KARSZTFEJLŐDÉS XII.
Szombathely, 2007. pp. 137-152.

ADATOK A TOTES GEBIRGEI LEJTŐK KARROSODÁSÁHOZ

VERESS MÁRTON[1] – PÉNTEK KÁLMÁN[2] – CZÖPEK ISTVÁN[1] – ZENTAI ZOLTÁN[1] – DEÁK GYÖRGY[1] – MITRE ZOLTÁN[3]

[1]Berzsenyi Dániel Főiskola, Földrajz- és Környezettudományi Intézet, 9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4. vmarton@bdf.hu
[2]Berzsenyi Dániel Főiskola, Matematika és Információtudományi Intézet, 9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4. pentek@bdf.hu,
[3] fizika-számítástechnika szakos IV. évfolyamos főiskolai hallgató (BDF)

Abstract: We measured data of rinns (for example their width, their depth and the angle of the carrying slope) along 59 lines in Totes Gebirge. We measured the distance of the line from the upper margin of the carrying slope (d), concerning the width of the dwarfpines (s) on slopes with dwarfpine. We searched function relationship among the different rinn dimensions, the value d, the value s and the slope angle. We describe the dimension of rinns or degree of dissolution primarily with specific cross-section areas of rinns (T). We could establish that value of the T increases in the function of the d and s in the case of slopes with dwarfpines. The increasing is getting greater as the slope angle grows. We can explain this connection as follows: due to the faster water flow (the slope angle increases) more and more CO_2 (there are more and more dwarfpines of the slope) may be transported further and further. Hence the greater dissolution happens further on the slope because of the increasing of the above parameters. At the same time the dissolutional effect concentrates places, because the density of the rinn decreases with the increasing of the slope angle. Therefore the current water creates the rinns of the slopes with dwarfpine. We could not prove function relationships among the values T, S and the slope angle on bare slopes. Therefore the degree of dissolution does not depend on the above parameters on bare slopes. The percolating water causes the development of the rinns mainly on bare slopes. The percolating water originates from snow, which fill in the rinns.

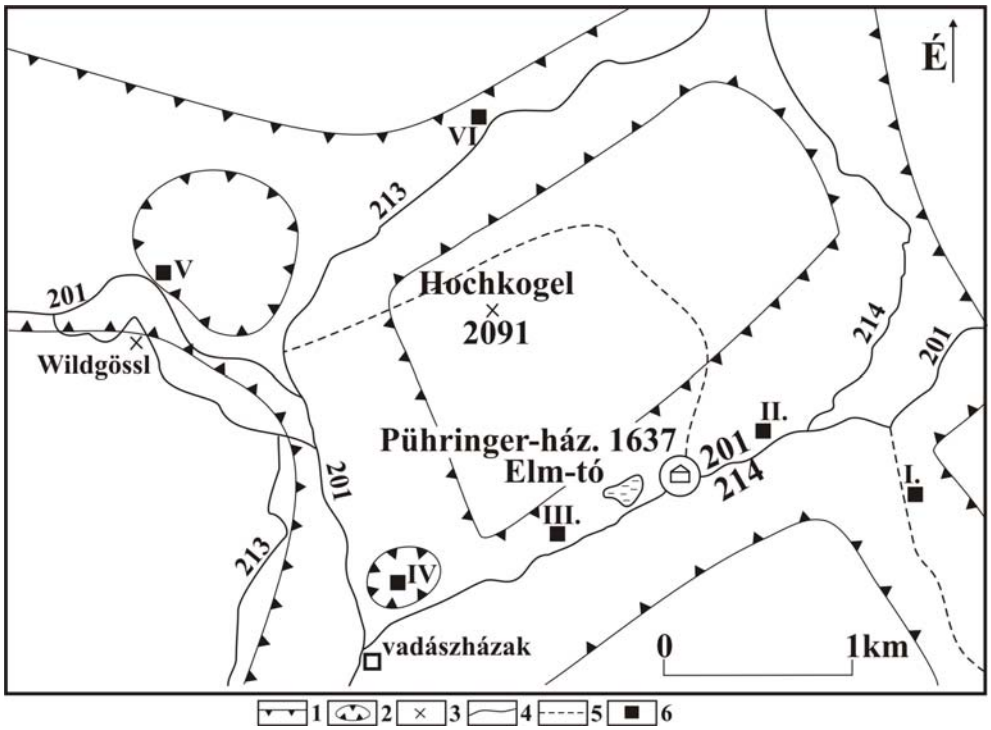
1. Bevezetés

59 db törpefenyős és növénytelen lejtő karrosodását vizsgáltuk a Totes Gebirgében. A lejtők karrosodását a vályuk (rinnek) különböző jellemzőinek felhasználásával írjuk le. Bár a lejtőkön más karros formák is előfordulnak, ezek száma azonban kicsi. Gyakori az is, hogy egyes formák a különböző lejtőkön egyáltalán nem fejlődnek ki. A különböző növényzetű és dőlésű lejtők karrosodását az alábbiak miatt vizsgáltuk.

- Amíg a csupasz lejtőkön a vízbe csak légköri eredetű, addig a törpefenyős lejtőkön talajból, ill. a hóból is CO_2 kerül. A hóban azért lehet CO_2, mert alatta a törpefenyő nem fotoszintetizál, viszont disszimilál (*MARIKO* et al. 1994, *KÖRNER* 1999). Ezért a csupasz lejtők vizében a CO_2 mennyisége kisebb lesz mint a törpefenyős lejtőkön. A szomszédos csupasz és törpefenyős lejtők vályúméreteinek eltérései a talajból és a hóból származó CO_2 többletre vezethetők vissza. Így a törpefenyős lejtőkön, a 2005. évi vizsgála-

taink adatai szerint a fajlagos vályú keresztmetszet terület 9,12 dm^2/m-nek a csupasz lejtőkön 3,65 dm^2/m-nek (*VERESS* et al. 2006), míg a 2005. és 2006. évi összesített eredmények szerint ezek értéke 9,35 dm^2/m-nek, ill. 3,85 dm^2/m-nek adódott.

- A különböző dőlésű lejtőkön a vízáramlási sebesség és így annak áramlási módja is eltér. Ismert, hogy a nagyobb áramlási sebesség (*DUBLJANSZKIJ* 1987), ill. a turbulens áramlás (*CURL* 1966, *DREYBRODT* 1988) növeli a mészkő oldódását és így esetünkben a vályúk méreteit. Előző esetben azért, mert a gyorsabb áramlás fenntartja az ionkoncentráció különbséget a határréteg és az áramló oldószer között, ami az iontranszport feltétele. Utóbbi esetben azért, mert a turbulencia „*összetöri*" a határréteget. A képződő új határréteg viszont telítetlen. Továbbá azért is, mert a turbulencia miatt örvényléses diffúzió lép fel, amelynek során nagyságrenddel több Ca^{2+} és HCO_3^-pumpálódik az áramló oldószerbe, mint a lamináris áramlásnál fellépő molekuláris diffúziónál.



1. ábra: Kutatási helyszínek
Jelmagyarázat: 1. gleccservölgy pereme, 2. paleodolina,. 3. csúcs, 4. turistaút, 5. sí út, 6. kutatási terület
Fig. 1: Research areas
Legend: 1 margin of glacier valley, 2. paleodolina, 3. peak, 4. hiker's track, 5. ski rout, 6. research area

A különböző növényzetű, ill. növényzet nélküli lejtők karrosodásának összehasonlítása céljából már 2005-ben is végeztünk vizsgálatokat (*VERESS* et al. 2006). Jelen tanulmányban a 2005. évi mérések és a 2006. évi mérések adatait, hogy az esetszám nagyobb legyen, összevonva elemezzük. A 2006. évi mérési helyszínek részben a 2005. évi mérések helyszínein, ill. még további helyszíneken történtek a Totes Gebirgében. A kutatási helyszínek, amelyeket alább röviden bemutatunk az *1. ábrán* láthatók.

- A délebbi helyzetű ÉK-DNY-i irányú gleccser völgy, amelyben a Pühringer-turistaház is található, talpa alacsonyabb és magasabb részletekre különül. Viszonylag alacsony magasságú völgy, hiszen a magasabb talprészletek is 1800 m alattiak. Az alacsonyabb talpszakaszok némelyike sziklamedence, többsége azonban recens karsztos formákkal tagolt paleodolina. A IV. jelű kutatási terület egy paleodolina oldallejtőjén található. A völgy D-i lejtője meredek, kovarétegekkel megszakított. A sziklalejtő kova- és mészkőtörmelékes lejtőben folytatódik. É-i lejtője és részben a talpa is réteglépcsőkkel tagolt. E réteglépcsőkön található a II. jelű kutatási terület. A völgyhöz D-ről kapcsolódik egy mellékvölgy, amelyben az I. jelű kutatási terület található. Bár a mellékvölgyben is uralkodnak a réteglépcsők, a völgytalpon előfordulnak bárányszikláks is. Néhány mérési helyet a bárányszikláks oldallejtőin alakítottunk ki.
- Az északabbi helyzetű gleccservölgy is ÉK-DNy-i irányú. Talpa az előzőnél magasabb helyzetű (többnyire 1800 m feletti magasságú). Karsztformákkal (meredek oldalú töbrök és aknák) sokkal nagyobb mértékben feltagolt mint a délebbi völgy. Meredek lejtőjén található a VI. jelű kutatási terület. Ez a gleccservölgy Ny-i irányban folytatódik, azonban ezen utóbbi részétől egy több km-es átmérőjű paleodolina, vagy uvala különíti el. A paleodolina aljzata kisebb méretű részmélyedésekre különül. Ezek részben kitöltöttek (pl. kovatörmelékkel). A mélyedésrendszerben vízfolyások, víznyelők és fedett karsztos formák is előfordulnak. Mészkőelőbukkanásos felszínrészleteik réteglépcsőkkel tagoltak. E mélyedésrendszerben helyezkedik el az V. jelű kutatási terület.

A mérési helyszínek (egy kutatási területen több mérési helyszín is lehet) réteglépcsők réteglapos lejtőin (*1, 2 kép*), vagy bárányszikláks helyezkednek el. A réteglapos lejtők D-i, DK-i dőlésűek.

1. kép: Meredek lejtő, kicsi törpefenyő folttal (13., ill. a 15. jelű szelvények)
Jelmagyarázat: 1. törpefenyős lejtő, 2. csupasz lejtő
Picture 1: Steep slope with small dwarfpine patch
Legend: 1. bare slope, 2. slope with dwarfpine (lines marked 13 concerning 15)

2. kép: Lankás lejtő nagyobb törpefenyő folttal (16. jelű szelvény)
Picture 2: Gentle slope with larger dwarfpine patch (line marked 16)

2. A vizsgálat módszere

A mérés helyszínének kiválasztott lejtőn csapás irányban elhelyezett mérőszalag mentén (*2. kép*, továbbiakban szelvény) mértük a karros formák és a hordozó lejtő különböző adatait (ld. alább). A kutatási helyszínek szelvény adatait az *I. táblázatban* mutatjuk be.

Táblázat
Table I.

Szelvények száma az egyes kutatási helyszíneken
Number of sections at different research locations

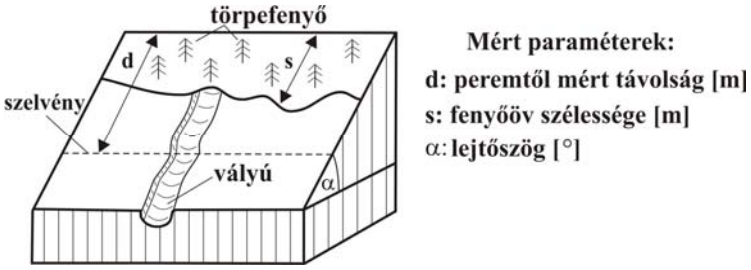
kutatási hely	*2005*		*2006*	
	törpefenyő	*növénytelen*	*törpefenyő*	*növénytelen*
I.	2	4	9	4
II.	4	6	12	6
III.	-	1	-	-
IV.	-	-	4	-
V.	-	-	4	1
VI.	-	-	1	1
összes	6	11	30	12

A szelvényhelyeket az alábbiak figyelembevételével választottuk ki.
- A szelvényhelyek olyan karros lejtőkre essenek, amelyeknél kijelölhető a tápláló terület határa. Másképpen fogalmazva, a mérési helyszín egy karros cella területére essen. A karros cella területe olyan térszínrészlet, ahová a cella területén kívül eső térszínről nem kerül víz (*VERESS* 2003). A fentiek figyelembevételével a csupasz lejtők vályúiba nem kerülhet olyan víz, amely növényzetes lejtőkről származik.
- Korábbi tanulmányunkban (*VERESS* et. al 2006) háromféle lejtő karrosodását hasonlítottuk össze (törpefenyős-, lágyszárú-, növénytelen lejtőkét). A lejtők karrosodása csak akkor mérhető össze, ha a különböző lejtők egymáshoz közeliek (*1. kép*). A törpefenyős lejtők szomszédságában mindig található csupasz lejtő. Lágyszárú növényzetet hordozó lejtő azonban csak ritkán. E miatt a lágyszárú lejtő típuson csak kevés szelvényt alakíthattunk ki. A kis esetszám miatt ezért a lágyszárú növényzetet hordozó lejtők vizsgálatával e tanulmányban nem foglalkozunk.

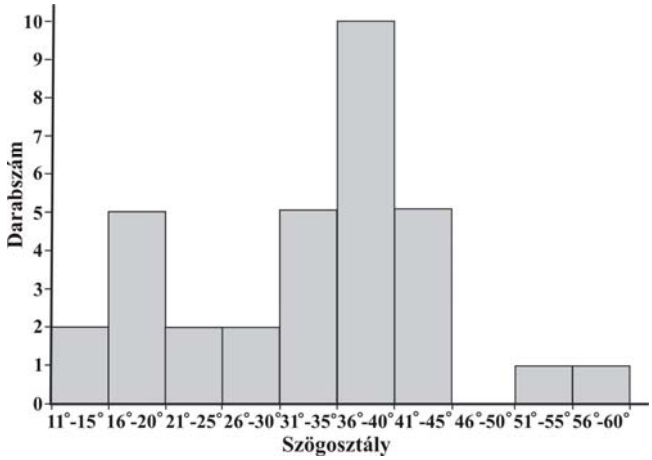
A szelvények mentén az alábbi adatokat mértük:
- a karrformák (rinnek) szélességét, mélységét, helyét, irányát,
- a hordozó lejtő dőlésirányát, dőlésszögét, a hordozó kőzet töréseinek irányát és 50 cm-es távolságon a számukat,
- a szelvény irányát, hosszát, távolságát a lejtő felső peremétől (*d*),

- törpefenyős lejtőn a törpefenyő folt szélességét (*s*), a vályúkban a talaj és növényfolt jelenlétét, ill. hiányát (a törpefenyő folt szélességét a lejtő csapásirányára merőlegesen mértük),
- a vályú kifejlődésének típusát (a vályú lehet peremi helyzetű, amikor a vályúfő a lejtő felső végénél végződik, ill. lejtő belseji, amikor a vályúfő a lejtő belsejében található),
- a vályúvégnek a törpefenyőfolthoz képesti helyzetét (a vályú elvégződhet a törpefenyő folt pereménél, ill. a törpefenyő folt belsejében), - a vályú „*ösz-szetettségét*" (valamely vályúhoz kapcsolódhat mellékvályú, vagy nem).

A vályúknak az alábbi jellemzőit számítottuk (*2. ábra*):



2. ábra: A lejtőn mért vályúparaméterek
Fig. 2: Rinn parameters measured on the slope



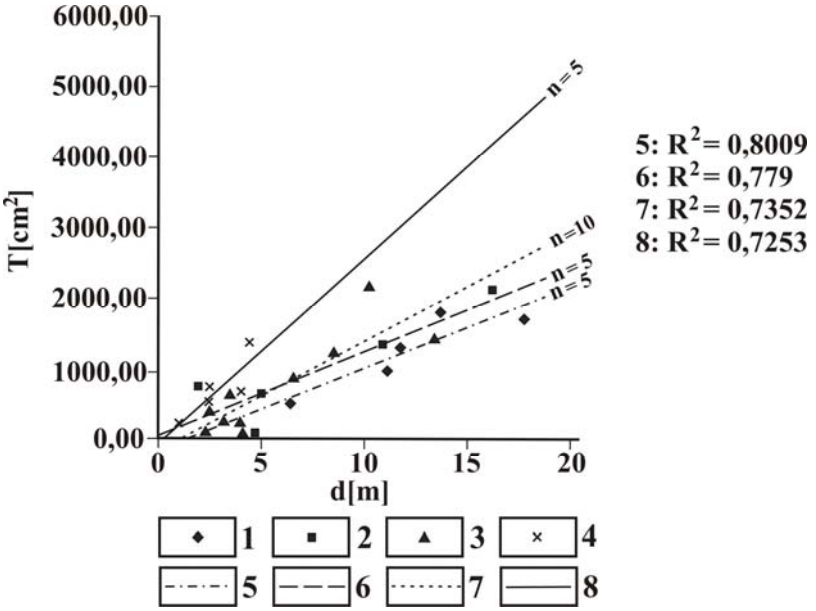
3. ábra: Lejtőkategóriák
Fig. 3: Slope classes

- A fajlagos vályú-keresztmetszetterületet (*T*), amely a vályúk összegzett keresztmetszetének (egy vályú keresztmetszetét a vályú szelvény menti szélességének és mélységének a szorzata adja) és a szelvényhossznak a hányadosa,

- a fajlagos szélességet (*c*), amely a vályúk szelvény menti összes szélességének és a szelvényhossznak a hányadosa,
- a fajlagos vályú alakot, vagy relatív szélességet (*f*), amely a vályúk összegzett alakjának (egy vályú alakját a szelvény menti mélységének és szélességének a hányadosa adja) és a szelvényhossznak a hányadosa,
- a sűrűséget (ρ), amely a szelvény mentén előforduló vályú darabszámnak és a szelvényhossznak a hányadosa.

Matematikai kapcsolatot kerestünk a fenti számított vályú jellemzők, valamint a *d*, az *s* és a lejtőszög között. Lejtőosztályokat alakítottunk ki (*3. ábra*), hogy a lejtőszög vizsgálatához elegendő esetszámmal rendelkezzünk. Ezáltal a számított vályú jellemzők a *d*, ill. *s* közötti kapcsolatot különböző lejtőosztályokra különítve vizsgálhattuk.

3. A paraméterek közötti kapcsolatok



4. ábra: Az egyesített T - d függvények

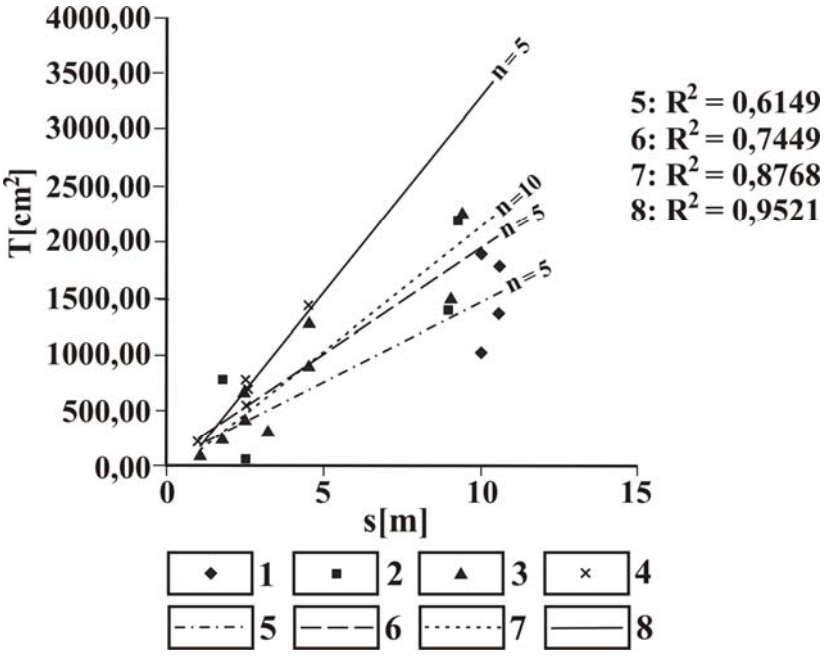
Jelmagyarázat: 1. 16º-20º-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 2. 31º-35º-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 3. 36º-40º-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 4. 41º- 45º-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 5. a 16º-20º-os lejtőosztályba tartozó lejtők T - d függvényének grafikonja, 6. a 31º-35º-os lejtőosztályba tartozó lejtők T - d függvényének grafikonja, 7. a 36º-40º -os lejtőosztályba tartozó lejtők T - d függvényének grafikonja, 8. a 41º-45º-os lejtőosztályba tartozó lejtők T - d függvényének grafikonja

Fig. 4: The united T-d functions

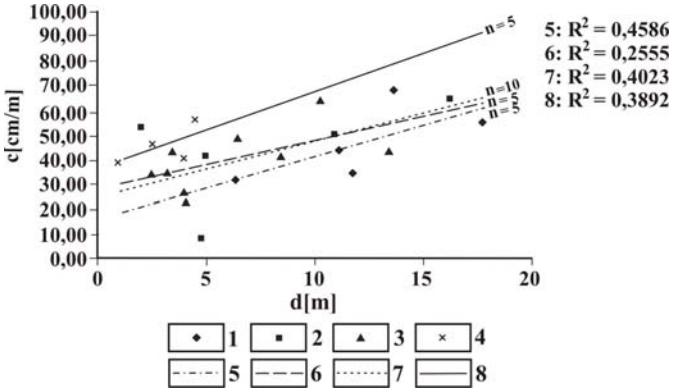
Legend: 1. Data points of the 16º-20º slope class, 2. Data points of the 31º-35º slope class, 3. Data points of the 36º-40º slope class, 4. Data points of the 41º-45º slope class, 5. graph of T-d function of the 16º-20º slope class, 6. graph of T-d function of the 31º-35º slope class, 7. graph of T-d function of slopes of the 36º-40º slope class, 8. graph of T-d function of the 41º-45º slope class

Függvénykapcsolat a csupasz lejtők vályúinak számított paraméterei (T, c, f, ρ), valamint a d, s és az α lejtőszög között nem mutathatók ki.

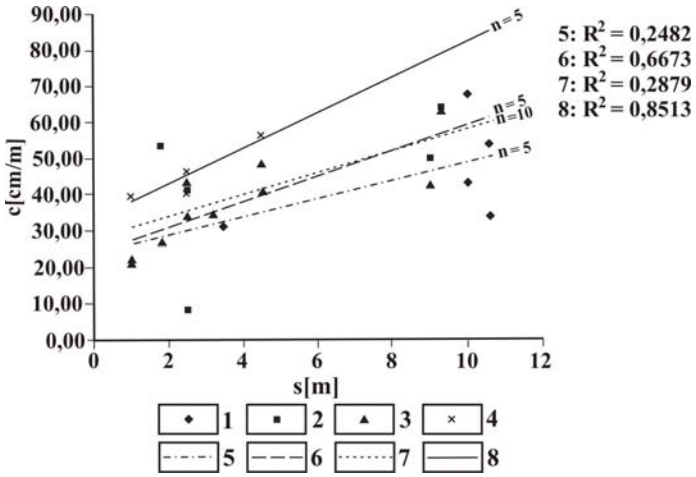
Törpefenyős lejtőkön viszont igen, a T valamint a d, az s és α lejtőszög között. A többi paraméter (c, f, ρ), ill. a d az s és az α lejtőszög között függvénykapcsolat kicsi adatszám miatt nem állapítható meg, hanem csupán arányossági kapcsolat. Látható (*4, 5. ábra*), hogy a T, a d, ill. a T és az s között egyenes arányosság van. Megállapítható az is, hogy az egyre nagyobb lejtésű lejtőosztályok függvényeit leíró egyenesek egyre meredekebbek. Tehát az egyre szélesebb törpefenyő folt alatt, a lejtő peremétől egyre távolabb, egyre nagyobb dőlésű lejtőkön, a vályúk fajlagos – keresztmetszet területe egyre nagyobb.



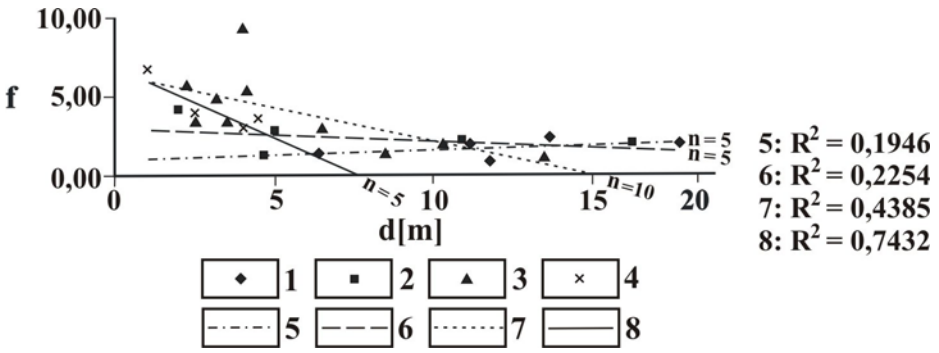
5. ábra: Az egyesített T - s függvények
Jelmagyarázat: 1. 16°-20°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 2. 31°-35°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 3. 36°-40°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 4. 41°-45°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 5. a 16°-20°-os lejtőosztályba tartozó lejtők T - s függvényének grafikonja, 6. a 31°-35°-os lejtőosztályba tartozó lejtők t - s függvényének grafikonja, 7. a 36°-40°-os lejtőosztályba tartozó lejtők T - s függvényének grafikonja, 8. a 41°-45°-os lejtőosztályba tartozó lejtők T - s függvényének grafikonja
Fig 5: The united T-s functions
Legend: 1. Data points of the 16°-20° slope class, 2. Data points of the 31°-35° slope class, 3. Data points of the 36°-40° slope class, 4. Data points of the 41°-45° slope class, 5. graph of T-s function of the 16°-20° slope class, 6. graph of T-s function of the 31°-35° slope class, 7. graph of T-s function of the 36°-40° slope class, 8. graph of T-s function of the 41°-45° slope class



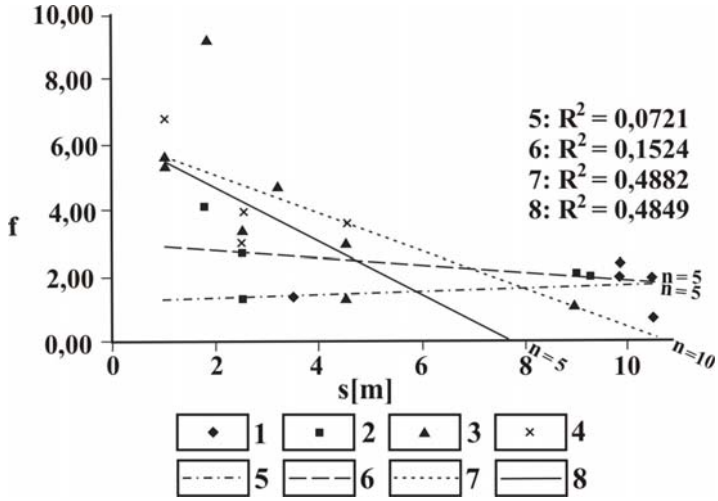
6. ábra: Az egyesített c - d függvények
Jelmagyarázat: 1. a 16°-20°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 2. a 31°-35°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 3. a 36°-40°-os lejtőosztály lejtőiek adatpontjai, 4. a 41°-45°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 5. a 16°-20°-os lejtőosztályba tartozó lejtők c - d függvényének grafikonja, 6. a 31°-35°-os lejtőosztályba tartozó lejtők c - d függvényének grafikonja, 7. a 36°-40°-os lejtőosztályba tartozó lejtők c - d függvényének grafikonja, 8. a 41°-45°-os lejtőosztályba tartozó lejtők c - d függvényének grafikonja
Fig 6: The united c-d functions
Legend: 1. Data points of the 16°-20° slope class, 2. Data points of the 31°-35° slope class, 3. Data points of the 36°-40° slope class, 4. Data points of the 41°-45° slope class, 5. graph of c-d function of the 16°-20° slope class, 6. graph of c-d function of the 31°-35° slope class, 7. graph of c-d function of the 36°-40° slope class, 8. graph of c-d function of the 41°-45° slope class



7. ábra: Az egyesített c - s függvények
Jelmagyarázat: 1. a 16°-20°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 2. a 31°-35°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 3. a 36°-40°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 4. a 41°-45°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 5. a 16°-20°-os lejtőosztályba tartozó lejtők c - s függvényének grafikonja, 6. a 31°-35°-os lejtőosztályba tartozó lejtők c - s függvényének grafikonja, 7. a 36°-40°-os lejtőosztályba tartozó lejtők c - s függvényének grafikonja, 8. a 41°-45°-os lejtőosztályba tartozó lejtők c - s függvényének grafikonja
Fig 7: The united c-s functions
Legend: 1. Data points of the 16°-20° slope class, 2. Data points of the 31°-35° slope class, 3. Data points of the 36°-40° slope class, 4. Data points of the 41°-45° slope class, 5. graph of c-s function of the 16°-20° slope class, 6. graph of c-s function of the 31°-35° slope class, 7. graph of c-s function of the 36°-40° slope class, 8. graph of c-s function of the 41°-45° slope class



8. ábra: Az egyesített f - d függvények
Jelmagyarázat: 1. a 16°-20°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 2. a 31°-35°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 3. a 36°-40°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 4. a 41°-45°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 5. a 16°-20°-os lejtőosztályba tartozó lejtők f - d függvényének grafikonja, 6. a 31°-35°-os lejtőosztályba tartozó lejtők f - d függvényének grafikonja, 7. a 36°-40°-os lejtőosztályba tartozó lejtők f - d függvényének grafikonja, 8. a 41°-45°-os lejtőosztályba tartozó lejtők f - d függvényének grafikonja
Fig 8: The united f-d functions
Legend: 1. Data points of the 16°-20° slope class, 2. Data points of the 31°-35° slope class, 3. Data points of the 36°-40° slope class, 4. Data points of the 41°-45° slope class, 5. graph of f-d function of the 16°-20° slope class, 6. graph of f-d function of the 31°-35° slope class, 7. graph of f-d function of the 36°-40° slope class, 8. graph of f-d function of the 41°-45° slope class

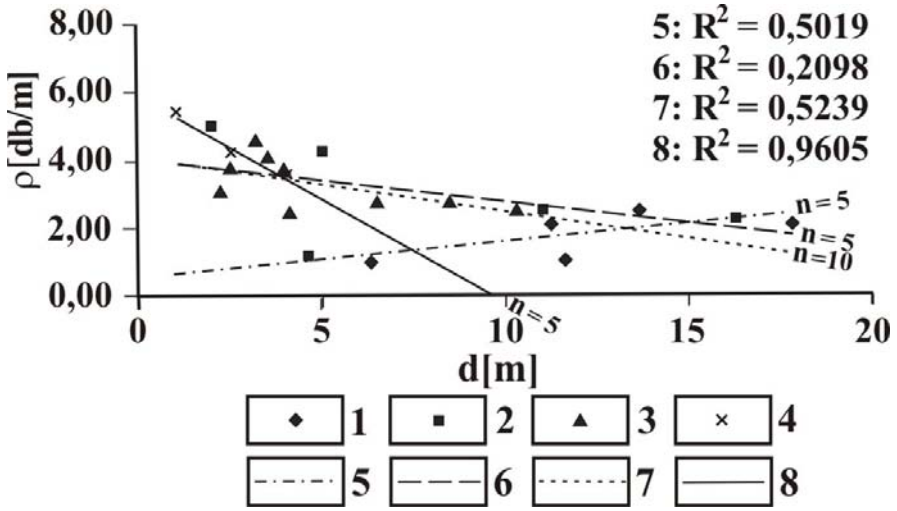


9. ábra: Az egyesített f - s függvények
Jelmagyarázat: 1. a 16°-20°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 2. a 31°-35°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 3. a 36°-40°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 4. a 41°-45°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 5. a 16°-20°-os lejtőosztályba tartozó lejtők f - s függvényének grafikonja, 6. a 31°-35°-os lejtőosztályba tartozó lejtők f - s függvényének grafikonja, 7. a 36°-40°-os lejtőosztályba tartozó lejtők f - s függvényének grafikonja, 8. a 41°-45°-os lejtőosztályba tartozó lejtők f - s függvényének grafikonja
Fig 9: The united f-s functions
Legend: 1. Data points of the 16°-20° slope class, 2. Data points of the 31°-35° slope class, 3. Data points of the 36°-40° slope class, 4. Data points of the 41°-45° slope class, 5. graph of f-s function of the 16°-20° slope class, 6. graph of f-s function of the 31°-35° slope class, 7. graph of f-s function of the 36°-40° slope class, 8. graph of f-s function of the 41°-45° slope class

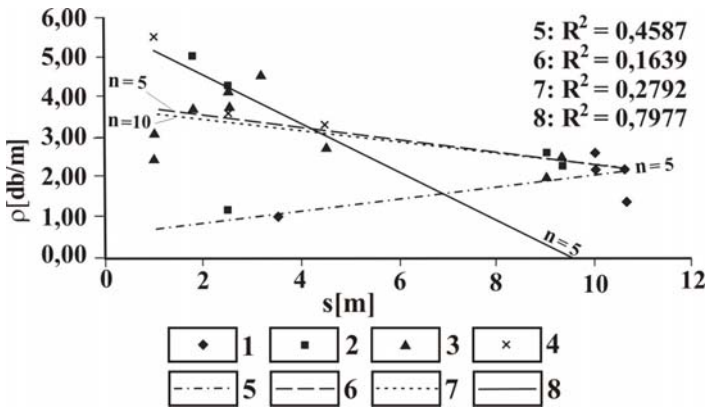
A *c*, valamint a *d* (*6. ábra*), ill. a *c* és az *s* (*7. ábra*) között ugyancsak egyenes arányosság mutatható ki. Ez esetben is az egyre nagyobb dőlésű lejtőkhöz tartozó egyenesek egyre meredekebbek.

A fajlagos relatív szélesség, ha a lejtőszög kicsi, alig függ a *d*-től (*8. ábra*), ill. az *s*-től (*9. ábra*). A legkisebb lejtőszög osztály (16º-20º) lejtőinél a relatív szélesség nő, nagyobb lejtőszögekbe (31º-45º) tartozó lejtőknél a *d*, ill. az *s* függvényében csökken. Így kis lejtésű lejtőkön egyre szélesebb törpefenyő folt alatt a lejtő peremétől egyre távolabb a vályúk mélysége a szélességükhöz képest kevésbé, míg nagyobb lejtőszögű lejtőkön nagyobb mértékben nő.

A vályúsűrűség ugyancsak függ mind a *d*-től (*10. ábra*), mind az *s*-től (*11. ábra*). Kicsi dőlésű lejtőkön (16º-20º) a vályúsűrűség a *d* és az *s* függvényében nő, míg nagyobb dőlésű lejtőkön (31º-45º) a vályúsűrűség ezen paraméterek függvényében csökken.



10. ábra: Az egyesített ρ - d függvények
Jelmagyarázat: 1. a 16º-20º-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 2. a 31º-35º-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 3. a 36º-40º-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 4. a. 41º-45º-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 5. a 16º-20º-os lejtőosztályba tartozó lejtők ρ - d függvényének grafikonja, 6. a 31º-35º-os lejtőosztályba tartozó lejtők ρ - d függvényének grafikonja, 8. a 41º-45º-os lejtőosztályba tartozó lejtők ρ - d függvényének grafikonja
Fig 10: The united ρ-d functions
Legend: 1. Data points of the 16º-20º slope class, 2. Data points of the 31º-35º slope class, 3. Data points of the 36º-40º slope class, 4. Data points of the 41º-45º slope class, 5. graph of ρ-d function of the 16º-20º slope class, 6. graph of ρ-d function of the 31º-35º slope class, 7. graph of ρ-d function of the 36º-40º slope class, 8. graph of ρ-d function of the 41º-45º slope class



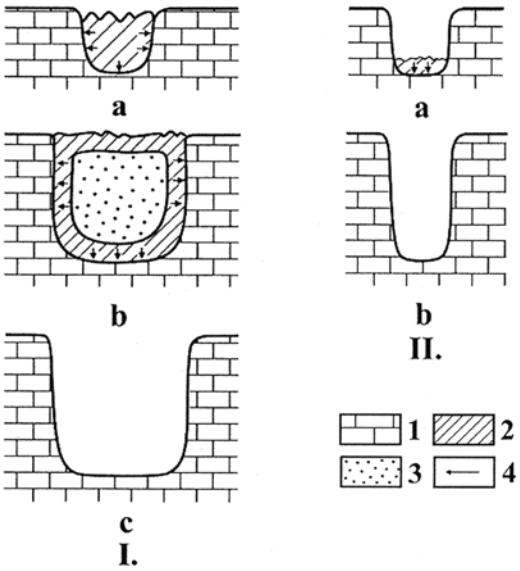
11. ábra: Az egyesített ρ - s függvények
Jelmagyarázat: 1. a 16°-20°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 2. a 31°-35°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 3. a 36°-40°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 4. a 41°-45°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 5. a 16°-20°-os lejtőosztályba tartozó lejtők ρ - s függvényének grafikonja, 6. a 31°-35°-os lejtőosztályba tartozó ρ - s függvényének grafikonja, 7. a 36°-40°-os lejtőosztályba tartozó lejtők ρ - s függvényének grafikonja, 8. a 41°-45°-os lejtőosztályba tartozó lejtők ρ - s függvényének grafikonja
Fig 11: The united ρ-s functions
Legend: 1. Data points of the 16°-20° slope class, 2. Data points of the 31°-35° slope class, 3. Data points of the 36°-40° slope class, 4. Data points of the 41°-45° slope class, 5. graph of ρ-s function of the 16°-20° slope class, 6. graph of ρ-s function of the 31°-35° slope class, 7. graph of ρ-s function of the 36°-40° slope class, 8. graph of ρ-s function of the 41°-45° slope class

4. A paraméterek közötti kapcsolatok értelmezése

A vályúk fejlődése kétféleképpen történhet (*VERESS* 2003, *VERESS* et al 2006). Akkor, ha a vályú hóval kitöltött (hódugó), a hó és a vályú fala között olvadékvíz fejlődik ki. Az olvadékvíz azonban nem áramlik, hanem csak szivárog. Az olvadékvíz a vályú minden részén old. A vályú mérete és így a keresztmetszete nő, miközben a vályú az alakját megtartja. Akkor, ha hókitöltés nincs, a vályúfal oldódását a vályúban áramló víz okozza (*12. ábra*).

Mivel a csupasz lejtőkön nincs függvénykapcsolat a *T*, az *f*, a *c*, valamint a *d*, az *s* és az *α* lejtőszög között, a vályúk növekedése elsősorban hókitöltés során történik. A vízszivárgás és így az általa kifejtett oldóhatás ugyanis nem függ sem a *d*-től, sem az *α* lejtőszögtől. Ez arra vezethető viszsza, ha nincs hódugó, akkor a vályúkban áramló víz oldóhatása nem számottevő. A hólé CO_2 tartalma ugyanis csekély. Az oldódási időtartam is – amely még növelhetné a beoldódott anyag mennyiségét – rövid. Részben azért, mert hiányzik a növényfolt és a talaj, amely ha jelen lenne víztározó tulajdonsága miatt a vízáramlás idejét megnövelhetné. Továbbá azért is, mert minél nagyobb a vályú, annál gyorsabban átfolyik rajta a rendelkezésére álló víz. Tehát jelentősebb áramlásos oldódásra csupasz lejtőkön csak kis

vályúk esetében lehet számítani. Minél nagyobb vályúk jönnek létre, fejlődésük annál inkább szivárgó víz hatására történik. Ugyanakkor a törpefenyős lejtőkön még a nagyobb vályúk fejlődése is végbemehet a bennük áramló víz oldása által. Egyrészt ehhez a törpefenyőfolttól bőséges CO_2 mennyiség szállítódik a vízben, másrészt a vízáramlás ideje is hosszabb lesz, miután a növényzet és a talaj a víz lefolyását a lejtőn fékezi. Tehát a vályúk fejlődését jelentős mértékben az áramló víz okozza, amelynek sebessége viszont adott helyen a lejtőszögtől függ. Ezért a vályúk fajlagos keresztmetszetét (*T*), relatív szélességét (*f*) és fajlagos szélességét (*c*) a vízáramlás sebességét meghatározó tényezők (a *d*, ill. az α lejtőszög) alakítják. Ez azt eredményezi, hogy adott *d* és *s* értékek esetén egyre nagyobb lejtőszögnél a fajlagos keresztmetszet terület (*T*) és a fajlagos leoldódás (*c*) egyre nagyobb lesz, míg a relatív szélesség egyre kisebb. Utóbbi értékének csökkenése arra vezethető vissza, hogy a meredekebb lejtő vályúiban gyorsabban csökken a vízmennyiség mint kisebb dőlésű lejtőn. Az intenzívebb oldódás (gyorsabb áramlás) ezáltal egyre hosszabb ideig hathat, egyre inkább csak a vályúknak az alsó részén. Ez azt eredményezi, hogy az oldódás egyre inkább a vályútalpra koncentrálódik. Tehát a vályú szélesedéséhez képest inkább mélyül.



12. ábra: Vályúnövekedés és vályúmélyülés
Jelmagyarázat: 1. mészkő, 2. víz, 3. hó, 4. oldódás, I. vályú-keresztmetszete nő alakjának megtartásával, II. a vályú mélyülésével alakja is változik (nő)
Fig 12: Growth and deepening of rinnen
Legend: 1. limestone, 2. water, 3. snow, 4. dissolution, I. cross section area of the rinn increases but the relative depth does not change, II. as the rinn deepens its relative depth also changes (grows)

A vályúsűrűségnek a lejtőszögtől függése (nagyobb lejtőszögnél kevesebb vályú alakul ki) a vályúméret (keresztmetszet) növekedésével magyarázható. Ugyanis az egyre nagyobb méretű vályúk – amelyek kialakulására, mint láttuk a törpefenyős lejtőkön nagyobb esély van – módosítják a hordozó lejtő dőlésirányát. Emiatt a lejtő felső részének vízágai (amelyek alatt később vályúk jönnek létre) egy-egy ilyen nagyobb vályúhoz kapcsolódnak. Ily módon olyan vályúrendszerek alakulnak ki, melyekben a fővályúknak a lejtő felső részére eső szakaszain akár több mellékvályút is felvehetnek. A lejtő alsó részén már csak a fővályúk fordulnak elő. Emiatt itt kisebb lesz a vályúsűrűség.

5. A fajlagos vályúkeresztmetszetterület függvénye

Matematikai módszerekkel meghatározhatjuk a kioldott kőzetmennyiséget a vályúszelvények mentén. A kioldott kőzetmennyiség egyenesen arányos a T fajlagos-keresztmetszet területtel.

A *4*. és *5. ábrák* elemzéséből megállapíthatjuk, hogy T egyenesen arányos d és s értékével is:

(1) $$T \sim d \quad \text{és} \quad T \sim s\,,$$

ezért

(2) $$T \sim d{\cdot}s$$

adódik.

A *4*. és *5. ábrák* vizsgálatával észrevehetjük azt is, hogy T még függ a megvizsgált lejtők α lejtő szögétől is. Ezen kapcsolat megállapítására a (2) alapján vizsgáljuk a $\frac{T}{d \cdot s}$ mennyiség és az α lejtőszög alkalmas függvénye közötti összefüggést.

Az α lejtőszög többféle szögfüggvényét elemezve a

(3) $$\frac{T}{d \cdot s} \sim tg\alpha$$

egyenes arányosságot sikerült kimutatni. Ezt szemlélteti a *13. ábra.*

A (3) összefüggésből kiindulva a

(4) $$\frac{T}{d \cdot s \cdot tg\alpha}$$

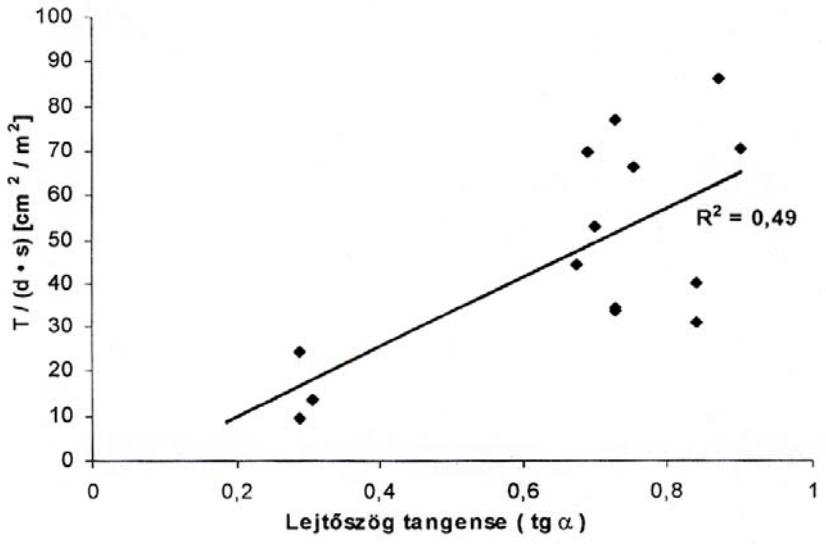
mennyiség elemzéséből kiderül, hogy értéke már állandó a valamennyi megvizsgált törpefenyős lejtőn, tehát

$$(5) \qquad \frac{T}{d \cdot s \cdot tg\alpha} = \lambda \text{ (konstans).}$$

Ha d értékét [m]-ben, s értékét szintén [m]-ben, a T értékét pedig [cm^2]-ben mérjük, akkor a λ arányossági tényező értéke hozzávetőlegesen 50-nek adódott. Így az (5) összefüggés alapján a T fajlagos keresztmetszet a

$$(6) \qquad T = \lambda \cdot d \cdot s \cdot tg\alpha$$

képlettel számítható ki. Látható, hogy T értékét a lejtő peremétől mért d távolsága, a fenyőöv s szélessége és az α lejtőszög tangense határozza meg. Fontos feladat a jövőben más területek megvizsgálása abból a szempontból, hogy ott az (5) összefüggés érvényes-e, vagy esetleg a formula további finomítása szükséges.



13. ábra: A $\frac{T}{d \cdot s} - tg\alpha$ *függvény*

Fig. 13: The $\frac{T}{d \cdot s} - tg\alpha$ *function*

6. Következtetések

- A törpefenyős lejtőkön a kioldott kőzet mennyisége egyenesen arányosan nő a felső vályúperemtől mért távolsággal, a törpefenyő folt szélességével és a lejtőszög tangensével. Csupasz lejtőkön ilyen kapcsolat nem állapítható meg.
- Az a tény, hogy a vályúk különböző jellemzői, a lejtőperemtől mért távolság és a lejtőszög között a törpefenyős lejtőn függvénykapcsolat ill. arányossági kapcsolat van, a csupasz lejtőkön viszont nincs, azt valószínűsíti, hogy a törpefenyős lejtőkön a vályúk fejlődését elsősorban a vízáramlás, míg csupasz lejtőkön a hódugó hava és a kőzetfal között szivárgó víz okozza. A hódugóból keletkező olvadékvíz nem áramlik, hanem a hó és a kőzetfal között szivárog a vályútalp, ill. a vályúvég felé. A csupasz lejtőkön a vályúk növekedése – miután vízág alatt kialakultak – legalábbis egy bizonyos méretnél nagyobbnál, elsősorban a hóból szivárgó olvadékvíz hatására történik. Törpefenyős lejtőn a vályúk növekedésében valószínűleg az áramló víznek van döntő szerepe. Természetesen az ilyen lejtőkön is szerepet játszik a vályú fejlődésében a szivárgó víz. Ez esetben ugyanis a vályúk olyan méretet érhetnek el, amelynél nagyobbnál a vízáramlásos oldódás csak a vályú mélyülését képes okozni. Ilyen mérettől a törpefenyős lejtőn is a vályú keresztmetszetének növekedése csak a hódugóból keletkező olvadékvíz oldó hatására történhet.

IRODALOM

CURL, R. L. (1966): Scallops and flutes - Transactions Cave Research Group Great Britain, 7. p. 121-160.

DREYBRODT, W. (1988): Processes in Karst Systems – Springer-Verlag, Berling-Heidelberg 288 p.

DUBLJANSZKIJ, J. V. (1987): Teoreticseszkoje modelirovanije dinamiki formirovanija gidrotermokarsztovüh polosztyej – Metodi i izucssenyija geologicseszkih javlenyij, Novoszibirszk p. 97-111.

KÖRNER, C. (1999): Alpine Plant Life – Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems, Springer – Verlag Berling – Heidelberg

MARIKO, S.-BEKKU, Y.-KOIZUMI, H. (1994): Efflux of carbon dioxide from snow covered forest floors – Ecological Research, 9. p. 345-350.

VERESS M. (2003): A karrok – Akadémiai doktori értekezés, Kézirat

VERESS M.-DEÁK Gy.-CZÖPEK I. (2006): Növényfolt alatti és növényzetmentes lejtők karrosodásának összehasonlítása Totes Gebirgei példák alapján – Karsztfejlődés XI. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 81-103.