

Az árkos erózió felszínalakító szerepe Dél-Afrikában

KERTESZ ÁDÁM¹

Abstract

The role of donga (gully) erosion in surface formation in South Africa

There are contradictory opinions about the extension of soil erosion in Africa. EL SWAIFY, S.A. et al. (1982) represent the standpoint that the rate of soil erosion in Africa is less than in other parts of the 3rd world. As for South Africa, our observations and those of other authors as well as measurement data point to the fact that soil erosion is a serious problem, especially in the south-eastern part of South Africa. Again, there are contradictory views about the role of gully erosion (donga erosion is the local name) in the total rate of erosion. Some authors (e.g. STOCKING, M. 1996) say that the role of gully erosion is overestimated because gullies are very obvious and attracting features in the landscape whereas the effect of sheet erosion cannot be detected, or observed when looking at the landscape.

In South Africa, however, donga erosion is a very serious problem, at least according to our observations and research. Physico-geographical conditions favour gully erosion in many parts of South Africa. Loose sediments like thick layers of colluvium and saprolites, especially on footslopes are easily erodable. Most of the gullies are in the zone of 600–800 mm yearly rainfall. Semi-arid areas are also endangered by donga erosion. Here, and in other areas as well the role of vegetation seems to be very important, also from the aspect of the formation of a new vegetation cover in eroded areas.

Again, there are contradictory views about the weight of natural and anthropogenic factors in erosion. In our opinion natural conditions give the possibilities for dongas to develop and they do form also as a consequence of physical conditions. Anthropogenic factors like land use change and overgrazing contribute to an accelerated development of dongas.

Socio economic circumstances play an important role as well. In the second half of the 17th century legislation considered the problem of soil erosion and even subsidies were provided to combat soil erosion in South Africa. These protecting measures were, however, introduced almost exclusively on farms owned by white farmers whereas the problem of erosion and gully erosion became very serious in the homelands. Here overpopulation and an increased number of livestock made any protection against soil erosion impossible.

The main conclusion of the paper is that severe degradation is mainly due to anthropogenic factors and to mismanagement of the land so that protection against the formation of dongas must be based on proper land management and land use.

¹ MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, H-1112 Budapest, Budaörsi út 45. E-mail: kertesza@helka.iif.hu

Bevezetés

Ma már tudjuk, hogy világszerte elsősorban a lineáris erózió felelős a felszín talajerózió általi lepusztulásáért, nem pedig az areális erózió (felületi rétegerózió). A lineáris (vonalas) erózió formái és folyamatai közül az árkos erózió (gully erosion) szerepe a legfontosabb. Az árkos erózió BERGSMAN, E. (1996) szerint a 20–30 cm-től 20 m-es mélységű árkok kialakulásának folyamatát jelenti.

Az árkos erózió folyamatának kutatásában világszerte hasonló kérdések vetődnek fel: (1) milyen jelentőséggel bír a felszín és felszínközeli rétegek geológiai (litológiai) felépítése, (2) milyen topográfiai küszöbértékekhez kötődik az eróziós árkok kialakulása, (3) milyen éghajlati feltételek (elsősorban csapadékintenzitás és mennyiség) szükségesek az árkosodás megindulásához, (4) milyen szerepet tölt be a földhasznosítás, ill. ennek megváltozása és végül (5) milyen társadalmi gazdasági tényezők befolyásolják egy adott területen a lineáris erózió megindulását és elterjedését.

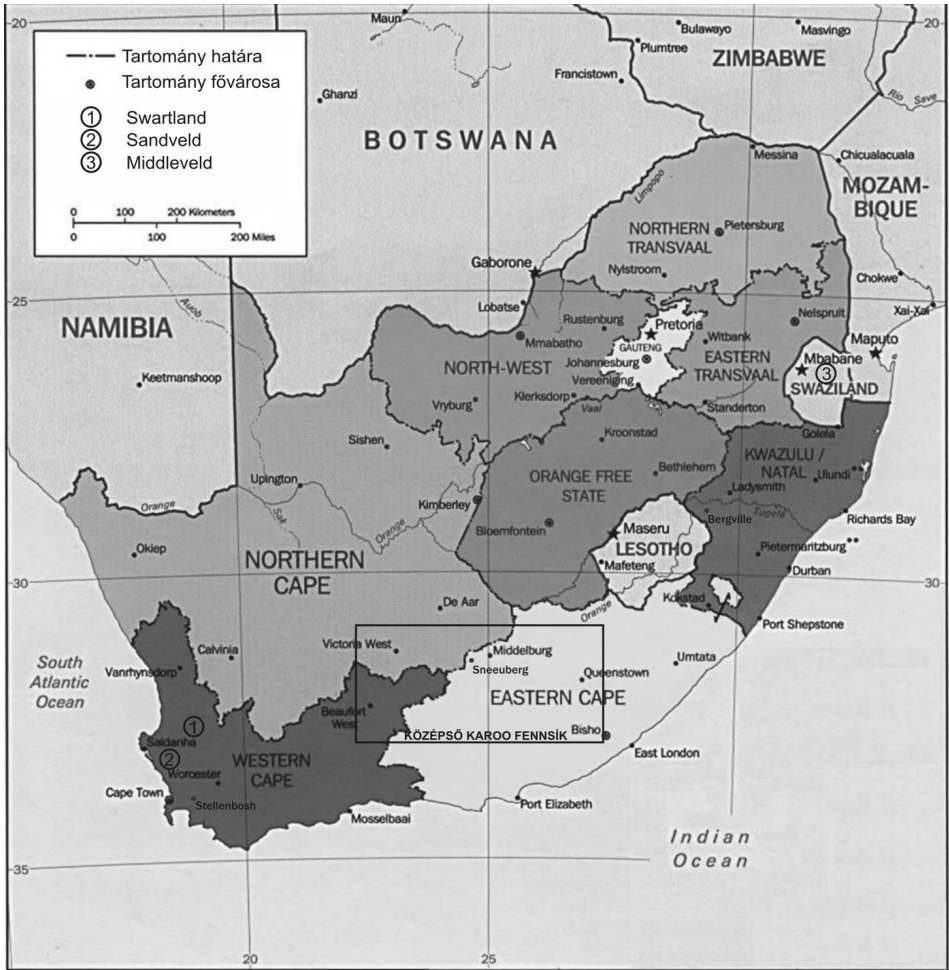
A talajpusztulás – amit azt az elnevezés is sugallja – a termőtalaj mennyiségét, ill. – kisebb mértékű pusztítás esetén – minőségét, vastagságát csökkenti és így különösen káros folyamat a harmadik világ országában, ahol köztudottan az élelmezés, ill. az éhínség, alultápláltság a legnagyobb probléma. A világ lakosságának 14%-a éhezik (SANCHEZ, P.A.–SWAMINATHAN, M.S. 2005), az éhezők többsége pedig a harmadik világból származik. A tragikus helyzetet növeli a földterület elaprózottsága. Előfordulhat, hogy egy kis birtok fele, harmada használhatatlanná válik az ott kialakuló eróziós árok miatt. Az éhezőknek durván a fele kisbirtokos. BROWN, L.R. et al. (1990) szerint a várható, egy főre jutó szántóterület néhány évtized múlva 0,15 ha lesz – szemben az 1986-an regisztrált 0,3 ha-ral. Az árkos eróziót befolyásoló, fent felsorolt tényezők közül a harmadik világban a társadalmi-gazdasági viszonyok döntőek. Megemlítjük, hogy a mély eróziós árkok Dél-Afrikában használatos helyi elnevezése „donga”. MARTIN, A.K. (1987) szerint a talajeróziós folyamatok mai mértéke a Kréta időszak utáni idő átlagértékének a többszöröse.

Az árkos erózió Dél-Afrika területén elsősorban a DK-i területrészeket érinti, mindennek előtt KwaZulu-Natalt, de a déli kontinens más területein is jelentős tájdegradáció előidéző folyamat. A tanulmányban szereplő földrajzi neveket az 1. ábrán tüntettük fel.

A talajerózió Afrikában

EL SWAIFY, S.A. et al. (1982) adatai szerint a talajerózió mértéke Afrikában kisebb, mint a harmadik világ többi kontinensén. Ez valószínűleg azért van így, mert a földhasznosítás Afrikában kevésbé intenzív, mint a fejlődő világ más területein. STOCKING, M.A. (1996) véleménye azt tükrözi, hogy bizonyos kedvező természeti adottságok is szerepet játszanak ebben, úgy mint Afrika stabilabbnak mondható lejtői, valamint a vízgyűjtő medencék nagyobb tározó kapacitása. EL SWAIFY, S.A. (1982) számításai a nagy folyórendszerek lebegtetett hordalék adatain alapulnak. Ezek szerint Afrikában az évi denudációs ráta – tehát a lepusztulás évi mértéke – $0,47 \text{ tha}^{-1}$, a kémiai denudációé pedig $0,25 \text{ tha}^{-1}$. Összehasonlításként Ázsia vonatkozó adatai: $1,66 \text{ tha}^{-1}$, ill. $0,42 \text{ tha}^{-1}$.

A felületi rétegerózió mértékének becslése eróziós parcellák adatain alapul. Közismert, hogy a parcellás mérések nem pontosak, elsősorban azért, mert a lepusztult talaj a lejtőn áthalmozódik, felhalmozódik, így a lepusztulás nettó értéke általában különbözik a parcellákon mért értékektől. Rendszerint túlbecslés történik. STOCKING,



1. ábra. Dél-Afrika politikai térképe a tanulmányban előforduló helynevekkel (The University of Texas, Perry-Castañeda Library Map Collection. – http://www.lib.utexas.edu/maps/south_africa.html nyomán)

Administrative map of South Africa with localities mentioned in the paper (on the basis of The University of Texas, Perry-Castañeda Library Map Collection. – http://www.lib.utexas.edu/maps/south_africa.html)

M.A. (1986, 1996) Zimbabwe kommunális szántó területére vonatkozóan 50 t/ha évi átlagértéket ad meg, a SLEMSA-modell alapján. Bár a szerző maga is hangsúlyozza, hogy ez jelentős mértékű túlbecslés, mégis úgy gondolom, hogy idéznünk kell, mert az irodalomban széles körben használják. STOCKING, M.A. szerint a talajerózió mértéke Afrikában a növényborítottságtól, a lejtőszögtől és a klímaviszonyoktól függ el-

sősorban. Ez utóbbival kapcsolatban megemlíti, hogy különösen erózióveszélyes az 500–800 mm-es évi csapadékmennyiség övezete. Az *1. táblázat* néhány adatot mutat be Dél-Afrikára (Zimbabwe és Dél-Afrikai Köztársaság) vonatkozóan.

1. táblázat. Az erózió mértékének becsült értékei Dél-Afrikában (STOCKING, M.A. 1984 és WEAVER, A.V.B. 1989 nyomán)

Állam	Mérési körülmények	Évi átlagos csapadékmennyiség (mm)	Az erózió mértéke (t/ha/év)
Zimbabwe, Henderson Research Station	10 éves kísérlet parlagon, 4,5%-os lejtőn	750	127,00
Dél-Afrika, Ciskei	Víztározó feliszapolódása 3 év alatt	550	114,00
Zimbabwe, Matopos Research Station	8 éves parcellás kísérlet parlagon, 4%-os lejtőn	400	11,00
Zimbabwe, Umsweswe	220 km ² -es vízgyűjtő hordalék hozama	750	10,00
Zimbabwe, Henderson Research Station	10 éves parcellás kísérlet, gyp, 4,5%-os lejtő	750	0,70

Hangsúlyozzuk, hogy a fenti becslések a felületi rétegerózióra vonatkoznak. Az árkos erózióról nehéz számszerű becslést adni. Bár az irodalomban elterjedt és elfogadott az a nézet, hogy a lineáris erózió pusztító hatása felülmúlja a felületi rétegeróziót, STOCKING, M.A. (1996) véleménye szerint a lineáris erózió, ezen belül is az árkos erózió szerepét túlbecsülik és öszerinte a felületi rétegerózió az, ami a katasztrofális méretű károkat okozza. A túlértékelés oka az, hogy az eróziós árkok és szakadékok a felszínen igen feltűnőek, uralnak egy-egy tájat, így a figyelmet jobban felhívják magukra, mint a felületi rétegerózió. Az eróziós árok a vízgyűjtőjén lejátszó felületi rétegerózióból származó vizet és hordalékot gyűjti össze és szállítja tovább, ezért véleményem szerint a két folyamat egymástól nem is igen választható el. Az *1. táblázatban* szerepelnek adatok az Umsweswe folyó vízgyűjtőjéről (Zimbabwe), ahol egyebek között az árkos erózió és a felületi rétegerózió közötti kapcsolatot is vizsgálták. Azt állapították meg, hogy az árkos erózió mindössze 13%-kal részesedik a vízgyűjtő teljes hordalékhozamából, a többi a rétegerózióból származik. Az adott esetben az árkok képződése a talajok, ill. a Karoo homok nagyfokú diszperzálásával összefügg, ez utóbbi pedig köztudottan gyakran áll kapcsolatban a magas kicserélhető nátriummal. Itt is ez a helyzet.

A vonalas erózió kialakulása az esetek többségében az állatok tevékenységéhez, a legelő háziállatokhoz kapcsolódik, ill. ez által gyorsul fel. A szarvasmarhák itató helyei, az állat csapások, lábnyomok elősegítik a vonalas eróziót. Természetesen emberi létesítmények – utak, vízvezető-csatornák stb. – is hozzájárulnak az eróziós pályák kialakulásához.

Megemlítjük hogy HUNTLEY, B. et al. (1989) szerint a Dél-Afrikai Köztársaság évi talajvesztésének értéke 400 millió tonna.

Az árkos eróziót befolyásoló tényezők

Az eróziót, a „donga eróziót” befolyásoló tényezők közül mindenekelőtt a természeti tényezőkkel foglalkozunk. Előrebocsátjuk, hogy az irodalomban nincsen egységes állásfoglalás arra nézve, hogy a természetes, vagy az antropogén okok játszzák-e a fő szerepet.

A természeti tényezők szerepe tulajdonképpen hasonlóan alakul, mint a világ más részein. BOTHA, G.A. (1996) véleménye szerint a dongák kialakulása sajátos közettípusokhoz, geomorfológiai területegységekhez és bioklimatikus adottságokhoz kapcsolódik.

Az árkos erózióknak kedvező litológiai adottságot magától értetődően a laza üledékek jelentik.

Az irodalom alapján azt mondhatjuk, hogy az árkos erózió kialakulásának és nagymértékű, felgyorsuló elterjedésének fő oka a földhasznosítás változás, nevezetesen a vaskorban még általánosan jellemző legelőgazdálkodás helyét fokozatosan a szántóföldi növénytermesztés vette át. E folyamat különösen a 18.–19. sz.-ban gyorsult fel (SHOWERS, K.B. 1989; WATSON, H.K. 1996, 1997). A 20. sz.-ban a gépesítés és a szántóföldi növénytermesztés intenzívebbé válása még tovább fokozta ezt a folyamatot.

A dongák kialakulása természetesen elsősorban a felszínközeli rétegösszlet pusztulásra való érzékenységgel kapcsolatos. Találkozunk olyan véleménnyel is, amely szerint az árkos eróziót a természetföldrajzi feltételek irányítják elsősorban és nem a földhasznosítás változása és a lakosság növekedéséből adódó terhelés (RIENKS, S.M. et al. 2000). A különböző alapkőzetten felhalmozódott lejtőüledék sérülékenysége és az ehhez kapcsolódó éghajlati és hidrológiai viszonyok tehát az árkosodást predesztinálják. Véleményem szerint a természetföldrajzi feltételek a donga erózió szükséges feltételei, amennyiben az árkosodás természetes körülmények között is kialakul, az antropogén tényezők pedig gyorsítják és fokozzák a folyamatot.

A lejtőüledékek (kollúviumok) rendkívül fontos szerepet játszanak Afrikában, különösen Közép- és Dél-Afrikában, ahol kb. a felszín 20%-át fedik (ADAMS, W.M. 1996). Gyakran több fázisban rakódtak le. Tengersizint feletti magasság tekintetében igen nagy változatosságot mutatnak: legalacsonyabb előfordulásuk 250 m (tszf.) Közép-Szváziföldön (Skoteni), legmagasabb lelőhelyük pedig 1600 m Nyugat-Transvaalban (Groot-Marico). Származási anyaguk – másként anyagközetük – is változatos: Zimbabwe, KwaZulu-Natal, Lesotho és az Orange Free State területén homokkövek és palák a jellemzők, míg Sváziföldön gránit és granodiorit, Transvaal Ny-i részén prekambriumi vulkáni és üledékes kőzetek, É-i részén a Bushfeld vulkáni övezet, Botswanában pedig gránit az alapanyag (WATSON, A. et al. 1984).

A lejtőüledék övezetekhez csaknem mindenütt eróziós árokrendszerek, badlandek kifejlődése kapcsolódik. Ma ott fordulnak elő árkok, ahol az évi csapadékmennyiség 600–800 mm közötti. A kollúvium képződés fázisai a következőképpen alakultak (BOTHÁ, G.A. et al. 1994 szerint). Az árok, dongák képződése és a kollúvium képződés szorosan összefügg: nevezetesen az árkok többször is betemetődtek lejtőüledékekkel. Zimbabweben és Sváziföldön késő-pleisztocén korú lejtőüle-

dék képződés nyomai találhatóak meg. Ez az üledékképződés árkok betemetéséhez kapcsolódhatott – tehát az árkok közvetlenül a betemetődés előtt keletkeztek. E folyamatok feltehetőleg 30 000–10 000 évvel ezelőttre tehetőek. BOTHA, G.A. et al. (1992) szerint Natalban 30 000–14 500 évvel ezelőtt volt jelentősebb kollúviáció. E folyamat tal egyidejűleg a növényborítottság figyelemre méltó csökkenése ment végbe és száraz, karroid típusú vegetáció képződött – legalábbis a pollenanalízis alapján erre lehet következtetni.

A kollúviális üledékeken kötőrmelék rétegek fordulnak elő, amelyek eredete vitatott. A törmelékes rétegek, törmelékszalagok képződésének helye is vitatott: nem tudni, hogy autochton, vagy allochton eredetűek. Származhatnak sivatagi mázzal fedett kötőrmelékből, keletkezhetnek bioturbáció által, lehetnek a mállásból származó maradványok stb.

A felszín alatti erózió szerepe

A felszíni vonalas erózió jelenségeihez gyakran felszín alatti, felszín közeli folyamatok járulnak. Az alagosodás (szuffózió, piping) első irodalmi adata 1938-ból való (HENKEL, J.S. et al. 1938) egy ún. „Estcourt” talajról (a Szolonyec megfelelője a dél-afrikai talajrendszerben). A szerzők a jelenséget a talaj zsugorodásával és az *A* és *B* szintek közötti eltérő vízáteresztő képességgel magyarázták. DOWNING, B.H. (1968) és BECKEDAHL, H.R. (1977, 1998) az éghajlat szezonális változékonyságának és a talajok diszperzítésének jelentőségét emelik ki, mint fontos további tényezőket, amelyek végül is vertikális repedések létrejöttét segítik elő.

A diszperzítésnek az alagosodásban betöltött szerepe tehát Dél-Afrikában is nyilvánvaló és bizonyított. A kicserélhető nátrium magas aránya rossz, alacsony aggregátum stabilitással párosul. WATSON, A. et al. (1984) szerint az altalaj szódás volta fontos szerepet játszik a dongák kialakulásában és továbbfejlődésében, mihelyt a rossz vízáteresztő képességű *B* szintet az erózió áttörte és az alatta fekvő anyag az esővíz hatásának ki van téve. A dongák és a diszperzív anyagok előfordulása között tehát igen szoros a kapcsolat.

Alagosodás és árkos erózió előfordul ugyanakkor nem jellemzően diszperzív anyagokban is – miként a Föld más területein, így Magyarországon is. Eastern Cape, KwaZulu Natal és Lesotho területeiről ismerünk olyan érintett területeket, ahol a kőzetanyag vonatkozó paraméterei (kicserélhető nátrium %, nátrium adszorpciós arány és diszperziós arány) nem lépik át a kritikus értékeket (ROOYANI, F. 1985; BECKEDAHL, H.R. 1998; WALKER, D.J.H. 1997). ROOYANI, F. (1985) és YAALON, D.H. (1987) szerint a fizikai tulajdonságok fontosabbak a fiziko-kémiai tulajdonságoknál, így a nátrium jelenléte és mennyisége valószínűleg nem olyan fontos, mint a hirtelen szerkezeti és textúra változás.

BECKEDAHL, H.R. (1998) szerint az alagosodás szerepe a dongák képződésében sokkal nagyobb, mint eddig gondoltuk. Vizsgálatai szerint az alagosodás 77% több-

letet ad a felszíni erózió által okozott talajvesztéshez. A felszín alatti erózió pusztítása 0,7–14,2 t/ha talajvesztést okozott az általa végzett vizsgálatoknál. 148 üreg vizsgálata alapján kijelenti, hogy az alagosodás nem feltétlenül talajkémiai okokra vezethető vissza, hanem a talaj fizikai és hidrológiai tulajdonságaival is összefügghet. Szerinte a kémiai, fizikai és hidrológiai tulajdonságok egyedi, ill. együttes hatása öt különböző alagosodási típust, felszín alatti eróziós rendszert határoz meg:

- törmelékletjtők típusa,
- árok oldalfali típus,
- emberi hatásra kialakult típus,
- erősen diszperzív talajú típus,
- szivárgó típus.

Esettanulmányok

A következőkben röviden áttekintjük és értékeljük a közelmúltból származó legfontosabb esettanulmányokat az árkos erózióval és a badlandek kialakulásával kapcsolatban.

A Karoo fennsík középső részén, Sneeuberg felföldön számos árokrendszer és badland alakult ki (BOARDMAN, J. et al. 2003). A Karoo fennsík a Dél-afrikai Köztársaság területének kb. egy harmadát foglalja el. Jórészt az ún. Karoo összlet építi fel, amely a 300–135 millió évvel ezelőtt felhalmozódott, változatos rétegösszlet. A lineáris erózióra érzékeny homokkő rétegek döntő fontosságúak. A homokkő üledékösszlet tetején gyakran vulkáni sapka van (Júra doleritek). A homokkövek és a palák vízszintes rétegzettségűek. A különböző ellenállóképességű homokkövek változatos, festői tájképet adnak. Az árkos erózió szempontjából legfontosabbak talán a laza lejtőüledékek és az ugyancsak általában laza negyedkori üledékek. Az erózió nagy területekről távolította el a talaj *A* szintjét.

A Karoo fennsík kb. a D.Sz. 28°–33° között helyezkedik el. Geomorfológiai szempontból egy felszabdalt síkság, amelyet a vízszintes rétegekből felépült táblahegyek tarkítanak. A hegyláncok jellemzően Ny–K irányban futnak. A fennsík átlagos magassága 1000–1500 m, a hegyláncok azonban 2000–3000 m magasságot is elérnek. A BOARDMAN, J. et al. (2003) által vizsgált terület, a Sneeuberg hegylánc (felföld) a Nagy-lépcsőhöz (Great Escarpment) tartozik. Az eróziós árkok és badlandek kollúviumon és folyóvízi üledékeken képződtek.

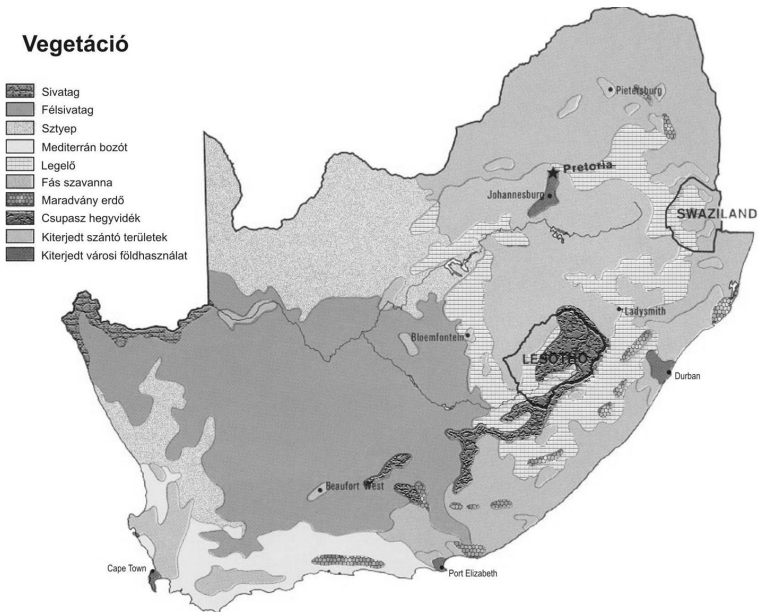
Az eróziós árkok és badlandek képződése szempontjából igen fontosak az éghajlati viszonyok. Korábban említettük, hogy a felületi rétegerózió elsősorban az 500–800 mm-es évi csapadékú zónában pusztít. A lineáris erózió szempontjából elsősorban a szélsőséges jellegű félig száraz (szemi-arid) klíma a legérzékenyebb. A Karoo fennsík éghajlata félig száraz, évi 200–400 mm csapadékkal, későnyári, márciusi csapadék maximummal. Érdekes, hogy BOARDMAN, J. et al. (2003) szerint Dél-Afrikában a napi 10 mm-nél nagyobb csapadékmennyiség számít kritikusnak. Véleményem

szerint hazánkban is hasonló a helyzet. TYSON, P.D. (1986) és FOLLAND, C.K. et al. (1998) szerint a száraz-nedves évek 16–20 évi periodicitással váltakoznak. A 19.–20. sz.-i adatokból nem mutatható ki sem csapadécsökkenési, sem pedig növekedési tendencia.

A Karoo erózióveszélyes területein általában füves pusztza, ill. bozótos növényzet fordul elő (2. ábra). Maga a Karoo elnevezés a füves pusztára utal (az őslakó hottentótok nyelvén). BOARDMAN, J. et al. (2003) szerint ott, ahol a felületi rétegerózió pusztítása jelentős, *Lycium cinereum* és *Erioccephalus spinescens* dominál. A degradált felszíneken az *Asteraceae* közül a *Pentzia incana*, a füves vegetációból pedig az *Aristida congesta* a jellemző. A növényzet degradációja jelentős a Karoo erózió által sújtott térségeiben. A karroid bozót dominál, ritka a füves vegetáció.

A földhasznosítással kapcsolatban – az elvárásnak megfelelően – azt mondhatjuk, hogy a legeltetés, az állattenyésztés jellemző, amely egyúttal az árkos erózió kialakulásának is kedvez. A legelő állatállomány az 1930-as években volt a legnagyobb. Általában elmondható, hogy 1865–1961 között kétszer, háromszor annyi állat volt, mint a 20. sz. végén.

A 10°-nál enyhébb völgyoldali lejtők lábánál fordulnak elő a badlandek. Növényzet nélküli, nagy árok sűrűségű térségek ezek. Kollúviumba, vagy erősen mállott palákba vágódnak be és gyakran erodálódnak az anyaközetig. BOARDMAN, J. et al. (2003) vizs-



2. ábra. Dél-Afrika növényzeti térképe (The University of Texas, Perry-Castañeda Library Map Collection. – http://www.lib.utexas.edu/maps/south_africa.html nyomán)

Vegetation map of South Africa (on the basis of The University of Texas, Perry-Castañeda Library Map Collection. – http://www.lib.utexas.edu/maps/south_africa.html)

gálatai szerint vannak olyan területek, ahol az árkos erózió által okozott degradáció csökkent (az érintett terület nagysága tekintetében) – pl. valamely védőintézkedés foganatosítása következtében – és vannak térségek, ahol a degradált terület nőtt.

A legtöbb badland térségében nem csak árkos erózióval találkozunk, hanem az árkos-, barázdás- és felületi rétegerózió együtt fordul elő. Az eróziós formák és folyamatok kialakulása feltehetőleg az úthálózat kialakulásához, ill. az e helyeken történt növényzetirtáshoz kapcsolódik.

BOARDMAN, J. et al. végső következtetése szerint az árkos erózió kialakulásában a legfontosabb szerepet a növényzet, a felszínborítás változása játssza. Különbséget kell tenni a kötörmelékes és a nem kötörmelékes talajok között. Nincs különbség abban, hogy mindkét esetben a növényzet gyeptakaróból bozóttá váló változása a növényzet által borított felületet csökkenti és ezáltal a lefolyás és a talajvesztés mértéke nő. Természetesen a lefolyás jobban nő, mint a lepusztult talaj mennyisége. A különbség abban van, hogy a kötörmelékes talajokon a lefolyás mértéke négyeszeresére, az erózióé pedig két és félszeresére, a finom alkotórészekből álló talajok esetében pedig az előbbi tízszeresére, az utóbbi pedig hatszorosára nő. Mindebből az is következik, hogy a lejtőlábi területek, ahol – a finomabb lejtőüledékek felhalmozódása miatt is – kevesebb a kötörmelékes talaj, sokkal érzékenyebbek a növényzet megváltozására, degradációjára. A badlandek is e területeken alakultak ki. A badlandek kialakulása nem kötődik az eróziós árkokhoz.

Az árkos erózió kockázatát kiváltó növényzetváltozás, növényborítottság csökkenés feltehetőleg az első európai telepések megjelenéséhez kötődik, akik a völgytalpakban alakították ki közlekedési útvonalait. Igazán aktív erózióval azonban a földeken kialakított kerítések és gátak megjelenése óta számolhatunk. Erre az a bizonyíték, hogy jelenleg is mélyülő, pusztuló badlandek területén ilyen kerítéseket, gátakat találunk és nem valószínű, hogy ezeket már kialakult badlandek térségében építették volna fel. További bizonyíték, hogy számos esetben a védőgátak mögött nagymennyiségű kollúvium halmozódott fel.

A növényzet változása, csökkenése természetes okokból is kialakulhat. Itt elsősorban az aszályokra, ill. a klíma szárazodására gondolunk. Az elmúlt 100 év csapadék adatai nem utalnak szignifikáns változásokra, ugyanakkor több aszályos periódus is kimutatható. Így HOFFMAN, M.T. et al. (1995) szerint 1919–1931, 1944–1949 és 1962–1973 között voltak jelentős aszályok.

A növényzet degradációja természetesen a túllegeltetéshez is szorosan kötődik. Annak ellenére, hogy az állatok száma a 20. sz. végére csökkent, még mindig jelentős az állatállomány. Érdekes megemlíteni, hogy a Colorado vízgyűjtőn is a szarvasmarha állomány megjelenése (az 1880-as években) vezetett a lefolyás növekedéséhez és a Douglas Creek bevágódásához.

Az 1. kép egy Bergville környéki dongát mutat be, ahol a donga kialakulásának előfeltétele volt a laza, paleotalajokkal tagolt lejtőüledék, a donga kialakulását azonban a legeltetés nagy mértékben elősegítette. A 2. kép is Bergville közelében készült: azt mutatja be, hogy a lejtők alsó szakaszait milyen sűrűn szabdalják fel az árkok.



1. kép. A több irányban is hátravágódó donga Bergville környékén hamarosan a lakóépületeket is veszélyeztetni fogja (a szerző felvétele)

Headcutting donga near Bergville with branches endangering the houses in the vicinity (photo by the author)



2. kép. Lejtőüledék összetette vágódó dongák Bergville környékén (a szerző felvétele)

Dongas cut in colluvium near Bergville (photo by the author)

Mind az árkok, mind pedig a badlandek keresztül vágódnak a kollúviumon és elérik az anyaközetet és így az előbbiek 8 m mélyre, az utóbbiak pedig kb. 1–2 m mélyre vágódnak. Ha az anyaközet kevésbé ellenálló, abba is belevágódnak.

BOARDMAN, J. et al. (2003) szerint az általuk vizsgált területen az árkok viszonylag új, recens képződmények. E területen tehát nem észlelhető, hogy korábban bevágódott eróziós árkok ismét betemetődtek, és azután újból bevágódtak volna. Az viszont kétségtelen, hogy 1937 és 1960 között az árkok intenzíven pusztultak – ami valószínűleg az ekkor tetőző állatállománnyal és a növényzet degradációjával áll kapcsolatban.

Az árkos erózió pusztító tevékenysége nem csupán recens folyamat, a földtörténeti közelmúltban, a negyedidőszak végén is igen intenzív árokbevágódás ment végbe, gyakran több ciklusban: a bevágódást feltöltődés, majd ismételt bevágódás követte. BOTHA, G.A. et al. (1994) KwaZulu-Natal területén vizsgálták a későglaciális paleo árkos eróziót. A dongák faágszerűen elágazó (dendritic) rendszere átlagosan 2–15 m mélységben tárja fel a finom textúrájú lejtőüledékeket, amelyeket paleo talajok tagolnak. BOTHA, G.A. et al. (1994) az elmúlt 135 000 év eseményeit próbálták rekonstruálni és kortanilag meghatározni, az eltemetett paleo-badland topográfiát feltárni.

A kollúvium alapvetően vékony pados, lemezes felépítésű homokos rétegekből áll, amelybe lencsésen kavicsos üledékek ékelődnek (időszakos, efemer árkos erózió és a felszíni leöblítés termékei). Viszonylag sok a fosszilis talaj, pedoreliktum, valamint a mállott közet rész, amelyek az üledékek színét és textúráját megadják. Bár kollúvium KwaZulu-Natal teljes területén előfordul, fő előfordulási területe a 600–800 mm évi csapadékot kapó térség. A különböző rétegek kortani bemutatásától itt eltekintünk, csupán annyit említünk, hogy a kormeghatározás segítségével az ős (paleo) árkok több generációját sikerült feltárni a későpleisztocén időszakából (ún. Masotcheni formáció). Ezek a korai (ősi), paleo talajokkal borított tájak ma már csak kis, lepusztult maradványokként vannak meg, amelyek többször exhumálódtak, erodálódtak, ill. eltemetődtek a késő Pleisztocén folyamán. A radiokarbon és lumineszcencia kormeghatározási módszerek alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a különböző dombsági lejtők paleotalajokkal borított felszínei között meglehetősen időbeli átfedések vannak. Ez pontosabban azt jelenti, hogy a Pleisztocén végi árkos erózióhoz kapcsolódó eróziós és akkumulációs fázisok a térségben nem egyidőben, nem szinkron módon történtek.

Az árkos erózió és kollúviáció folyamatai a holocénban is folytatódtak. BOTHA, G.A. et al. (1994) vizsgálatai szerint (Ulundi környékén) egy kollúviációs szakasz azonosítható, amely a felsőbb lejtőszakaszokon végbement árkos (donga) erózióhoz kapcsolódik a késő holocénban. Ennek kora a különböző kormeghatározási módszerek szerint 1.420 ± 60 ka (radiocarbon módszer), ill. $1.77 \pm 0,25$ ka (IRSL és TL módszer). A donga erózió és kollúviáció folyamatai a közelmúltban is folytatódtak, megújultak. Így az elmúlt néhány évszázad során észak KwaZulu-Natal térségében a jelenlegi árok rendszer ismét kialakította a kollúviális kitöltést a paleo-árok fala mentén.

MORGAN, R.P.C.–MNGOMEZULU, D. (2003) vizsgálatai szerint Szváziföldön is rendkívül nagymértékű az árkos erózió elterjedése és növekedése. Az 1930-as évek óta jelentős mértékben akadályozza a fenntartható mezőgazdaságot, elsősorban a föld-

művelést. Különösen súlyosbodott a helyzet az elmúlt két évtizedben. A lineáris erózió itt alapvetően a felszíni folyamatok eredménye, a felszín alatti erózió szerepe alárendelt. Az árkos erózió mellett a felületi rétegerózió és az aszály által okozott veszély és kár is figyelemre méltó. MUSHALA, H.M. et al. (1997) több mint 2500 dongát vizsgáltak. Némelyik árok több mint 50 ha területű és több mint 25 m mély.

Szváziföld Middleveld területén igen elterjedtek a mélyen elmállott szapolitok, amelyek a nedves trópusok és szubtrópusok jellegzetes, in situ mállástermékei. 20 m-es vastagságot is elérnek. A dongák főként kollúviumon és a könnyen pusztuló szapoliton alakultak ki. Egész Dél-Afrika területén ez a két anyag a legveszélyesebb az erózió – lineáris erózió – szempontjából.

A szapolitok mélyen elmállott magmás és metamorf kőzetekből alakultak ki nedves trópusi klímaviszonyok között a krétában és az óharmadidőszakban. A szapolitok kialakulása komplex, poligenetikus folyamat – a felszínközeli oxidációs zóna alatt egy redukciós zóna található. A szapolitok mállása izovolumetrikus folyamat, amely több mint 50%-os tömegvesztéssel jár (pórusterfogóban kifejezve, SCHOLTEN, T. et al. 1997). A szapolitok vízkapacitása is 2–4-szer nagyobb mint a talajé, telített hidraulikus vízvezető képességük pedig kétszer akkora. Nagy vízkapacitásuk és pórustérfogatuk miatt igen jó víztározó képességűek.

A szapolitok kettős szerepet töltenek be: egyrészt az erózióval szembeni gyenge ellenálló-képességük miatt könnyen válnak az erózió martalékává, másrészt viszont – az eróziót követő stabilizáció után – a kialakuló új talaj alapanyagai, talajképző kőzetei. Erózióval szembeni sérülékenységük az alacsony agyagtartalom, a szerves anyag hiánya, valamint a cementáló pedogén oxidok különösen alacsony mennyiségének következménye (SCHOLTEN, T. 1997). Alacsony kohézió és alacsony nyíró erő jellemzi (2,3–4,4 kPa, SCHOLTEN, T. 1997). Ugyanakkor arra is rá kell mutatnunk, hogy nemcsak a gyors és mély dongafejlődésnek kedveznek, hanem – jó vízgazdálkodásuk miatt – a növényzet gyors rehabilitációját is lehetővé teszik az erodált területen.

Szváziföld tekintetében hasonló megállapítások tehetők, mint bármely más eddig említett dél-afrikai területtel kapcsolatban. A talajerózió, mint természetföldrajzi folyamat igen aktív, ugyanakkor a társadalmi-gazdasági tényezők – helytelen földhasználat, túllegeltetés – felgyorsítják ezt a természetes folyamatot. Minden területrész, földdarab sérülékenységétől függ, hogy hogyan reagál a helytelen emberi beavatkozásokra.

Sok a hasonlóság Svváziföld és Lesotho eróziós viszonyai között, annak ellenére, hogy különbözőek a természet- és társadalomföldrajzi viszonyok. Lesotho területén is az 1930-as évektől kezdve számolhatunk katasztrofális méretű eróziós veszéllyel (PIM, A.W. 1935). A szántóföldi talajvesztései értékek ugyanakkor igen alacsonyak, annak ellenére, hogy igen látványos eróziós árkok fordulnak elő a területen (RYDGREN, B. 1992). Néhány terület kivételével az évi hordalék ráta a víztározókban kisebb, mint 10 t/ha évente (CHAKELA, Q.K. 1981). MUSHALA, H.M. et al. (1997) úgy vélik, hogy az árkos erózió fő időszaka elmúlt és a csepperózió, ill. a felszíni leöblítés szerepe a döntő (CHAKELA, Q.K. 1981). STRÖMQUIST, L. (1992) úgy látja, hogy a

történelmi és a földhasznosítási tényezők szerepe fontosabb, mint a természetföldrajzi tényezők változatossága. Ugyanakkor lokális léptékben a földtani, talajtani és geomorfológiai tényezők nagyon lényegesek.

A Dél-afrikai Köztársaság D-i, DNy-i részén (Western Cape Province) is jelentős pusztítást okoz a donga erózió. TALBOT, W.J. már 1947-ben összefoglaló munkát írt a Western Cape Province két tartományáról, Swartlandról és Sandveldről. A mediterrán jellegű terület klímája a szemiáriditás felé hajlik, Stellenboschtól É felé haladva fokozódó jelleggel. A bozótos természetes vegetációt (jellemző növény az *Elytropappus rinocerotis*) egyre inkább kiszorítják a szántóföldek (MEADOWS, M.E. 2003). Az alacsony terméseredmények is csak a talaj kiszárolásával váltak lehetségessé. A lejtőirányú művelés is hozzájárult ahhoz, hogy a kiszárolt, rossz minőségű földeken megjelentek a dongák. MEADOWS, M.E. (2003) elemzése szerint az árkok sűrűsége az 1938-as állapothoz képest jelentősen visszaesett (az általa választott reprezentatív mintaterületen az árkok sűrűség 1938–1989 között $12,3/\text{km}^2$ -ről $1,8/\text{km}^2$ -re esett vissza).

Az ok az azóta foganasított talajvédelmi intézkedésekben keresendő. Ide tartozik az átgondolt földhasznosítás tervezés, talajbarát vetésváltás bevezetése, a monokultúras gabonatermesztés helyett az állattenyésztés beépítése a gazdálkodásba, mulcs takaró alkalmazása. Az árkos területek rehabilitációja is megkezdődött: az árkokat részben feltöltötték. Szintvonalmenti művelést kezdtek folytatni és szintvonalak mentén védőfalakat is építettek.

A társadalmi-gazdasági viszonyok szerepe

Az erózió, ezen belül is az árkos erózió problémájára a 20. sz. derekán nemcsak felfigyeltek, de intézkedéseket is tettek ellene. 1941-ben (Forest and Veld Conservation Act. 13) pl. egy olyan rendelkezést hoztak, amelynek értelmében ki lehetett sajátítani az olyan magántulajdonú földeket, amelyek degradált állapotuk következtében rehabilitációra szorultak – bár ennek a rendelkezésnek viszonylag szerény hatása volt talajvédelmi szempontból. Ez, valamint az ezt követő időszakban hozott rendelkezések elsősorban a fehérek tulajdonában lévő földterületeken érezték hatásukat. Nem ismertetjük itt ezeket az egymásra épülő, a korábbi intézkedések hibáit, gyengeségeit kiküszöbölni igyekvő rendelkezéseket, csupán arra szeretnénk utalni, hogy az intézkedésekhez támogatási csomag is tartozott, így az érintett (fehér) farmerek valóban tehetek is valamit a problémák orvoslására.

A dongák kialakulása és általában az erózió a legnagyobb környezeti problémákat a feketék által lakott „homeland”-ek területén jelenti. Itt túl sok az ember és a háziállat egyaránt és a túlzásfűlttség miatt az elharapódzó degradáció ellen semmit sem lehet tenni, vagyis a kommunális földeken a degradáció különböző formái sokkal súlyosabbak, mint az árutermelést folytató farmokon. Nagy gondot jelent a túllegeltetés és a túl sok állat birtoklása is. Közismert, hogy az állatok birtoklása társadalmi presztízst is jelent.

Már a bevezetésben is említettük, hogy az egy gazdaságra eső szántóterület a népesség növekedésével párhuzamosan csökken. Egyre több földterületet használnak lakóhelyépítésre, csökken a legelőterület és ugyanakkor nő az állatállomány, ami további talaj- és tájdegradációhoz vezet. RICKSON, R.J. (1997) szerint Szváziföldön az is megfigyelhető, hogy a népesség növekedése pozitív hatással is lehet a talajvédelem és a farm-menedzsment szempontjából.

Ugyancsak Szváziföldről idézett tény, hogy a közlegelőkön, ahol korlátozás nélkül lehet legeltetni, olyan mértékben megnőtt az állatállomány, hogy az a föld eltartó-képességét is meghaladja. Middleveld térségében pl. az egy állatra jutó földterület 0,9 ha (MOYO, S. et al. 1993).

Összefoglalás, következtetések

Az árkos erózióval kapcsolatos kérdések Dél-Afrikában is hasonlóak, mint Földünk más területein. Az alapkérdés az, hogy teljesen igaznak fogadhatjuk-e el azt az állítást, amely szerint az árkos erózió felszínpusztító hatása lényegesen nagyobb, mint a felületi rétegerózióé – ahogy azt a bevezetésben megfogalmaztuk.

E tanulmányban erre a kérdésre azt a választ adtuk, hogy nehezen szétválasztható a lineáris és az areális erózió folyamatgyűttese, mivel az árkok mögöttes vízgyűjtőjén felületi lepusztulás megy végbe. Az kétségtelen tény, hogy az árkok markáns tájképi elemek, míg a felületi erózió hatása nem hagy ilyen látványos nyomokat maga után.

A másik fontos alapkérdés pedig arra keresi a választ, hogy mi a szerepe a természeti, ill. az antropogén tényezőknek a lineáris erózióban. A dél-afrikai példákban egyértelmű volt a kőzetminőség szerepe, tehát az árkosodás a lejtőlábi, többnyire paleotalajokkal tagolt kollúviumokon és a laza szerkezetű szaprolitokon indult meg elsősorban.

A túllegeltetés, a nem megfelelő szántóföldi művelés azonban óriási szerepet játszik abban, hogy ott, ahol a természeti feltételek adottak, megkezdődjön, ill. felgyorsuljon a dongák képződése. Különösen nagy eróziós veszély áll fenn a homelandek térségében, ahol a túlnépesedés és a túl nagy állatállomány miatt gyorsan elterjednek a degradációs folyamatok. Az éghajlati és növényzeti feltételek is fontosak: kritikusan látszik a 600–800 mm évi csapadék övezet, valamint a szemiárid jellegű területek, ahol a bozotos, ill. ritka növényzet csak kevés védelmet nyújt, és ahol a növényzet újbóli elterjedésének feltételei is korlátozottak.

Végső megállapításként azt mondhatjuk, hogy – amint erre a tanulmányban is utaltunk – ott, ahol a dongák kialakulásának természetföldrajzi feltételei adottak, ott azok fejlődése megindul, a nagymértékű, felgyorsult és nagy területű degradáció azonban ott tapasztalható, ahol az emberi tevékenység, a helytelen gazdálkodás ezt elősegíti. Így a védekezést is erről az oldalról kell megközelíteni, tehát a megfelelő gazdálkodás mellett a dongák kialakulása és továbbfejlődése jó eséllyel megakadályozható.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció a magyar és dél-afrikai kormányközi tudományos és technológiai együttműködés keretében, a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap, valamint a Foundation for Research Development támogatásával jött létre.

IRODALOM

- ADAMS, W.M.–GOUDIE, A.S.–ORME, A.R. (eds.) 1996. *The Physical Geography of Africa. Oxford Regional Environments.* – Oxford University Press. 429 p.
- BECKEDAHL, H.R. 1977. Subsurface erosion near the Oliviershoek Pass, Drakensberg. – *South African Geographical Journal* 59. pp. 130–138.
- BECKEDAHL, H.R. 1998. Subsurface soil erosion phenomena in South Africa. – *Ergänzungsheft 290. Petermanns Geographische Mitteilungen.* Justus Perthes Verlag Gotha. 128 p.
- BERGSMAN, E. 1996. Terminology for soil erosion and conservation. – *International Society of Soil Science (ISSS).* 313 p.
- BOARDMAN, J.–PARSONS, A.J.–HOLLAND, R.–HOLMES, P.J.–WASHINGTON, R. 2003. Development of badlands and gullies in the Sneeuberg, Great Karoo, South Africa. – *CATENA* 50. pp. 165–184.
- BOTHA, G.A.–SCOTT, L.–VOGEL, J.C.–VON BRUNN, V. 1992. Palaeosols and palaeoenvironments during the Late Pleistocene Hypothermal in northern Natal. – *South African Journal of Science* 88. pp. 508–512.
- BOTHA, G.A.–WINTLE, A.G.–VOGEL, J.C. 1994. Episodic late Quaternary palaeogully erosion in northern KwaZulu-Natal, South Africa. – *CATENA* 23. pp. 327–340.
- BOTHA, G.A. 1996. The geology and palaeopedology of late Quaternary colluvial sediments in northern KwaZulu-Natal. – *Memoir 83, Council for Geoscience, South Africa.* 165 p.
- BROWN, L.R.–DURNING, A.–FLAVIN, C.–FRENCH, M.–JACOBSON, J.–LOWE, M.–POSTEL, S.–RENNER, M.–STARKE, L.–YOUNG, J. 1990. *State of the World.* – New York.
- CHAKELA, Q.K. 1981. Soil erosion and reservoir sedimentation in Lesotho. – *Scandinavian Institute of African Studies, Uppsala. UNGI Report No. 54.*
- DOWNING, B.H. 1968. Subsurface erosion as a geomorphological agent in Natal. – *Transaction of the Geological Society of South Africa* 71. pp. 131–134.
- EL SWAIFY, S.A.–DANGLER, E.W.–ARMSTRONG, C.L. 1982. *Soil Erosion by Water in the Tropics.* – Research Extension Series 024. Hawaii, USA.
- FOLLAND, C.K.–PARKER, D.–COLMAN, D.–WASHINGTON, R. 1998. Low frequency variability of worldwide ocean surface temperature in the historical record. – In: NAVARRA, A. (ed.): *Beyond El Niño: Decadal Variability in the Climate System.* Springer-Verlag. pp. 85–114.
- HENKEL, J.S.–BAYER, A.W.–COUTTS, J.R.H. 1938. Subsurface erosion on a Natal midlands farm. – *South African Journal of Science* 35. pp. 236–243.
- HOFFMAN, M.T.–BOND, W.J.–STOCK, W.D. 1995. Desertification of the Eastern Karoo, South Africa: conflicting paleoecological, historical and soil isotopic evidence. – *Environmental Monitoring and Assessment* 37. pp. 159–177.
- HUNTLEY, B.–SIEGFRIED, W.R.–SUNTER, C. 1989. *South African Environments into the 21st century.* – Human and Rousseau, Tafelberg.
- MARTIN, A.K. 1987. Comparison of sedimentation rates in the Natal Valley, south-west Indian Ocean, with modern sediment yields in east coast rivers of Southern Africa. – *South African Journal of Science* 83. pp. 716–724.
- MEADOWS, M.E. 2003. Soil erosion in the Swartland, Western Cape Province, South Africa: implications of past and present policy and practice. – *Environmental Science & Policy* 6. pp. 17–28.

- MORGAN, R.P.C.–MNGOMEZULU, D. 2003. Threshold conditions for initiation of valley-side gullies in the Middle Veld of Swaziland. – *CATENA* 50. pp. 401–414.
- MOYO, S.–O'KEEFE, P.–SILL, M. 1993. The Southern African environment: profiles of the SADC countries. – Earthscan, London.
- MUSHALA, H.M.–MORGAN, R.P.C.–SCHOLTEN, T.–FELIX-HENNINGSEN, P.–RICKSON, R.J. 1997. Soil erosion and sedimentation in Swaziland: an introduction. – *Soil Technology* 11. pp. 219–228.
- PIM, A.W. 1935. Financial and economic position of Basutoland. HMSO, London.
- RICKSON, R.J. 1997. Factors affecting changes in erosion status in the Swaziland Middleveld. – *Soil Technology* 11. pp. 311–318.
- RIENKS, S.M.–BOTH, G.A.–HUGHES, J.C. 2000. Some physical and chemical properties of sediments exposed in a gully donga in northern KwaZulu-Natal, South Africa and their relationship to the erodibility of the colluvial layers. – *CATENA* 39. pp. 11–31.
- ROOYANI, F. 1985. A note on soil properties influencing piping at the contact zone between albic and argillic horizons of certain duplex soils (aqualts) in Lesotho, South Africa. – *Soil Science* 139. (6). pp. 517–522.
- RYDGREN, B. 1992. Soil erosion and nutrient loss studies in the southern Lesotho lowlands. – In: HURNI, H.–TATO, KEBEDE (eds.) *Erosion, Conservation and Small-scale Farming*. Bern, Geographica Bernensia. pp. 213–228.
- SANCHEZ, P.A.–SWAMINATHAN, M.S. 2005. Cutting World Hunger in Half. – *Science* 307. pp. 357–359.
- SCHOLTEN, T. 1997. Hydrology and erodibility of the soils and saprolite cover in the Swaziland Middleveld. – *Soil Technology* 11. pp. 247–262.
- SCHOLTEN, T.–FELIX-HENNINGSEN, P.–SCHOTTE, M. 1997. Geology, soils and saprolites of the Swaziland Middleveld. – *Soil Technology* 11. pp. 229–246.
- SHOWERS, K.B. 1989. Soil erosion in the Kingdom of Lesotho: origins and colonial response, 1830s–1950s. – *Journal of Southern African Studies* 15. pp. 263–286.
- STOCKING, M.A. 1984. Rates of Erosion and Sediment Yield in the African Environment. – In: IAHS, *Challenges in African Hydrology and Water Resources* (Wallingford). pp. 285–295.
- STOCKING, M.A. 1986. The Cost of Soil Erosion in Zimbabwe in Terms of the Loss of Three Major Nutrients. – Consultants Working Paper No. 3. Rome.
- STOCKING, M.A. 1996. Soil Erosion. – In: ADAMS, W.M.–GOUDIE, A.S.–ORME, A.R. (eds.) *The Physical Geography of Africa*. Oxford University Press. pp. 326–341.
- STRÖMQUIST, L. 1992. A multi-level approach to soil erosion surveys: examples from the Lesotho lowlands. – In: HURNI, H.–TATO, K. (eds.) *Erosion, Conservation and Small-scale Farming*. – Bern, Geographica Bernensia. pp. 509–520.
- TALBOT, W.J. 1947. *Swartland and Sandveld*. – Oxford University Press. Cape Town.
- TYSON, P.D. 1986. *Climatic Change and Variability in Southern Africa*. – Oxford Univ. Press. Cape Town.
- WALKER, D.J.H. 1997. Dispersive soils in KwaZulu-Natal. – MSc Thesis, University of Natal, Durban, South Africa, 101 p.
- WATSON, A.–PRICE-WILLIAMS, D.–GOUDIE, A.S. 1984. The palaeoenvironmental interpretation of colluvial sediments and palaeosols of the Late Pleistocene hypothermal in southern Africa. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 45. pp. 225–249.
- WATSON, H.K. 1996. Short and long-term influence on soil erosion of settlement by peasant farmers in KwaZulu-Natal. – *South African Geographical Journal* 78. pp. 1–6.
- WATSON, H.K. 1997. Geology as an indicator of land capability in the Mfolozi area, KwaZulu-Natal. – *South African Journal of Science* 93. pp. 39–44.
- WEAVER, A.V.B. 1989. Soil erosion rates in the Roxeni Basin, Ciskei. – *South African Geographical Journal* 71. pp. 32–37.
- YAALON, D.H. 1987. Is gully erosion associated with highly sodic colluvium? – *Palaeoclimatology, Palaeogeography, Palaeoecology* 58. pp. 121–123.