÁZ, Cs. (2013): A Kő-köz sáncai - Középkori várak és utak a Bükkben. Zöld Horizont 3(23): 4-5

BENKŐ, L. (1988): A soproni vörös sánc anyagának termolumineszcencia-vizsgálata. Soproni Szemle XLII. 2. 24-26.

FAO 1990. Guidelines for soil description. 3rd Ed. (revised). Soil Resources, Management and Conservation Service, Land and Water Development Division. FAO, Rome. pp. 70.

FÖLDVÁRI, M. (2011): Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice 213. Occasional Papers of the Geological Institute of Hungary, Budapest.

GÖMÖRI, J. (2013): Scarbantia maradványai a soproni Fő téren és körzetében. Régészeti kutatások 1971 és 2003 között. Kő kövön I. kötet. Vince Kiadó, Budapest. 213-224.

GYÖRGY, L. & TAKÁCS, S. (1988): A soproni vörös sánc kémiai vizsgálatának eredménye. Soproni Szemle XLII. 2. 21-24.

HORVÁTH, A., SZÚCS, P. & BIDLÓ, A. (2015): Soil condition and pollution in urban soils: evaluation of the soil quality in a Hungarian town. J Soils Sediments 15(8):1825-1835.

MSZ 08-0206-2:1978 A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Laboratóriumi vizsgálatok (pH-érték, szódában kifejezett fenoltalein lúgosság, vízben oldható összes só, hidrolitos /y1-érték/ és kicserélődési aciditás /y2-érték/).

MSZ 08-0205:1978 A talaj fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata.

MSZ 21470-50:2006 Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Az összes és az oldható toxikus elem-, nehézfém- és a króm(VI)tartalom meghatározása.

PLANTE, A. F., FERNANDEZ, J.M. & LEIFELD, J. (2009): Application of thermal analysis techniques in soil science. Geoderma 153 p. 1-10.

TÓTH, I. (2011): Sopron város története. Kutatási összefoglaló, Soproni Múzeum, Sopron p 10

VERŐ, J. (1988): Mágneses mérések a soproni vörös sánc területén. Soproni Szemle XLII. 2. 26-27.