KARSZTFEJLŐDÉS V.
Szombathely, 2000. pp. 181-194.

NAGY-BRITANNIA MÉSZKŐJÁRDÁI ÉS A TALAJ HATÁSA AZOK FEJLŐDÉSÉBEN

ZSENI ANIKÓ[1] - KEVEINÉ BÁRÁNY ILONA[2]

[1]*Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi Tanszék, 6722, Szeged, Egyetem u. 2.*
[2]*Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájökológiai Tanszék, 6722, Szeged, Egyetem u. 2.*

Abstract: *This study introduces the present and morphology of the British limestone pavements and the elements which have important Role in their evolution. It deals prominently with the Role of the soil cover. The pH and carbonate content of soils have a great effect in the evolution of limestone surfaces. We did fieldwork on some limestone pavement areas in Northern England and collected soil samples. The measurements support the connection between the developed features and the pH plus carbonate content of soils.*

Bevezetés

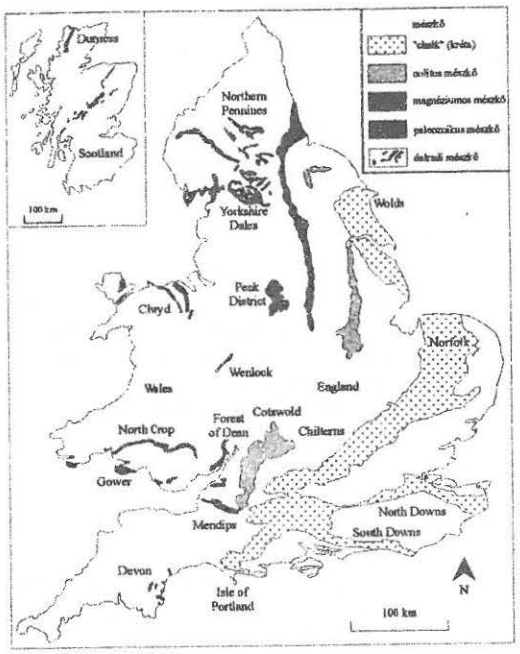
A karsztok a Brit-szigeteken változó keménységű mészkövekből épülnek fel. Kialakulásukat és kőzettani felépítésüket tekintve paleozoikus, elsősorban karbon mészkőből (Peak District, Mendip Hill, Észak- és Dél-Wales, Skócia), perm magnéziumos mészkőből (Észak-Kelet Anglia) és mezozoikus kréta mészkőből (Dél-Anglia) épülnek fel. Észak-Skóciában a késői prekambriumból és a korai ordovíciumból is találunk mészkőfoltokat (*GUNN, J. - BÁRÁNY-KEVEI I.* 1998, *1. ábra*) Kőzettani változatosságukat jelzi, hogy a karbonát kőzetek között homokos mészkő, dolomitos mészkő egyaránt előfordul.

Hidrogeológiai szempontból Délkelet-Angliában a kréta mészkő képez összefüggő víztározó rendszert. A skóciai mészkövek vízrendszere nem egységes, izolált tárolói vannak, a vízvezetés itt az oldásos üregekben kisebb jelentőségű, mint a többi mészkő területen.

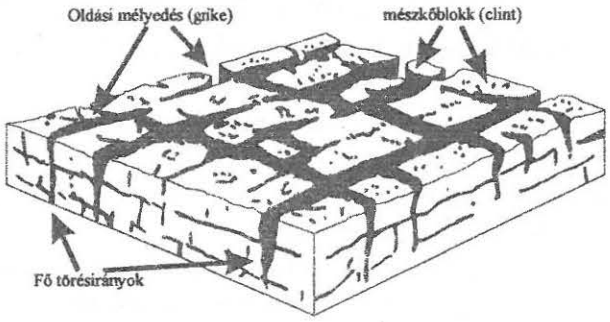
Geomorfológiai szempontból jelentős különbség van az idősebb és a fiatalabb képződmények között. A fiatal mészkövek általában nem rendelkeznek nagyobb járatrendszerrel, az idősebbekben, különösen a karbon mészkövekben nagy barlangok jöttek létre.

Észak-Angliában, Walesben, Írországban a keményebb mészkövek fordulnak elő. Sajátos karrmezőket alkotnak itt a mészkőjárdák, angol megnevezéssel a „*limestone pavement*"-ek. Elnevezésük a kőzet járdaszerű megjelenéséből ered. A mészkőjárdáknak két jól elkülöníthető része van (*2. áb-*

ra). Az egyik az oldással szélesedő hasadék, repedés (grike) és a közöttük elhelyezkedő sima mészkőfelszín (clint). A gyakran simára csiszolt felületű mészkőtömbök között, a többnyire tektonikusan preformált oldási mélyedés mélysége meghaladhatja az 1m-t, szélessége több 10 cm is lehet.



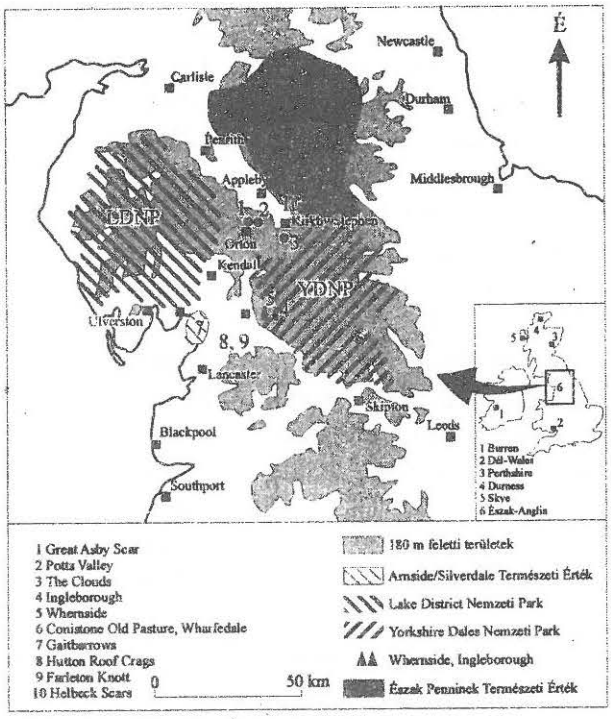
1. ábra. Nagy-Britannia karsztjai
Fig. 1. Karsts of Great-Britain



2. ábra. Mészkőjárdák sematikus rajza
Fig. 2. Schema of limestonepavements

Északnyugat-Angliában 9 mészkőjárdás terület van, amely jelentős geomorfológiai és geológiai értéket képvisel. A Yorkshire Dales Nemzeti Parkban helyezkedik el az Ingleborough, Scales Moor, Conistone Old

Pasture, Cumbriában Orton és Kirkby Steven környékén Potts Valley, Great Asby Scar, Clouds, a Morecambe-i öböl környékén Arnside-Silverdale Természetvédelmi Területen Gaitbarrow, Hutton Roof és Farleton Knott mészkőjárdás felszíne (*3. ábra*).



3. ábra. Észak-Anglia mészkőjárdái
Fig.3. Limestone pavements of-North-England

A cumbriai Great Asby Scar formái a legfejlettebbek. Potts Valley és Clouds alsókarbon mészköve gyűrt és töredezett. Ingleborough mészkőjárdái tömör, tagolatlan mészkövön alakultak ki, s 400 m tengerszintfeletti magasságban fogják közre a hegy központi kiemelkedését. A Morecambe-öböl környékén 250 m tengerszintfeletti magasságban formálódtak ki a mészkőjárdák. Gaitbarrow vékony rétegű mészkövei fekszenek a legalacsonyabban (50 m alatt), simára csiszolt mészkőjárdáit foltokban vegetáció borítja.

Morfológia

Mint az előbbiekből következik, a mészkőjárda a karrmezők olyan típusa, ahol a kopár sziklafelszínt repedések osztják fel. A hasadékok és a

köztük elhelyezkedő mészkőtömbök viszonylag szabályos mintázatának megjelenése miatt hasonlít ez a felszíni forma a mesterséges járdákhoz.

A többnyire vetődések mentén létrejött hasadékok oldódással kinyíltak, szélesedtek és létrehozták a makro-topográfiát. Ez a forma (amit a fent említetteknek megfelelően „*grike*"- nak nevez az angol szakirodalom) - *BALÁZS D.* (1990a, b.) értelmezése szerint hasadékkar - a német „*Kluftkarren*"-nek felel meg. Szélességük 1 cm - 1 m lehet, hosszúságuk 1-10 m, mélységük fél métertől néhány méterig változik. Gyakran megtelepülnek bennük növények, amelyek alkalmazkodtak a speciális fényviszonyokhoz. A közöttük elhelyezkedő tömbök a "*clint*"-ek vagy „*Flachkarren*"-ek. A mészkőtömbök kiterjedése és formája a hasadékok sűrűségétől és mintázatától függ. Ahol kevés a hasadék, ott nagyobb mészkőtömbök fordulnak elő, ahol több van, ott általában kisebbek a tömbök. A legtöbb mészkőtömb felszínének kiterjedése 1-10 m^2 (*FORD, D. – WILLIAMS, P.* 1989).

A mészkőtömbök felületén különböző oldási mikroformák alakultak ki. Közülük leggyakoribb az oldási csatorna (Rinnen és Rillen karr), tányér alakú mélyedés (kamenitza), meanderező oldási mélyedés és egyéb mikrodepressziók. Ezeket a mikroformákat az oldó víz, a növényzet gyökérsavai, illetve a vékony talajréteg alatti oldás hozta létre.

A mészkőjárdák makro- és mikro-topográfiáját a vetődések, törések és a mészkő rétegződése határozza meg. A vetődések mentén megnő a törések, repedések száma, és a törésekkel sűrűn átjárt mészkő darabokra esik szét. Ahol megváltozik a törések iránya, megváltozik az oldási hasadékok iránya is. *SWEETING, M. M.* (1966) szerint a mészkőtömbök formáját alapvetően a törésrendszer iránya és sűrűsége határozza meg. A mészkőjárdák a vastag és masszív mészkövön alakulnak ki legtípusosabban, ahol mind a rétegek, mind a terület megközelítően vízszintes. (*WILLIAMS, P. W.* 1966).

Felszínfejlődés

A nagy kiterjedésű mészkőjárdák mindegyikét jégtakaró borította a pleisztocénben (*SWEETING, M. M.* 1966).

Mai arculatuk kialakításában fontos szerepet játszottak az alábbi tényezők:

- a preglaciális mészkő tulajdonsága,
- a felszínt borító üledék vastagsága,
- a glaciális denudáció mértéke.

A glaciális olvadékvizek jelentősen hozzájárultak a hasadékok mélyítéséhez és szélesítéséhez. A mészkőjárdák morfológiájának megváltozásához az antropogén tevékenység is számottevően hozzájárul. A történelem előtti idők

óta folyó mezőgazdasági művelés, legeltetés a talaj- és növényborítás megváltoztatása révén járult hozzá a felszín elkopárosodásához. A mészkövet elhordták az építkezésekhez, dekorálás céljából, útépítéshez, illetve az Angliára annyira jellemző bekerítések idején a mezőgazdasági parcellák elválasztásához kerítések építése céljából. A mészégetés, a talaj meszezése és a kerti díszítőkőként való felhasználás szintén jelentős károkat jelent (*GOLDIE, H.* 1987, 1993, 1994, 1995).

A brit mészkőjárdák mai formájáért a természetes folyamatok és a több ezer éves emberi tevékenység egyaránt felelős.

A talaj szerepe a mészkőjárdák formálásában

A mészkőjárdák formakincsének alakításában fontos szerepe van a talajoknak. Attól függően, hogy milyen típusú talaj milyen hosszú ideig borította a mészkőfelszínt, és milyen régóta takaródzott ki a talaj alól a kőzet, eltérő felszínű mészkőjárdák alakultak ki. A talajborítás nélküli felületeken éles, hegyes, durva formák jöttek létre a csapadék oldó hatására. Itt a gravitáció irányítja az oldó víz mozgását. A lekerekített formák, mint mindenütt, itt is talajborítás alatt jöttek létre. A kopár felszínek általában szelektív eróziónak vannak kitéve. A lejtős sziklákon gyors a víz lefutása, csak a mélyedésekben maradhat meg tartósabban a víz. Általában igaz azonban, hogy a talaj nélküli felszín csak időszakosan van kitéve az oldásnak. A csapadékvíz oldó hatása csekélyebb, mint a talajon keresztül szivárgó, savasabb kémhatású víznek. A csapadékvíz időszakos megjelenésekor csak a kőzet gyorsan, könnyen oldható részei oldódnak. A létrejött formák az oldódás kinetikájával vannak összefüggésben, a kémiai reakciók szerepe korlátozott.

A csupasz felszínen három fő karrforma fejlődik: Rillenkarren (meredekebb lejtőkön, a csatornák a lejtők gerincén kezdődnek, 1-3 cm szélesek, sarkosak), Trittkarren (alacsonyabb lejtőkön, sima lépcsős felszínek) és kamenitzák (*TRUDGILL, S.* 1985). Összességében megállapítható, hogy a szelektív oldás mély hasadékokat és oldási csatornákat, ugyanakkor üreges, lyukacsos, érdes felszínt hoz létre.

A talajtakaró kémhatása fontos szerepet játszik a mészkőjárdák fejlődésében. A 7-9 pH-jú, 10 % -nál magasabb karbonát-tartalmú talaj megvédi a mészkövet az eróziótól és korróziótól. Ugyanis a szivárgó víz karbonátokkal telítődik a talajszelvényben, ezért az alapkőzethez érkezve már nem képes a kőzet oldására (*TRUDGILL, S.* 1985). A helyenként megtalálható jégkorszaki felszíneket a meszes üledék óvta meg a lepusztulástól.

Ha a talajon átszivárgó víz nem telítődik, a mészkőkorrózió intenzív. Legjelentősebb a mészkő korróziója a 4-7 pH-jú, 0-1 % karbonát-tartalmú,

savanyú vegetációjú talajok alatt (*TRUDGILL, S.* 1985). A savanyú talajok alatti erőteljes mállás miatt a talaj gyakran lemosódik a szélesre és mélyre oldott hasadékokba. Ez a talajborítás elvékonyodását eredményezi, a talaj a fejlődő repedésekbe, esetleg a felszínhez közeli üreg- illetve barlangrendszerbe kerül. A talaj erózióját az emberi tevékenység is kiválthatja, például a fák kivágásával, amelynek célja a terület legeltetéssel történő hasznosítása. Minden valószínűség szerint a mészkőjárdákat a pleisztocén után a jelenleginél vastagabb üledék és talaj borította.

A talaj és üledék alatt sima, lekerekített, gömbölyded formák fejlődnek, viszonylag sekély bevágódásokkal. A talaj alatti blokkok több irányból történő oldódása sziklacsúcsszerű formát hoz létre (pinnacle), de az íves formák is savanyú talajok alatt alakulnak ki.

A talajnedvesség-eloszlás, a vízelvezetés mértéke, a talaj szöveti tulajdonságai, a talaj mélysége, a lefolyó víz mértéke, a lejtés szöge, a növényzet, a mészkő jellemzői mind erős hatással vannak a talaj alatti oldásra és a létrejövő formákra.

Mint az ismert, a korrózió intenzívebb a mélyebb talajok alatt, ugyanakkor az erózió a meredek lejtők talajai alatt nagyobb, mint az egyenletes felszínű vagy enyhe lejtésű területeken. A lejtőkön a talajok általában vékonyabbak - a talajszelvény felső része csonkolódhat -, a lehordott anyag a lejtő alján halmozódik fel. A mészkő természete fontos meghatározója a talaj alatti oldás mértékének. A kemény, masszív mészkő nehezen töredezik, a felette elhelyezkedő talaj könnyen kilúgozódik. A laza, felaprózódó kőzet darabjai könnyen beágyazódnak a talajba, ezáltal annak savanyúságát csökkentik. A lágyabb kőzeteken általában meszes talajt kedvelő növényzetet találunk, míg a kemény kőzet savanyú talajt kedvelő növényzetet hordoz, ami növeli az erózió mértékét (*TRUDGILL, S.* 1985).

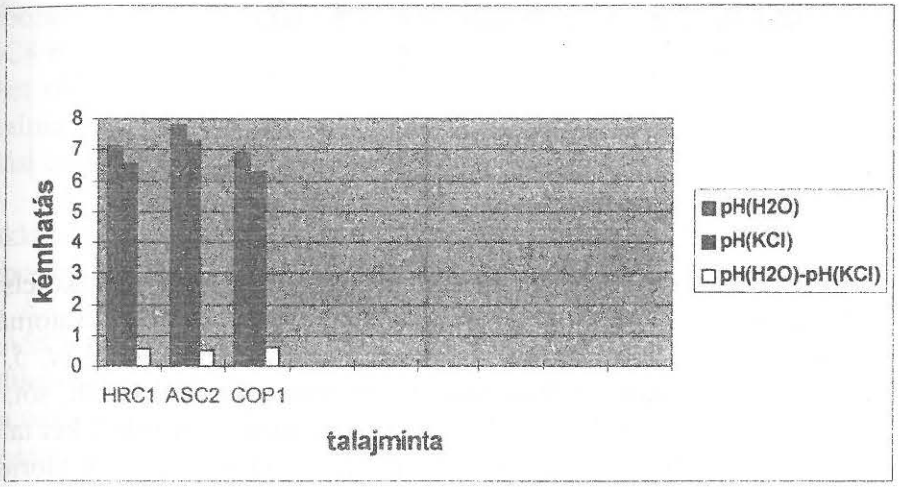
A vizsgálatok értékelése

A vizsgálathoz a talajmintákat az észak-angliai mészkőjárdás felszínek alábbi területeiről gyűjtöttük be:

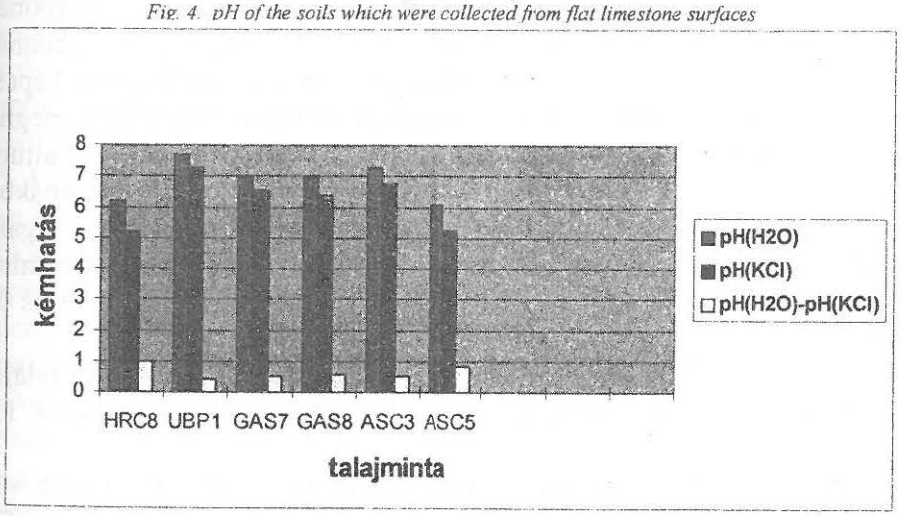
1. Farleton Knott: Newbiggin Crags (a minta jelölése: NBC), Farleton Fell (FF),
2. Hutton Roof Crags (HRC és UBP minták),
3. Gaitbarrows (GBS),
4. Great Asby Scar (GAS, ASC minták),
5. The Clouds (TCL),
6. Conistone Old Pasture (COP).

A talajmintákat hasadékokból, oldási csatornákból, mészkőkibukkanások lábaitól, közvetlen mészkőfelszínekről és mészkőkibukkanásoktól távolabb, főként füves területekről, esetenként dolinákból gyűjtöttük. A mészkőkibukkanásoktól távolabbi helyeken a talajszelvény viszonylagos vastagsága miatt több mintavétel is történt, a talaj tulajdonságainak szembetűnő változásaival összhangban.

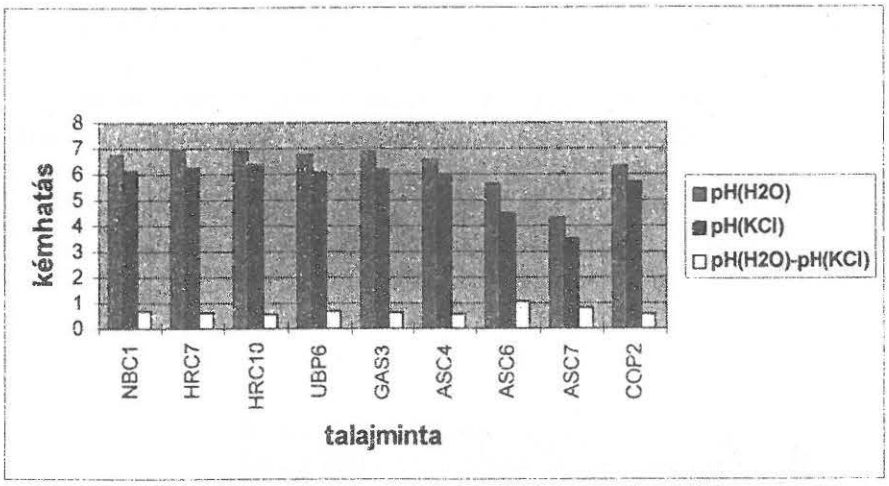
Meghatároztuk a talajok vizes és kálium-kloridos kémhatását (pH(H_2O) és pH(KCl)), valamint a karbonát-tartalmát.



4. ábra: Sík mészkőfelszínek talajainak kémhatása
Fig. 4. pH of the soils which were collected from flat limestone surfaces



5. ábra: Sekély oldási csatornák talajainak kémhatása
Fig. 5. pH of the soils which were collected from shallow runnels



6. ábra: Mély oldási csatornák talajainak kémhatása
Fig. 6. pH of the soils which were collected from deep runnels

A kiértékelésnél az egyik típusú összehasonlítást a sík mészkőfelszínek felületéről, a sekély oldási csatornákból (pár cm-es mélységű csatornák) és a mélyebb oldási csatornákból származó talajokkal végeztük el (*4, 5, 6. ábrák*). A sík felszíneken található talajok kémhatása 7-es pH körüli, sőt, az ASC2 minta kémhatása pH=7,8, a karbonát-tartalma 6 %. A másik két talajminta karbonát-tartalma csekély, 0,5 % alatt van. A vizes és kálium-kloridos pH közötti különbség ($\Delta pH = pH(H_2O) - pH(KCl)$) nem nagy. A sekély oldási csatornák talajainak kémhatása pH=6-7 körül van. Jelentős karbonát-tartalma (42 %) van a UBP1 mintának. Az ASC3 minta 11,5 % karbonát-tartalma szintén jelentős a többi, 0,5 % alatti karbonát-tartalmakhoz képest. A két kiemelt minta kémhatása a legmagasabb ebben a csoportban, meghaladja a 7-es pH-t. Az alacsonyabb kémhatású talajokban a vizes és káliumkloridos pH különbsége 1 körüli érték is lehet. A mély oldási csatornákból származó talajok kémhatása pH=7 alatt van, és közülük kerülnek ki a legalacsonyabb kémhatású talajok a három csoportból. A talajok karbonát-tartalma néhány kivételével 0 %, ahol megjelenik a szénsavas mész tartalom, ott is 0,8 % alatt van.

Az eredmények igazolják azt a hipotézist, hogy a savanyúbb talajok mélyebb oldási formákat hoznak létre, a nagyobb oldóképességüknek köszönhetően.

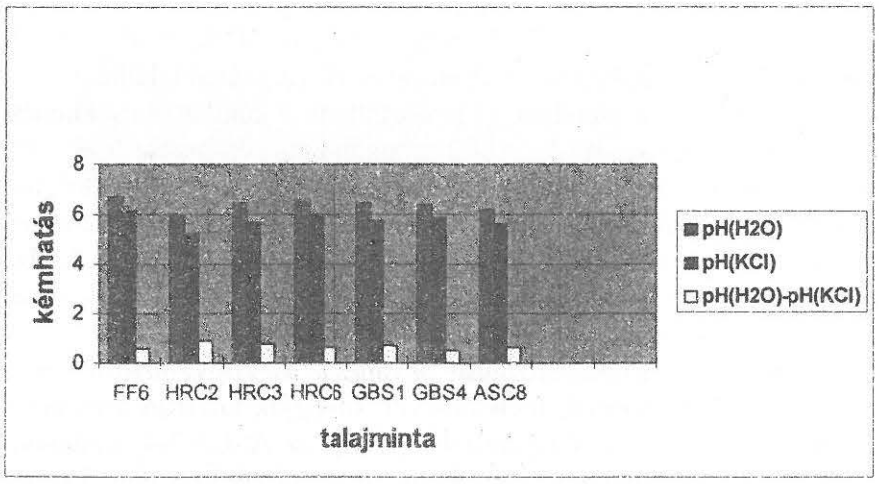
A mészkőfelszínek formája gyakran igen kis távolságokon belül változik. Egymástól néhány méterre található a talajjal borított sík mészkőfelszín, az ugyancsak talajkitöltésű sekély oldási csatornák és a mélyebb oldási csatornák. Az ASC2-3-4 minták ilyen területekről származnak (*10. ábra*). A

2-es minta talajjal borított mészkőfelszínen található, a 3-as egy tőle néhány méterre lévő sekély oldási csatornából, a 4-es pedig egy néhány méterrel még távolabb lévő mély oldási csatornából származik. Ugyanilyen mintavételezés történt az ASC5-6-7 minták esetében, azaz az 5-ös minta sík mészkőfelszínről, a 6-os egy néhány méterre lévő sekély oldási csatornából, a 7-es pedig egy néhány méterre levő mély oldási csatornából származik (*10. ábra*). Az ASC5-6-7-es mintavételezési helyen savanyú vegetáció található.

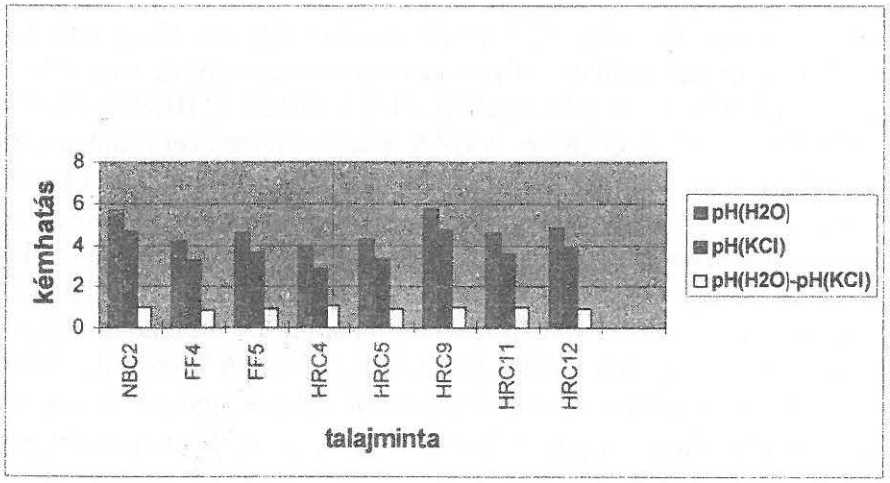
Mindkét sorozat esetében jól tapasztalható a kémhatás csökkenése az oldási formák mélyülésével. Az ASC2 minta magas kémhatása (pH=7,80) és karbonát-tartalma (6 %) megvédi az alatta lévő kőzetet az oldódástól, míg az ASC4 minta 0 % karbonát-tartalma, alacsonyabb kémhatása lehetővé teszi a kőzet oldódását. A közbeeső ASC3 minta magas kémhatása és karbonát-tartalma még elég jó védettséget nyújt az oldódással szemben, de a sekély oldási csatorna már jelzi, hogy az oldódás lejátszódhat.

Az ASC5-6-7 mintasorozatnál ugyanúgy megfigyelhető a kémhatás csökkenése az oldási formák mélyülésével. Itt egyik talajban sem találtunk karbonátot, a kémhatások alacsonyabbak, mint az ASC2-3-4 mintasorozatnál. Az alacsonyabb kémhatás egyik indikátora a növényzet volt. Különösen az ASC5 minta esetében valószínűsíthető, hogy ezek a talajok csak a közelmúltban savanyodtak el ennyire. Az ASC5 minta talaja alatti sík mészkőfelszín ugyanis azt jelzi, hogy a talaj megvédte a felszínt az oldódástól. A savanyodásra való hajlamot a ΔpH magas, 1 körüli értéke is jelzi.

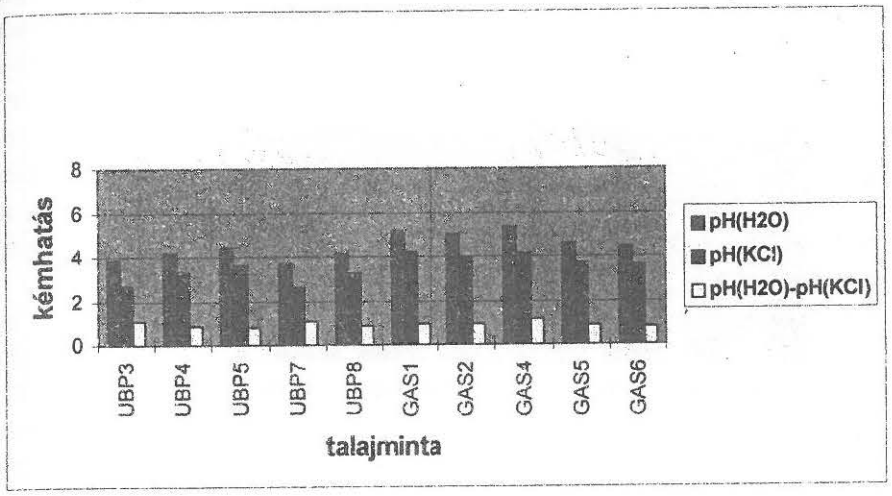
A talajminták másik csoportját mészkőkibukkanások közvetlen közelében (a mészkőjárdák lábainál) és az azoktól minimum néhány méterrel távolabb gyűjtött mintákból képeztük (*7, 8, 9. ábrák*). A kibukkanásoktól távol lévő talajok mélysége több 10 cm is lehet, így lehetőség volt a szelvényből több mintát gyűjteni. Ilyen összetartozó minták (a nagyobb szám mindig a mélyebbről vett mintát jelöli): FF4-5, HRC4-5, HRC11-12, UBP3-4-5, UBP7-8, GAS1-2, GAS5-6. A GAS minták kivételével minden esetben nő a kémhatás a mélységgel, de az utóbbi esetekben sem jelentős a kémhatás csökkenése. Ez arra utal, hogy a mélységgel csökken a kilúgozás, ami az alapkőzet közelségével hozható összefüggésbe. Az adatokból egyértelműen kiderül, hogy a mészkövekkel közvetlenül érintkező talajok kémhatása magasabb, mint az azoktól távolabb található talajoké. A mészkőkibukkanások közvetlen közelében lévő talajok kémhatása pH=6,0-6,7 közötti, karbonát-tartalmuk 0 %. A kibukkanásoktól távolabbi dolinák, gyepes foltok talajai savanyú kémhatásúak, magas, 1 körüli a ΔpH, és ezekkel összefüggésben karbonát-tartalmuk 0 %.



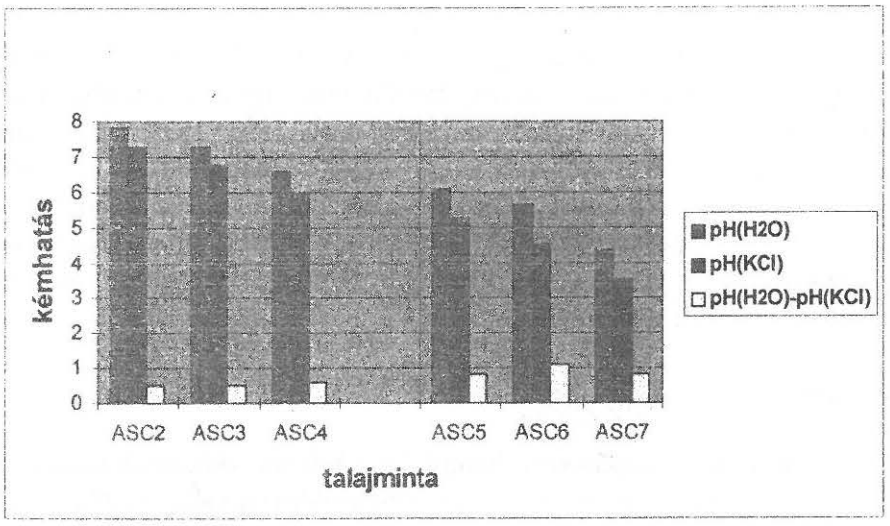
7. ábra: Mészkőkibukkanások közvetlen közelében elhelyezkedő talajok kémhatása
Fig. 7. pH of the soils which have direct contact with limestone



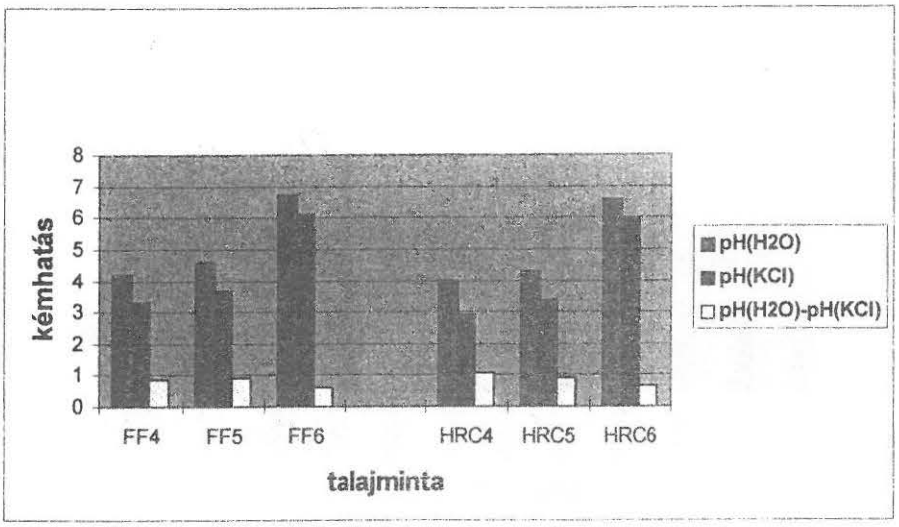
8. ábra. Mészkőkibukkanásoktól távolabb elhelyezkedő talajok kémhatása (I.)
Fig. 8. pH of the soils which do not have direct contact with limestone (I.)



9. ábra: Mészkőkibukkanásoktól távolabb elhelyezkedő talajok kémhatása (II.)
Fig. 9. pH of the soils which do not have direct contact with limestone (II.)



10. ábra: A forma és a talaj kémhatása közötti összefüggés
Fig. 10. The connection between the pH of the soils and the features of limestone



11. ábra: A mészkő közelsége és a talaj kémhatása közötti összefüggés
Fig. 11. The connection between the pH of the soils and the closeness of limestone

Két esetben - az FF4-5-6 és a HRC4-5-6 mintasorozatokkal - célzottan úgy vettük fel a talajmintákat, hogy megvizsgálhassuk a mészkőjárdák peremein (FF6 és HRC6) és a tőlük néhány méterre lévő füves foltokon található talajok kémhatása közötti különbséget (*11. ábra*). A füves foltok talajai néhány 10 cm mélységűek, így a 4-es minták a felszíni, az 5-ös minták az alatta lévő, színében, szervesanyag-tartalmában, agyagtartalmában különböző szintből származnak. A kémhatás ugrásszerűen megnő a csupán néhány méterre található, mészkővel közvetlen érintkezésben lévő talajokban, a pH=6,6-6,7. A gyepes foltok talajainak kémhatása igen alacsony, a pH csupán 4 körül van, a mélységgel kismértékben nő. A ΔpH jóval magasabb (1 körüli érték), mint a mészkővel közvetlenül érintkező talajokban. Karbonát egyik talajból sem volt kimutatható.

Összegzés

A tanulmány megkísérelte bemutatni a brit mészkőjárdák sajátos előfordulásait és morfológiai sajátosságait. Ugyanakkor a terepkutatás és laboratóriumi analízis segítségével a mészkőjárdák továbbfejlődésének feltételeit kívántuk megkutatni. Megvizsgáltuk, hogy miként hatnak a talajok a mészkőjárdák formakincsének fejlődésére. Részletesen a talajok kémhatását és

karbonát-tartalmát vizsgáltuk, mivel mindkét paraméter fontos szerepet játszik a mészkőfelszínek formafejlődésében.
Megállapítottuk, hogy:
- a semleges, meszes talajok megvédik a mészkőjárdákat a korróziótól,
- a savanyú talajok felerősítik a mészkőjárdák felszínének oldási folyamatait, és a mikroformák fejlődését,
- a kibukkanó mészkő befolyásolja a talajok kémhatását és karbonát-tartalmát, itt a talajok kémhatása magasabb,
- a mészkővel közvetlenül nem érintkező talajok kémhatása jóval alacsonyabb.

A brit mészkőjárdák a karsztok különleges karrmezői. Kialakulásukban és fejlődésükben a geológiai tényezők, a klímaváltozás, a talaj- és vegetációborítás, valamint az emberi tevékenység játszott fontos szerepet. Tájesztétikai értékük igen magas, ezért megóvásuk a jövő számára fontos. A brit természetvédelem igen sokat tett ezeknek a természeti csodáknak a megóvásáért. A formák fejlődésének megismerése további adalékokat szolgáltat a védelem számára.

IRODALOM

BALÁZS, D. (1990a): Karrformák – karregyüttesek. - Karszt és Barlang 1990. évf. II. füzet, p. 117-122

BALÁZS, D. (1990b): A karsztológiában és szpeleológiában használt fontosabb idegen szakkifejezések szótára. - Karszt és Barlang 1990. évf. II. füzet, p. 127-136

FORD, D.-WILLIAMS, P. (1989): Karst geomorphology and hydrology. - Published by Chapman & Hall, London

GOLDIE, H. (1983): Human influence on landforms: the case of limestone pavements. - In: New directions in karst, proceedings of the anglo-french karst symposium (edited by K. Paterson and M. M. Sweeting), Published: England 1986, p. 515-540

GOLDIE, H. (1987): Human impact on limestone pavement. - Endins, n.13. Ciutat de Mallorca, p. 71-81

GOLDIE, H. (1993): Human impact on karst in the British Isles. - Catena Supplement 25, Cremlingen, In: Karst Terrains, Environmental Changes, Human Impact (editor: P. W. Williams), p.161-185

GOLDIE, H. (1993): The legal protection of limestone pavements in Great Britain. - Environmental Geology 21, p. 160-166

GOLDIE, H. (1994): Protection of limestone pavement in the British Isles. - Geological and Landscape Conservation, Geological Society, London, p. 215-220
GOLDIE, H. (1995): Major protected sites of limestone pavement in Great Britain. - In: Environmental effects on karst terrains (editor: Ilona Bárány-Kevei), Szeged, p. 61-92
GUNN, J. - KEVEINÉ BÁRÁNY, I. (1998): Nagy-Britannia karsztvidékei. - Földrajzi Közlemények CXXII. (XLVI.) kötet, 1-2. szám, p. 43-58
SWEETING, M. M. (1966): The weathering of limestones (with particular reference to the Carboniferius limestones of Northern England). - In: Essays in Geomorphology (editor: G.H. Dury), Heinemann, London, p. 177-210
SWEETING, M. M. (1972): Karst of Great Britain. In: Karst: Important karst regions of the Northern Hemisphere (M. Herak, V.T. Stringfield), Elsevier, Amsterdam, p. 417-443
SWEETING, M. M. (1972): Karst landforms. - Macmillan
TRUDGILL, S. (1985): Limestone geomorphology. - In: Geomorphology Texts 8. (edited by K. M. Clayton), Longman, p. 53-70
VINCENT, P. (1995): Limestone pavements in the British Isles: A review. - The geographical Journal, Vol. 161., No.3., p. 265-275
WILLIAMS, P. W. (1966): Limestone pavements with special reference to Western Ireland. - In: Transactions of the British geographiers No. 40., p. 155-172