

## SUSAK-SZIGET FELSZÍNFORMÁLÓDÁSA

BOGNÁR ANDRÁS–KIS ÉVA  
–SCHWEITZER FERENC

LANDSCAPE EVOLUTION OF SUSAK ISLAND

### Abstract

The aim of our investigations was to explore the evolution of loess platform and the landforms on Susak Island in Kvarner Bay, North Adriatic basin. Special emphasis was put on the role of tectonic movements in the landscape evolution of the island. Landforms were displayed on geomorphological maps and their evolution was explained in details. The most characteristic landforms on Susak Island are as follows: partly exhumed landforms of the ancient terrain (scarps, limestone cliffs) emerging from loess sediments or becoming unburied by abrasion; special loess landforms formed on denudation-accumulation relief. We also highlighted the role of sand dune cave levels situated above the surface and under the sea level in indicating hiatus of paleo-soil series.

**Keywords:** Kvarner Bay archipelago in North Adriatic basin, loess platform, denudation-accumulation relief

### Bevezetés

Tanulmányunkat PÉCSI MÁRTON akadémikus úr tiszteletére és megemlékezésére készítettük. A munka hosszú éveken át tartó, az Észak-adriai térség negyedidőszaki fejlődéstörténetét kutató vizsgálataink eredményeire épül (BOGNAR A. et al. 2003). A kutatási területen azóta is folyamatosan dolgozunk és a témát az új eredményekkel bővítjük. PÉCSI MÁRTON – aki élete utolsó éveiben ismerte kutatócsoportunk eredményeit – súlyos betegsége miatt azonban már nem tanulmányozhatta a helyszínen az észak-mediterrán löszképződés sajátosságait és a löszplatókon kialakult felszínformákat. Nagy álma már nem valósulhatott meg. Kvarner-öböl menti kutatásainkból ez alkalommal a susak-szigeti löszplatón kialakult főbb felszínformákról, ezen belül is különös tekintettel a korróziós és szuffóziós folyamatok által kialakított formákról adunk ízelítőt. E formák kialakulásának jellemzése PÉCSI MÁRTON igen kedvelt témáihoz tartozott. Reméljük, hogy a magyar nyelvű tanulmány ki fogja elégíteni mind a magyar geomorfológus, mind a geológus kutatóközösségek várt kíváncsiságát és érdeklődését.

Az Adriai-tenger melléke és a Pó-síkság kvarter képződményeit CREMASCHI M. (1987) ismerteti részletesen. A szerző behatóan foglalkozott a Mediterráneum ún. löszjellegű üledékeivel, térképvázlatai alapján nyomon követhetjük elterjedésüket és típusaikat. Véleménye szerint, a sziget üledékei a karsztpatára települt löszök genetikai csoportjába tartoznak.

A sziget és környezete negyedidőszaki képződményeinek legfontosabb komplex ásvány-kőzettani, geokémiai, geológiai, kronológiai és geomorfológiai vizsgálati eredményei: FORTIS A. 1771; MARCHESETTI C. 1882; KIŠPATIĆ M. 1990; MUTIĆ R. 1967; WEIN N. 1976; BOGNAR A. 1979; BOGNAR A. et al. 1989; BOGNAR A.–ZÁMBÓ L. 1993; BOGNAR A. 1998; KUK V. et al. 2000; BOGNAR A. et al. 2002; BOGNAR A. et al. 2003; LUŽAR-OBERRITER B. et al. 2008; MIKULČIČ-PAVLAKOVIĆ S. et al. 2001; WACHA L. et al. 2011.

## A susak-szigeti löszök és löszszerű üledékek keletkezése

A susak-szigeti (1. kép) lösz a Földközi-tenger északi térségének löszelőfordulásaihoz tartozik. COUDÉ-GAUSSÉN G. (1991) szerint, míg az É-mediterrán löszök az európai periglaciális löszök helyi fáciesének tekinthetők, addig a D-mediterrán löszök – az afrikai löszök a Szahara peremén – már a sivatagi löszök családjához tartoznak. A Susak-szigeti löszös üledéksorozat a Dalmát-szigetek ritkán előforduló eolikus üledékeinek egyik legszebb kifejlődése. A Mediterráneum északi részén az ismétlődő üledékösszletek periglaciális körülmények között ülepedtek le, míg az észak-afrikaiak a sivatagok peremén pluviális időszakok alatt halmozódtak fel (COUDÉ-GAUSSÉN G. 1991).



1. kép Légifelvétel Susak-szigetéről (VOLARIĆ S. 1997)  
Photo 1 Aerial photograph of Susak island (VOLARIĆ S. 1997)

Lösz és löszszerű üledékek az Adriai-tenger mindkét partvidékén előfordulnak egységes medencét alkotva. (Dalmát-szigetek, a horvát tengerpart, az Alpok előtere, a Pó-síkság, kisebb elterjedésben a Marche területén és az Appenninekben (CREMASCHI M. 1987).

Az Észak-adriai-medence peremvidékén és szigetein előforduló löszök és löszszerű üledékek poranyaga az Alpok és az Appenninek peremi térségéből, morénák és olvadékvíz-síkságok anyagaiból származik. Többszöri szállítással – eolikus, fluvioglaciális és fluviális – (poligenetikus löszkeletkezési elmélet) jutott el a Pó-síkság területére, ahonnan a nyugatias irányú szelek szállították tovább a glaciálisok idején tengervíz nélküli száraz adriai völgyön át. A lösz a Pó-folyó üledékeinek kifúvásából származik. A legnagyobb eljegesedések idején az Adriai-tenger szintje kb. 100 m-rel alacsonyabb volt a jelenleginél (az Észak-adriai-medence térségében a víz mélysége ma sem haladja meg az 50 m-t). A Pó-alföld vízfolyásai és az alpi peremi gleccserek is jóval meghosszabbodtak a kiszáradt

Adriai-medencében. DE MARCHE (1922) szerint Susak-sziget környéke az utolsó interglaciális idején a Pó-alföld részét képezte, melynek területe a tengerszint csökkenésének megfelelően több száz kilométerrel megnövekedett a jelenlegi partvonalától DK-i irányban. GAZZI P. et al. (1973) CREMASCHI M. (1990) szerint a lösz a tulsó partról a DNy-i irányú szelek szállították a sziget felé. Az észak-adriai löszök – éppen a fent említett származási körülmények miatt – jóval mállottabbak, mint pl. a Kárpát-medenceiek, ezért nem teljesen felelnek meg a klasszikus lösz meghatározásnak.

Susakon és a Dalmát-szigeteken a lösz terra rossa típusú talajképződményeket fedő fosszilis homokdűnékre és tengeri abrúziós teraszokra (karsztplató, kréta rudista mészkő) települt. A Susak-szigeti lösz származása bizonyítékának tekintjük, hogy a forrásüledékek agyagásványai közül az illit (Alpok déli előtere) vagy a vermikulit (Appenninek előtere) van-e túlsúlyban. Az Alpok és Appenninek peremi savas és mésztelenített löszei a kilúgozás előtti alacsony meszségre utalnak. Ilyen alacsony  $\text{CaCO}_3$  tartalmú a susaki lösz (ált. 10–14%) is, szemben a paksi löszök 20–38%-os értékeivel.

### A tektonika szerepe a sziget felszínfejlődésében

A sziget (1. kép) a szomszédos Nagy- és Kis-Srakane, valamint Unie-szigetekkel együtt részét képezi a Kvarner-öböl szigetcsoportjának, amely egy mezogeomorfológiai régióknak tekinthető. Területüket nézve kisebb szigetek: Susak 3,76 km<sup>2</sup>, Nagy-Srakane 1,17 km<sup>2</sup>, Kis-Srakane 0,60 km<sup>2</sup> és közülük a legnagyobb Unie 16,8 km<sup>2</sup>. Kontinentális típusú szigetek, amelyek csak az eljegesedéseket követő transzgressziók folytán váltak szigetekké.

A sziget igen alacsony (2. kép). Legmagasabb pontja 98 m-rel emelkedik a tenger szintje fölé. Tábla jellegű. Egy jól fejlett lépcsővel két részre tagolható, az ÉNy-i magasabb (60–98 m) és a DK-i alacsonyabb (30–50 m) részre (1. kép).



2. kép A sziget központi része. Felszínét egy jól kifejtett lépcső tagolja egy alacsonyabb (30–50 m) és egy magasabb (60–98 m) szintre (Fotó: Kis É.)

Photo 2 Central part of the island. The terrain consists of two scarps, a lower (30–50 m a.s.l.) and a higher one (60–98 m a.s.l.) (Photo by Kis É.)

Figyelembe véve a sziget alakját, ami megfelel az azt körülvevő tenger alatti domborzatnak, látható, hogy nemcsak arról van szó, hogy a sziget szárazföldi és tengeralatti részei egy morfológiai egységhez tartoznak, hanem arról is, hogy a tengeri transzgresszió miatt

Susak a horszt típus rejtett alaktani-szerkezeti egységéhez tartozik. A sziget neotektonikai és morfológiai sajátosságai szintén hozzájárultak ahhoz, hogy a lösz és a löszszerű üledékek viszonylag jó állapotban őrződtek meg.

Az ÉNy–DK-i fő csapásirány a szigettől ÉNy felé haladva zátonyt képező, sekély és keskeny tengeralatti plátón halad át. Itt a tenger átlagos mélysége 5–15 m között alakul. A sziget ÉK-i és DNy-i partja mentén elhelyezkedő zátonyoknál a 20, 30, 40 m-es izobátok összesűrűsödnek, meredek, tenger alatti lejtőre utalnak. Ez a meredek lejtő választja el a sekély zátonyt a szinte teljesen sík tengerfenéktől (40–50 m).

A sziget legmeredekebb része a DK-i parti övezet, amely egy ÉNy–DK-i csapásirányú, víz által elegyengetett lejtő. Ez a sziget DK-i részén lealacsonyodva folytatódik. A magasabb ÉNy-i lösz magaspartok azonban folytatódnak a tenger alatt lealacsonyodva és ellaposodva. Ez a kettősség magyarázza Susak-szigetének aszimmetriáját.

A meredek, partközeli, tenger alatti rész valószínűleg vetődéssel jött létre (1. kép). Ez mondható el az ÉK-DNy-i csapásirányú ívről is. A törés a szigetet kétfelé osztja, egy magasabb, nagyobb kiterjedésű ÉNy-i részre, és egy alacsonyabb, kisebb DK-i részre. Felszínalaktánát meghatározza a Vela Draga-i vízmosások intenzív bevágódása.

*A lösz tábla – különösen az ÉNy-i magasabb részen – aprólékosan fel van szabdalva tektonikailag előre jelzett deráziós keresztvölgyek és igen sűrű vízmosások hálózatával. Csak a sziget tető szintjében maradt meg az igazi platójjelleg, amelyet a szintkülönbségek alacsony értékei is bizonyítanak (0–2 m, 2–5 m). A lösz tábla a tengerpart felé igen éles és magas peremmel érintkezik. A relatív relief DK-en csupán 5–30 m, a sziget ÉNy-i részén 30–100 m/km<sup>2</sup>-enként. Hasonló a helyzet a lejtőszög kategóriákkal: míg a sziget tetőszintje része majdnem ideális síkság (pl. a temető környékén lejtés 0–2°), addig a löszmagaspartokon, a nagyobb lejtésű vízmosásokban és deráziós völgyekben a lejtők szöge eléri a 30–40°-ot, sőt egyes esetekben meghaladja az 55°-os értéket is.*

*A sziget karsztos jellegű, denudációs tektonikai szerkezet-morfológiai egység. Kialakulása egy dinári reverz töréshez kapcsolódik, amely során pikkelyes szerkezet alakult ki.*

Susak része a Külső-Dinaridáknak, határvonala azon egymásra toldott szerkezeteknek, amelyek az adriai mikrolemezt és az Isztriai-félszigetet választják el egymástól. A sziget általános morfológiai jellemzői, különösen a korróziós folyamatok által alakított, lösszel, löszszerű és homokos üledékekkel borított, mészkő fennsík arra utalnak, hogy Susak szerves része az Isztriai mészkőtáblának. Ezt a domborzati viszonyok is tükrözik a sziget tágabb környezetében.

A lapos, platószerű domborzati formák, amelyek oly jellemzőek az Isztriai-félszigetre, Susak-szigetén is dominánsak, valamint Unije-sziget délnyugati részén is, míg a paraautochton más részein hiányoznak. Ez arra utal, legalábbis geomorfológiai értelemben, hogy Susak-sziget és Unije DNy-i fele az isztriai mészkőtábla része. Az ÉNy–DK irányú törésvonal jelenti a határt az Adriai mikrolemez és a Dinaridák között. E törési zónában – Cres–Unije–Susak–Dugi Otok–Kornati-szigetek – bukik alá a mikrolemez a Dinaridák alá. A lemezek ütközésére utal a szeizmotektonika, pl. a hipocentrumok elhelyezkedése. Az említett törésvonaltól É-ra és ÉK-re, a hipocentrumok mélyebben helyezkednek el. A két nagy geotektonikai egység között határt képező törésvonal okozta a szomszédos Unije-sziget ívszerű meghajlását és mindkét sziget mikrotektonikai feldarabolódását.

Az Adriai-lemez – amely az Afrikai-lemez egyik idevándorolt része – ún. elsőrangú tektonikai vonal mentén bukik a Dinári-hegységrendszer alá kollíziós jellegű folyamatok következtében.

Az Adriai-lemez határait a Dinári-hegység felé a következő vonal jelzi: Isztria (a Csicsári- és az Ucska-hegység), Unie, Susak és Dugi-otok (Hosszú-sziget). Ezen vonal *szeizmotektonikai bizonyítékai a földrengésszések (a hipocentrumok) mélységi elrendeződései.*

Az említett vonaltól É-i és ÉK-i irányban a földrengések fészkei mindinkább mélyebben jelentkeznek (6–30 km-es mélységben). A Benioff-zóna elhajlása sajátos kollíziós folyamatokra utal. Isztriától D felé haladva ezen a területen vannak legközelebb a felszínhez a földrengéscsúcsok (kb. 6 km), ennél kisebb fészekmélységeket csupán DK-i irányban, Montenegró felé mértek, ahol értékeik még inkább közelítenek a felszínhez.

A legújabb neotektonikai és szerkezetmorfológiai kutatások szerint (MIHLJEVIC D. 1995) a pliocén-kvarter időszakaszban a nyomás ÉK–DNy-i irányból É–D-i irányba változott, ami az Adriai-lemez és a Dinaridák határmenti övezetében (tehát Susak-sziget környékén is) igen erőteljes domborzati átalakulást eredményezett. Ez a változás leginkább a szerkezet-morfológiai egységek tengelyeinek elhajlásában mutatkozik meg. Míg a neotektonikai mozgások korábbi fázisaiban a szerkezetek a klasszikus ÉNy–DK-i dinári vonalat követték, addig a nyomás irányának megváltozásával – amelyet a szerkezetek retrográd-rotációs folyamatai jeleznek – a domborzatban konvex jellegű íves formák alakultak ki. Ezek jól megfigyelhetők a szomszédos Cres, Lošinj és Unie-szigetek íves meghajlásában. A kőzetek ugyanakkor erősen összetöredeztek. Ez történt Susakkal is, amely ma egy tipikus izometrikus blokkszerkezet képét mutatja. A fenti geomorfológiai elemzésen alapuló feltételezés megerősíti, hogy Susak-sziget és Unije DNy-i része az Isztriai-táblához tartozik, annak paraautochton része.

A sziget a környező lapos felszínből emelkedett ki ÉNy–DK-i törésvonalak mentén. A töréses szerkezetet bizonyítják a tenger alatti lejtők folytatásai – különösen a sziget ÉNy-i és DNy-i részén – ahol a tenger alatti szintvonalak (izobátok) jelentősen megsűrűsödnek, jelezve a tenger alatti lejtő töréses eredetét.

A susaki mészkőtábla a sziget DNy-i részén erőteljesebben emelkedett ki, mint az ÉK-i részen, amelyet a lösz és löszszerű üledékek ÉK-i irányban való megvastagodása is bizonyít. Úgy tűnik, hogy a sajátos kibillenéssel párhuzamosan a blokk kisebb kereszt-törések mentén aprólékosan feldarabolódott. A mészkőben kialakult törések és repedések jelentős hatással voltak a deráziós völgyek és a vízmosságok hálózatának kialakulására.

### **A sziget főbb felszínalaktani jellemzői**

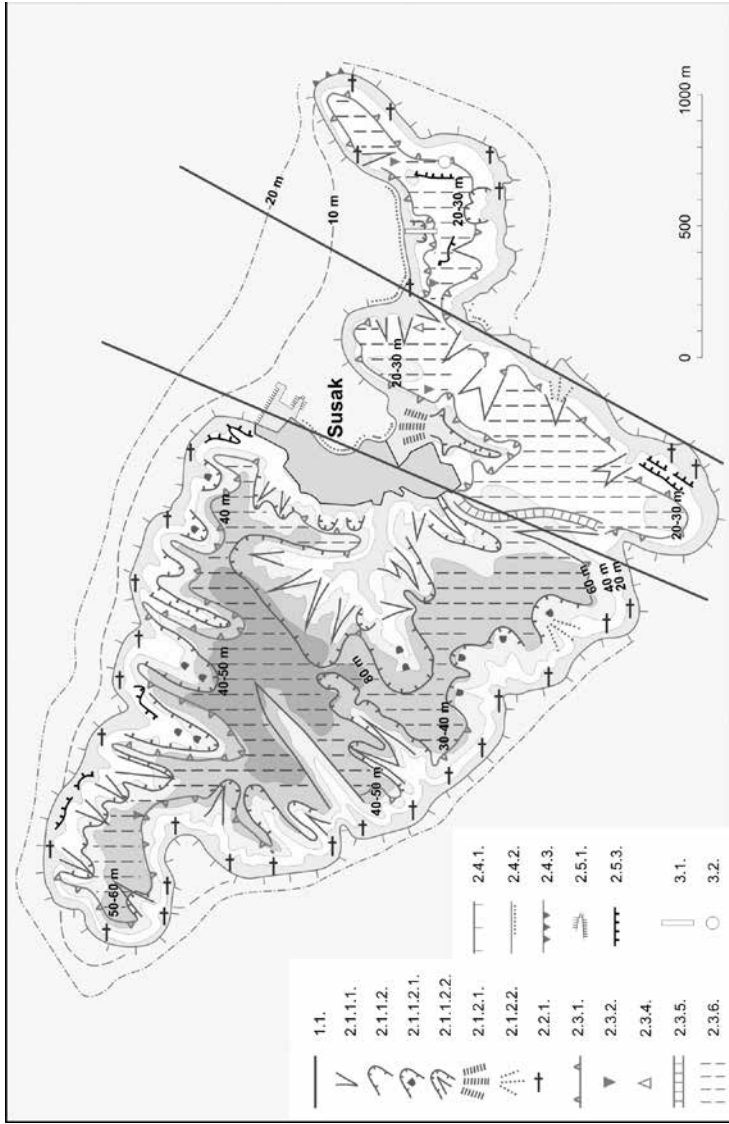
A mészkőtábla felszínén (1. ábra) a pleisztocén folyamán vastag homok- és főleg lösztakaró halmozódott fel (ált. 30–50 m). A sziget ÉNy-i részén a löszös és homokos üledékek vastagsága a fúrások alapján helyenként eléri a 90 métert.

*A jelenlegi felszín morfológiai arculatát döntően az eredeti löszfelhalmozódás (lösz-tábla) és lepusztulás formái szabják meg.*

A lösztakaró kialakulásának kettős szerepe volt. Egyrészt a vastag lösz- és homokréteg eltakarta a régi mészkőfelszín szerkezeti és karsztdenudációs formáit, másrészt pedig a felhalmozódott lösztakaró felszínén újabb formák, a lösz sajátos lepusztulásformái fejlődtek ki. Ez a magyarázata a Susak-sziget kétfajta formakincsének: a régi felszín eltakarta a formakincsének (szerkezeti lépcsők, abráziós mészkőpartok) – amelyek a lösztakarón is átütnek, vagy pedig abráziós eredetű lepusztulás folytán exhumálódtak – és a lösz speciális formakincsének.

*A lösz-tábla morfológiai arculatát legszembetűnőbben a lösz pszeudokarsztos (korróziós-szuffóziós) lepusztulásformái jellemzik.*

Susak-szigetén a lösz és löszszerű üledékeken két domborzati alaptípus fordul elő: akkumulációs és denudációs. A fennsíkokat borító lösz konkáv felszínével az akkumulációs formák közé tartozik. A denudációs formák általában kisebb méretűek, de Susak-szigetén az uralkodó formák közé tartoznak. A denudációs formák kialakulását befolyásolják a lösz



1. ábra Susak-sziget geomorfológiai térképe (BOGNAR A. 2003) – 1 endogenetikus felszín 1.1 tőrések 2 exogenetikus felszín 2.1 lejtős felszínforma (lejtő) 2.1.1 deréziós felszínforma 2.1.1.1 eróziós árkok 2.1.1.2 deréziós völgyek 2.1.1.2.1 csuszamlásos eredetű deréziós völgyek 2.1.1.2.2 eróziós árkokból kialakult kialakult deréziós völgyek 2.1.2 akkumulációs felszínformák 2.1.2.1 proluviális hordalékkúp 2.1.2.2 kolluviális hordalékkúp 2.2 karstos felszínformák 2.2.1 csupasz karstfelszín 2.3 szuffóziós felszínformák 2.3.1 fősz magaspártok 2.3.2 loszkkutak 2.3.3 hiátus 2.3.4 loszpiramisok 2.3.5 antropogén eredetű eróziós árkok losz alapközeten 2.3.6 loszplató 2.4 tengerparti felszínformák 2.4.1 mészkő alapközzetű lapos tengerpart 2.4.2 iszapból felépült lapos tengerpart 2.4.3 földnyelv 2.5 antropogén felszínformák 2.5.1 móló 2.5.2 település 2.5.3 földművelés hatására kialakult teraszok 3.1 a susaki 1997-es szelvény (SCHWEITZER F. – BOGNAR A. – KIS É. – SZÓÓR Gy. – BALOGH J. – DI GLERIA M., In BOGNAR A. 2003) elhelyezkedése 3.2 paleolitikus tűzrakóhely nyomai

Figure 1 Geomorphological map of Susak island (BOGNAR A. 2003) – 1 endogeneous relief 1.1 faults 2 exogeneous relief 2.1 slope landforms 2.1.1 derasional landforms 2.1.1.1 gullies 2.1.1.2 derasional valleys 2.1.1.2.1 derasional valleys f sliding origin 2.1.1.2.2 derasional valleys as remodelled gullies 2.1.2 accumulation landforms 2.1.2.1 proluvial fans 2.1.2.2 colluvial fans 2.2 karst landforms 2.2.1 bare karst 2.3 suffoational landforms 2.3.1 loess bluffs 2.3.2 loess wells 2.3.3 gaps 2.3.3 loess pyramids 2.3.5 anthropogeneous loess gullies 2.3.6 loess plateau 2.4 coastal landforms 2.4.1 flat shore built of limestone 2.4.2 flat shore built of mud 2.4.3 headland, spur 2.5 man-made landforms 2.5.1 pier 2.5.2 human settlement 2.5.3 slope steps of farming origin 3.1 position of Susak 1997 profile 3.2 traces of Paleolithic fireplace

és löszszerű üledékek kőzettani jellemzői, a lejtőviszonyok, a neotektonikai és a jelenlegi tektonikai mozgások, az éghajlat, a növényzeti borítás és az emberi tevékenység.

A vastagabb löszök jellemzésénél a korróziós-szuffóziós folyamatok (3. kép) a legfontosabb tényezők. Ezek a folyamatok határozzák meg a sziget akkumulációs domborzati jellegét. A  $\text{CaCO}_3$  és a homokkő eloszlásának, a tektonikának, a lösz alatt elhelyezkedő kőzetek (homok, mészkő) porozitása mértékének, a talajvíz körforgásának, a denudációs folyamatoknak és a tengeri abrúzióknak a hatására főleg heterogén pszeudokarsztos szuffóziós domborzati formák fordulnak elő, pl. lösz kutak, lösz hiátusok, lösz barázdák, lösz szurdokok, meredek löszfalak, magaspartok.



3. kép Korróziós-szuffóziós bemélyedések a löszfelszínen (Fotó: Kis É.)  
Photo 3 Corrosive-suffusive loess hollows (Photo by Kis É.)

A *lösz fennsíkok* és a *lösz kutak* kialakulása a meredek lösz magaspartokhoz kötődik. Keletkezésük komplex. Az intenzív esőzések hatására kialakult időszakos vízfolyások (torrensek) a lösz magaspartokat erősen pusztítják, lyukakat alakítanak ki, amelyek a korrózió és a szuffózió hatására tovább szélesednek. A kapillárisokat a  $\text{CaCO}_3$  kilúgzása és a talajszemcsék kimosása szélesíti, ezáltal a lösz elveszti stabilitását és függőleges, félkör alakú, kútszerű lyukak alakulnak ki benne. A lösz kutak nem stabilak, mert a faluk időről-időre beomlik a víz intenzív eróziós tevékenysége miatt. A löszkutak vertikális fejlődése jellegzetes lehet, az egész löszszelvényre kiterjedve (20–30 m).

Eredetüket nézve, a *lösz hiátusok* is a lösz magaspartokhoz kötődnek. Vertikális fejlődésük a reliktum talajhorizont alatti üledékretegek vastagságának függvénye, ami arra is rámutat, hogy a lösz hiátusok fejlődése az impermeábilis rétegek elhelyezkedésétől és a felszínalatti vizek körforgásától függ. A beszivárgó csapadékvíz az impermeábilis réteg mentén folyva korróziós és szuffóziós tevékenységet folytat. Tevékenysége következményként fokozatosan szélesedő repedés jön létre a löszben. A felszínalatti repedés végig felhasad az impermeábilis réteg mentén a lösz kisebb stabilitásának köszönhetően. Így a

löss hiátusok stabilitása nagymértékben függ az 5–10 m, vagy még nagyobb vastagságot is elérő impermeabilis réteg alatt elhelyezkedő lösz vastagságától. A lösz hiátusok instabil képződmények, mivel a záporok, zivatarok során a repedéseket a torrensek szélesítik, oldaluk gyakran beomlik. Sok esetben meredek falú vízmosásokká fejlődnek tovább.

A *löss szurdokok* az emberi tevékenység, a korróziós-suffóziós folyamatok és az áradások együttes hatására alakulnak ki. Nagyon meredekek és keskenyek, a tengerpartot a fennsíkkal összekötő gyakran földútként használják őket, de emellett a fennsíkokon is megtalálhatóak. Az emberek és állatok folyamatos taposása, a víz eróziós hatása mélyíti őket. A löszbe beszivárgó csapadék a kvarcsemcsék karbonátos kérgét leoldja, így szélesítve a kapillárisokat, amely aztán omlásokat okoz a löszben. Így mélyülnek a szurdokok. Intenzív esőzések idején a tengerpart felé haladó iszapfolyások jönnek létre.

Susak-szigetén a löszös üledékek magas homoktartalma miatt, az emberi tevékenység hatására, a fennsík peremén elhelyezkedő és a tengerpart irányába húzódó szurdokok alakjukat gyorsan változtatják és *vízmosásokká* fejlődnek.

A *magaspartok* kialakulása a tenger hullámainak abrázioja és a löszös és löszszerű üledékek fizikai sajátosságainak eredménye. Mindenütt megtalálhatók. Meredekségük foka általában nagyobb, mint 55°, magasságuk a DK-i partokon 25–35 m, ÉNy-on elérik a 40–60 métert. A meredek *löss magaspartok* mentén felerősödnek a tömegmozgásos folyamatok. A magaspartok stabilitásának mértékét egyéb kisebb formák szerkezeti tulajdonságai is nagymértékben befolyásolják. Három típusa van a meredek lösz magaspartoknak:

- *tengeri abrázioval kialakult, meredek lösz magaspartok*
- *csuszamlásos lösz magaspartok kőtörmelékkel*
- *teraszos lösz magaspartok (antopogén hatás)*

Az első típusal gyakran találkozhatunk. A lejtők hajlásszöge általában meghaladja az 55 fokot.

Az abrázio a löszfal omlását, fokozatos hátrálását okozza. A partfalomlást gyakran csuszamlások okozzák, amelyek a lösz fizikai tulajdonságaival vannak összefüggésben. A főleg függőleges irányú kapillárisok miatt instabil löszben jellegzetes a szeletes csuszamlás Susakon. Leginkább ott jellemzőek, ahol a lösz abráziónak van kitéve.

Ott, ahol a magaspartok tövében kőtörmelék vagy csuszamlás anyaga található (Boköböl és Susak település öble), az abrázio mint kiváltó tényező jelentkezik, mivel a kőtörmelék-csuszamlásos kőzetanyag folyamatosan ki van téve a hullámok pusztító hatásának és az időszakos vízfolyásoknak, amely végeredményben rontja a meredek lösz magaspartok stabilitását.

Az *antopogén teraszok* megváltoztatják a lösz *hidrogeológiai* helyzetét. Legtöbbször negatív hatást gyakorolnak a lösz stabilitására. A lösz pusztulása felgyorsítja a lejtőleomosást, de okozója a vertikális kapillárisok nagymértékű elterjedésének is a korróziós és suffóziós folyamatok hatására. Ez a lösz üledékek roskadását, csuszamlások és tömegmozgásos folyamatok kialakulását okozza a meredek lösz magaspartok mentén. A lösz eredeti felhalmozódásformái mellett a *lössszakadékok*, a *lösskutak*, a *lösspiramisok*, a *korróziós-suffóziós* bemélyedések, a *lössmagaspartok* és a *lössmélyutak*, valamint a *lejtős folyamatok által kialakult derázios völgyek és vízmosások*, illetve a másfél évezredes emberi tevékenység hatásának eredményeként kialakult *sajátos antopogén teraszok ezrei* határozzák meg a lösz morfológiai jellegét. A másfél évezredes szőlőművelés folytán *több mint 100 mélyút keletkezett* a part mente és a plató tetőszintje között. A lakosság nagyfokú kivándorlása miatt a *szőlőművelés el lett hanyagolva, így a mélyutak jó része vízmosássá alakult át*.

Morfogenetikailag *dominálnak a egyes denudációs formák: a löszszakadékok, a lösz-cirkuszok, a löszpiramisok, a löszkutak, a löszmagaspartok és löszmélyutak*.



Mivel a lösz vagy löszös üledékek többnyire homokosak, a szigeten *hiányoznak egyes pszeudokarsztos formák: a löszdolinák és a löszvölgyek*. Korrozíós-szuffóziós folyamatok eredményeként *típusosan kifejlődött ép löszkút egyáltalán nincs*. A magaspart környékén igen sok a *felszakadt löszkút*.

A kevert löszformák közül mind kialakulásuk, mint a későbbi „sorsuk” szempontjából a legérdekesebb formák a *löszszakadékok*. Keletkezésük – a repedések és törésvonalak mentén – földalatti vizek szuffóziós-eróziós működésével és pszeudokarsztosodási folyamatokkal hozható kapcsolatba. Amikor a lösz felszakad, a szakadék vízmosássá alakul át. A vízmosás omlásokkal és lejtőleöblítéssel gyorsan szélesedik. A vízmosások végeredményben deráziós völgyekké alakulnak át. A löszszakadékok leggyorsabban a lösztábla peremén – elsősorban a  $\text{CaCO}_3$ -ban gazdag löszben alakulnak ki, de a homokosabb löszben is előfordulnak.

A *deráziós folyamatok* a sziget peremi részein a legerőteljesebbek. Az *omlások, rogyások, a csuszamlások és a lejtőleöblítés vezető szerepet* játszik a magaspartok morfológiai fejlődésében. A mészkő alapszint – tektonikai feltöredezettsége miatt – előre jelzi a vízmosások és deráziós völgyek fejlődését.

A *deráziós völgyek* – morfofenetikájukat figyelembe véve – vagy denudáció által létrejött csuszamlásokkal (főleg szeletes jellegűek), vagy pedig a vízmosások továbbfejlődésével hozhatók kapcsolatba.

A löszmagaspartok és a tenger szintje között majdnem mindenütt *abráziós folyamatok által exhumálódott mészkőalapzat bukkan a felszínre*. A felső-kréta mészkőben a hullámok *viszonylag alacsony sziklapartot formáltak ki*, amelyet a tenger és a csapadékvíz korrozíója mikromorfológiailag sajátosan átformált: *a mészkőpart jelentős mértékben elkarsztosodott*.

A felszínfejlődés sajátos formáit képezik Susakon a *homokdűnék (4. kép)*. A szigeten körös-körül és a tenger szintje alatt is több rétegben, egymás fölött dűnesorok találhatók. Kis É. véleménye szerint azok a *paleodűnék* maradtak meg leginkább, amelyek két őstalaj



4. kép Homokdűnék (felső ívükben rizolitláblával, alsó részükben homokkőpadokkal) Susakon (Fotó: Kis É.)  
Photo 4 Sand dunes (risolite surface at the bottom and sandstone benches at the top) on Susak island Photo by Kis É

között húzódnak. Ezeket a felső őstalaj homokdűnébe benyúló, megkövesedett gyökérzete – mint a homokdűne kemény felső rétege, a *hullámos formájú rizolittábla* – megvédte a lepusztulástól. A homokdűne alsó része karvastagságú mészkiválásokból egybenőtt, tenger felé lejtő, egymás fölött elhelyezkedő *homokpadsorozatokból* áll. Az alatta lévő talaj felett gyűlik össze és válik ki a dűne mésztartalma.

A homokdűne a két kemény – a megkövesedett felső gyökérrégiója és az alsó, többnyire összenőtt – homokpadrégiója közül a szél a későbbi lehülési időszakok során kifújta a homokot és „*homokdűne barlangok*” jöttek létre. A tektonikai mozgásoknak és a tengerszint ingadozásainak megfelelően e dűnebarlangok egy része többször is tengervíz alá kerülhet (pl. Susak Margarina fok (5. kép), Unije déli része, Kis-Srakane). E tenger alatti homokdűnesorok különböző mélységekből – 2–20 m – ismertek.



5. kép Tenger alatti homokdűne Susakon a Margarina-foknál 2 m-es mélységből.

A homokdűne oldalában római kori kikötő oszlopai találhatóak

Photo 5 Sand dunes under sea level on Susak island at Margarina cape at a depth of 2 m.

Columns of a Roman port can be found at the side of the sand dune

A felszínen található legalsó rizolitos-homokpados dűnesor aljzatát képező ez idáig kettős osztatúnak leírt terra rossa sorozat KIS É. véleménye szerint hármass osztatú. Ezt bizonyítja a hatalmas vastagságú három rétegű  $\text{CaCO}_3$  kiválás. Amikor a felszínen lévő talajok lepusztulnak, egykori jelenlétüket még sokáig bizonyítják a megmaradt  $\text{CaCO}_3$  rétegek. A susak-szigeti tenger alatti üledékek esetében a homokdűnesorok feletti talajok a  $\text{CaCO}_3$  kiválásokkal együtt lepusztulnak, de jelenlétüket korrelatív üledékeként igazolják a talajok egykori megkövesedett gyökérrégióiból álló, a dűnebarlangok tetejét képező rizolittáblák. Tehát, míg a felszínen a  $\text{CaCO}_3$  kiválások bizonyítják az egykori talajok lepusztulását, addig a tengerben a „dűnebarlangok” rizolit fedőszintjei. Ezek alap-

ján tudunk következtetni a lepusztult talajok számára. A jövő egyik legfontosabb kutatási kérdései közé fog tartozni, hogy meghatározzuk a jelenleg tengervízzel borított part menti területeken a lepusztult terra rossa őstalaj-sorozatokat viszonylagos helyét és rétegtani körülményeit. Ezen információk birtokában lehet csak egyre pontosabb jellemzést adni a jelenleg tengervízzel borított felszíni formák sajátosságairól.

## Összefoglalás

Vizsgáltuk a tektonika és a tengerszint-ingadozás szerepét a sziget felszínfejlődésében. A szigettől kb. 6 km-re található az a határvonal, ahol az adriai lemez bukik a Külső-Dinaridák alá. Ez pikkelyes szerkezet sok keresztöréssel. A szigeten ezen körülményeknek megfelelően kétfajta formakincs az uralkodó: az egyik a régi felszín eltakart formakincse (szerkezeti lépcsők, abráziós mészkőpartok, amelyek a lösztakarón is átütnek, vagy pedig abráziós eredetű lepusztulás folytán exhumálódtak), a másik a lösztakaró felszínén a lösz speciális formakincse. Akkumulációs forma a fennsíkokat beborító konkáv löszfelszín. Susakon uralkodók a kisebb méretű denudációs formák. Különös figyelmet szenteltünk a „homokdűne barlangok” kialakulására. Feltételezzük, hogy a homokdűnék kialakulása a felmelegedési időszakokhoz köthető, míg belőlük a homok kifúvása és így a „homokdűne barlangok” kialakulása a lehűlési időszakokhoz kapcsolódnak. A következő felmelegedési időszakban a transzgresszió hatására tengerelöntés alá kerül és a lepusztulási folyamatoknak lesz döntő szerepe felszínformálódásukban. Ahány tenger alatti „homokdűne barlang” rizolit szintje maradt meg, annyi terra rossa típusú többosztatú talajszorozatnak kellett lepusztulnia.

---

BOGNÁR ANDRÁS  
Institute of Geography, University of Zagreb, Zagreb  
bognar@zg.htnet.hr

KIS ÉVA  
MTA CSFK, Földrajztudományi Intézet, Budapest  
kis.eva@csfk.mta.hu

SCHWEITZER FERENC  
MTA CSFK, Földrajztudományi Intézet, Budapest  
schweitzer.ferenc@csfk.mta.hu

## IRODALOM

- BOGNAR A. 1979: Distribution, properties and types of loess and loess-like sediments in Croatia. *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 22. pp. 267–286.
- BOGNAR A. 1999. Some of Basic Geomorphologic Features of Kvarner Region. *Proceedings of the International Symposium "Geomorphology and Sea"*. Zagreb. pp. 5–11.
- BOGNAR A. 1998. The "Loess Islands" of the Kvarner Region. *Natural history researches of the Rijeka region*. Natural History Museum, Rijeka. pp. 303–321.
- BOGNAR A. – KLEIN V. – TONČIĆ-GREGL R. – ŠERCELJ A. – MAGDALENIĆ Z. – CULIBER M. 1989: Geomorphological and Quaternary – Geological Properties of the Island Susak. *Geographical Papers 7*. Department of Geography, University of Zagreb, Zagreb. pp. 7–24.
- BOGNAR A. – ZÁMBÓ L. 1992: Some new data of the loess genesis on Susak Island. *Proceedings of the international symposium „Geomorphology and sea”, Mali Lošinj, 1992. september 22–26, Zagreb*. pp. 65–72.

- BOGNAR A.–SCHWEITZER F.–KIS E. 2002: The reconstruction of the paleoenvironmental history of the Northern Adriatic Region using of the granulometric properties of loess deposits on Susak Island, Croatia. Special issue of the fifth International Conference on Geomorphology Loess and Eolian Dust. Transactions Japanese Geomorphological Union 23(5). pp. 795–810.
- BOGNAR A.–SCHWEITZER F.–SZÓR G. 2003: Susak – Environmental reconstruction of a loess island in the Adriatic. Geographical Research Institute, HAS, Budapest. 141 p.
- COUDÉ-GAUSSEN G. 1991. Effects of Dusts on Soils. John Libbey Publishing, New Barnet. 504 p.
- CREMASCHI M. 1987: Loess deposits of the Po plain and the adjoining Adriatic basin (Northern Italy) In: PÉCSI, M.–FRENCH, H.D. (eds): Loess and Periglacial Phenomena. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 125–140.
- CREMASCHI M. 1990. Stratigraphy and palaeoenvironmental significance of the loess deposits on Susak Island (Dalmatian archipelago). Quaternary International 5. pp. 97–106.
- DE MARCHI L. 1922: Variazioni del livello dell' Adriatico in corrispondenza delle espansioni glaciali. Atti Acc. Scient. Veneto-Trentina-Istria, Padova. pp. 12–13.
- FORTIS A. 1771: Saggio d' osservazioni sopra l'isola di Cherso ed Osero. Venezia. 167 p.
- GAZZI P.–ZUFFA G.G.–GANDOLFI G.–PAGANELLI L. 1973: Provenienza e dispersione litoranea delle sabbie delle spiagge adriatiche fra le foci dell' Isonzo e del Foglia: inquadramento regionale. Memorie della Società Geologica Italiana 12. pp. 1–37.
- KIŠPATIĆ M. 1910: Der Sand von der Insel Sansego (Susak) bei Lussin und dessen Herkunft. Verhandlungen geologischer Reichsanstalt 13. Wien. pp. 294–305.
- KUK V.–PREGOLOVIĆ E.–DRAGIČEVIĆ I. 2000: Seismotectonically active zones in the Dinarides. Geologia Croatica 53(2). pp. 295–303.
- LUŽAR-ÖBERITER B.–MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ S.–CRNJAKOVIĆ M.–BABIĆ L. 2008: Variable sources of beach sands of north Adriatic islands: examples from Rab and Susak. Geologia Croatica 61(2–3). pp. 379–384.
- MARCHESETTI C. 1882: Cenni geologici sul'isola di Sansego. Bollettino della Società adriatica di Scienze Naturali 7. Trieste. pp. 289–304.
- MIHLJEVIĆ D. 1995: Relief reflection of structural rescaping during the recent tectonically active stage, in the north-western part of the outer Dinarides mountain range. Acta Geographica Croatica 30. GO PMF, Zagreb. pp. 5–16.
- MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ S.–CRNJAKOVIĆ M.–TIBLJAŠ D.–ŠOUFEK M.–WACHA L.–FRECHEN M.–LACKOVIĆ D. 2011: Mineralogical and Geochemical Characteristics of Quaternary Sediments from the Island of Susak (Northern Adriatic, Croatia). Quaternary International 234 (1–2). pp. 32–49.
- MUTIĆ R. 1967: Pijesak otoka Suska. Geoloski Vještnik 20. pp. 41–57.
- WEIN N. 1977: Die lössinsel Susak – eine naturgeographische Singularität in der jugoslawischen Inselwelt. Petermanns Geographische Mitteilungen 2. Gotha. pp. 123–133.
- WACHA L.–MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ S.–CRNJAKOVIĆ M.–FRECHEN M. 2011: The Loess Chronology of the Island of Susak, Croatia. Quaternary Science Journal 60(1). pp. 153–169.