

# MIKROMORFOLOGICKÉ STUDIUM KŘEMIČITÝCH DURIKRUST

Micromorphological study of siliceous duricrusts

**Dana Richterová**

Ústav geologických věd PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno; e-mail: dana@sci.muni.cz

**Key words:** *pedogenic/ groundwater silicification, siliceous duricrust, quartzite, chert breccia.*

*Abstract:*

*Siliceous duricrusts are distributed in regions of the Czech Republic largely as scattered solitary boulders, except ones from north-west Bohemia. Two genetic categories have been recognized: pedogenic and groundwater silcrete. Their division is based on description of micromorphology under polarizing/scanning electron microscopy, analysis of major oxides chemistry by ICP together with composition of individual micromorphological features by electron microprobe.*

Křemičité durikrusty se na Českém masivu nacházejí, kromě výskytů v severočeských pánvích, většinou ve formě reliktních bloků. Není dosud objasněno, zda alespoň část těchto bloků byla součástí durikrust s plně vyvinutými profily, to znamená, jestli zde byly dostatečné podmínky (zejména klimatické a geomorfologické) k jejich vývoji.

Křemence i rohovcové brekcie představují analogy silicikrust, známých např. z výplně Pařížské pánve, povrchu Centrálního masivu nebo z jižní části Velké Británie apod, kde v podobě bloků spočívají na paleozoických a zejména kenozoických formacích (Thiry 1999, Ulliyott et al. 1998).

Mikromorfologické studium křemičitých durikrust spolu s chemismem umožňuje identifikovat procesy, které vedly k jejich vzniku. Na Českém masivu lze rozlišit dva genetické typy. K prvnímu patří pedogenní silicikrusty, k druhému pak tzv. *groundwater* silicikrusty, vzniklé silicifikací podpovrchovými vodami.

Většinu sledovaných křemenců bylo možné podle Summerfieldovy klasifikace (Summerfield 1983b) na základě poměru a vzájemného vztahu detrit / matrix (termín matrix zahrnuje klastickou složku i autigenní křemičitou hmotu) přiřadit k tzv. F-typu křemičitých durikrust. Jedná se o křemence v nichž křemenná zrna (detrit) dosahují velikosti více než 30 mm a jejich obsah převyšuje více než 5 %. Jednotlivá zrna tvoří podpůrnou stavbu, ale jsou volně rozptýlená v matrix. Na složení matrix se podílejí i menší křemenná zrna, často jílové minerály a oxidy Fe a Ti. Autigenní křemičitá hmota je představována převážně mikrokrytalickým křemenem, méně vláknitým chalcedonem. Hrubozrný křemen v matrix tohoto typu křemenců zjištěn nebyl, což může souviset s nepřítomností ostatních horizontů silicikrusty. Podle Williamsově - Crerara (1985) odrážejí jednotlivé modifikace SiO<sub>2</sub> koncentraci rozpuštěného SiO<sub>2</sub> a dalších ionů v roztoku, v tomto případě v půdní vodě. Hrubozrný křemen se vylučuje z roztoku s nízkou koncentrací SiO<sub>2</sub>, navíc prostého ostatních ionů, opačná situace je v případě opálu. Kromě toho, přítomnost jílových minerálů omezuje tvorbu uspořádanějších modifikací.

V některých případech křemence vykazují plynulý přechod k dalšímu typu silicikrust, a to k C-typu. Jde o tzv. konglomerátový typ, kde křemenná zrna dosahují velikosti

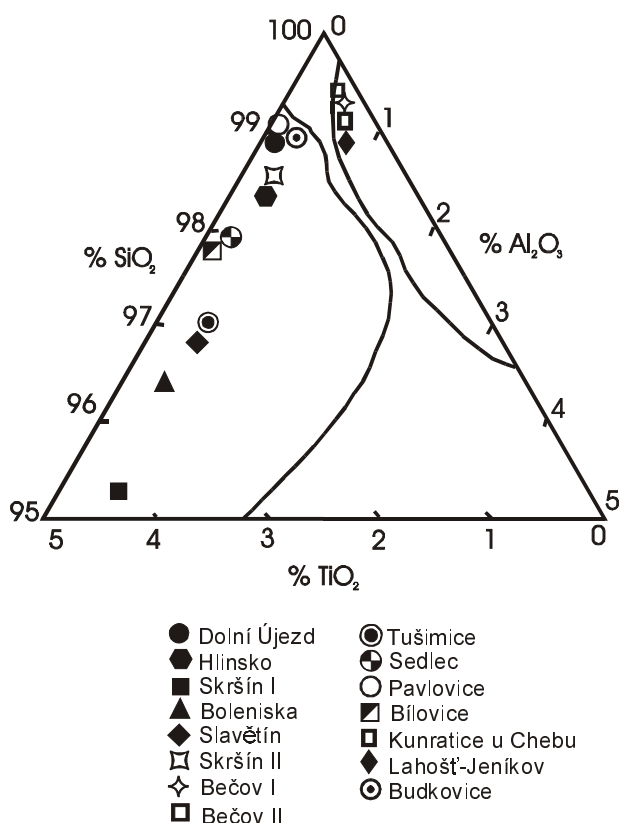
více než 4 mm. Jsou obklopena hmotou, která má obvykle charakter F-typu křemičité durikrusty. Značná část křemenců F- i C- typu jeví zatlačování detritické složky spojené s jejím přemísťováním během procesu silicifikace, což má za následek značně destruovanou stavbu původní horniny nebo saprolitu.

Ke konglomerátovému typu bylo možné přiřadit i rohovcové brekcie. Na složení matrix rohovcových brekcií se podílejí i zrna křemene. Proto je v případech, kdy matrix tvoří podstatnou část této variety, obtížné ji rozlišit od vlastních křemenců. Rohovcové klasty bývají často rozpukány tak, že jejich jednotlivé části „do sebe zapadají“. Zatím se nepodařilo spolehlivě zjistit, zda k tomuto jevu došlo v době, kdy rohovce ležely na povrchu, jen vlivem teplotních změn, jak se domnívá Přichystal (1998) nebo zda mohl být způsoben i krystalizační silou sulfátových solí. Byly zjištěny relikty anhydritu a barytu v tenkých povlacích mikrokrytalického a hrubozrného křemene na rohovcových úlomcích (vzorek z lokality Vedrovice).

Pouze malou část křemenců je možné klasifikovat jako GS-typ, tedy křemence s podpůrnou stavbou zrn. Patří k němu především některé severočeské křemence (např. lokality Bečov a Kunratice u Chebu aj.). Vlastní silicifikace byla omezena jen na obrůstání křemenných zrn opticky shodně orientovaným křemenem a vyplňování pórů mikrokrytalickým křemenem, méně často se lze setkat s chalcedonem. Obrůstání (často několika generací) je na jednotlivých zrnech v některých případech zvýrazněno tenkou vrstvičkou pravděpodobně Fe oxidů. Křemenná zrna nevykazují známky zatlačování, což značí, že silicifikace probíhala jako pasivní proces na rozdíl od již zmíněného F-typu.

Pokud jde o C-typ, a to zvláště o rohovcové brekcie, zde je možné uvažovat i o tzv. multifázové silicifikaci, neboť se na řadě vzorků projevuje jak obrůstání rohovcových úlomků, tak i známky jejich zatlačování a přítomnost specifických mikromorfologických znaků. Navíc vzácné nejsou ani úlomky starších, destruovaných, silicikrust, které byly začleněny do stavby mladší durikrusty.

Spolu s vlastní stavbou durikrusty napomáhají k pochopení mechanismu silicifikace tzv. specifické



Obr. 1 – Chemismus silicikrust Českého masivu, znázorněný v ternárním diagramu podle Summerfielda (1983a).  
Fig. 1 – Plot of  $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  (normalized to 100 %) of silcrete samples from the Bohemian Massif. Plot by Summerfield (1983a).

mikromorfologické znaky, jak je označuje Summerfield (1983b). V případě dobře zachovaných křemičitých durikrust mohou dosahovat i značných rozměrů. Na Českém masivu jsme však omezeni pouze na jejich mikroskopické studium.

K nejdůležitějším patří iluviální textury, různé typy povlaků, v některých vzorcích byly přítomny i drobné nodule křemičité hmoty bohaté Ti, Fe oxidy.

Iluviace byly pozorovány téměř ve všech křemencích patřících k F-typu, dále také v silicikrustách C-typu. Jedná se o rytmické střídání vrstviček křemičité hmoty (nejčastěji ve formě opálu) a vrstviček Ti a Fe oxidů. Tyto oxidy, zvláště pak  $\text{TiO}_2$  byly nakoncentrovány díky pohybu „půdní vody“, která způsobovala rozpouštění, transport a následnou reprecipitaci křemičité hmoty. Navíc docházelo i k unášení detritické složky. Elektronovou mikrosondou byl zjištěno, že obsahy  $\text{TiO}_2$  dosahují v iluviacích 1.7 a více %, což jsou hodnoty srovnatelné s údaji Thiryho - Simon - Coinçonové (1996). Na mnoha vzorcích je patrné, že ke střídání rozpouštění / precipitace docházelo v několika fázích, a tím mohlo dojít i k porušení starších iluviací. V některých výbrusech je možné pozorovat, kudy se půdní voda, obohacená o rozpuštěné komponenty, pohybovala.

Uvedené znaky jsou charakteristické pro pedogenní silicifikaci, která se podílela na tvorbě většiny křemenců, zvláště F-typu. Jak bylo již uvedeno, tento typ se vyznačuje

značně destruovanou stavbou prekurzoru, což bylo způsobeno právě intenzivním působením „půdní vody“. Oproti tomu v křemencích s GS-stavbou nebyly iluviace ani jiné znaky pedogeneze pozorovány. Na základě tohoto zjištění je možné je zařadit do druhé genetické kategorie, ke groundwater silicikrustám.

Celkový chemismus vybraných silicikrust, který byl analyzován metodou ICP. Z analýz vyplývá, že se na složení těchto křemičitých durikrust podílejí vedle  $\text{SiO}_2$  hlavně  $\text{TiO}_2$  (vázaný na iluviace),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  a  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Obsahy Al, Mg, Na, Ca, souvisejí s přítomností jílových minerálů. Obsah  $\text{TiO}_2$  v křemičité matrix se pohybuje okolo 0,2 % (lokality Budkovice, Dolní Újezd), jeho obsah v iluviacích je, jak již bylo uvedeno, výrazně vyšší. Celkový chemismus byl (po přepočtu na 100%) vyneseno do ternárního diagramu  $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  podle Summerfielda (1983a). Ačkoliv byl diagram určen pro identifikaci tzv. *weathering-profile* (W-P) a *non-weathering profile* (NW-P) silicikrust (podle dnes již nepoužívané klasifikace), lze ho spolehlivě využít i pro identifikaci pedogenních procesů nebo naopak, k jejich vyvrácení. Uvedená pole byla zkonstruována Summerfieldem (1983a) na základě chemismu jihoafrických a australských silicikrust. Tento autor se domníval, že silicikrusty bohaté  $\text{TiO}_2$  (W-P) mohou vznikat jen cementací zvětralin v podmínkách humidního klimatu a nízkého pH, v opačném případě se tvořily NW-P silicikrusty. Milnes - Thiry (1992) uvádějí příklady silicikrust, které jeví podobnost k jednomu či druhému typu, avšak byla u nich prokázána geneze za odlišných podmínek než jak předpokládá Summerfield. Navíc Nash et al. (1994) zaznamenali silicikrusty vázané na zvětrávací pláště bez zvýšeného obsahu  $\text{TiO}_2$  a naopak.

Při pedogenních procesech docházelo k relativnímu navýšení obsahu oxidů Fe a Ti (původně jemně dispergovaných v křemičité hmotě), na rozdíl od ostatních prvků, jejichž obsah se díky intenzivnímu vyluhování výrazně snížil. Půdní voda, obohacená o tyto komponenty následně způsobila redistribuci modifikací  $\text{SiO}_2$  a tvorbu mikromorfologických znaků. U groundwater silicikrust na Českém masivu (lokality Bečov, Lahošť-Jeníkov, Kunratice u Chebu) je vzhledem k pasivní silicifikaci obsah těchto oxidů výrazně nižší, což je v souladu s tvrzením Ulliyotta et al. (1998). V diagramu však není uvažováno s obsahem  $\text{TiO}_2$  v primární nesilicifikované hornině. Z celkového chemismu opět vyplývá, že většina sledovaných křemenců představuje pedogenní silicikrustu. Pokud jde o rohovcové brekcie, zde je nutné mít na zřeteli výraznou heterogenitu v jejich složení a předem vyloučit multifázovou silicifikaci. Chemismus vzorku rohovcové brekcie (jedná se o matrix, která má charakter F-typu) z lokality Budkovice, se výrazně neliší od složení jiných křemenců.

Výrazně červeně až hnědě zbarvené durikrusty vznikaly na krystaliniku (vzorky z lokalit Slavětín, Střítež, Kautzen). Křemenná zrna jsou obvykle ostrohranná, často bez známek zatlačování, rozptýlená v matrix, tvořené převážně jílovými minerály, opálem a Fe oxidy. Jílové minerály i křemičitá hmota jsou občas uspořádány do paralelních vrstviček. Hojné praskliny a póry jsou vyhojovány křemičitou hmotou, objevují se v nich i iluviace. Pro tyto durikrusty

jsou charakteristické zvýšené obsahy Al a alkálií. Lze křemičitou hmotou. usuzovat, že se jedná o kaolinické zvětraliny, impregnované

Literatura:

- Milnes, A. R. – Thiry, M. (1992): Silcretes.- In: Martini, I. P.- Chesworth, W. (eds): Weathering, soils and paleosols. Developments in Earth Surface Processes 2., 349-377. Elsevier, Amsterdam.
- Nash, D. J. – Thomas, D. S. – Shaw, P. A. (1994): Siliceous duricrusts as palaeoclimatic indicators: Evidence from the Kalahari Desert of Botswana.- Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 112, 279-295. Elsevier. Amsterdam.
- Přichystal, A. (1998): Geologie pravěké těžební oblasti v Krumlovském lese a petrografická charakteristika těžené suroviny.– MS Moravské zemské muzeum. Brno.
- Summerfield, M. A. (1983a): Silcrete as palaeoclimatic indicator: Evidence from southern Africa. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 41, 65-79. Elsevier. Amsterdam.
- Summerfield, M. A. (1983b): Petrography and diagenesis of silcrete from the Kalahari Basin and Cape Coastal Zone, southern Africa. – J. sed. Petrol., 53, 895-910. Tulsa.
- Thiry, M. (1999): Diversity of continental silicification features: examples from the Cenozoic deposits in the Paris Basin and neighbouring basement. – In: Thiry, M. - Simon-Coinçon, R. (eds): Palaeoweathering, Palaeosurfaces and Related Continental Deposits. Special publication no. 27 of the International Association of Sedimentologists., 87-127. Blackwell Science.
- Thiry, M. – Bertrand–Ayrault, M. – Grisoni, J. C. (1988): Ground-water silicification and leaching in sands: example of the Fontainebleau Sand (Oligocene) in the Paris Basin. – Bull. Geol. Soc. Amer., 100, 1283-1290. New York.
- Thiry, M. - Simon–Coinçon, R. (1996): Tertiary palaeoweatherings and silcretes in the southern Paris Basin. – Catena, 26, 1-26. Elsevier. Amsterdam.
- Ullyott, J. S. – Nash, D. J. – Shaw, P. A. (1998): Recent advances in silcrete research and their implications for the origin and palaeoenvironmental significance of sarsens. – Proc. Geol. Assoc., 109, 255-270. London.
- Williams, L. A. – Crerar, D. A. (1985): Silica diagenesis, II. General mechanisms. – J. sed. Petrology, 55, 3, 0312- 0321. Tulsa.