

Prispevek Divjih bab I (Slovenija) h kronologiji mlajšega pleistocena med alpskim in dinarskim svetom

Ivan TURK

Izvleček

Prispevek obravnava kronologijo mlajšega pleistocena (MIS 5-3, "izotopske stopnje" 5-3) v Sloveniji na podlagi paleolitskih jamskih najdišč. Glavni poudarek članka je na metodologiji in terenskih tehnikah. V prvem delu je podan kritičen pregled stanja do leta 1990, ko je avtor prevzel vodenje paleolitskih raziskav. V drugem delu so predstavljeni nova kronologija in ustrezni stratotipi najdišča Divje babe I. Najbolje je predstavljen stratotip MIS 3. S pomočjo kronometrije in klimatokronologije je najdišče primerjal tudi z drugimi stratotipi virmske poledenitve.

Ključne besede: Divje babe I, Slovenija, sedimentologija, geokemija, kronologija, mlajši pleistocen, MIS 3

Abstract

The contribution discusses the chronology of the Late Pleistocene (MIS 5-3, "isotope stage" 5-3) on the basis of Palaeolithic cave sites. The main stress of the article is methodology and field techniques. The first part provides a critical review of the situation until 1990, when the author took over leadership of Palaeolithic research. The second part presents a new chronology and relevant stratotypes of the Divje babe I site. Stratotype MIS 3 is best represented. Using chronometry and climatochronology, the site is also compared with other stratotypes of the Würm glaciation.

Keywords: Divje babe I, Slovenia, sedimentology, geochemistry, chronology, Late Pleistocene, MIS 3

1. Uvod	10
2. Klasična kronologija Würma v Sloveniji in njene pomanjkljivosti	10
2.1 Metodologija in kronologija Srečka Brodarja	11
2.2 Metodologija in kronologija Mitje Brodarja	15
<i>Teorija in njene pomanjkljivosti</i>	16
<i>Metoda in njene pomanjkljivosti</i>	17
2.3 Metodologija in kronologija Ivana Rakovca	18
2.4 Metodologija in kronologija Franca Osoleta	18
2.5 Metodologija in kronologija Vide Pohar	19
3. Stratotipi nove kronologije Würma v Sloveniji	20
3.1 Metoda, gradivo in kronometrija	22
3.2 Analiza gradiva in klimatska razlaga rezultatov	36
3.2.1 Fizikalne lastnosti sedimentov: tekstura in morfogeneza	36
3.2.2 Geokemijske lastnosti sedimentov: glavni oksidi in sledne prvine	46
3.2.2.1 Sestavljeni profil in stolpec kvadrata 36	47
3.3 Kronološki sklepi	55
4. Namesto sklepa	57

1. UVOD

Bliža se osemdesetletnica odkritja prvega paleolitskega najdišča v Sloveniji leta 1928 v Potočki zijalki (S. Brodar, Bayer 1928), ki je sprožilo tudi pri nas bolj ali manj poglobljeno raziskovanje sedimentov v jamah in spodmolih s pleistocenskimi arheološkimi in paleontološkimi najdbami. Eden od pomembnejših ciljev tega raziskovanja je bila ves čas kronologija pleistocena. Ker je kronologija ključna za interpretacijo paleolitskih in paleontoloških najdb, sem se odločili za krajši kritičen pregled kronološke problematike jamskih sedimentnih okolij v alpskem, predalpskem in dinarskem svetu Slovenije. To problematiko lahko najneposredneje povežem z vprašanjem kronologije mlajšepleistocenske poledenitve Alp kot posledice globalnih podnebnih sprememb.

Vendar se moram zavedati posebnosti jamskega sedimentnega okolja, ki narekuje nekoliko drugačno razlago procesov kot na prostem, na kar se nanaša večina splošno sprejetih razlag odnosa sediment-klima. O tem podrobneje v nadaljevanju.

Kronologijo je mogoče izdelati na podlagi določenih modelov in metodologije. Eno in drugo se spreminja z razvojem stroke in njenimi možnostmi. Zato kronološke sheme sčasoma zastarajo in jih je treba dopolniti ali zamenjati z novimi, boljšimi. Nobena shema ni dokončna in brez napak, in če je na voljo več možnosti, lahko med njimi izbiramo na podlagi različnih kriterijev (prim. S. Brodar 1958, 330), med katerimi imata vsekakor prednost zanesljivost in natančnost. Zanesljivost je podana z zanesljivostjo metodologije in stopnjo ujemanja z drugimi kronološkimi shemami. Natančnost je odvisna od stratigrafske oz. časovne ločljivosti. Manjša natančnost načelno pomeni večjo zanesljivost.

V nadaljevanju se bomo najprej seznanili z nedavno tega v Sloveniji prevladujočo kronološko shemo in z metodologijo, s pomočjo katere je ta shema nastala, nato pa še z osnovno metodologijo za novo kronološko shemo in s samo shemo na podlagi dolgoletnih raziskav v Divjih babah I.

Ker moj prikaz temelji na izkušnjah in podatkih, pridobljenih pri raziskovanju Divjih bab I v letih 1980-1999, in na sodelovanju pri izkopavanjih na nekaterih drugih najdiščih pred letom 1979, kot so Županov spodmol, Babja jama, Matjaževe kamre, Ciganska jama, Podrisovec, Vilharjeva jama, bom obravnaval samo kronologijo zgodnjega in

srednjega dela virma (Würm)¹ oziroma *kisikovih ali morskih izotopskih stopenj 5-3 (OIS oz. MIS 5-3)*. Mlajši virm oz. *kisikovo izotopsko stopnjo 2*, vključno s poznim glacialom, bo treba na novo obdelati ob kakšni drugi priložnosti, ko bodo na voljo novi podatki tudi za to obdobje.

S paleolitsko kronologijo, ki je tesno povezana s kronologijo mlajšega pleistocena, so se v Sloveniji ukvarjali predvsem Srečko Brodar, Mitja Brodar, Ivan Rakovec, Franc Osole, Vida Pohar, Alojz Šercelj in Metka Culiberg, v zadnjem času pa sem se ukvarjal tudi sam s sodelavci. Izsledke vseh bom podal po vrsti od Srečka Brodarja do moje malenkosti, ločeno za stare in nove raziskave.

2. KLASIČNA KRONOLOGIJA WÜRMA V SLOVENIJI IN NJENE POMANJKLJIVOSTI

Osnova vsake raziskovalne panoge, ki črpa podatke na terenu, je terenska metoda oz. tehnika. Slovenska paleolitska stroka je v letih od 1946 do 1990 uporabljala sestavljenko t. i. horizontalne in vertikalne tehnike (S. Brodar 1958, 277; Osole 1965, 144). Bistvo te metode je bilo v odstranjevanju večjih blokov sedimentov, plast za plastjo po režnjih, debelih približno 20 cm. Posamezen blok je bil širok pri izkopavanjih S. Brodarja in M. Brodarja 1 m, pri F. Osoletu pa 2 m. Na razmiku enega oz. dveh metrov so bili dokumentirani profili, vendar šele potem ko je bil vsak blok odkopan do konca. Vse pomembnejše najdbe so dobile koordinate, preostale pa so se vodile po plasteh v bloku oz. po profilih (prim. Osole 1990). Profili so služili za stratigrafijo, podroben opis sedimentov po plasteh in vzorčevanje. Zaradi variabilnosti profilov je za končni opis plasti služil t. i. normalni profil, ki je bil lahko najpopolnejši profil, ali sestavljenka iz več profilov. Na podlagi vseh podatkov v vseh profilih je bila podana razlaga najdišča. Razen najdb s koordinatami in vzorcev podatki niso bili kvantificirani, tako da je šlo večinoma za kvalitativne baze podatkov oz. opise.

Kronološke razlage najdišč so temeljile na opisih profilov in najdbah, včasih tudi na analizi sedimentnih vzorcev, vzeti neposredno iz profila ali profilov. Kronoklimatska razlaga profila je bila praviloma podana na podlagi teksturnih in diagenetskih podatkov ter paleontoloških najdb. Teksturine podatke so predstavljale različne frakcije klastov, predvsem grušč, in ilovica oz. meša-

¹ Würm načelno pišem, ko gre za stratotip v tipskem področju po Penck in Brücknerju (ter Soergelu). Slovensko enačico "virm" uporabljam kot kronološko oznako za obdobje mlajšega pleistocena. Podobno velja za druge stratotipe in kronološke oznake mlajšega pleistocena. V primerih, ko se sklicujem na različne objave, striktno pomensko ločevanje ni vedno mogoče.

nica klastov in ilovice, pri čemer so se pri interpretaciji profila upoštevali samo t. i. avtohtoni sedimenti. Diagenetske podatke so predstavljale breče in sige, krioturbacija in drugo. Kronoklimatska razlaga je temeljila na predpostavki, da je vse naštetu na določen način neposredno povezano s klimo, ki se je spreminjala tako, kot je predvideval takrat veljaven model o členitvi mlajšega pleistocena. S primerjanjem profila in kronoklimatskega modela se je dobila kronoklimatska razlaga najdišča, kronoklimatologija pa je omogočala kronološke povezave med najdišči. Tako je do leta 1990 tudi slovensko državno ozemlje postopno dobilo bolj ali manj podrobno kronologijo mlajšega pleistocena na podlagi številnih jamskih paleolitskih najdišč.

2.1 Metodologija in kronologija Srečka Brodarja

Metodologija in kronologija S. Brodarja, pionirja slovenskega paleolitika, sta nastali na podlagi dolgoletnih raziskav v Potočki zijalki. Metoda je bila skoraj izključno primerjalna, kar pomeni, da je bila osnovana na primerjanju rezultatov izkopavanja s podobnimi najdbami in takrat veljavnimi kronologijami. Pri tem S. Brodar ni uvedel niti novih niti posebnih analitskih postopkov. Vendar je sčasoma prevzel npr. granulometrično analizo in druge kvantitativno-kvalitativne metode za raziskavo sedimentov, ki so dale navidezno kronološko uporabne rezultate (S. Brodar 1958).

S. Brodar je v svojih kronoloških izvajanjih izhajal iz temeljne razlike med proizvodi mehanskega in kemičnega preperevanja, pri čemer je mehansko preperevanje istovetil z zmrzliniskim (angl. *frost weathering*). Osnovne oblike preperevanja je povezoval z morfoklimatskimi conami, značilnimi za današnje zemljepisne širine in nadmorske višine, ki jim ustreza določen tip klime.

Po odkritju Potočke zijalke so se stvari odvijale nekako takole:

S. Brodar (1939) je v stratigrafski študiji o Potočki zijalki podal temeljne predpostavke za razlago pleistocenske kronologije v Sloveniji. Njegove predpostavke so se sčasoma sprevrgle v paradigmo - trditev, ki so jo avtomatsko potrjevala številna novoodkrita najdišča in ki je ni bilo treba niti dokazovati niti preverjati. To seveda ni bil osamljen primer, saj so se podobne reči dogajale tudi drugje v naši bližnji in daljni soseščini.

Tako je bilo z domnevo, da je ilovica, ki je bila ponekod primešana grušču, nastala v jami (S. Brodar 1939, 79; S. Brodar, M. Brodar 1983, 95 ss). To razlago, ki jo je prevzel tudi M. Brodar (1959, 438; 2001, 70, 72) in pozneje posplošil na druga alp-

ska najdišča, so močno omajale šele nove raziskave v Potočki zijalki (Kralj, Pohar 2001). Treba pa je poudariti, da so predvsem rdeče obarvane ilovice v jamah na Krasu razlagali kot pretežno pravtohtone (S. Brodar 1958, 295; 1966, 118; Ossole 1986; 1991, 28), tj. preložene s prenicajočo vodo s površja nad jamo. Ne glede na izvor so vse ilovice skoraj dosledno povezovali s preperevanjem v topllem podnebnju, to pa z interglaciali ali interstadiali (prim. S. Brodar 1966, 121; M. Brodar 1986, 36; Ossole 1986). To ni bilo prav, ker je glinena frakcija značilna tudi za periglacialne morfoklimatske cone, največ pa jo dejansko nastane v vlažni tropski coni (Reading, Levell 1996, tabela 2.1.), zaradi česar je lahko sestavni del presedimentiranih predpleistocenskih preperin. O tem in o preperinah in preperevanju več v nadaljevanju.

Podobno kot razlaga t. i. jamske ilovice je bila nepreverjena vloga velike nadmorske lege Potočke zijalke (M. Brodar, S. Brodar 1983, 93; Pohar, M. Brodar 2000) in drugih alpskih najdišč, ki je odločilno vplivala na kronološko umestitev Potočke zijalke. Pri tem so se pod vplivom A. Pencka (prim. t. 1 v Soergel 1925) slepo sklicevali na sicer pravilno oceno znižanja snežne meje in z njo povezane gozdne meje v vrhuncu glaciala (prim. Ehlers 1996, 347), čeprav je velika razlika v debelini glacialnih in postglacialnih sedimentov pred vhom v Potočko zijalko in za njim (prim. S. Brodar, M. Brodar 1983) nakazovala obstoj snežnega stožca pred jamskim vhomom v glacialu in njegovo odsotnost v postglacialu (Turk, neobjavljeno). Slednje bi lahko bolj neposredno opredeljevalo preteklo klimo, predvsem temperaturo in količino snežnih padavin, kakor izključno hipotetična ocena snežne in gozdne meje, ki je temeljila na podobnosti med zemljepisno širinsko in višinsko razporeditvijo vegetacije in z njo povezanih ekosistemov, ni pa upoštevala lokalnih morfoklimatskih dejavnikov. V času nastanka večine plasti je bilo glede na moje ugotovitve, da so se sedimenti kopicili za snežnim stožcem v obliki protalusa, ali bistveno več snežnih padavin ali je bila bistveno nižja povprečna letna temperatura ali pa je bilo nekaj več snežnih padavin in nekoliko nižja povprečna letna temperatura.

Za glacialni vrhunec v Alpah in severno od njih se navajata občutno znižanje povprečne letne temperature in prepолоvitev oz. zmanjšanje količine padavin (Ehlers 1996, 347; van Huissteden *et al.* 2003, 455). Podatek o padavinah je sporen, kar zadeva predele na južni strani Alp, saj se ne sklada s teorijo o kroženju zračnih mas na severni polobli v času temperaturnega (klimatskega) maksimuma in minimuma. Zmanjšanje padavin v klimatskem minimumu je teoretično predvideno samo v tropskem

pasu in polarnem, ne pa tudi v zmernem, kamor sodi Slovenija. Klima v zmernem pasu (med 35° in 50° zemljepisne širine) bi bila v klimatskem minimumu vlažnejša od današnje zaradi spremembe v kroženju zračnih mas in razporeditvi klimatskih pasov (Reading, Levell 1996, 10, sl. 2.1b). Za to obstajajo znanstveno utemeljeni razlogi. V osrčju gora, kjer Olševa s Potočko zijalko gotovo ni, bi bile lahko razmere tudi nekoliko drugačne. Če bi se v klimatskem minimumu zmanjšala cona polarnega in subtropskega visokega pritiska, bi se vetrovi okrepili znatno nad današnjo hitrost (prav tam, prim. tudi van Huissteden 2003). To ne bi ostalo brez posledic zlasti za tiste predele Slovenije, kjer danes piha močna burja. Da so takšne napovedi pravilne, potrjujejo eolski flišni sedimenti, ugotovljeni v nekaterih jamah notranjsko-primorske regije, ki so bili domnevno postavljeni v vrhunec virmske poledenitve (Osole 1986). Točnejša genetska opredelitev teh sedimentov bi verjetno bila, da so niveoeolski (prim. Tricart, Cailleux 1965, 66), ker se v več pogledih razlikujejo od čisto eolskih sedimentov (Osole 1961, 462).

Vsa kronološka razprava se je dolgo vrtela okoli vprašanja, ali se v sedimentih Potočke zijalke odlikavajo pogoji interglacialne klime ali interstadialne (S. Brodar 1939, 82). Ves čas sta se poudarjala interglacialni značaj in precejšnja dolžina toplega obdobja v srednjem virmu, ki naj bi mu pripadala Potočka zijalka (S. Brodar 1939, 84; M. Brodar 1967, 238; S. Brodar, M. Brodar 1983, 94, 99, 172), kar je bilo pretiravanje glede na današnje poznavanje alpske in severnoevropske poledenitve in klime nasploh v mlajšem pleistocenu (prim. van Andel, Tzedakis 1996).

Po današnjem vedenju je bil zadnji glacial v Alpah (Würm) prekinjen s tremi interstadiali (Preusser 2004), v severni Evropi (Weichsel) pa z osmimi (Ehlers 1996, 290, 344 ss). Od "alpskih" interstadialov je zadnji umeščen pred največji obseg poledenitve, do katere je prišlo pred 20.000 do 18.000 leti po ¹⁴C-kronologiji oz. pred Würmom *sensu* Penck in Brückner (Preusser 2004, 207). V glacialu ni bilo interstadiala, ki bi bil hkrati tako topel in dolg kot interglacial (prim. Turk, Verbič 1993; Ehlers 1996, 290 ss, 346; Preusser 2004). To se je zdelo tvorcem kronološke umestitve najdišča, ki so poudarjali interglacialni značaj t. i. interstadiala Potočke zijalke, že od začetka nemogoče (prim. npr. M. Brodar 1967, 239). Vendar so poznejše raziskave sedimentov mlajšega pleistocena v Evropi pokazale, da je takšna definicija interstadiala Potočke zijalke nesprejemljiva. V času odlaganja sedimentov imenovanega interstadiala klima bodisi ni bila ves čas enaka bodisi je bila občutno hladnejša od

sedanje. Na hladnejšo klimo v srednjem virmu od današnje in pretekle interglacialne kažejo neposredno stare in nove najdbe sicer redke arktualpinske favne v Potočki zijalki, kot so: moškatno govedo, rosomah, kozorog, belka in brezova miš (S. Brodar, M. Brodar 1983; Pacher 2001; Döppes 2004; Kryštufek, neobjavljeno), posredno pa tudi redki izdelki iz mamutovine (glej S. Brodar, M. Brodar, 1983, t. 8: 97; 10: 92; 22: 134). To se ujema z ugotovitvami v kronometrično dobro opredeljenem profilu Baumkirchen pri Innsbrucku, kjer so se domnevno sočasno s sedimenti v Potočki zijalki že v precej hladni klimi odlagali pasoviti jezerski sedimenti (Ehlers 1996, 347). Poudariti je treba, da domnevna sočasnost obeh najdišč sloni izključno na ne preveč zanesljivih rezultatih metode ¹⁴C (za datiranje Potočke zijalke prim. Pacher 2001, in Rabeder, Pohar 2004). Na takšni radiometrični osnovi je nastala tudi nova kronostratigrafska razlaga starih in novih najdb favne v Potočki zijalki (Pacher, Marinelli 2004; Pacher 2004), ki je v popolnem neskladju s stratigrafijo koščenih konic in njihovim razvojem (Turk 2005).

Občasna delna nepoledenelost centralnih Alp v srednjem virmu, natančneje med 60.000 in 28.000 let pred sedanostjo (prim. Preusser 2004), danes ni več presenečenje, kot je bilo v času odkritja Potočke zijalke in drugih klasičnih paleolitskih najdišč v Alpah. O občasni nepoledenelosti vzhodnih in južnih Alp v glacialu lahko poleg skupine orinjasjskih najdišč, ki jih predstavljajo Potočka zijalka, Mokriška jama in Monte Avena (Lanzinger, Cremaschi 1988), pričajo tudi nova, nedvomno (precej?) starejša musterjenska najdišča na velikih višinah v Dolomitih (Peresani, Dalmeri 1995), zahodnih Alpah (Tillet 2001, 94 ss), severovzhodnih Alpah (Pittioni 1986; Ehlers 1996, 347) in Abruzzih (Bietti, Mancini 1988), ki so kronološko zanesljivo opredeljena v zadnji glacial, natančneje v njegove interstadiale. Glacialna in ne interglacialna so domnevno tudi klasična musterjenska najdišča na obrobju centralnih Alp, ki se danes umeščajo v enega od toplih interstadialov v zgodnjem glacialu (Welten 1982). Najvišje ležeči plani interglacialni sedimenti v Alpah so na višini 1.600 m (Hannss *et al.* 1992), kar je precej nižje od glacialnih jamskih najdišč s paleolitskimi najdbami.

S. Brodar (1967) je svojo kronologijo sprva gradil na klasični alpski kronologiji A. Pencka in E. Brücknerja (1901-1909), ki je nastala na popolnoma drugačnih osnovah, kot so bile pri raziskovanju jamskih sedimentov Potočke zijalke. Stratotipi Pencka in Brücknerja nikakor niso primerljivi s Potočko zijalko in so zato zanjo neveljavni. Poleg tega, kot rečeno, predstavlja Würm v smislu obeh

nemških avtorjev danes samo še del mlajšega glaciala brez poznega glaciala, ki sta ga Penck in Brückner postavila v svoj "postglacial", tj. v čas od virmskega glacialnega vrhunca do sedanjosti. Tako je Potočka zijalka dejansko starejša od celotnega Würma, ki ga je imel v mislih S. Brodar.

Pozneje se je S. Brodar (1958, 330 ss; 1967) odločil za t. i. popolno kronološko razčlenitev pleistocena, ki je zadnji glacial (Würm *sensu* Penck in Brückner) razdelila v tri stadiale (Würm I-III) in dva interstadiala (Würm I/II in II/III). Prevezel jo je od W. Soergela (1925), ta pa jo je osnoval na fluvialnih, eolskih in drugih sedimentih severne Nemčije. Zato je bila tudi ta kronologija popolnoma neprimerljiva z jamskimi sedimenti, ki jih je S. Brodar odkril in preučil na južnem oz. jugovzhodnem robu Alp. Poleg tega danes vemo, da v Alpah z izjemo severnega francoskega dela v bolj ali manj zveznih tipskih profilih, kot so Samerberg (Grüger 1979), Mondsee (van Husen 2000) in Gossau (Schlüchter *et al.* 1987; Preusser *et al.* 2003), ni sledov o napredovanju ledenikov pred glacialnim vrhuncem 20.000-18.000 let pred sedanjostjo oz. pred 25.000 leti pred sedanjostjo ali pa so ti neznatni kot npr. v Švici (Ehlers 1996, 343 ss; Preusser 2004). Zato Würm *sensu* Soergel, kronološko gledano, sploh ni to, za kar ga je štel S. Brodar in pozneje M. Brodar.

Zaradi boljšega razumevanja izvajanj S. Brodarja in njegovih učencev se moramo nekoliko pobliže seznaniti s Soergelovo kronologijo, ki je postala osnova pleistocenske jamske kronologije v Sloveniji. Pri tem se moramo zavedati, da so bili stratotipi Soergelove kronologije mlajšega pleistocena in njene predhodnice, kronologije Pencka in Brücknerja, na severni strani Alp, tj. med dvema poledenelima regijama: alpsko in severnoevropsko. To je bilo drugačno okolje v širokem pomenu besede, ki ga je z okoljem v Sloveniji povezovala samo globalna klima.

Soergelova ideja je bila popolna členitev ("*Vollgliederung*") ledene dobe in njena absolutna kronologija. Zato je hotel povezati geološka dejstva, predvsem sisteme rečnih teras v Turingiji in soseščini ter lehnjak na najdišču Ehringsdorf, z astronomsko teorijo klimatskih sprememb, da bi na ta način dobil absolutno kronologijo. Bil je prepričan, da mu je to uspelo. Prav tako je bil prepričan, da mu je uspelo vzporediti alpsko pleistocensko kronologijo Pencka in Brücknerja s svojo severnonemško kronologijo (Soergel 1925, 225).

Stvar je bila sicer pravilno zamišljena, kar je potrdil poznejši razvoj, vendar neustrezno izpeljana. Realizacija Soergelove zamisli je zato imela več pomanjkljivosti.

Glavna je bila, da astronomska teorija ni bila dober nadomestek za absolutno kronologijo. Radiometrija, ki je bila tedaj šele v povojih, ni mogla bistveno prispevati k reševanju kronoloških vprašanj. Vsekakor je v tem pogledu zanimiv podatek o trajanju pleistocena na podlagi helija, ki ga je Soergel (1925, 126) mimogrede navedel, vendar se mu ni zdel upoštevanja vreden. Namesto za helijevih 1-1,5 milijona let se je raje odločil za napačnih 600.000 let na podlagi astronomske teorije. Dejansko se je pleistocen začel pred najmanj 1,8 milijona let, točnejši začetek pa še vedno ni določen. Razvoj radiometrije je pozneje pokazal, da so bile Soergelove primerjave alpske in severnonemške relativne kronologije mlajšega pleistocena (zadnji interglacialno-glacialni cikel) z izsledki astronomske teorije napačne zaradi, kot rečeno, neustrezne metodologije. Medtem ko so bile starejše stratigrafske faze, začenši z zadnjim interglacialom in nekaterimi pripadajočimi paleolitskimi najdišči (Krapina, Ehringsdorf), kolikor toliko pravilno kronološko umeščene, je bila členitev virma geološko, paleontološko in arheološko kronološko popolnoma zgrešena. Tako je bila starost Würma III v smislu poznega glacialnega vrhunca (LGM = *Late Glacial Maximum*) navidezno približno pravilno ocenjena, starosti vseh starejših stadialov in interstadialov pa so bile veliko precenjene. Prav tako starost interglaciala Riss-Würm, ki se je za nameček delil še na hladne in tople faze. Tako naj bi npr. Würm I/II trajal kar 36.000 let, in sicer od 110.000 do 74.000 let. Idejo o zelo dolgem Würmu I/II, v katerem imamo v začetku finalni musterjen in na koncu orinjasjen, je prevzel tudi S. Brodar (1967) skupaj z M. Brodarjem (1967, 237).

Izvirna napaka, ki jo je zagrešil Soergel, ni bila v astronomski kronologiji, po kateri je bilo trajanje zadnjega glaciala (virma) že takrat pravilno ocenjeno na 100.000 let, ampak v vzporejanju te z geološkimi, paleontološkimi in arheološkimi dejstvi, pri katerih je bila edina kolikor toliko zanesljiva relativna kronologija. Interglacial Riss-Würm je zato dejansko samo Prae-Würm *sensu* Soergel. Würm I/II bi moral dejansko biti v zgodnjem glacialu. Zato se mu starost *sensu* Soergel ne spremeni, ne more pa potem v njem več biti orinjasjen s povprečno ¹⁴C-starostjo 30.000 let itd. Stvari se še bolj zapletejo, če je napačna celotna kronološka umestitev Würma *sensu* Penck in Brückner in posledično *sensu* Soergel, ker naj bi bila po Soergelu stratigrafija alpske in severnonemške obledeniške regije enaka. Ker je Soergel primerjal enako z enakim, tj. rečne terase z rečnimi, je to teoretično sicer mogoče, praktično pa se da od leta 1953 dalje v obeh regijah zanesljivi-

vo vzporediti samo zadnji interglacial (eemij oz. ris-*vir*m), in sicer na podlagi razvoja vegetacije (Ehlers 1996, 342). Manj zanesljivo je vzporejanje t. i. "toplih interstadialov" v zgodnjem glacialu, v srednjem glacialu pa korelacije zaenkrat sploh niso mogoče (Ehlers 1996, 344 ss). Profil, ki omogoča trenutno največ korelacij, je Samerberg na Bavarskem (Grüger 1979). Od Soergelovih časov je močno napredovala tudi metodolodija preučevanja rečnih in ledeniških sedimentov, zaradi česar je prišlo do velikih sprememb v stratigrafiji in kronologiji, ki so pomenile konec njegove kronologije tudi v Nemčiji (prim. npr. Ehlers 1996, 317 ss; Cornelius 1984).

Do navideznega in delno dejanskega ujemanja s kronološko shemo zadnjega glaciala, kot jo poznamo danes, je prišlo, ker je zadnji glacial sestavljen iz velikega števila hladnih in toplih klimatskih faz, ki se dejansko ujemajo z izsledki astronomske teorije, na kateri je Soergel gradil svojo kronološko shemo. Vendar Soergel ni uporabljal nobene metode, ki bi povezala stratigrafijo s kronologijo, tj. relativen čas z absolutnim. To še danes ni mogoče za večino dobro dokumentiranih glacialnih sedimentov in ledeniških tvorb v naši neposredni sosedščini, tj. Karnijskih Alpah in zahodnih Julijskih Alpah (Venturini 2003). Glacialni vrhunci *vir*m 1-3 z interstadiali *vir*m 1/2 in *vir*m 2/3 so umeščeni v kronološko shemo brez kronometričnih argumentov (Venturini 2003, 24), pri čemer traja *vir*m 1/2 od 90.000 let pred sedanostjo do nekako 80.000 let pred sedanostjo. *Vir*m 1 obsega celoten zgodnji glacial v smislu moderne delitve zadnjega interglacialno-glacialnega ciklusa.

Kljub velikemu napredku geološke znanosti je danes nemogoče ugotoviti, katere kronološke odseke dejansko predstavljajo Soergelovi stadiali in interstadiali *vir*mskega glaciala. Ker jih je Soergel dosledno enačil s fazami zadnje alpske poledenitve, bi lahko bili mlajši od 30.000 let.

Soergel je postavil v svojo kronološko shemo tudi vse glavne paleolitske razvojne stopnje, kar je prevzel tudi S. Brodar skupaj s popolno členitvijo *vir*ma. S tem je bil krog usodnih napak sklenjen. Odslej se je praktično vsa slovenska paleolitska kronologija vrtela v tem krogu, medtem ko so se stvari drugje izboljšale in se postavile na svoje pravilnejše mesto.

Soergelov glavni vezni člen med paleolitskimi najdbami in členitvijo *vir*ma je bil profil na najdišču Ehringsdorf. Profil, ki ga je Soergel (1925, t. 3) postavil v pravir, *vir*m I in *vir*m I/II, naj bi bil ključen za kronologijo (prav tam, 223). Danes vemo, da profil predstavlja kvečjemu zadnji interglacial, lahko pa tudi neko še starejšo toplo dobo (Schüler 1994; Mania 1997).

Vprašanje, ki se nam postavlja samo od sebe, je, zakaj so S. Brodar in njegovi nasledniki vztrajali pri Soergelovi kronološki shemi, čeprav se je členitev zadnjega glaciala nadaljevala in dosegla zavidljive rezultate, predvsem na drugih področjih pleistocenskih znanosti in tudi zunaj Nemčije. Zakaj so z nekaj redkimi izjemami (prim. Osole 1974) popolnoma zapostavljali zelo obetavno področje radiometrije in vse kronološke izboljšave, ki so v bistvu udeleževale temeljno Soergelovo idejo o komplementarnosti stratigrafije in kronologije. Možnih je več odgovorov. Ko je bil slovenski kronološki sistem enkrat vzpostavljen, očitno ni bil več sposoben nadaljnjega razvoja. Poleg tega ga očitno ni bilo mogoče prilagoditi novim spoznanjem, ki so bila vse pogostejše v nasprotju s stariimi (prim. S. Brodar 1958, 330 ss). Vzrok za togost sistema je morda ležal v prepričanju, da je Penckova klasična razdelitev še zmerom v veljavi in se samo vedno bolj izpopolnjuje (S. Brodar 1967, 232).

Slovensko različico Soergelove kronologije *vir*mskega glaciala, ki se je po zaslugi S. Brodarja pri nas močno ukoreninila in se je uporabljala do nedavnega (prim. Osole 1991; M. Brodar 1999; Pohar *et al.* 2002), bi lahko opredelil kot "plavajočo" kronologijo, ker je bila brez zanesljivih opornih točk, ki jih do neke mere zagotavlja kronometrija, zlasti če sloni na uporabi različnih kronometričnih postopkov. V Brodarjevih časih je bila edina kronometrična metoda tehnika ^{14}C , ki so jo geologi dolgo zaman poskušali uskladiti z izsledki Milankovičeve astronomske teorije o poteku ledene dobe, zlasti zadnjega interglacialno-glacialnega ciklusa (prim. S. Brodar 1967). Nazadnje je to le uspelo (prim. Turk, Verbič 1993).

Vso problematiko plavajoče kronologije dobro ilustrira usoda t. i. getvajškega (Göttweig) interstadiala oz. puhličnih interstadialnih tal, ki so jih šteli za kronološko vzporednico Würma I/II (prim. Osole 1964-1965), dokler se ni izkazalo, da je šlo za tla riško-*vir*mskega interglaciala (Kukla 1977). Prihajalo je tudi do drugih nevšečnosti in neskladij. Tako v Sloveniji ni bilo mogoče ugotoviti korelatov za Würm II in Würm II/III, zaradi česar je bil podan predlog o združitvi *vir*ma II in III (M. Brodar, 1986, 49). V *vir*mu I so se po sili razmer pojavili topli interstadiali, kar je bilo v nasprotju s prvotno kronoklimatsko shemo *sensu* Soergel, se je pa nekako skladalo z novimi pogledi o klimi v glacialu.

Čeprav je bila členitev *vir*ma *sensu* Soergel označena kot popolna, je daleč od popolnosti, kar so sčasoma jasno pokazale raziskave na drugih področjih, ki so obravnavala mlajšepleistocensko kronologijo (prim. Turk, Verbič 1993). Vendar bi lahko še vedno služila svojemu namenu vsaj v grobem,

če se ne bi nanašala samo na del mlajšega glaciala, kot izhaja iz današnjega védenja o Würmu v smislu Pencka in Brücknerja. Umeščanje paleolitskih najdišč v takšno kronološko shemo je zato nesmiselno, kar smo že davno ugotovili na podlagi drugih pomanjkljivosti (prav tam). Vendar tedaj za zastarelo kronologijo v Sloveniji nismo imeli nadomestila v obliki stratotipa, ki bi bil boljši od starih, tj. Potočke zijalke (S. Brodar, M. Brodar 1983), Betalovega spodmola (S. Brodar 1955; F. Osole 1990; 1991) in Črnega Kala (S. Brodar 1958). Reinterpretacija starih stratotipov pa se nam je zdela brez novih terenskih raziskav nesmiselna.

Primernejša od Brodarjeve kronološke sheme *sensu* Soergel bi bila zato shema, temelječa na kronoconah, kot so riško-virmski (Riss-Würm) interglacial, zgodnji virm, srednji virm in mlajši virm. Te je navajal že S. Brodar (1967), vendar jih je neutemeljeno vzporejal oz. enačil z W I (stari virm), W I/II (srednji virm) in W II, W II/III, W III (mlajši virm). Zato je prišlo do novih nespornostov. Tako je npr. M. Brodar (1967, 237) umestil klasična alpska musterjenska najdišča v prvi virmski interstadial ali W I/II v srednjem virmu, medtem ko pripadajo po splošnem prepričanju enemu od toplih interstadialov v starem (zgodnjem) virmu. V tem in podobnih primerih evidentno ne gre za isti čas in isti interstadial.

Kronocone alpske glaciacije so bile dogovorno določene skupaj z novimi stratotipi veliko pozneje (Chaline, Jerz 1983, 1984). Ker gre izključno za časovne enote, jih je težko primerjati s paleolitskimi najdišči, če ta niso kronometrično opredeljena.

Na koncu moram omeniti še to, da je S. Brodar (1955) po končanih raziskavah v Betalovem spodmolu v stratigrafijo uvedel združevanje plasti v horizonte. Čemu in po kakšnih kriterijih, ni nikjer pojasnil (Osole 1990, 12). Razlaga F. Osoleta (prav tam), da si je S. Brodar prizadeval združiti v komplekse vse kronostratigrafsko-sedimentacijsko ekvivalentne plasti, pomeni, da so sedimenti z vso vsebino, stratigrafija in kronologija iste kategorije. Da gre dejansko za takšno prepričanje, je razvidno tudi iz tega, da se v določeni zvezi piše o stratigrafsko ekvivalentnih plasteh in takoj za tem o kronološko ekvivalentnih (Osole 1990, 12). Istovetenje stratigrafije s kronologijo (prim. tudi Osole 1965, 147), ne da bi čas določili neodvisno, npr. radiometrično, je glede na neenakomerno hitrost sedimentiranja in majhno časovno ločljivost jamskih sedimentov zelo tvegano. Če prav razumem, so meje med Brodarjevimi horizonti oz. kompleksi dejansko časovne. V tem primeru je razumljivo, da so v najmlajši VI. horizont umeščeni holocenski sedimenti, ni pa razumljivo, da se virmski gla-

cial začne sredi III. horizonta ali da se virmski interstadial I/II nahaja med IV. in V. horizontom. Vse to omenjam zato, ker sem tudi sam uporabljal staro prakso združevanja plasti v sklope, vendar na povsem drugačen način in z drugačnim pomenom (Turk 2003).

Pionirsko delo S. Brodarja na področju mlajšepleistocenske kronologije v jamskih paleolitskih najdiščih Slovenije so nadaljevali Mitja Brodar, Franc Osole in Vida Pohar, ki so v glavnem sledili njegovi usmeritvi in utrjevali njegovo kronološko shemo, tako da so vanjo vgrajevali nova najdišča. Pri tem ne smem izpustiti Ivana Rakovca, ki je taksonomsko in kronološko opredelil večino ostankov favne, najdenih pri paleolitskih izkopavanjih do leta 1975. Kar je ostalo neobjavljeno ali bilo najdeno pozneje, je obdelala V. Pohar.

Najdeno lesno oglje je preučeval Alojz Šercelj (Šercelj, Culiberg 1985; Culiberg, Šercelj 1998), ki je prav tako prispeval h kronologiji mlajšega pleistocena v jamski arheologiji in širše. Pri jamskih najdiščih mu zaradi skopih paleobotaničnih podatkov ni preostalo drugo, kot da je prevzel kronologijo svojih delodajalcev (glej Šercelj, Culiberg 1985, 54). Edino jamsko najdišče, ki je dalo nekaj več paleobotaničnega gradiva, vključno s pelodom, in možnosti za ugotavljanje razvoja pleistocenske vegetacije v daljšem obdobju, so Divje babe I (Šercelj, Culiberg 1991).

2.2 Metodologija in kronologija Mitje Brodarja

M. Brodar je v sodelovanju s F. Osoletom nadgradil metodologijo in kronologijo S. Brodarja. Staro metodologijo je dopolnil s t. i. granulacijsko analizo sedimentov, metodo, ki jo je povzel po R. Laisu (1941). Uporabo nove tehnike je najpodrobneje in nazorno prikazal v razpravi o Mokriški jami (M. Brodar 1959) in Črnem Kalu (S. Brodar 1958, 323 ss), samo metodo in z njo povezane tehnične izboljšave oz. modifikacije pa je natančno opisal F. Osole (1959).

M. Brodar je bil prepričan, da je z novo metodo mogoče zadovoljivo razložiti klimatske spremembe v pleistocenu. Svojega prepričanja do danes ni spremenil (M. Brodar 2001, 70s). Enakega mnenja so bili tudi drugi raziskovalci slovenskega paleolitika. Zato je nova metoda dolgo ostala pomemben kronološki pripomoček.

Žal je bila uporaba granulacijske analize za kronoklimatsko razlago jamskih sedimentov v osnovi zgrešena, teorija in metodologija pa sta bili pomanjkljivi, da ne rečem napačni.

Teorija in njene pomanjkljivosti

Teorija je predvidela, da proizvodi mehanskega preperevanja (litoklasti) predstavljajo obdobja hladnejše klime (stadiale), proizvodi kemičnega preperevanja (glina oz. ilovica) pa obdobja toplejše klime (interglaciale in interstadiale) (M. Brodar 1959, 438; S. Brodar 1966, 125 s). Vendar proizvodi preperevanja niso vezani samo na eno klimo, na preperevanje pa poleg klime vplivajo tudi drugi dejavniki.

Najspornejša je klimatska razlaga ilovnatih primesi, ne glede na njihov izvor, v primeru karbonatnih kamnin, ki predstavljajo izjemo, kar zadeva preperevanje. Čisto kemijsko preperevanje apnenca je namreč večje pri nizkih temperaturah in ne pri visokih (prim. Ford, Williams 1992, 52), kot si je razlagal M. Brodar in še kdo, po katerem se je zgledovala šola S. Brodarja. Nasprotno temu višja temperatura in večja vlaga pospešujeta biokemijsko raztapljanje apnenca, ki je značilno predvsem za tropske predele, imamo pa ga tudi povsod, kjer se na apnencu razvije vegetacija. Hitrost, s katero se raztaplja apnenec, je na ekvatorju zaradi večje vlage, višje temperature in bujnejše vegetacije nekajkrat večja kot na srednji zemljepisni širini. Vendar je biokemijsko raztapljanje skoraj izključno površinsko, zaradi česar je v tropskem krasu zelo malo jam (Tricart, Cailleux 1965, 70, 109 ss). Kemijsko raztapljanje oz. erozija poteka v jamah ves čas pri temperaturi, ki je nižja od zunanje. Dodatno znižanje temperature, ki pa ne sme pasti pod ledišče, proces pospeši, ne pa zavre. Zato je razlaga M. Brodarja, pa tudi drugih, v osnovi popolnoma zgrešena. Če razlago obrnemo, postane razumljivo tudi dejstvo, zakaj je v alpskih jamskih najdiščih včasih več ilovic kot v nižinskih in zakaj je t. i. interstadial "virm I/II" bolje izražen v sedimentih Potočke zijalke in Mokriške jame kot v sedimentih nižinskih jam.

Grušči in peski so značilni za različne morfoklimatske cone: glacialno, periglacialno in suho kontinentalno. Meljasti sedimenti so značilni za suho kontinentalno morfoklimatsko cono in zmerno vlažno, gline pa za periglacialno morfoklimatsko cono in zmerno vlažno (Reading, Levell 1996, tabela 2.1).

Ker se različne morfoklimatske cone prekrivajo v zrnivosti sedimenta, je uporaba granulacijske analize za razlago klime povsem neprimerna. Je pa primerna za ugotavljanje izvora sedimentov, proizvodov preperevanja (prim. npr. Farrand 1975; Kralj 2003-2004) in sedimentnih facijev, ki so lahko dobri paleoklimatski indikatorji.

Ker so alpska najdišča vezana na posebno morfoklimatsko področje, je jasno, zakaj se je M.

Brodarju (1967, 237) v določenem trenutku zdelo, da so si sedimenti v vseh teh najdiščih podobni in da so nastali sočasno. Vendar podobnost ne pomeni vedno sočasnosti.

Teorija je imela tudi druge pomanjkljivosti, ki so bile zanjo usodne.

Kot vemo, je mehansko preperevanje tesno povezano s kemijskim, saj mehansko drobljenje povečuje možnosti za kemijsko raztapljanje. Velika napaka teorije je zato bila, da je različno preperevanje poskušala razložiti samo s temperaturo, čeprav je za to potrebna tudi vlaga, ki je tako kot temperatura pomemben klimatski parameter. Poleg tega so padavine vzrok za spiranje preperine v sami jami in predvsem s površja v jamo.

Preperevanje ni pogojeno samo s klimo, ampak s spletom različnih dejavnikov (kamninska osnova, čas, klima, rastline, živali, topografija jame in okolice), ki jih omenja tudi teorija, vendar ne vseh. Med njimi je čas po pomenu takoj za klimo in kamninsko osnovo. O vplivu časa snovalci teorije niso niti najmanj razmišljali, čeprav vemo, da so za nastanek preperine, kot je prst, potrebna lahko tisočletja ali samo stoletja. Prav tako niso razmišljali o bogatih organskih ostankih, ki tvorijo organske kisline, ki pospešujejo preperevanje. Dalje, niso ločevali proizvodov prvotnega preperevanja jamskega stroga in sten od proizvodov močnejšega drugotnega preperevanja v jamskih tleh, ki je odvisno predvsem od hitrosti sedimentiranja, ta pa je odvisna od pretrnosti kamenine. Drugotno preperevanje je namreč večje pri počasnem odlaganju sedimentov in ga praktično ni pri hitrem. To pomeni, da je količina manjših klastov in netopnih ostankov ter ilovnatih primesi, na katerih sloni granulacijska analiza, tudi in predvsem funkcija hitrosti sedimentiranja. Zato lahko iz enake kamninske osnove nastanejo različne preperine in obratno iz različne kamninske osnove enake preperine. Tako zapletenih situacij samo z granulacijsko metodo pač ni mogoče rešiti in razložiti.

Teoretično so lahko t. i. tople faze ali interstadiali v resnici faze z močnejšim preperevanjem, povezanim z zastoji v sedimentaciji, ali z intenzivnejšim spiranjem skozi pore in razpoke v strogu v primerih, kjer je prevladujoča frakcija glina (prim. dalje). T. i. mrzle faze ali stadiali, za katere je bil značilen krioklasičen grušč, tj. grušč z ostrimi robovi, pa lahko predstavljajo le obdobja s hitrim sedimentiranjem.

Kakorkoli že je nastala neka plast, je ni mogoče časovno opredeliti s pomočjo granulacijske analize, kot so mislili (S. Brodar 1966, 126). Stratigrafija, toliko manj sedimentologija, ni kronologija v pravem pomenu besede, če čas ni kako drugače ustrezno opredeljen (npr. radiometrično).

Metoda in njene pomanjkljivosti

Metodi lahko očitam predvsem to, da je operirala z odstotki masnih deležev frakcij, združenih v skupine ali ne. Zaradi učinka skupne vsote se je t. i. klimatska krivulja (beri temperaturna krivulja) granulacijskega diagrama oblikovala po krivulji frakcije z največjo maso (prim. Osole 1961, 460). To je bila praviloma bodisi najdebelejša frakcija (grušč) bodisi najdrobnejša (glina). Dejansko so bile krivulje posameznih frakcij lahko različne, zaradi česar ni bilo mogoče govoriti o enotni klimatski krivulji v Brodarjevem smislu. Tega se je zavedal predvsem F. Osole (1959, 126), ki je nepravilnosti pripisoval delovanju več dejavnikov, ki so bili po njegovem slabo preučeni ali popolnoma neznani. Zaradi masnih deležev ni bilo mogoče izračunati standardne napake in podati ocene zanesljivosti posameznih vrednosti frakcij, kot je to mogoče pri štetju klastov v frakcijah. To je bilo posebej moteče, ker se vrednosti drobnih frakcij, ki so bile odvzete iz primerne velikih vzorcev v Mokriški jami, v profilu le malenkostno razlikujejo (M. Brodar 1959, pril. 5), debelejšje frakcije, kjer so razlike v profilu večje (prav tam, pril. 4, 5), pa so bile odvzete iz premajhnih vzorcev (3720-2170 g pri prvi seriji vzorcev), da bi bile razlike zanesljive. Izvor nekaterih drobnih frakcij (glina, pesek), ki jih je M. Brodar *a priori* razglasil za avtohtone, bi bilo treba ugotoviti z ustreznimi postopki, kar žal ni bilo nikoli storjeno.

M. Brodar (1959, 429 s) je uvedel pojem klimatske krivulje, ki so jo sestavljale frakcije velike 10-0,2 mm in glina oz. njena frakcija. Frakcije, večje od 10 mm in manjše od 0,2 mm, brez gline, naj bi bile za razlago klimatskih razmer neprimerne zaradi različnih vzrokov, med katerimi se omenjajo hitrejšje preperevanje drobnejših frakcij in diagenetske spremembe (Osole 1959).

Drobnejše frakcije se hitreje kemično raztopijo in odstranijo kot večje. Frakcije, večje od 1 mm, so podvržene predvsem mehanskemu preperevanju oz. drobljenju, manjše od 1 mm pa skoraj izključno kemijskemu preperevanju oz. raztapljanju. Neupoštevanje najdrobnejših frakcij pri razlagi rezultatov granulacijske analize ni bila dobra odločitev, ker sta se s tem izgubili pomembna informacija in možnost nadzora nad učinkovitostjo metode. Razhajanja med rezultati obeh skupin frakcij so kazala, da je z razlago rezultatov metode nekaj narobe.

Sedimenti Mokriške jame naj bi bili po mnenju M. Brodarja izjemno primerni za ugotavljanje pretekle klime zaradi neznatnih alohtonih primesi. Medtem ko avtohtonost klastičnih sedimentov ni vprašljiva, pa je odprto vprašanje avtohtonosti ilovnatih primesi. V kalih na planoti nad jamo je nam-

reč na pogled enaka rdečkasta ilovica, kot jo je M. Brodar ugotovil v sedimentih Mokriške jame. Takšna ilovica je bila lahko v večjih količinah sprana v jamo, ker jo še vedno dobimo v razpokah matične kamnine, v kateri se je izoblikovala jama. Izdatna alohtona primes, ki jo M. Brodar ni upošteval, so množični ostanki jamskega medveda in vse, kar je medved lahko prinesel v jamo.

Mehansko preperevanje je v gorah večje zaradi večjega števila ciklusov zmrzovanja in odmrzovanja. Zato je sedimentacija hitrejša in preperevanje talnih sedimentov manjše. Rezultat so pretežno gruščnati sedimenti, ki sta jih oba Brodarja ugotovila v Potočki zijalki in Mokriški jami.

V nižinskih najdiščih je bilo gruščna bistveno manj, zato pa več alohtonih primesi, kar je pričakovano glede na manjše število ciklusov zmrzovanja in odmrzovanja in glede na razvitejša tla.

Vprašanje je, ali lahko primerjamo današnje aconalne pasove v gorah in njihove klimatske cone, ki so odvisne od višine in orografskih zaprek, s pleistocenskimi morfoklimatskimi conami in klimo, tako kot sta to storila M. Brodar (1959) ali S. Brodar in M. Brodar (1983).

M. Brodar (1959, 435 ss) pri kronološki razlagi rezultata granulacijske analize oz. t. i. klimatskega diagrama Mokriške jame proti pričakovanju ni izhajal izključno iz tega, temveč se je naslonil na paleontološke in arheološke najdbe ter na nadmorsko višino najdišča, ki je vplivala na odlaganje in preperevanje klastičnih sedimentov. S kombinacijo vsega navedenega je na zapleten način (domnevno) dobil korelacijo s takrat veljavno Soergelovo kronološko shemo virma (Würm), ki se je v grobem ujemala z Milankovičevo teorijo ledenih dob (M. Brodar 1959, 439 s, 458). Pri tem je treba poudariti, da je bila takšna korelacija popolnoma hipotetična, ker ni temeljila na nobeni neposredno primerljivi povezavi, kot je npr. radiometrija ali kot so enaki paleoklimatski parametri oz. približki (prim. izsledke za Divje babe I v nadaljevanju) med Mokriško jamo in Soergelovimi tipskimi najdišči.

Na podoben način je S. Brodar (1958) razložil profil Črnega Kala. Pri tem se je oprl na rezultat granulacijske analize in tudi na en paleolitski artefakt, negotovo določitev fosilne vrste srne (*Capreolus cf. Süssenbornensis*), in na vrsto nosoroga (*Dicerorhinus kirchbergensis*), ki je živel v večjem delu virma in ga je težko razlikovati od stepskega nosoroga (*Dicerorhinus hemitoecus*). Vsekakor je šlo za zelo šibke kronološke oporne točke, dvomljivo paleoklimatsko razlago in slabo utemeljeno korelacijo s Soergelovo kronologijo.

M. Brodar (1967, 239) se je tako kot S. Brodar (1958, 329) nagibal tudi k regionalizaciji kronologij zaradi neenotnih klimatskih sprememb oz. po njegovem neenotnega razvoja ledene dobe. Menil je, da so lokalni vplivi na klimo lahko močnejši od globalnih klimatskih sprememb (M. Brodar 1999, 13, 24, 40, 45). Pri tem je treba poudariti, da so klimatske spremembe globalne, ne pa regionalne ali lokalne, in da so regionalne klimatske razmere tudi odsev globalne klime. Regionalno se lahko začasno spremeni samo mikroklima (mezoklima), recimo zaradi vulkanske aktivnosti. Vendar so te spremembe tako majhne (npr. padec temperature za 0,5 °C) in kratkotrajne, da so geološko težko zaznavne ali celo nezaznavne.

Iz ideje neenotnega razvoja ledene dobe in prepričanja o pomenu Potočke zijalke in Mokriške jame za členitev zadnjega glaciala (S. Brodar 1967, 227; M. Brodar 1967, 238; S. Brodar, M. Brodar 1983, 99), se je porodil tudi predlog za t. i. interstadial Potočke zijalke (M. Brodar 1971), ki je bil, žal, vnaprej obsojen na neuspeh, ker najdišče nima dovolj elementov, potrebnih za stratotip novega interstadiala. Teh nima tudi po objavi novih izkopavanj v letih 1997-2000, ki so povzročila dvom o normalni odložitvi večinskega dela sedimentov (Pacher, Pohar, Rabeder 2004).

Če je Potočka zijalka odigrala v času odkritja pomembno vlogo pri reševanju klimatokronoloških vprašanj zadnjega interglacialno-glacialnega ciklusa, te vloge danes zagotovo nima več. Pomembna je samo še kot paleolitsko najdišče z izjemno zbirko koščenih konic in kot najdišče jamskega medveda. Podobno velja za Mokriško jamo, ki pa se po številu najdb ne more primerjati s Potočko zijalko.

Čeprav se je M. Brodar veliko ukvarjal s t. i. virmom I/II, ni nikoli sprejel izjemno naprednih pogledov H. Grossa (1964), ki je že pred 40 leti dojel in podal glavne značilnosti virmskega glaciala in njegovega srednjega dela. Pač pa se je nagibal k naprednim Grossovim idejam F. Osole.

2.3 Metodologija in kronologija Ivana Rakovca

V navezi s S. Brodarjem in M. Brodarjem je dolgo deloval I. Rakovec, ki je sistematično obdeloval in objavljaj najdbe favne z njunih izkopavanj. Kot paleontolog je imel vse možnosti za biostratigrafsko preučevanje paleolitskih najdišč in postavitev neodvisne kronologije, vendar se je pri slednjem v glavnem ravnal po ugotovitvah svojih "delodajalcev", zaradi česar je včasih prihajalo do krožnega argumentiranja med sodelujočimi raziskovalci (prim. Rakovec 1958, 412).

Rakovec (1963, 257) je utrdil domnevo, da jamski medved v Sloveniji ni preživel poznega glacialnega vrhunca oz. virma III. Domneva je bila splošno sprejeta in pogosto uporabljena v kronološke namene (Osole 1967, 244; 1980, 18), vendar se je pozneje izkazala za netočno (Pohar 1997, 153). Podobno je bilo mnenje, da je bil jamski medved najpogostejši v zadnjem interglacialu in v virmu I ter I/II (Rakovec, 1967, 296; Osole 1980, 18). Profil v Divjih babah I kaže, da to ne drži, saj je medved tukaj pogostnejši pred kronološkim ekvivalentom virma I/II, v samem virmu I/II pa je že zelo redek, kakor tudi v virmu I (Turk 2003, sl. 3, 5-6). Vse kaže, da tudi v interglacialu ni bil prav pogost.

Rakovec (1958 1959) je gradil kronologijo na najdiščih, kot sta bila Črni Kal in Betalov spodmol, ter na zaporedju t. i. toplo- in mrzloljubne favne. Njegova metoda je bila predvsem biostratigrafska.

Rakovčeva kronologija najdišča Črni Kal je preveč hipotetična in ponuja preveč možnosti za časovno opredelitev posameznih plasti z najdbami, da bi takšno najdišče skupaj z Betalovim spodmolom upravičeno predstavljalo stratotip (Osole 1964-1965, 13).

Rakovec (1956, 1975) je uporabljal isto kronološko shemo kot vsi drugi. Ker se je pri umeščanju najdb vanjo ravnal po kronoloških sklepih S. Brodarja, je včasih prišlo do nenavadnih neskladnosti. Tako imamo npr. v istem toplem obdobju v Potočki zijalki poljskega zajca, v Parski golobini pa planinskega (Rakovec 1967, 295).

Takšne klimatokronološke zagate, predvsem pa vprašanje t. i. mešane favne, sestavljene iz toplin in mrzloljubnih živali, je Rakovec (1960 1975, 244) poskušal razložiti s tezo o sezonskih selitvah predstavnikov pleistocenske favne.

Poglavitni prispevek Rakovca (1975) h kronologiji mlajšega pleistocena je njegov pregled kvartarne favne Slovenije, v katerem je podal njen razvoj, ki ga lahko hkrati razumemo kot kronologijo. Ta kronologija je uporabna oz. neuporabna kot vse druge tu obravnavane starejše kronologije. Metoda je bila preprosta in je temeljila na ločevanju vrst po biotopih (gozd, stepa, visokogorje). Kronoklimatski sklepi so bili narejeni na podlagi stratigrafije in ugotovljenih biotopov. Kronološko razvrščanje najdišč je bilo pri takšni metodologiji skrajno nezanesljivo.

2.4 Metodologija in kronologija Franca Osoleta

F. Osole (1986) se je v vseh metodoloških in kronoloških vprašanjih načelno strinjal s S. Brodarjem

in M. Brodarjem, vendar je gojil tudi svoj pogled na reševanje strokovnih vprašanj. Pri (klimato-) kronoloških opredelitvah najdišč se je opiral predvsem na paleontološke (Osole 1965, 149; 1980, 18) in arheološke najdbe (Osole 1961, 490) ter diagenetske spremembe sedimentov (Osole 1961, 465 ss), manj pa rezultate granulometričnih analiz (Osole 1961, 455 ss), do katerih je bil od vseh uporabnikov najbolj kritičen, saj naj bi ti dajali samo orientacijske podatke o klimatskem značaju posameznih plasti. Opozoril je na diagenetske procese, ki lahko močno spremenijo prvotno sestavo plasti. S tem se je nehote približal vplivu časa in hitrosti sedimentiranja, kajti sam navaja, da je preperevanje jamskih gruščev odvisno predvsem od jakosti klimatskih dejavnikov in le v manjši meri od časa (Osole 1961, 490). Bil je prepričan, da predstavlja profil Betalovega spodmola popolno serijo srednje- in mlajšepleistocenskih sedimentov (Osole 1964-1965, 13), kar lahko dokazuje, da se ni zavedal pomena sedimentnih vrzeli na preobrazbo sedimentov.

Na podlagi vsebnosti gruščica in ilovice v jamah na različni nadmorski višini in oddaljenosti od morja je sklepal na določen klimatski gradient med najdišči. Pri grušču ga je zanimal izključno ostrorobi (krioklastični) grušč, ki ga je povezoval z delovanjem zmrzali v mrzli klimi. Pri tem se ni oziral na primerjalne standarde, ki bi jih lahko našel v sedimentih holocenske starosti, kjer so ostrorobi gruščici dokaj pogost pojav.

Kot smo že omenili, je nekatere ilovice in vse ilovnate primesi razlagal kot paraavtohtone in jih pravilno povezal s humidno klimo in v primeru fliša z delovanjem vetra (Osole 1965, 149). Vendar mislim, da paraavtohtonih ilovic ne smemo enostavno povezovati z zmerno klimo (prim. Osole 1965, 488) v času, ko so bile odložene. Lahko so tudi starejše in kot take posledica neke davne klime, ki ni časovno povezana z jamskimi sedimenti.

Verjetno pod vplivom S. Brodarja je več plasti združeval v komplekse, pri čemer je izhajal iz genetske sorodnosti plasti (Osole 1961, 447; 1976, 11). Ker je v Parski golobini holocenski kompleks ločil od pleistocenskih kompleksov, sklepam, da predstavljajo njegovi kompleksi predvsem kronološke enote. Zato je bil doslednejši od S. Brodarja.

Nagubane ilovnate plasti v Parski golobini sta S. Brodar (1960) in F. Osole (1961) razložila s krioturbarcijo, kar jima je bilo v oporo pri kronologiji. Pri tem je treba opozoriti, da mineral gline montmorilonit (montmorillonit) v vlažnem stanju nabrekne za 10-20 % (Tricart, Cailleux 1965, 67) - kar je več, kot se poveča volumen vode v zamrznjenem stanju (9-10 %) - zaradi česar lahko pride do gubanja, podobnega krioturbarciji. Po drugi

strani v zamrznjeni ilovici nastanejo značilne in zelo številne vodoravne in navpične razpoke, zapolnjene z ledom (Williams, Smith 1989, sl. 1.1), katerih ostanki niso bili ugotovljeni v nobeni krioturbarčno deformirani ilovnati plasti, ki so jo dokumentirali S. Brodar (1960), M. Brodar (1991) in F. Osole (1961). Nagubane ilovice mineraloško niso bile analizirane. Zato ne vemo, kakšna je njihova sestava. Vendar vemo, da montmorilonit nastaja v bazičnem okolju, predvsem ob prisotnosti Mg-ionov (Tricart, Cailleux 1965, 110; Čirić 1989, 44). Oba pogoja sta pogosto izpolnjena v sedimentih, ki nastanejo s preperevanjem apnenca in/ali dolomita.

V izrazito gruščnatih ali prodnatih plasteh ne more priti do krioturbarcije, ker so vodoprepustne in se led ne more tvoriti. Če so takšne plasti zgubane kot npr. v Mornovi zijalki (S. Brodar 1960; M. Brodar 1996, 11) in Betalovem spodmolu (S. Brodar 1960; Osole 1990 19, 36), je treba iskati vzrok za gubanje vse prej drugje kot v zamrzovanju in odmrzovanju sedimentov teh plasti. V paketu nagubanih plasti so praviloma gruščici nad ilovicami. Posebnost so nagubane plasti v zgornjem delu profila Parske golobine zaradi superpozicije ilovnatih plasti nad gruščnatimi (S. Brodar 1960, sl. 3).

F. Osole (1961, 488 ss; 1967, sl. 5) je poleg Soergelovih kronoloških faz virmskega glaciala uporabljal tudi delitev na kronocone: starejši virm, srednji in mlajši, ki jih je povzel po H. Grossu (1958). Ene in druge je enačil s plastmi oz. kompleksi, tako da je stratigrafski niz enostavno primerjal z zaporedjem kronocon, ne da bi se oziral na hitrost sedimentacije in možne vrzeli (Osole 1976, 18 s). To je bila tedaj splošna praksa. Vendar moram poudariti, da je bil za razliko od obeh Brodarjev pozoren tudi na konformnost in diskonformnost plasti oz. konkordanco in diskordanco, na podlagi katere se da sklepati o hitrosti sedimentiranja in eroziji (prim. Osole 1977, 29 s). Poleg tega je opravil pionirsko delo pri uvajanju radiometrije v kronološko določanje (Osole 1974), vendar je kot mnogi primerjal izsledke relativne kronologije neposredno z Milankovičevo krivuljo temperaturnih nihanj v pleistocenu. Zaradi takšnih neutemeljenih primerjav in kronoloških neskladij, ki so izhajala iz tega, je Milankovičeva teorija začasno izgubila verodostojnost in minilo je več desetletij, da so se stvari postavile na pravo mesto.

2.5 Metodologija in kronologija Vida Pohar

Vida Pohar je nadaljevala paleontološke raziskave mlajšepleistocenskih jamskih najdišč, ki jih je začel

Ivan Rakovec, čeprav se je sprva usmerila bolj v sedimentološke analize in se je ukvarjala predvsem z granulometrijo.

Prevzela je klimatski model za razlago sedimentov, ki sta ga uporabljala oba Brodarja in predvsem F. Osole. Menila je, da je mogoče s pomočjo ostan- kov favne zadovoljivo opredeliti nekdanjo klimo in okolje skladno s sedimentološkimi izsledki (Pohar 1997, 149 s). S pomočjo biostratigrafije in biome- trije je kronološko umestila več jamskih najdišč (Pohar 1976 1981, 261 s; 1985), sklicujoč se predvsem na kronološke opredelitve in izsledke drugih av- torjev. Pri tem je uporabljala bodisi Soergelovo kronološko shemo treh virmskih stadialov in dveh interstadialov bodisi H. Grossovo (1958, 181), ki je bila bližje današnji členitvi virma (Pohar 2003-2004, 111).

Njen pomembni prispevek je kronološka opre- delitev izumrtja jamskega medveda v Sloveniji. Po dolgo veljavnem prepričanju naj bi ta izumrl v vrhuncu glaciala, tj. virmu III. V. Pohar je doka- zala, da to ne drži, in pomaknila proces izumiran- ja do začetka holocena. Vendar to presega okvir izbrane tematike.

Vprašanje t. i. mešane favne, za katero je značilno "sočasno" pojavljanje toplo- in hladnoljubnih vrst, je podobno kot I. Rakovec razlagala s sezonskimi selitvami (Pohar 1985, 123). Druge motnje, pove- zane z nekdanjim okoljem, naj bi povzročili člo- vek in drugi plenilci, s tem da so izbirali plen (Pohar 1997, 150). O tem, kako so tafonomija, odnosi med vrstami in cikličnost favnističnih združb vplivali na kronološke sklepe, ni razpravljala.

Moje mnenje je, da ima kronologija, ki sloni izključno ali predvsem na biostratigrafskih podat- kih, majhno časovno ločljivost. Z njeno pomočjo lahko ločimo kvečjemu glacialno favno od inter- glacialne.

3. STRATOTIPI NOVE KRONOLOGIJE WÜRMA V SLOVENIJI

Kronologija mlajšepleistocenskih jamskih naj- dišč v Sloveniji, ki so jo utemeljili moji predhod- niki, je nastajala podobno kot vse druge paleolitske kronologije v Evropi (prim. Laville 1975; Laville *et al.* 1983, 1986; Miskovsky 1974; Pilar Fumanal Garcia 1986). Povezave med najdišči so bile na- rejene na podlagi podobnega domnevnega razvo- ja klime, živalstva, rastlinstva in proizvodov člo- veka. Njen najšibkejši člen je bila prav kronologi- ja v ožjem pomenu besede. Bila je namreč brez zanesljivih in neodvisnih kronoloških opornih točk. Pri tem je zanimivo, da se v dolgih letih obstoja

ni spremenila, čeprav so geološko kronološko shemo, po kateri se je zgledovala, zamenjale nove (prim. Turk, Verbič 1993).

Drugače je bilo s kronologijo Divjih bab I, ki se je razvijala in spreminjala skladno z razvojem terenske in laboratorijske analitske metodologije med 20 let trajajočimi raziskavami tega pomemb- nega najdišča (prim. Turk *et al.* 1989a, 1989b; Turk 1997; Turk, Bastiani 2000; Turk *et al.* 2001), manj skladno pa z razvojem drugih kronologij. Te mi je bilo vedno težje dovolj zanesljivo povezati s profi- lom Divjih bab I. Zato v uvodni razpravi za poso- dobitev kronologije mlajšega pleistocena v Slove- niji (Turk, Verbič 1993) tega nisem več poskušal. Glavna težava je bila v tem, da nisem imel meto- dologije, potrebne za takšno usklajevanje. Drugi avtorji v Evropi so to storili brez zadržka, kljub pomanjkanju ustrezne metodologije, tako da so staro kronološko shemo enostavno zamenjali z novejšo, medtem ko je vse drugo ostalo nespremenjeno (prim. Laville *et al.* 1986, tab. 1). Pri tem so se oprli predvsem na kronometrijo. Sam sem ubral drugačno pot: razvil sem osnovno metodologijo za usklajevanje različnih kronoloških sistemov na podlagi njihovega poenotenja. Pod poenotenjem sistemov razumem primerjanje enakega z enakim, npr. primerjanje parametrov oz. približkov, ki opredeljujejo paleotemperaturo, paleovlago oz. paleopadavine ipd. z enakimi približki v drugih profilih.

Problem t. i. plavajoče kronologije sem reševal s pomočjo radiometrije, tako da sem uporabil iz- sledke različnih tehnik radiometričnega datiranja najdb, kot so uporaba ^{14}C , uranove serije in elek- tronske spinske resonance - ESR (Nelson 1997; Ku 1997; Lau *et al.* 1997; Blackwell *et al.*, v tisku). Žal se sami sedimenti ne dajo neposredno datirati (npr. z optično stimulirano luminiscenco - OSL, v splošnih primerih ali termoluminiscenco - TL, v primeru ognjišč), ker za to niso primerni. S pomočjo kronometrije mi je uspelo vzporediti nihanja temperature in vlage, ki se neposredno odslikavajo v sedimentih, z različnimi zapisi glo- balnih klimatskih nihanj, izraženih s temperatur- nimi približki. Tako sem prvič primerjal neposredno temperaturo s temperaturo, s čimer sem zagotovil večjo avtentičnost in zanesljivost primerjave. V tem se moj pristop bistveno razlikuje od vseh dosedanjih pristopov doma in v tujini, s katerimi so se kro- nologije paleolitskih najdišč zgolj posredno, bolj ali manj kritično, primerjale z uveljavljenimi kro- nologijami različnega izvora. V zadnjem času predvsem na podlagi radiometričnih datumov (prim. npr. Paunović *et al.* 2001; Jöris, Weninger 2004; Gleir- scher, Pacher 2005).

Ker so z zaključkom izkopavanja leta 1999 prenehale tudi možnosti za nadaljnje razvijanje in testiranje raziskovalnih metod, tu prikazani kronološki rezultati nikakor ne predstavljajo končnega dosežka, na katerem bi lahko mlajšepleistocensko (paleolitsko) kronologijo Slovenije gradili v nedogled. O doseženem lahko tudi podvomimo, če najdemo za to prepričljive dokaze. Novim napakam in zmotam se ne da vedno izogniti, lahko pa se izognemo napaki svojih predhodnikov, ki so predolgo vztrajali pri eni in isti kronologiji in metodologiji, kateri se je zalomilo prav pri Divjih babah I (prim. M. Brodar 1999). Iz nadaljevanja bo razvidno, da negativna ekspertna ocena M. Brodarja (1999, 13, 40), ki se nanaša na kronološki potencial profila Divjih bab I, ni bila upravičena. Iz tega profila sem ob pomoči sodelavcev namreč pridobil veliko več kronoloških in paleoekoloških informacij kot moji predhodniki iz katerega koli prejšnjega jamskega profila v Sloveniji. Res pa je, da profila ne morem in nočem primerjati z drugimi jamskimi profili v Sloveniji na način, kot so to delali doslej (prav tam).

Pri reševanju kronološkega vprašanja, poveznega z Divjimi babami I, sem se trudil odpraviti vse teoretske in metodološke pomanjkljivosti, ki sem jih odkril pri svojih predhodnikih. V nasprotju z M. Brodarjem (1999, 13-14, 39-40) in običajno prakso sem ugotovil, da predstavljajo največji kronološki potencial sedimenti, ne pa paleolitske in druge najdbe (Turk 2003). Na podlagi sedimentov je namreč mogoče najneposredneje in povezano zasledovati oba najpomembnejša globalna klimatska parametra - temperaturo in vlago - v času in prostoru (prim. Farrand 1975). Poleg tega lahko sklepam tudi na hitrost sedimentiranja, ki se najneposredneje odslikava v izsledkih radiometričnih analiz.

Temperaturo je mogoče določati na podlagi avtohtonih zmrzinskih klastov, vlago pa na podlagi avtogenih agregatov in izjedkanih klastov ter kosti. Relativna hitrost sedimentiranja se da oceniti na podlagi odluščenih delov reliefno korodiranega jamskega svoda in ostankov preperevanja. Iz naštetega je razvidno, da gre za povsem nove, večinoma enostavne in učinkovite prijeme v primerjavi s splošno prakso pri nas in po svetu.

Na koncu še nekaj besed o morfoklimatskih conah, stratigrafiji in najdišču kot sistemu.

Od Brodarjevih časov do danes se je zvrstilo mnogo predlogov za klasifikacijo morfoklimatskih con, tj. predelov, kjer v določeni klimi potekajo določeni geomorfološki procesi (Tricart, Cailleux 1965, 153 ss). Ena od bolj utemeljenih je shema, ki sta jo izdelala Tricart in Cailleux (1965, 265 ss). Temelji na srednji letni temperaturi, srednjih letnih padavinah, srednjem številu vlažnih mese-

cev v letu, tj. mesecev z več kot 50 mm padavin, in na srednji temperaturi najtoplejšega meseca. Posebno mesto v tej shemi zavzemajo gorati predeli, kjer na morfoklimatsko conalnost vpliva (poleg drugega) predvsem višina. Slovenija spada z izjemo goratih predelov po tej klasifikaciji v zmerno vlažno morfoklimatsko cono, za katero je značilna zmerno vlažna klima. Glavne značilnosti zmerno vlažne morfoklimatske cone so (prim. Reading, Levell 1996, tabela 2.1):

1. majhno do veliko zmrzinsko preperevanje
2. majhno do zmerno mehansko preperevanje
3. zmerno kemijsko preperevanje
4. majhno delovanje vetra
5. srednja letna temperatura 18-30 °C (v Sloveniji 4-12 °C, kar je sicer značilno za suho celinsko morfoklimatsko zono)
6. srednja letna količina padavin 800-1700 mm (v Sloveniji 800-2800 mm)
7. sedimentna zrna velikosti peska, melja in gline.

V spremenjenih klimatskih razmerah v smislu približevanja klimatskemu minimumu bi lahko v Sloveniji pričakovali prehod v vlažnejše podnebje (prim. dalje in naslednje poglavje). Za suho kontinentalno morfoklimatsko cono, ki jo nekateri avtorji predvidevajo v pogojih stadialne klime v Sloveniji, so značilni majhno do zmerno zmrzinsko, mehansko in kemično preperevanje, zmerno delovanje vetra, nižja letna srednja temperatura in padavine kot v zmerno vlažni morfoklimatski coni in sedimentna zrna velikosti grušča, peska in melja. Za periglacialno morfoklimatsko cono so poleg stalno zamrznjenih tal (pergelisol ali permafrost) in tundrske vegetacije značilni močno zmrzinsko in mehansko preperevanje, majhno kemično preperevanje, zmerno do močno delovanje vetra, nižja letna srednja temperatura in padavine kot v suhi celinski morfoklimatski zoni in sedimentna zrna velikosti grušča, peska in gline. Glacialna morfoklimatska cona je vezana samo na predele z večnim snegom in ledom (visoka gorstva, Grenlandija, Arktika in Antarktika). Zato je bila glacialna klima v Sloveniji v ledeni dobi omejena samo na poledenele predele v Alpah in alpskih dolinah, povsod drugje pa je bila klima po temperaturi podobna kontinentalni, vendar vlažnejša in na zelo omejenih območjih periglacialna. Glacial v kronološkem smislu ne pomeni tudi glacialne in periglacialne morfoklimatske cone in ustrezne klime. Začenši s S. Brodarjem (1958, 314; 1960, 34) so se ti pojmi pogosto istovetili (Rakovec 1959, 332; Osolc 1967, 244; 1968, 197; 1979, 11; 1986, 7; Pohar 1997, 149), kar je imelo za posledico popačene predstave in razlage razmer v ledeni dobi na ozemlju Slovenije. Zavedati se moramo, da to ozemlje nikakor ni primerljivo s prostorom med

alpskim in celinskim ledom ali s predeli, ki so dejansko ležali neposredno ob velikih ledenikih. Da je bilo pri nas v glacialu nekoliko topleje in predvsem bolj vlažno, kot smo doslej domnevali, kažejo tako rezultati novejših sedimentoloških raziskav (prim. dalje) kot paleobotaničnih (Culiberg, Šercelj 1998, 250 s) in paleontoloških (Toškan 2003). Da je večino slovenskega ozemlja tudi v glacialu prekrival gozd, potrjuje med drugim popolna odsotnost divjih konj kot tipičnih predstavnikov stepe po vsej Sloveniji z izjemo Kraškega roba z okolico (Rakovec 1956, 67).

V zvezi s stratigrafijo ugotavljam naslednje:

Vsako določanje plasti je približno. Pri tem si pomagamo z znaki (npr. barvo) oz. značilnostmi sedimentov in njihove vsebine. Znaki imajo poleg opisne tudi analitsko vrednost. Z analitskega vidika je stvar enostavna pri enem znaku, manj enostavna pri dveh in zapletena pri več znakih. Vsak znak je namreč spremenljiv in po svoje označuje plasti v profilu. Ker se plasti praviloma določijo na terenu med njihovim odstranjevanjem in na podlagi izkušenj posameznika, je velika nevarnost, da bodo analitski sklepi, ki temeljijo zgolj na terenski dokumentaciji in izkušnjah posameznika, napačni, pa naj je dokumentacija še tako natančna in naj so izkušnje še tako bogate. Zakaj?

Vsako najdišče v celoti predstavlja samosvoj sistem, v katerem je vse (sedimenti in najdbe) med seboj povezano na nam neznan način. Kako, moramo ugotoviti. S tem ko najdišče razložimo, domnevno postavimo sistem. Tu se stvari zapletejo, kakor hitro delamo z več znaki, ki domnevno opredeljujejo sistem najdišča. Ugotavljanje pomena več znakov in njihovih medsebojnih povezav v smislu vzroka in posledice namreč ni mogoče zgolj na podlagi izkušenj, ampak predvsem s pomočjo multivariatnih statističnih tehnik, ki so bile razvite nalašč v ta namen. Sistema ni mogoče zanesljivo pojasniti na podlagi ene spremenljivke oz. znaka, tudi če je ta enoznačna oz. enoznačen. Vendar je tak znak nemalokrat ključ za razumevanje sistema.

Sistem najdišča Divje babe I je določen na eni strani s procesi preperevanja, na drugi pa z diagenetskimi procesi v širšem pomenu besede. Oba sklopa procesov sta v sistemu prepletena in opredeljena s klimo, hitrostjo sedimentiranja, lastnostmi matične kamnine, velikostjo jamskega vhoda, razsežnostjo jame in drugimi manj znanimi dejavniki.

S preperevanjem lahko povežem pojave, kot so zmrzlini klasti (kongelifrakti), izjedkani klasti in kosti, velikost klastov, kostni drobir, ter okside, kot so SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O , in redke zemlje.

Z diagenozo lahko povežem agregate, breče in nekatere okside in prvine, ki sestavljajo bioapatit (P_2O_5 , Na, Cd). Zelo pomembno je, da v bioapatitu ni bakra in da je ta lahko organska sestavina sedimenta, ki so jo prispevala razpadla mehka tkiva.

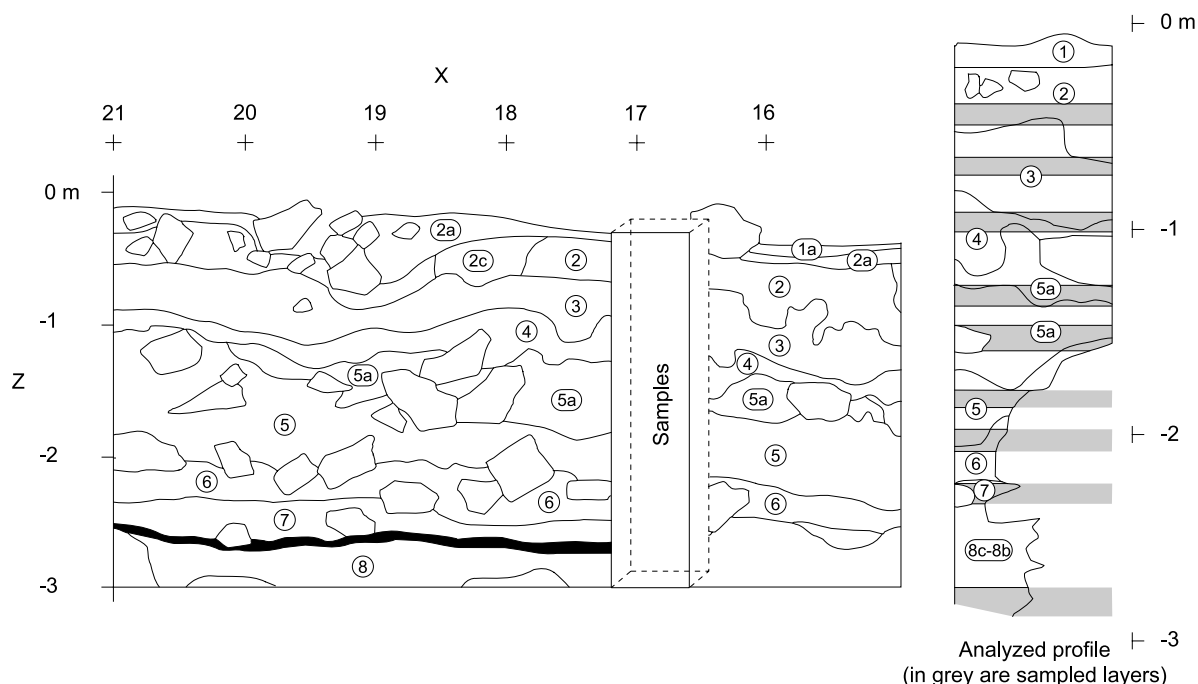
Proizvodi preperevanja so endogeni in eksogeni. Endogeni so vsi dolomitni, zmrzlini in izjedkani klasti in kosti, kostni drobci ter fosfat. Eksogeni pa so različne preperine, ki so jih je prinesli voda, veter in jamski medved. Slednji je lahko na kožuhu postopno vnesel v pore med klasti velike količine blata oz. prašnate frakcije z bližnje okolice najdišča.

Nekatere znake, ki domnevno opredeljujejo klimo oz. temperaturo in vlago ter množične fosilne ostanke sem že podrobno analiziral in preveril njihovo zanesljivost v smislu podatka kot takega (Turk 2003; Turk *et al.* 2005). Pri tem sem stratigrafijo najdišča, ki sem jo približno določil na terenu, ponovno opredelil in iz prvotnih 23 plasti sestavil tri nove, ki jih bom tokrat imenoval facije namesto plast². Facija A so prvotne plasti 2-6, facija B 7-12 in facija C 13-23. Facijo C sem na podlagi izsledkov geokemijskih analiz razdelil na subfaciji C-1 in C-2. Prvotne plasti, na katerih so teme-ljile predhodne objave (prim. tudi M. Brodar 1999), so tako izgubile interpretativen in kronostratigrafski pomen. Zamenjale so jih interpretativno in kronostratigrafsko pomembnejše facije in subfacije, ki tudi bolje ustrezajo definiciji plasti (prim. Turk 2003; Dimitrijević, Dimitrijević 1989). Analitsko neproduktivne so postale vse številne risbe profilov in njihovi opisi, ki smo jim do nedavna posvečali veliko pozornosti. Značilen primer prejšnjega, po mojem mnenju "neproduktivnega" ravnjanja sta Potočka zijalka (S. Brodar, M. Brodar 1983) in Betalov spodmol (Osole 1990), za katera razpolagamo samo z natančnimi opisi mnogih zaporednih profilov, ki raziskovalcu ponudijo, žal, omejene analitske in interpretativne možnosti. Te so bile v celoti izčrpane z objavo najdišč, medtem ko lahko stratigrafijo Divjih bab I poljubno modeliramo, analiziramo in interpretiramo na podlagi podatkov, vezanih na različne kombinacije stratigrafskih nivojev. O tem več v nadaljevanju.

3.1 Metoda, gradivo in kronometrija

V Divjih babah I smo v letih 1980-1986 raziskovali z enako terensko tehniko kot v vseh paleolitskih

² Izraz facies je utemeljen, ker se lastnosti sedimentov za profilom $x = 21$ m spremenijo. Ti bočno spremenjeni sedimenti niso bili predmet analize, ker so zaenkrat arheološko sterilni.



Sl. 1: Profil $y = 2$ m z označenim vzorčenim delom. Risba I. Turk
 Fig. 1: Profile $y = 2$ m with sampled part labelled. Sketch by I. Turk.

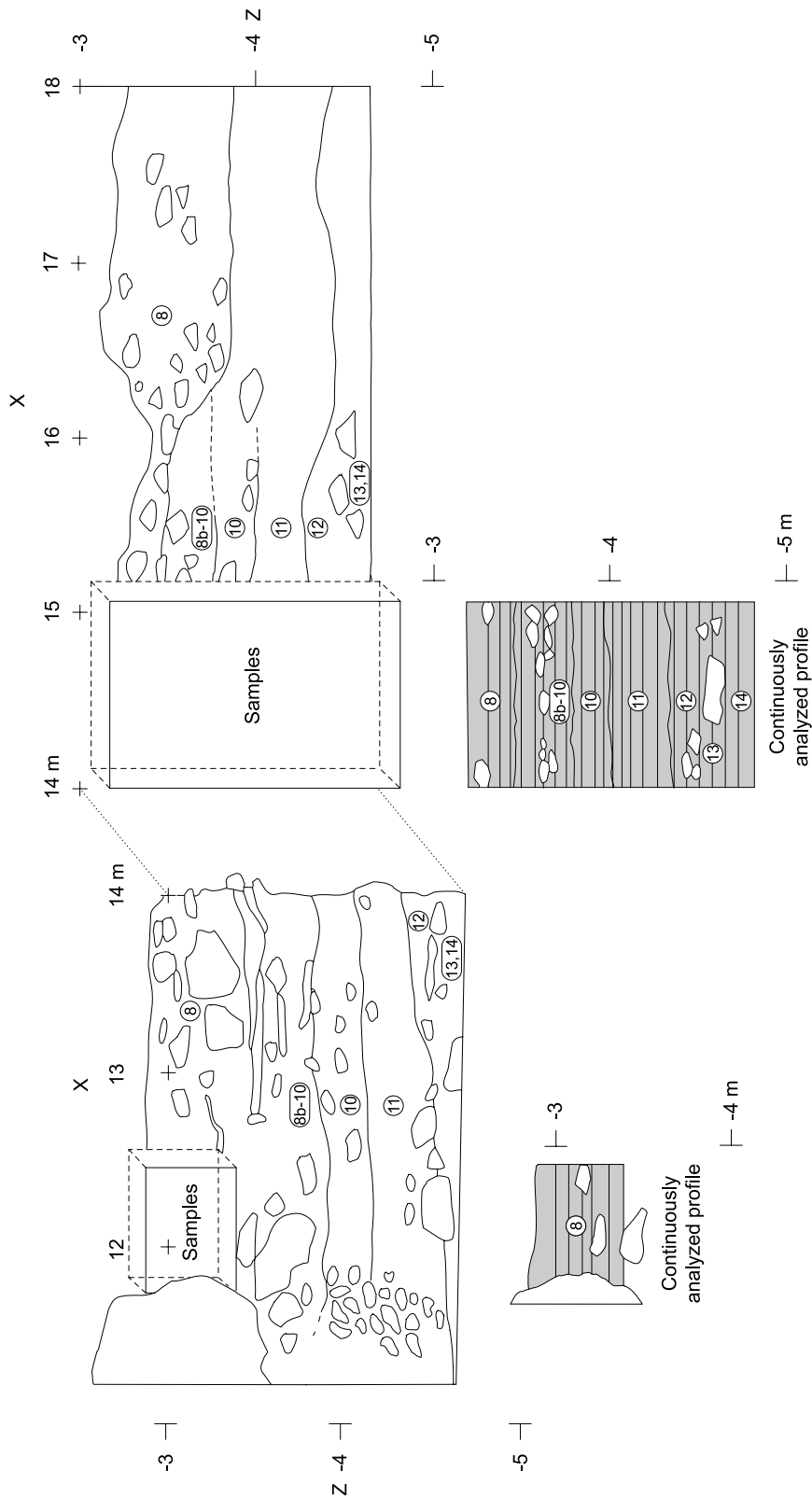
najdiščih po letu 1946. Za naše razmere novo terensko tehniko in nov metodološki pristop sem uporabil v letih 1990-1999 (prim. Turk 2003). Večina izsledkov, podanih v tem prikazu, je povezanih z "novim" pristopom, ki za razliko od starega ni imel težišča v preučevanju sedimentov in njihove vsebine predvsem po profilih, temveč v celotnem raziskovanem prostoru, omejenem s profili. Na ta način je prišla do veljave bočna variabilnost sedimentov, ki je bila odkrita že s prejšnjo metodo, vendar premalo upoštevana pri interpretaciji najdišč. Nov pristop pri zbiranju in analiziranju podatkov je omogočil tudi pravilnejše morfo- in kronoklimatsko ovrednotenje nekaterih pogostih diagenetskih procesov, ki so veljali za ključne paleoklimatske kazalce. Da je takšen pristop zaželen in idealen, je bilo ugotovljeno že leta 1972 (Farrand 1975, 5), vendar se v paleolitski praksi, kot mi je znano, ni nikjer dosledno izvajal.

Po prelomnem letu 1990 sem pri zbiranju in analizi terenskega gradiva stalno nadziral kakovost in zanesljivost izsledkov in se trudil, da bi bili ti čim bolj verodostojni (Turk 2003). To ni bilo enostavno, saj sem moral v nadzor vložiti veliko več truda in si vzeti bistveno več časa kot za analizo na terenu pridobljenih podatkov. Če nadzor ni predviden v delovnem načrtu izkopavanja, ga pozneje ni mogoče izvajati. To se mi je zgodilo z zmrzlinjskimi klasti, reliefno korodiranimi bloki, povprečno velikostjo klastov in masnimi deleži frakcij,

pri katerih poznam samo vertikalno oz. kronološko porazdelitev v dveh sočasnih profilih, ne pa bočne oz. prostorske variabilnosti pojavov, s katero lahko ocenim zanesljivost izsledkov (prim. Turk 2003).

Celotno metodologijo sem v drugi fazi izkopavanja v letih 1989-1999 prilagodil zahtevam statistike, ki izbira med natančnostjo in zanesljivostjo rezultatov. Poleg opisne statistike sem uporabil tudi nekatere multivariatne statistične tehnike programskega paketa StatSoft STATISTICA 06. Statistična obdelava podatkov je bila povezana z določenimi težavami. Parametrične statistične tehnike namreč zahtevajo, da so podatki normalno porazdeljeni. Moteč element so močno odstopajoče vrednosti. Normalno porazdelitev sem testiral s Shapirovim in Wilkovim W-testom in ugotovil, da veliko ključnih podatkov kljub transformacijam ne izpolnjuje pogojev za uporabo parametričnih statistik. To so npr. agregati v frakciji 0,5-3 mm, reliefno izjedkani klasti, večina masnih deležev frakcij in povprečnih prostornin klastov ter nekateri ključni geokemijski podatki kot npr. P_2O_5 . Druga težava je povezana z majhnim številom stratigrafskih enot. Multivariatna statistika namreč zahteva čim večje število vrstičnih podatkov, ki jih v našem primeru predstavljajo stratigrafsko-kronološke enote.

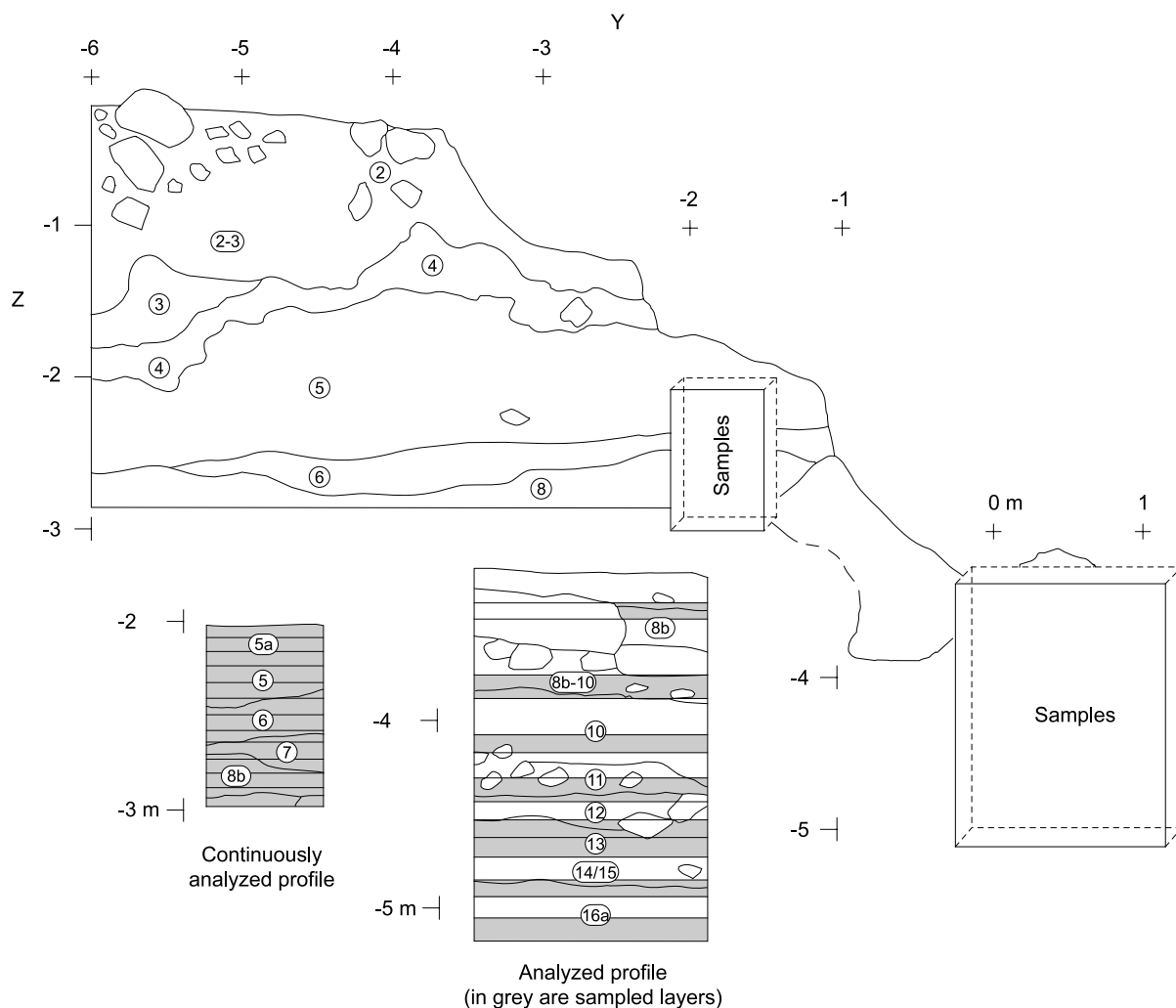
Vzorčevanje ali zbiranje podatkov je potekalo na dva načina.



Sl. 2: Profila $y = -1$ m in $y = -2$ m z označenima vzorčenima deloma. Risba I. Turk.
 Fig. 2: Profile $y = -1$ m and $y = -2$ m with sampled parts labelled. Sketch by I. Turk.

Prvi način je bil konvencionalen. Z njim sem podatke zbral po posameznih profilih na koncu

izkopavanj. Vzorci, vzeti iz profilov, so bili povezani in nepovezani. Velikost vzorcev je bila tolik-



Sl. 3: Profil $x = 11$ m z označenima vzorčenima deloma. Risba I. Turk.

Fig. 3: Profile $x = 11$ m with sampled parts labelled. Sketch by I. Turk.

šna, da je bila standardna napaka čim manjša, po možnosti pod 5 %. Vse vzorce sem lahko neposredno vzporedil s plastmi v profilu. Profile sem sestavil v profil, ki zajema vse odkopane plasti. To je t. i. sestavljeni ali kompozitni profil.

Profile, ki sestavljajo kompozitni profil, prikazujejo slike 1-4, kje se nahajajo profili, pa je prikazano na sliki 5. Pri tem moram povedati, da so vsi profili razen profila $x = 10$ m oz. 11 m še vedno dostopni, tako da jih je mogoče ponovno vzorčiti in narediti revizijo vsega prikazanega v tem prispevku. Na drugih najdiščih, ki so ključna za doslej veljavno kronološko shemo trodelne virmske poledenitve oz. dvodelne po M. Brodarju, žal to ni mogoče brez novih izkopavanj.

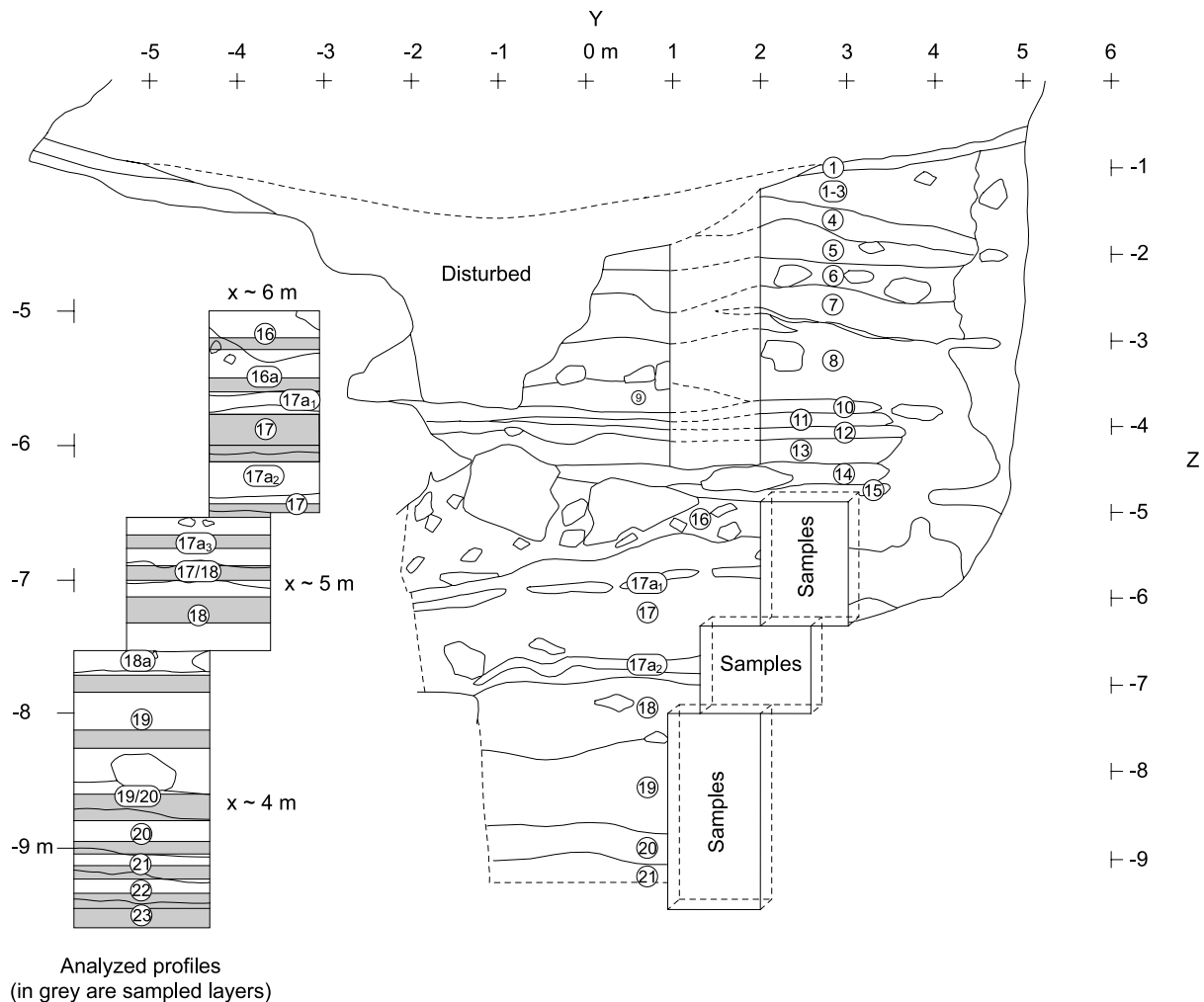
Z vzorčevanjem profilov sem zbral veliko različnih sedimentoloških podatkov (parametrov), ki

se nanašajo na zrnavost, morfologijo klastov, diagenozo in vsebino sedimentov. Vse tiste podatke, ki so logaritmirani (\log_{10}) normalno porazdeljeni v stratigrafskih enotah sestavljenega profila, sem preučil s pomočjo analize variance (ANOVA), diskriminantne funkcijske analize (DFA) in analize glavnih komponent z možnostjo klasifikacije (PCCA), in sicer z namenom potrditi ali ovreči pred nedavnim predlagano paleoklimatsko razlago profila in ločevanje plasti na tri facije (prim. Turk *et al.* 2001; Turk 2003). Ker ANOVA in DFA dajeta primerljive rezultate, sem prikazal samo rezultate slednje.

Analizirani podatki so (tab. 1):

1. masni delež blokov (frakcije, večje od 65 mm) in zmesi peska ter melja³ (frakcije, manjše od 0,5 mm) na enako prostorninsko enoto sedimenta

³ Odslej bom zmes peska in melja na kratko imenoval melj.



Sl. 4: Profil $x = 3$ m z označenimi vzorčnimi deli, ki se stopničasto spuščajo od vrha navzdol. Risba I. Turk.

Fig. 4: Profile $x = 3$ m with sampled parts labelled, which descend in stages from the top downwards. Sketch by I. Turk.

2. povprečna velikost blokov (frakcije, večje od 65 mm) in drobnega grušča (frakcije, manjše od 10 mm in večje od 3 mm)

3. odstotkovni delež števila talnih zmrzlinjskih klastov (kongelifraktov) v frakciji, manjši od 40 mm in večji od 10 mm

4. delež agregatov v frakciji, manjši od 0,5 mm, izražen z gostoto (gcm^{-3}) oz. $1 - \log_{10}$ gostote

5. masa kostnih drobcev, manjših od 3 mm in večjih od 0,5 mm, ter

kostnih fragmentov, večjih od 3 mm na enako prostorninsko enoto sedimenta.

Klasti, večji od 65 mm (bloki), so domnevno značilni za primarno preperevanje jamskega svoda. Povprečno večji bloki pomenijo manjše preperevanje v tleh in hitrejšo avtohtono sedimentacijo (Turk *et al.* 2002; Turk *et al.* 2005).

Povprečno manjši klasti v frakciji 10-3 mm in večji masni delež frakcije, manjše od 0,5 mm,

domnevno pomenita večje preperevanje v tleh in počasnejšo avtohtono sedimentacijo.

Zmrzlinjski klasti domnevno opredeljujejo paleotemperaturo, agregati v frakciji, večji od 0,5 mm in manjši od 3 mm ter drugih frakcijah, pa paleovlago oz. paleopadavine (Turk *et al.* 2001).

Kostni drobci, veliki 0,5-3 mm, se domnevno navezujejo na preperevanje in hitrost sedimentacije. Kostni fragmenti, večji od 3 mm, domnevno kažejo na potencialne biogene procese v sedimentih in na odzivanje populacij jamskega medveda na domnevne klimatske spremembe, ugotovljene v profilu najdišča.

Posamezne vrednosti vseh naštetih parametrov so podane v tab. 1 skupaj z litostratigrafsko, kronološko, paleoklimatko, diagenetsko in biostratigrafsko členitvijo profila (stolpci 2-8). Pri tem je treba poudariti dvoje. Prvič, da vrednosti posameznih parametrov niso povezane zaradi učinka skupne vsote. Drugič,

Tab. 1: Statistično obravnavani nezvezni sedimentološki podatki, ki so log₁₀ normalno porazdeljeni v stratigrafskem nizu sestavljenega profila. (V krepkem tisku so ekstremne vrednosti.)

Table 1: Statistically treated discontinuous sedimentary data that are log₁₀ normally distributed in a stratigraphic series of the composite profile. (In bold are multivariate outlayers.)

t = toplo / temperate, c = mrzlo / cold

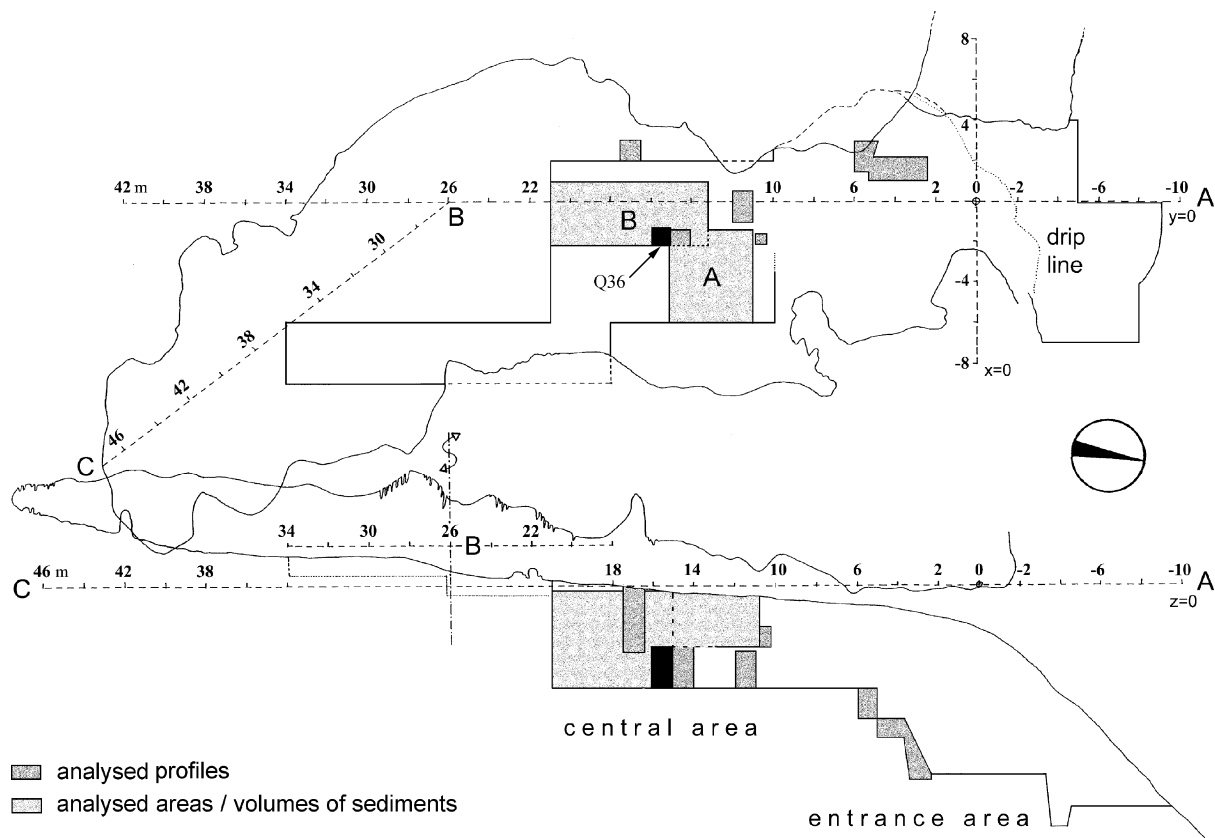
a = suho / "arid", h = vlažno / humid

y = da / yes, n = ne / no

s = redko / sporadic, a = pogosto / abundant

o = oksidirano / oxydized, r = reducirano / reduced

Layer (composite profile)	Facies	OIS (MIS)	Temperature upon conglifraacts	Humidity upon aggregates	Redox	Cementation (breccia)	Remains of <i>Ursus spelaeus</i>	Blocks >65 mm (kg/vol.)	Silt <0.5 mm (kg/vol.)	Average volume of blocks >65mm (cm ³)	Average volume of gravel <10>3 mm (cm ³)	Congelifraacts <40>10 mm (%)	Density <0.5 mm (g/vol.)	Bones <3>0.5 mm (g/vol.)	Bone fragments >3 mm (g/vol.)	P ₂ O ₅ in sedimentary fraction < 3 mm (%)
2	A	3	t	a	o	y	s	3,8	11,6	90	0,10	16,6	1,08	36,0	66	11,9
3	A	3	t	a	o	n	s	3,7	11,4	74	0,11	13,5	1,12	29,1	65	18,7
4	A	3	c	a	r	n	s	4,2	10,5	85	0,08	24,5	1,15	17,6	49	13,2
5a upper	A	3	c	h	o	n	s	4,0	11,8	78	0,08	37,2	1,08	9,8	90	17,8
5a lower	A	3	t	h	o	n	s	4,0	9,5	53	0,08	17,2	1,06	11,3	20	21,8
5	A	3	t	a	o	n	s	2,2	10,1	50	0,11	14,4	1,11	19,7	110	17,0
6	A	3	c	a	r	n	s	8,3	4,6	97	0,10	27,1	1,19	11,5	127	32,8
7	B	3	t	h	o	n	a	2,8	6,1	82	0,10	6,6	1,08	46,3	536	33,2
8c	B	3	c	h	o	n	a	18,7	3,0	244	0,09	26,8	1,04	24,9	269	34,9
8b upper	B	3	t	h	o	n	a	5,0	8,8	67	0,09	18,5	0,95	24,4	308	30,6
8b middle	B	3	t	h	o	n	a	13,9	5,9	183	0,08	13,8	1,00	27,4	346	30,4
8b lower	B	3	c	h	o	n	a	8,2	7,0	96	0,09	22,6	1,00	5,4	208	29,1
8b-10	B	3	c	h	o	n	a	4,4	7,1	105	0,08	27,7	0,85	20,9	255	35,4
10-11	B	3	t	h	r	y	a	14,3	2,9	119	0,11	18,0	0,91	27,6	347	29,0
11-12	B	3	t	h	o	n	a	11,7	7,3	87	0,10	17,2	0,99	88,9	522	30,7
?12-13	C-1	5	t	a	r	n	a	6,8	4,7	90	0,10	6,9	0,95	46,5	395	26,4
13-14	C-1	5	t	a	r	n	s	7,0	6,5	117	0,10	8,2	1,00	16,5	43	16,7
14-15	C-1	5	t	a	o	n	s	14,4	2,1	142	0,12	12,9	1,00	3,6	8	14,3
16a upper	C-1	5	t	a	o	y	s	3,7	10,1	59	0,12	12,1	1,02	19,1	38	8,4
16a lower	C-1	5	t	a	o	y	s	6,7	3,5	65	0,09	9,3	1,02	4,2	53	14,8
17a1	C-1	5	t	a	r	n	s	5,3	5,2	66	0,12	13,8	1,02	6,4	32	9,3
17	C-1	5	t	a	o	n	s	6,1	5,3	67	0,11	14,7	1,08	10,1	45	6,7
17a2 upper	C-1	5	t	a	r	n	s	2,1	7,3	79	0,08	11,3	1,12	18,9	71	5,3
17a2 lower	C-1	5	t	a	r	n	s	1,6	7,0	52	0,07	6,6	1,10	18,1	51	6,1
17a3	C-1	5	t	a	r	n	s	1,3	9,5	53	0,11	5,5	1,13	18,2	74	7,3
17/18	C-2	5	t	a	?	n	s	4,9	5,0	88	0,08	14,0	1,21	8,7	27	4,5
18 upper	C-2	5	t	a	o	n	s	3,1	6,6	61	0,08	6,3	1,20	11,7	49	6,5
18 lower	C-2	5	t	a	o	n	s	1,0	8,4	47	0,11	6,5	1,13	9,0	105	8,2
18a	C-2	5	t	a	o	y	s	2,0	6,6	50	0,10	10,2	1,17	4,3	26	11,0
19	C-2	5	t	a	o	y	s	8,9	3,8	132	0,13	7,3	1,16	3,5	154	12,2
19/20	C-2	5	t	a	o	n	s	6,6	3,6	73	0,13	12,9	1,15	10,6	82	12,7
20	C-2	5	t	a	o	y	s	3,1	4,9	97	0,14	3,3	1,10	12,8	58	19,9
21	C-2	5	t	a	o	n	s	3,3	7,4	74	0,12	7,2	1,15	13,0	55	11,1
22	C-2	5	t	a	r	y	s	3,8	5,0	108	0,11	9,0	1,09	9,9	66	12,8
23	C-2	5	t	a	r	y	s	2,9	6,0	54	0,12	8,4	1,09	16,1	80	12,7
MEDIAN								4,2	6,6	79	0,10	12,9	1,08	16,1	71	14,3
25th %								3,1	4,9	61	0,08	7,3	1,00	9,8	49	9,3
75th %								7,0	8,8	97	0,11	17,2	1,13	24,4	208	29,0



Sl. 5: Tloris (zgoraj) in profil jame z lociranimi profili sestavljenega profila in stratigrafskega stolpca kvadrata 36. Risba D. Josipovič. Vnos podatkov I. Turk.

Fig 5: Groundplan (above) and cross section of the cave with separated profiles of the composite profile and stratigraphic column of quadrat 36. Sketch by D. Josipovič. Data entered by I. Turk.

da sem profil razčlenil v facije A-C izključno na podlagi analize zmrzlinških klastov v profilu in analize kostnih fragmentov v profilu in bočni smeri (prim. Turk 2003). Subfaciji C-1-2 sem opredelil na podlagi geokemijske analize vzorcev sedimentov v profilu. Oznake plasti so nastale na terenu in so za stratigrafsko analizo drugotnega pomena.

Kronološka členitev (tab. 1: stolpec 3) temelji na radiometričnih podatkih (sl. 6), kongelifraktih v frakciji 10-40 mm in agregatih v frakciji 0,5-3 mm (sl. 10). Pomembna je kronološka meja med OIS (MIS) 4 in 5⁴, ki se ujema z delitvijo profila na podlagi kongelifraktov in agregatov v toplosuh in hladnovlažen del in z radiometrično opredeljenim prehodom iz enega dela v drugi (Turk *et al.* 2001; Blackwell *et al.*, v tisku). Pri tem je treba opozoriti, da veliko sedimentov MIS 4 in pripadajočih najdb manjka zaradi sedimentacijske vrzeli. Podobno ni sedimentov MIS 2 in pripadajočih najdb. Večja sedimentacijska vrzel je do-mnevno tudi v

MIS 5, in sicer približno med 102 ka in 85 ka (sl. 6).

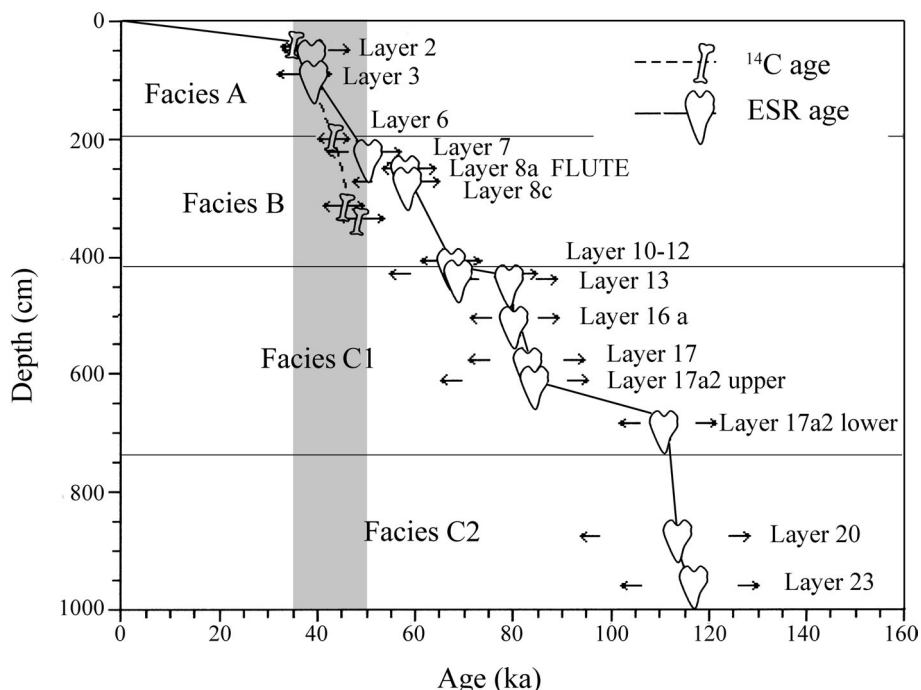
Faciji A-C (tab. 1: stolpec 2) sta bili osnovani na agregatih v frakciji 0,5-3 mm in kostnih fragmentih (Turk 2003), subfaciji C-1-C-2 pa na agregatih in kongelifraktih, vendar šele potem, ko sem subfacije opredelil na podlagi rezultatov geokemijske analize.

Paleotemperaturna nihanja (tab. 1: stolpec 4) so bila osnovana na kongelifraktih v frakciji 10-40 mm, nihanja paleovlage (tab. 1: stolpec 5) pa na agregatih v frakciji 0,5-3 mm. Oboje skupaj opredeljuje paleoklimo.

Redoks potencial (tab. 1: stolpec 6) je bil osnovan na barvi sedimentov, ki je bila glavni kriterij za arbitrarno določitev plasti. Sivo obarvane plasti sem opredelil kot reducirane, rumeno, rjavo in rdeče obarvane pa kot oksidirane.

Cementiranje (tab. 1: stolpec 7) je bilo osnovano na prisotnosti/odsotnosti breč oz. stalagmitov (prim. tudi Turk, Bastiani 2000).

⁴ Za "Marine" in "Oxygen Isotope Stage" (MIS, OIS) bom uporabljal odslej samo kratico MIS, čeprav je zelo razširjena okrajšava Stage (stopnja), ker se mi zdi nepotrebno in neumestno spreminjati prvotno terminologijo (toda glej van Andel, Davies 2003).



Sl. 6: Diagram sestavljenega profila z izbranimi datacijami AMS ^{14}C (Nelson 1997) in ESR (Blackwell *et al.*, v tisku). Stopnice predstavljajo kronološke in sedimentacijske hiatuse, ki se v grobem ujemajo z mejami med facijama A-C-2. V sivem navpičnem pasu so vse AMS ^{14}C -datacije za plasti 2-20. Datacije AMS ^{14}C so bile narejene na aminokislinah v kosteh jamskega medveda, ESR pa na sklenini zob. Prevzeto po Blackwell *et al.*, v tisku in Turk *et al.*, v tisku.

Fig. 6: Diagram of the composite profile with selected AMS ^{14}C (Nelson 1997) and ESR (Blackwell *et al.*, in print) dates. The steps represent chronological and sedimentary hiatuses, which roughly correspond to the boundaries between facies A-C-2. In the grey vertical belt are all the AMS ^{14}C dates for layers 2-20. AMS ^{14}C was done on aminoacids in cave bear bones, and ESR on tooth enamel. Taken from Blackwell *et al.*, in print and Turk *et al.*, in print.

Ostanki jamskega medveda (*tab. 1*: stolpec 8) so podlaga za biostratigrafijo in za preučevanje odnosa medved-klima.

Drugi način zbiranja sedimentoloških podatkov je bil nekonvencionalen⁵. Z njim sem podatke zbiral po stolpcih v posameznih kvadratih, velikih 1x1 m. Vzorčenje, ki je zajelo 83 stolpcev, je potekalo sproti med izkopavanji in je trajalo 10 let. Posamezen vzorec predstavljajo kostni ostanki, paleolitske najdbe in frakcije sedimenta iz bloka zemljin z merami 1x1x0,12 m. Vsak stolpec je bil razdeljen na 36 takšnih blokov, ki si zvezno sledijo po umetnih režnjih, s katerimi smo odstranjevali sediment. Režnje sem pozneje poistovetil s sedimentacijskimi nivoji, ki upoštevajo vpad plasti (Turk 2003). Režnje oz. sedimentacijske nivoje je mogoče po zaključenih izkopavanjih posredno natančno in zanesljivo vzporejati s plastmi v profilu, in sicer vsak stolpec posebej, če je potrebno. Postopek, ki to omogoča in ga bom prikazal v nadaljevanju razprave, je seveda povezan z določenimi stroški, vendar so ti bistveno

manjši od stroškov radiometričnega koreliranja plasti, poleg tega pa je tudi zaneslivejši od radiometričnega. Prepričan sem, da bi ga lahko zelo uspešno uporabili pri vzporejanju plasti starih in novih izkopavanj v Potočki zijalki in drugih paleolitskih najdiščih, ki bodo predmet bodočih revizij.

Nekonvencionalno zbrani sedimentološki podatki so bili analizirani in interpretirani po sedimentacijskih nivojih (Turk 2003). V stolpcu kvadrata 36 (za lokacijo prim. *sl. 5*) sem agregatom v frakciji, večji od 0,5 mm in manjši od 3 mm, ter kostnim fragmentom, večjim od 10 mm, dodal geokemijske podatke (*tab. 2*) in vse skupaj analiziral s pomočjo diskriminantne funkcijske analize (DFA) in analize glavnih komponent z možnostjo klasifikacije (PCCA).

Vsi podatki z vseh lokacij, ki so bili analizirani s statistično metodo, predstavljajo dva sklopa: fizikalni in kemijski.

V fizikalnem sklopu so zajete teksturne in predvsem morfološke značilnosti sedimentov, kot so zmrz-

⁵ Na ta način sem zbral 3.790 stratificiranih vzorcev sedimentov za geokemijske in mineraloške analize, ki so shranjeni v depozu Narodnega muzeja Slovenije in so na voljo zainteresiranim raziskovalcem.

Tab. 2: Statistično-stratigrafsko zvezno obravnavane vrednosti slednih prvin in glavnih oksidov v sedimentni frakciji, manjši od 5 mm, ki so log₁₀ normalno porazdeljene v sedimentacijskih nivojih stolpca sedimentov v kvadratu 36. Izjema so Cu, Al₂O₃, Na₂O in P₂O₅.

Vse vrednosti prvin in oksidov, ki imajo navedeno srednjo vrednost in standardno odstopanje, so normalno porazdeljene tudi brez transformacije.

Depth (m)	Facies	"Cu" (ppm)	"Pb" (ppm)	"Ni" (ppm)	"Cd" (ppm)	"Se" (ppm)	"Nb" (ppm)	"Th" (ppm)	"U" (ppm)	"Sr" (ppm)	"Ga" (ppm)	"Tm" (ppm)	"Rb" (ppm)	"Y" (ppm)	"La" (ppm)	"Ce" (ppm)
-0.42	A	13,7	7,3	4,3	1,4	0,7	1,4	1,5	0,7	77,1	1,5	0,11	11,1	11,4	6,9	10,4
-0.54	A	19,7	3,7	5,7	1,1	0,5	1,4	1,9	1,1	81,6	1,9	0,13	11,1	12,9	7,8	12,9
-0.67	A	22,9	3,9	5,3	1,3	0,8	1,3	1,9	1,3	76,9	1,9	0,11	9,8	12,1	7,0	11,2
-0.82	A	29,0	2,9	4,9	1,0	0,6	1,1	1,8	1,4	86,7	1,3	0,11	8,7	11,3	6,8	11,0
-0.94	A	27,7	3,2	3,6	1,1	0,7	1,1	1,3	1,8	83,3	1,7	0,10	9,4	11,8	6,6	10,6
-1.06	A	21,5	2,5	3,4	0,8	0,8	1,0	1,4	1,5	81,4	1,3	0,12	7,6	10,2	5,7	9,6
-1.17	A	19,5	2,6	2,5	0,8	0,7	0,8	1,7	1,7	79,5	1,2	0,09	6,3	10,4	5,6	8,7
-1.29	A	19,0	2,4	2,9	0,9	0,9	0,8	1,4	2,1	79,7	1,0	0,10	6,6	10,1	5,7	8,9
-1.41	A	21,5	2,4	3,5	0,9	0,5	0,7	1,4	2,0	78,6	0,9	0,10	5,5	10,1	5,6	8,7
-1.53	A	21,7	2,4	2,1	0,8	0,5	0,6	1,5	2,0	72,7	1,4	0,07	4,5	8,1	4,5	7,1
-1.65	A	23,9	2,4	1,9	0,8	0,8	0,9	1,5	2,2	78,6	1,1	0,08	6,1	9,7	5,1	8,4
-1.77	A	26,9	2,1	3,8	0,7	0,7	0,7	1,4	2,1	77,2	0,8	0,10	6,3	8,9	5,0	8,2
-1.89	A	24,3	3,1	2,5	0,6	0,5	1,0	1,7	1,6	70,1	1,4	0,10	8,4	9,7	6,0	10,0
-2.01	A	24,8	3,0	2,9	0,6	0,6	1,1	2,0	1,6	72,6	1,3	0,11	8,5	10,5	6,3	10,4
-2.13	A	37,1	3,2	1,9	1,0	0,7	1,0	2,0	1,8	74,9	1,6	0,10	8,0	10,8	6,0	9,9
-2.25	A	41,5	3,4	3,2	0,9	0,6	1,1	1,9	2,1	77,3	1,3	0,10	9,5	10,4	6,3	9,9
-2.37	A	62,2	3,9	4,2	1,6	0,8	1,5	2,1	3,1	95,6	2,0	0,12	11,1	11,4	7,3	12,2
-2.49	B	76,8	4,3	6,9	1,5	0,8	1,5	2,1	3,7	103,8	2,1	0,11	13,2	11,9	7,7	13,2
-2.61	B	82,0	4,3	7,5	1,0	1,0	1,7	1,7	3,1	109,2	2,3	0,12	13,0	12,3	8,3	14,4
-2.73	B	66,6	3,8	6,2	0,7	0,9	1,6	1,7	2,3	97,8	2,3	0,11	12,2	10,8	7,5	13,2
-2.85	B	83,6	3,8	4,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,2	95,1	2,1	0,09	11,3	9,9	6,9	11,6
-2.97	B	100,7	4,4	6,5	0,8	1,1	1,9	2,2	2,1	98,8	2,3	0,12	14,1	11,8	8,6	14,7
-3.09	B	91,4	4,1	5,8	0,9	1,0	1,8	2,2	2,8	107,3	2,6	0,14	14,4	12,3	8,9	15,7
-3.21	B	78,3	4,2	4,5	0,9	0,9	1,9	2,1	2,3	101,7	2,5	0,13	14,5	12,1	8,7	14,9
-3.33	B	56,6	3,9	2,9	0,9	1,4	1,4	1,5	2,0	104,2	2,6	0,11	10,7	9,5	6,2	10,9
-3.45	B	89,0	4,7	6,0	0,9	0,8	2,0	2,6	2,2	99,7	2,6	0,14	16,4	11,8	9,0	16,7
-3.57	B	94,0	4,6	7,3	1,1	1,2	1,5	2,2	2,6	106,8	2,4	0,09	13,5	11,5	8,0	14,0
-3.69	B	94,8	4,7	5,5	1,1	1,3	1,8	1,8	3,1	104,8	2,7	0,12	14,7	11,4	8,7	15,2
-3.81	C-1	63,8	3,9	6,3	0,9	1,2	1,2	2,0	2,3	96,3	2,1	0,10	10,7	9,4	6,4	11,0
-3.93	C-1	49,8	4,0	4,0	0,9	1,1	1,6	1,7	2,1	101,7	2,1	0,09	10,5	8,9	6,3	11,1
-4.05	C-1	58,9	4,1	4,8	1,1	1,2	1,5	2,2	2,2	107,4	2,1	0,09	11,2	9,6	7,0	12,5
-4.17	C-1	50,3	4,5	5,1	1,0	1,2	1,5	1,5	2,2	101,9	2,1	0,10	10,8	9,0	6,5	11,1
-4.29	C-1	46,4	4,2	8,1	1,1	1,0	1,8	2,8	1,6	88,5	2,7	0,13	14,5	11,2	7,9	14,4
-4.41	C-1	48,5	4,2	4,7	0,9	0,7	1,9	3,5	1,8	99,2	3,2	0,13	15,8	12,3	8,9	16,2
-4.53	C-1	43,7	5,9	3,9	1,0	0,8	1,7	2,7	1,8	100,2	2,5	0,12	13,4	11,1	7,6	13,3
-4.65	C-1	27,6	5,2	4,0	0,8	1,0	2,6	2,1	2,0	99,9	2,0	0,11	11,9	9,2	7,0	12,4
MEAN				4,5		0,9	1,4		2,1		1,9	0,11	10,7	10,7	7,0	11,8
SD				1,6		0,2	0,4		0,6		0,6	0,02	3,1	1,2	1,2	2,5

linski klasti, reliefno korodirani klasti, povprečna velikost klastov in vsebnost avtigenih agregatov.

Med zmrzlinškimi klasti sem izbral tiste, ki so nastali v tleh s sekundarnim preperevanjem (tab. 1). V prvi objavi sem jih imenoval posedimentni

kongelifrakti (Turk *et al.* 2001). Razlikujem primarne ali stropne in sekundarne ali talne zmrzlinške klaste. Prvi nastanejo s preperevanjem jamskega svoda, drugi pa s preperevanjem primarnih zmrzlinških klastov v jamskih tleh. Izraz zmrzlin-

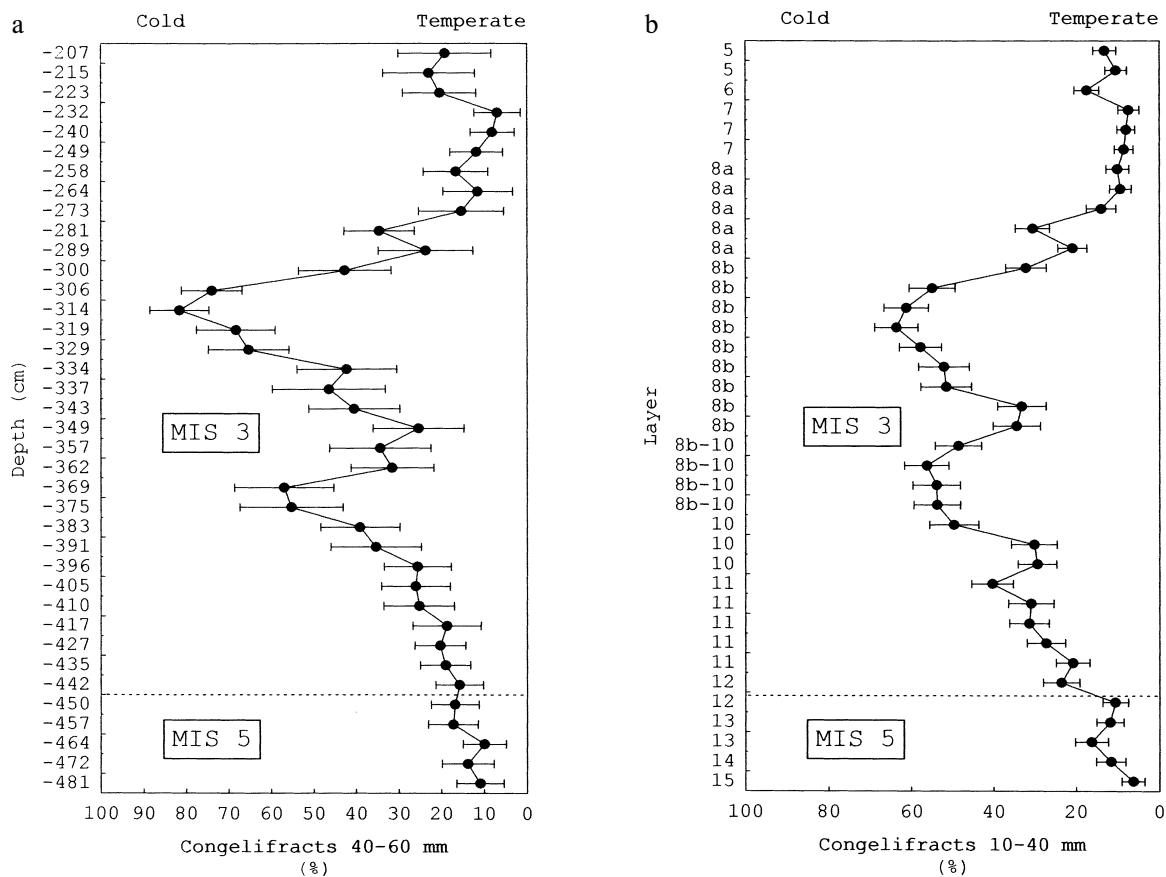
Table 2: Statistically-stratigraphically continuously treated values of trace elements and main oxides in the sedimentary fraction smaller than 5 mm, which are \log_{10} normally distributed in the sedimentation levels of the column of sediments in quadrat 36. Cu, Al_2O_3 , Na_2O and P_2O_5 are exceptions. All values of elements and oxides that have mean value and standard deviation stated are normally distributed even without transformation.

"Zr" (ppm)	"Pr" (ppm)	"Eu" (ppm)	"Er" (ppm)	"Nd" (ppm)	"Sm" (ppm)	"Gd" (ppm)	"Tb" (ppm)	"SiO ₂ " (%)	"Al ₂ O ₃ " (%)	"CaO" (%)	"MgO" (%)	"Na ₂ O" (%)	"K ₂ O" (%)	P ₂ O ₅ (%)	Density <3>0,5 mm (g/cm ³)	Bone fragments >3 mm (g/vol)
20,6	1,5	0,22	0,74	5,9	1,2	1,2	0,16	3,6	1,3	37,1	13,1	0,06	0,25	2,6		
21,6	1,8	0,26	0,90	7,2	1,4	1,3	0,23	4,2	1,6	31,5	17,4	0,08	0,35	5,2	1,29	1,38
18,0	1,6	0,18	0,75	6,5	1,2	1,3	0,22	3,9	1,5	31,6	17,3	0,08	0,31	5,8	1,18	1,03
15,5	1,5	0,20	0,76	6,3	1,3	1,1	0,22	3,1	1,2	30,7	17,2	0,06	0,27	5,6	1,20	0,74
15,6	1,5	0,19	0,73	6,0	1,3	1,1	0,21	3,0	1,3	31,6	18,1	0,07	0,27	5,5	1,34	0,98
12,2	1,3	0,15	0,63	5,5	1,0	0,9	0,16	2,8	1,1	31,3	18,6	0,05	0,23	4,5	1,27	1,10
10,0	1,1	0,17	0,63	4,7	1,0	0,9	0,17	2,2	0,9	30,6	18,5	0,05	0,21	3,9	1,28	0,27
9,2	1,3	0,13	0,64	5,3	0,9	1,0	0,16	2,2	1,0	31,6	19,3	0,05	0,21	4,3	1,25	1,42
11,9	1,2	0,16	0,63	5,0	1,0	1,0	0,17	2,0	0,9	30,6	18,6	0,04	0,21	4,3	1,25	0,42
8,1	0,9	0,14	0,48	4,0	0,9	0,8	0,13	1,8	0,8	30,8	18,7	0,04	0,18	3,8	1,18	0,60
11,1	1,2	0,13	0,65	4,5	1,0	1,1	0,16	2,3	1,0	31,8	19,3	0,05	0,22	4,4	1,21	0,23
9,6	1,2	0,15	0,55	5,0	0,9	0,9	0,15	2,1	0,9	31,6	19,2	0,04	0,19	4,0	1,15	0,31
13,3	1,3	0,19	0,66	5,5	1,1	1,0	0,19	3,4	1,3	30,1	18,7	0,06	0,27	3,1	1,18	0,30
19,1	1,4	0,20	0,69	5,3	1,1	1,1	0,20	3,3	1,3	29,6	19,1	0,05	0,26	2,7	1,24	0,20
12,4	1,2	0,18	0,70	5,2	1,0	1,0	0,18	3,1	1,3	30,1	18,6	0,07	0,26	3,9	1,22	1,00
14,5	1,3	0,17	0,71	5,7	1,1	1,1	0,17	3,2	1,3	32,4	19,2	0,06	0,30	4,6	1,20	0,54
24,1	1,6	0,20	0,79	6,4	1,2	1,2	0,20	4,1	1,6	33,1	15,8	0,09	0,35	9,0	1,09	1,08
24,5	1,7	0,22	0,82	7,0	1,4	1,2	0,21	4,8	1,7	34,6	13,3	0,11	0,39	12,3	1,00	1,17
20,9	1,8	0,22	0,83	7,6	1,4	1,3	0,21	4,7	1,7	34,7	12,0	0,10	0,41	13,8	1,03	0,66
21,8	1,7	0,24	0,74	7,1	1,3	1,3	0,18	4,7	1,7	33,5	13,9	0,10	0,37	10,7	1,06	0,67
19,7	1,5	0,22	0,72	6,8	1,2	1,2	0,18	4,4	1,6	35,4	12,0	0,11	0,35	14,5	1,00	1,45
25,7	1,9	0,24	0,86	8,1	1,5	1,3	0,20	5,5	1,9	32,4	13,8	0,11	0,42	10,3	1,07	1,68
22,6	2,0	0,25	0,86	8,3	1,6	1,4	0,26	5,5	1,9	34,0	12,3	0,12	0,46	13,1	0,95	1,60
23,2	1,9	0,23	0,78	8,5	1,5	1,3	0,24	5,4	1,9	32,9	13,3	0,11	0,42	11,4	0,89	3,98
16,7	1,4	0,17	0,70	5,6	1,3	1,0	0,19	4,2	1,5	35,9	10,4	0,12	0,30	16,4	0,99	2,30
26,4	2,1	0,26	0,82	8,6	1,6	1,4	0,29	6,2	2,1	32,2	13,0	0,13	0,46	10,9	0,99	2,37
22,0	1,8	0,24	0,78	7,5	1,5	1,3	0,23	4,9	1,7	34,4	12,0	0,12	0,36	13,7	0,97	3,36
22,7	1,9	0,26	0,87	7,7	1,4	1,3	0,23	5,4	1,9	35,2	10,1	0,13	0,42	16,1	0,97	3,80
18,8	1,4	0,18	0,68	5,8	1,1	1,1	0,19	4,3	1,5	33,8	11,9	0,11	0,30	13,8	1,00	2,36
18,3	1,4	0,16	0,64	6,3	1,1	0,9	0,17	4,4	1,6	35,1	12,0	0,13	0,30	14,1	1,00	4,25
19,4	1,5	0,20	0,69	6,0	1,4	1,1	0,19	4,5	1,6	34,3	11,4	0,13	0,31	14,4	1,02	6,66
23,2	1,4	0,18	0,61	5,8	1,2	1,1	0,17	4,5	1,6	34,8	11,8	0,11	0,28	14,1	1,03	3,37
25,6	1,8	0,21	0,77	6,6	1,4	1,3	0,21	4,8	1,6	34,3	12,1	0,11	0,30	13,6	1,06	4,17
26,9	1,9	0,26	0,86	8,1	1,5	1,4	0,26	5,2	1,7	32,8	12,5	0,11	0,32	11,7	1,22	4,06
24,7	1,6	0,22	0,80	6,7	1,2	1,2	0,22	6,2	2,1	30,8	14,3	0,11	0,38	8,7	1,48	1,59
19,5	1,6	0,20	0,65	6,2	1,2	1,2	0,18	5,9	2,0	30,5	16,6	0,10	0,35	6,2	1,51	0,24
18,6	1,5	0,20	0,73	6,3	1,2	1,1	0,20	4,0	1,5	32,7			0,31			
5,5	0,3	0,04	0,10	1,2	0,2	0,2	0,03	1,2	0,4	1,9			0,08			

ski klasti je predlagal Jože Čar, za kar sem mu zelo hvaležen.

Stlemi označujem izključno relativno tenko vrhno plast, v kateri potekajo ali so potekali intenzivni diagenetski procesi, kot sta preperevanje in cemen-

tiranje. V vrhni plasti se kopičijo tudi endo- in eksogeni produkti preperevanja. V globljih plasteh so ti procesi upočasnjeni ali pa jih sploh ni. V nasprotnem primeru so moje teoretske postavke napačne. Vendar je to malo verjetno, ker se diage-



Sl. 7a,b: Odstotni deleži talnih zmrzlinjskih klastov v dveh frakcijah (a = 40-60 mm, b = 10-40 mm) v vzorčenem delu profila y = -2 m. Podana je standardna napaka (2 SE) oz. interval 95 % zaupanja.

Fig. 7a,b: Percentage share of soil congelifractions in two fractions (a = 40-60 mm, b = 10-40 mm) in the sampled part of profile y = -2 m. Standard error (2 SE) or an interval of 95% confidence is given.

netški procesi, sodeč po njihovih proizvodih, z globino in večjo starostjo sedimentov ne jačajo. Nasprotno, jakost diagenetskih procesov je neodvisna od starosti sedimentov (prim. M. Brodar 1959, 425), pač pa nanjo močno vpliva hitrost sedimentiranja.

Vpliv hitrosti sedimentiranja na količino zmrzlinjskih klastov sem zmanjšal s izborom klastov zadnje generacije, ki so nastali tik pred odložitvijo novih sedimentov zaradi primarnega preperevanja. Na ta način sem izenačil tudi časovne intervale, v katerih so nastali zmrzlinjski klasti v posameznih nivojih, ni pa mi uspelo odpraviti učinka neenakomerne sedimentacije na klimatsko interpretacijo, zaradi česar je ponekod zapis določene klimatske faze zabrisal poznejši razvoj klime. Izjedkani ali reliefno korodirani klasti so nastali s primarno stropno in stensko korozijo ter s sekundarno korozijo v tleh (tab. 1) (Turk *et al.* 2005). Sekundarna korozija se da teoretično oceniti s pomočjo korodiranih kosti (Turk *et al.* 2002, sl. 1), ki so bile izjedkane izkjučno v tleh in so precej redkejše od izjedkanih klastov.

Metodo, ki sem jo uporabil pri določanju korodiranih in zmrzlinjskih klastov, sem podrobno opisal v predhodnih objavah (Turk *et al.* 2001; Turk *et al.* 2005).

Povprečno velikost klastov, ki pomaga oceniti primarno (stropno in stensko) in sekundarno (talno) delovanje zmrzali, sem dobil s štetjem in tehtanjem vzorcev z več sto klasti, tako da sem iz povprečne teže s pomočjo znane specifične teže določila izračunal povprečno prostornino klasta v določeni frakciji (tab. 1). Povprečna velikost oz. prostornina je dober nadomestek masnih deležev frakcij (tab. 1), ki sem jih tudi preučil na podlagi vzorcev sedimentov, težkih pribl. 30 kg.

Medtem ko sem lahko kontroliral napako tako pri zmrzlinjskih klastih kot pri reliefno korodiranih blokih in ugotovil podobnost v porazdelitvi med različnimi frakcijami, ki jim pripadajo zmrzlinjski klasti (sl. 7) in reliefno korodirani bloki v sestavljenem profilu, pa nisem mogel preveriti zanesljivosti podatkov na način, kot sem to storil pri agregatih in kostnih ostankih (Turk 2003). Pri masnih

deležih frakcij in povprečni velikosti klastov ni bilo mogoče kontrolirati niti napake niti zanesljivosti.

Med avtigenimi agregati, ki so nastali z diagenetskimi procesi v tleh s sodelovanjem vode in cementa, sem izbral normalno porazdeljene velikosti (*tab. 1*) (Turk 2003; Turk *et al.* 2005). Podobno kot pri zmrzlinških klastih nisem mogel odpraviti učinka neenakomerne sedimentacije, zaradi česar je lahko v posameznih nivojih več agregatov. Agregate sem opredelil z gostoto določene sedimentne frakcije, pri čemer je gostota obratno sorazmerna s količino agregatov. Količino agregatov dobim, če gostoto odštejem od 1 ali obrnem skalo. Natančnost in zanesljivost podatkovnih baz agregatov sem temeljito preveril (Turk 2003). Primerjal sem tudi porazdelitev različnih frakcij z agregati v sestavljenem profilu in ugotovil precejšnje ujemanje med debelejšima frakcijama ter posebnost najdrobnejše frakcije, ki se kaže tudi v normalni porazdelitvi agregatov (*sl. 8*).

V kemijskem sklopu so zajete geokemijske lastnosti sedimentov. Te so bile v takšnem obsegu prvič analizirane na paleolitskem najdišču Slovenije. Pred tem so geokemijske raziskave obsegale samo meritve CaCO_3 in so se dokaj sistematično izvajale v povezavi z granulometrijo (M. Brodar 1959, pril. 6-7; Osole 1976, razpr. 1). Sistematične geokemijske analize so bile poleg Divjih bab I doslej narejene edino v Potočki zijalki (Kralj 2004).

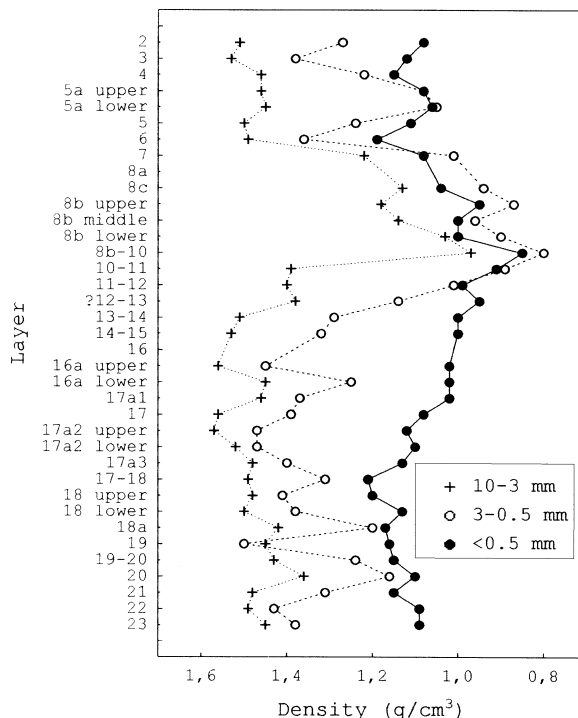
Geokemijske analize so opravili v laboratoriju ACME Analytical Laboratories LTD. v Kanadi z metodo plazemske emisijske spektrometrije (ICP = *inductively coupled plasma emission spectrometry*). Sistematično so bile analizirane tri frakcije sedimenta kot tudi agregati in cementi, vendar bom tukaj obravnaval samo frakcijo, manjšo od 0,5 mm. To sem vzorčil tako, da predstavljajo kemijske prvine in oksidi:

1. povprečje $0,12 \text{ m}^3$ neprebranega sedimenta s površine 1 m^2 v kvadratu 36 (*tab. 2*); v nagubanih plasteh mi sedimenta ni uspelo ločiti po plasteh

2. povprečje pribl. $0,02 \text{ m}^3$ neprebranega sedimenta s površine $0,3 \text{ m}^2$ v profilih, striktno ločenega po plasteh, tudi če so bile te nagubane; vzorce iz različnih profilov sem vključil v t. i. sestavljeni profil (*tab. 1*, delno *tab. 3*)

3. povprečje 3-4 vzorcev s po pribl. $0,005 \text{ m}^3$ delno prebranega sedimenta, vzorčenega ob stranicah pravokotne površine, velike $0,3 \text{ m}^2$ v profilih; v nagubanih plasteh sediment ni bil ločen po plasteh; vzorce iz različnih profilov sem vključil v t. i. sestavljeni profil (*tab. 3*).

Prostornino vzorcev navajam, ker je od nje običajno odvisna zanesljivost laboratorijskih iz-



Sl. 8: Agregati v treh frakcijah (< 0,5 mm, 0,5-3 mm in 3-10 mm) sestavljenega profila, izraženi z gostoto sedimentne frakcije. Skala je obrnjena, tako da "hribovi" kažejo večjo vsebnost agregatov namesto manjše gostote sedimentne frakcije.

Fig. 8: Aggregates in three fractions (< 05 mm, 05-3 mm and 3-10 mm) of the composite profile expressed by density of sedimentary fraction. The scale is inverted so that the "hills" show greater content of aggregates instead of lesser density of sedimentary fraction.

sledkov. Večja prostornina vzorca namreč omili vpliv mikrokolja na geokemijske procese.

Laboratorijska napaka je bila v vseh primerih zanemarljivo majhna. Ker je bila določena s ponavljanjem posameznih meritev, ne pove dosti o zanesljivosti geokemijskih podatkov. To sem preveril na dva načina. Prvič sem v presledku 6 let poslal v analizo vzorce dveh sinhronih serij frakcije, manjše od 0,5 mm, sestavljenega profila in primerjal rezultate (*sl. 9*). Način vzorčevanja je naveden zgoraj pod točkama 2 in 3. Drugič sem geokemijske podatke iz sedimentacijskih nivojev stolpca sedimentov v kvadratu 36 (*tab. 2*), ki so zajeli plasti 2-15 v sestavljenem profilu, primerjal s podatki iz profila (*sl. 21a,b*). Način vzorčevanja je podan zgoraj pod točkama 1 in 3. V obeh primerih se rezultati dobro ujemajo. Posamična večja odstopanja bistveno ne vplivajo na razlago profila. Bolj skrb zbujajoča so sistematična večja odstopanja pri svincu, cinku in niklju, ki jih je zato bolje izključiti iz analitskih postopkov. Iz *sl. 9* in *21a,b* je razvidno, da krioturbacija na majhni površini ni vzrok za velike razlike med podatki. Določen vpliv bi po mnenju D. Skaberneta lahko imela globina zamr-

Tab. 3: Statistično-stratigrafsko zvezno obravnavane vrednosti slednih prvin in glavnih oksidov v sedimentni frakciji, manjši od 5 mm, ki so log₁₀ normalno porazdeljene v stratigrafskem nizu sestavljenega profila.

Krepko so izpisani podatki, ki pripadajo vzorcem pribl. 0,02 m³ neprebranega sedimenta (ostalo pripada vzorcem pribl. 0,005 m³ delno prebranega sedimenta). Krepko je izpisana tudi napačna vrednost za stroncij v plasti 11-12.

Table 3: Statistically-stratigraphically continuously treated values of trace elements and main oxides in the sediment fraction smaller than 5 mm, which are log₁₀ normally distributed in the stratigraphic series of the composite profile.

Data in bold type belong to the sample of approximately 0.02 m³ of bulk sediment (the remainder belongs to a sample of approximately 0.005 m³ of partially selected sediment). The erroneous value for strontium in layer 11-12 is also given in bold type.

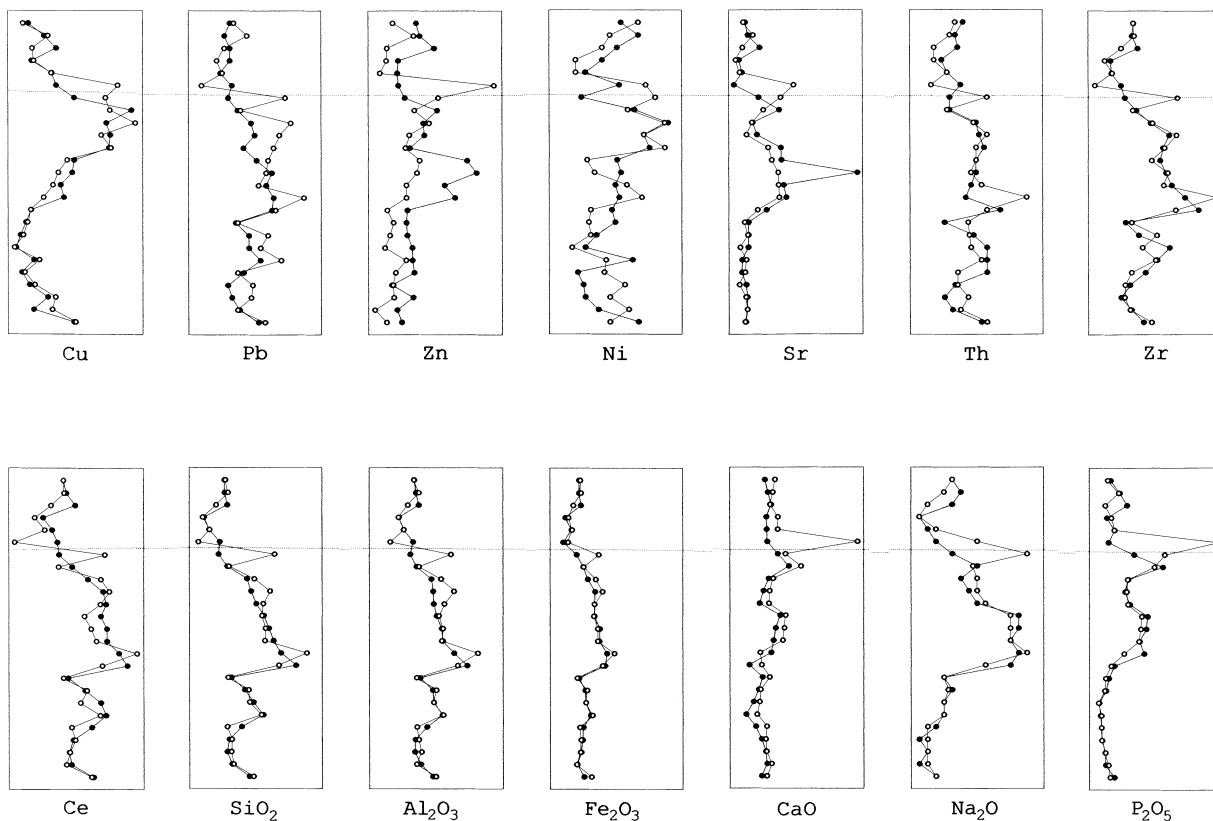
Layer (m)	Profile	Facies	"Cu" (ppm)	"Pb" (ppm)	"Zn" (ppm)	"Ni" (ppm)	"Sr" (ppm)	"Th" (ppm)	"Zr" (ppm)	"Ce" (ppm)	"SiO ₂ " (%)	"Al ₂ O ₃ " (%)	"Fe ₂ O ₃ " (%)	"MgO" (%)	"CaO" (%)	"Na ₂ O" (%)	"P ₂ O ₅ " (%)
2 (-0.50)	x=17	A	26,5	3,2	731	4,8	82,4	2,0	17,8	10,3	3,7	1,4	0,4	16,4	31,8	0,09	6,5
3 (-0.64)	x=17	A	35,3	2,9	764	5,7	84,8	1,7	17,3	10,7	3,7	1,4	0,4	15,4	32,3	0,10	8,3
3 (-0.71)	x=17	A	44,8	3,7	1139	4,0	94,7	1,9	20,5	12,6	4,2	1,5	0,5	14,9	32,8	0,10	9,4
4 (-0.81)	x=17	A	47,0	3,8	932	4,8	94,8	1,7	18,9	11,5	4,1	1,6	0,5	14,5	32,6	0,10	10,1
4 (-0.91)	x=17	A	42,1	3,2	893	4,6	95,1	1,8	19,1	11,9	3,9	1,5	0,5	15,0	32,8	0,09	9,9
4 (-1.00)	x=17	A	45,7	3,4	960	5,0	100,0	1,8	20,9	12,1	3,9	1,4	0,6	13,6	32,0	0,09	10,4
4 (-1.07)	x=17	A	31,6	2,9	790	3,9	86,9	1,4	11,8	9,4	2,9	1,1	0,4	17,7	32,8	0,07	6,9
5a (-1.26)	x=17	A	28,4	3,2	568	3,8	77,2	1,2	10,9	7,6	2,1	0,9	0,2	17,6	32,0	0,05	5,7
5a? (-1.46)	x=17	A	40,2	2,7	411	3,5	84,1	1,2	11,6	7,8	2,4	1,0	0,3	14,3	34,7	0,06	8,8
5a? (-1.54)	x=17	A	38,4	2,3	498	4,8	86,1	1,2	11,5	9,0	2,3	1,0	0,2	16,2	31,5	0,06	7,6
5a?/5 (-1.67)	x=17	A	39,1	2,7	655	2,2	84,8	1,5	12,7	8,8	2,5	1,1	0,3	17,5	33,7	0,06	7,4
5 (-1.77)	x=17	A	39,5	2,7	561	2,9	79,7	1,4	11,1	8,8	2,5	1,0	0,3	16,4	32,1	0,06	7,3
5 (-1.86)	x=17	A	46,1	3,5	631	4,1	85,5	1,3	15,2	9,7	3,0	1,2	0,3	15,9	32,0	0,07	7,7
5 (-1.96)	x=17	A	41,8	3,3	571	4,7	72,7	1,9	14,0	9,5	3,3	1,3	0,2	17,3	32,2	0,07	6,0
6 (-2.07)	x=17	A	51,2	3,5	564	2,5	85,5	1,5	14,2	9,7	3,1	1,2	0,4	16,9	31,1	0,07	6,6
6 (-2.16)	x=17	A	58,6	2,7	748	2,7	92,5	1,2	15,7	9,1	3,0	1,1	0,4	15,9	33,3	0,07	8,6
6 (-2.17)	x=17	A	91,8	2,4	501	4,0	84,8	1,5	13,1	8,7	2,7	1,1	0,4	16,9	30,8	0,07	5,8
7 (-2.24)	x=17	A	52,0	3,1	627	2,7	94,0	1,5	15,2	9,7	3,2	1,2	0,4	14,2	33,8	0,09	11,3
7 (-2.32)	x=17	B	68,6	3,9	814	5,2	84,0	1,6	18,0	11,2	3,9	1,4	0,6	10,8	35,5	0,10	15,8
7 (-2.40)	x=17	B	64,8	3,9	760	6,9	101,3	1,7	21,9	9,7	4,2	1,5	0,4	9,8	36,3	0,13	16,8
8a (-2.52)	x=17	B	76,0	4,0	1026	4,8	112,1	1,7	18,1	11,4	4,6	1,6	0,6	9,3	36,7	0,13	17,8
8c (-2.74)	x=17	B	83,8	3,6	921	5,5	112,2	1,5	18,7	11,5	3,9	1,4	0,5	9,9	35,7	0,12	17,3
8b (-2.91)	x=17	B	68,9	4,1	894	6,8	91,6	1,6	22,8	12,5	4,2	1,6	0,5	13,1	33,4	0,09	11,8
8b (-3.03)	x=17	B	69,8	4,3	794	7,3	89,0	2,5	23,0	13,6	5,4	1,9	0,6	14,4	32,4	0,10	10,1
8b (-3.12)	x=12	B	72,0	4,5	804	6,0	92,5	2,6	28,6	15,6	5,7	1,9	0,7	14,3	31,5	0,11	9,4
8b (-3.21)	x=12	B	71,8	3,2	810	6,1	99,3	1,7	15,6	10,7	3,4	1,3	0,5	12,6	33,5	0,08	12,8
8b (-3.37)	x=12	B	71,2	3,9	672	6,3	113,4	2,8	26,7	16,0	6,0	1,9	0,7	13,7	30,9	0,12	10,5
8b (-3.61)	x=12	B	83,5	4,5	1049	6,6	126,9	2,1	24,4	16,2	5,9	1,9	0,6	9,9	34,7	0,14	16,6
8b (-3.68)	x=12	B	82,8	4,1	886	6,2	119,7	2,0	21,5	13,9	5,5	1,8	0,6	9,9	35,2	0,14	17,3
8b-10 (-3.76)	x=12	B	71,9	5,2	846	5,2	114,2	2,1	20,4	13,2	5,3	1,8	0,6	8,8	37,2	0,15	16,3
8b-10 (-3.88)	x=12	B	73,8	3,7	969	7,3	119,7	2,0	18,5	12,7	4,8	1,6	0,5	9,5	35,1	0,13	17,5
8b-10 (-3.98)	x=12	B	58,6	3,9	943	5,6	113,9	2,4	23,2	14,4	5,9	1,9	0,6	11,0	33,3	0,15	14,5
10-11 (-4.08)	x=12	B	51,9	4,6	1190	4,6	114,2	2,5	25,8	15,3	6,6	2,0	0,7	11,2	34,3	0,17	14,1
11-12 (-4.31)	x=12	B	50,9	5,4	1271	4,8	180,6	2,5	27,6	16,1	7,0	2,2	0,8	11,1	33,6	0,17	13,9
11-12 (-4.44)	x=12	B	46,4	4,9	1006	5,0	118,4	2,6	28,7	15,8	6,9	2,2	0,8	11,2	33,3	0,18	14,0
?12-13 (-4.54)	x=12	B	44,4	5,1	986	4,5	116,1	2,3	29,3	16,1	7,4	2,2	0,7	12,2	33,2	0,16	12,4
13-14 (-4.63)	x=12	C-1	46,2	5,5	1078	4,7	118,1	2,1	33,4	17,7	7,9	2,5	0,9	11,2	32,8	0,17	13,4
13-14 (-4.74)	x=12	C-1	41,2	7,2	934	7,9	112,9	3,8	39,8	20,7	10,2	3,3	1,0	12,4	30,2	0,19	10,4
14-15 (-4.85)	x=12	C-1	27,9	5,4	650	4,3	101,1	3,4	37,5	18,8	9,0	2,9	0,8	14,5	29,2	0,16	7,3
14-15 (-4.95)	x=12	C-1	33,8	5,5	843	4,2	100,6	3,2	33,2	19,5	8,5	2,8	0,9	15,1	30,0	0,15	6,9

Dalje / Continued

Layer (m)	Profile	Facies	"Cu" (ppm)	"Pb" (ppm)	"Zn" (ppm)	"Ni" (ppm)	"Sr" (ppm)	"Ti" (ppm)	"Zr" (ppm)	"Ce" (ppm)	"SiO ₂ " (%)	"Al ₂ O ₃ " (%)	"Fe ₂ O ₃ " (%)	"MgO" (%)	"CaO" (%)	"Na ₂ O" (%)	"P ₂ O ₅ " (%)
16a (-5.06)	x=12	C-1	25	3,5	642	4,5	85,3	1,3	15,4	10,9	4,2	1,5	0,4	16,7	31,4	0,08	6,1
16a (-5.20)	x=6	C-1	35,9	6,7	573	6,0	49,0	3,5	32,8	16,8	7,4	2,6	0,8	13,1	31,9	0,13	8,0
16a (-5.29)	x=6	C-1	41,5	5,7	694	6,5	110,4	2,9	27,9	16,4	6,8	2,4	0,7	13,6	30,9	0,12	9,5
16a (-5.33)	x=6	C-1	43,2	6,0	780	5,7	106,7	3,0	30,8	17,1	7,1	2,5	0,8	13,8	30,4	0,12	9,0
16a (-5.41)	x=6	C-1	35,5	4,8	743	3,5	103,3	2,4	20,2	13,8	5,1	1,9	0,6	15,2	32,1	0,09	8,7
17a1 (-5.50)	x=6	C-1	31,8	4,8	535	4,3	88,7	2,1	21,9	13,8	5,2	2,0	0,6	15,4	31,5	0,09	6,0
17 (-5.76)	x=6	C-1	22,0	4,2	649	3,5	85,2	2,4	19,4	13,2	5,2	1,9	0,5	17,5	30,7	0,09	5,5
17a2 (-6.02)	x=6	C-1	19,5	4,2	693	2,9	84,9	2,9	28,7	15,3	5,8	1,9	0,5	17,9	29,9	0,08	4,1
17a2 (-6.27)	x=6	C-1	23,9	5,0	707	4,6	86,9	2,8	25,2	16,4	6,4	2,2	0,6	17,2	29,3	0,09	4,2
17a2 (-6.44)	x=6	C-1	29,6	4,8	696	5,4	79,6	2,9	24,9	16,0	6,6	2,2	0,6	17,3	28,7	0,08	4,3
17a2 (-6.56)	x=6	C-1	28,0	4,7	781	1,7	88,3	2,9	24,6	17,6	6,3	2,1	0,6	16,7	29,1	0,08	4,9
17a3 (-6.66)	x=6	C-1	22,7	3,9	711	2,5	79,5	2,9	21,3	14,1	4,9	1,7	0,5	17,5	30,3	0,07	4,6
17a3 (-6.76)	x=5	C-1	34,0	4,0	792	3,9	84	2,1	18,1	12,4	4,4	1,6	0,5	16,7	30,9	0,06	5,6
17a3 (-6.83)	x=5	C-1	36,1	3,2	772	3,0	83,2	1,8	14,0	10,3	3,4	1,3	0,4	17,1	32,2	0,06	6,1
17/18 (-6.90)	x=5	C-2	18,7	3,0	326	3,3	67,7	0,9	13,2	8,0	2,9	1,0	0,3	14,6	35,3	0,04	3,5
17/18 (-7.06)	x=5	C-2	17,5	2,4	410	2,0	79,1	1,5	13,0	9,1	3,0	1,0	0,4	16,6	32,3	0,04	3,4
18 (-7.12)	x=5	C-2	27,1	3,1	512	2,8	83,3	1,7	16,7	11,6	4,0	1,4	0,5	18,2	31,2	0,05	4,7
18 (-7.21)	x=5	C-2	37,3	3,3	704	2,9	84,0	1,3	14,0	11,1	3,9	1,4	0,5	18,3	31,9	0,06	5,3
18 (-7.32)	x=5	C-2	31,2	2,8	476	3,7	81,4	2,2	14,3	10,6	3,7	1,3	0,4	18,5	31,0	0,05	4,7
18a (-7.70)	x=4	C-2	33,6	3,7	407	3,5	78,0	1,9	16,1	10,9	4,5	1,5	0,4	16,3	31,7	0,06	5,2
19 (-7.92)	x=4	C-2	36,7	3,8	524	4,7	87,0	2,5	21,7	13,9	5,5	1,7	0,5	17,0	31,2	0,07	6,4
19 (-7.94)	x=4	C-2	46,1	4,1	575	4,7	94,3	2,1	22,2	14,8	6,0	1,8	0,5	16,6	31,4	0,07	6,4
19 (-8.12)	x=4	C-2	29,4	3,7	559	3,6	84,2	1,6	17,1	11,4	4,2	1,5	0,4	18,2	32,1	0,05	5,4
19 (-8.25)	x=4	C-2	42,2	4,1	487	3,9	90,5	2,9	17,1	13,3	4,8	1,6	0,5	16,4	31,2	0,06	7,0
19/20 (-8.60)	x=4	C-2	47,2	4,7	396	4,3	85,8	2,5	20,2	11,9	5,0	1,9	0,5	15,2	32,4	0,05	6,3
19/20 (-8.70)	x=4	C-2	41,2	3,9	376	2,9	82,1	2,5	17,7	13,6	4,4	1,7	0,5	17,3	29,8	0,04	4,5
20 (-8.75)	x=4	C-2	48,3	3,9	462	2,7	82,0	2,1	17,0	11,5	4,3	1,7	0,5	17,2	31,3	0,06	6,2
20 (-8.95)	x=4	C-2	49,6	4,8	520	5,0	87,9	1,8	16,1	11,2	4,5	1,7	0,5	14,0	34,4	0,07	8,5
20 (-9.05)	x=4	C-2	46,4	3,9	645	2,8	91,3	1,8	18,3	12,3	4,7	1,6	0,5	15,8	32,8	0,06	8,0
21 (-9.11)	x=4	C-2	48,7	4,6	595	5,0	87,2	2,3	20,8	14,2	5,3	1,9	0,5	15,9	31,5	0,07	7,5
21 (-9.13)	x=4	C-2	51,8	4,7	599	5,7	82,9	2,7	20,8	14,3	5,5	1,9	0,5	15,5	31,2	0,07	7,2
22 (-9.26)	x=4	C-2	57,7	5,2	701	4,0	98,5	2,6	25,5	16,1	6,7	2,0	0,7	14,0	31,0	0,08	8,7
22 (-9.30)	x=4	C-2	49,2	4,9	571	4,6	81,2	2,6	25,4	15,7	6,3	2,1	0,6	15,7	30,6	0,08	6,5
22 (-9.35)	x=4	C-2	55,7	7,1	573	4,0	89,3	2,9	29,3	15,9	7,6	2,5	0,7	13,4	32,3	0,10	8,0
23 (-9.45)	x=4	C-2	60,8	6,6	548	5,2	84,2	3,1	28,9	16,0	7,3	2,6	0,7	13,6	31,7	0,09	7,5
23 (-9.58)	x=4	C-2	62,7	6,6	649	4,2	83,7	2,6	31,6	16,7	8,6	2,9	0,8	14,6	30,6	0,13	8,3
MEDIAN			44,6	3,9	695	4,55	88,1	2,1	20,2	12,7	4,7	1,7	0,5	15,2	32,0	0,09	7,6
25th %			33,9	3,3	566	3,5	84,0	1,7	15,9	10,7	3,8	1,4	0,4	13,5	31,1	0,07	6,1
75th %			56,7	4,8	829	5,2	101,2	2,6	25,3	15,8	6,2	2,0	0,6	16,8	33,3	0,12	10,4

znjenih tal ali pergelisola, saj je večina neskladij prav na spodnji meji krioturbarije. Krioturbarija je nesporno dokazana na podlagi sestave sedimentov, ki je takšna, da jo omogoča, dalje na podlagi ostre bočne meje med nagubanimi sedimenti in nena-gubanimi pri x = 21 m ter različne lege oz. naklo-na kosti in blokov v nagubanih in bolj ali manj vodoravnih plasteh. Vendar je treba poudariti, da v Divjih babah I ni bilo aktivnega sloja ali moliso-

la, zaradi česar tudi ni prihajalo do geliflukcije in soliflukcije razen na pobočju pred jamo. Aktivnega sloja nad pergelisolom ni bilo tudi v drugih jamah v Sloveniji zaradi posebnega jamskega okolja, v katerem ni segrevanja tal zaradi neposrednega sončnega obsevanja. Primerjanje pogojev domne-vno periglacialnih pojavov v jamah s tistimi na prostem je bilo zato metodološko nedopustno (prim. S. Brodar 1960), saj v jamah vlada drugačen režim tempera-



Sl. 9: Kontrola rezultatov geokemijske analize na podlagi dveh sinhronih serij vzorcev v sestavljenem profilu. Vodoravna črta označuje spodnjo mejo krioturbarcije.

Fig 9: Control of the results of geochemical analysis on the basis of two synchronous series of samples in the composite profile. The horizontal line marks the lower boundary of cryoturbation.

ture tal kot na prostem, kjer sta vegetacija in snežna odeja pomembna regulatorja temperature tal (Williams, Smith 1989).

Glavni problem pri geokemijski analizi je učinek skupne vsote, ki nastopa tudi pri masnih deležih frakcij, pelodnih kvotah in še kje. Vrednosti glavnih oksidov so namreč izražene v odstotkih od skupne količine. Povečanje ene vrednosti zato avtomatično pomeni zmanjšanje druge. Zaradi tega je treba biti zelo previden pri razlagi rezultatov. Na splošno so ti močno odvisni od žarozgube, katere delež je tako velik, da v skupni vsoti vpliva na vrednosti posameznih glavnih oksidov. Skoraj vsi ti oksidi so v značilni negativni korelaciji z žarozgubo razen MgO, pri katerem je korelacija pozitivna in značilna. V stolpcu kvadrata 36 se vrednosti R gibljejo od -0,97 (P_2O_5) do -0,37 (Th); vrednost za MgO je 0,91.

Ker so tokrat moj glavni cilj stratigrafsko pogojene razlike v profilu Divjih bab I, je učinek skupne vsote in z njim povezano vprašanje stranskega pomena.

V povezavi s teksturno-morfološkim sklopom in geokemijskim sem obravnaval zelo številne kostne ostanke jamskega medveda, ker je ta s svojo

prisotnostjo lahko za življenja in po smrti vplival na diagenozo sedimentov.

3.2 Analiza gradiva in klimatska razlaga rezultatov

V tej fazi raziskave sem ločeno analiziral teksturno-morfološke podatke večjih frakcij sedimenta in geokemijske na podlagi frakcije, manjše od 0,5 mm. Pri tem sem se omejil na kronostratigrafski vidik in ugotavljanje razlik med facijami oz. subfacijami. V drugi fazi, ki je v pripravi, bomo podrobno preučili geokemijske podatke, ki se nanašajo na različne frakcije sedimenta kakor tudi na različne cemente, in poskusili razložiti kemijske procese v povezavi s klimo in hitrostjo sedimentacije.

3.2.1 Fizikalne lastnosti sedimentov: tekstura in morfogeneza

Teksturane in morfološke značilnosti sedimentov so rezultat morfogeneze, ki jo lahko povežemo

s paleoklimo. Po sili razmer mi je bilo prepuščeno, da izberem tiste značilnosti oz. znake, ki najneposredneje odlikavajo klimo, tj. temperaturo in vlago, ter po možnosti tudi gibanje zračnih mas. Slednje žal ni bilo mogoče.

Najbolj enoznačno paleoklimatsko razlago sedimentov lahko podam na podlagi sekundarnih zmrzlinjskih klastov in avtigenih agregatov (Turk *et al.* 2001). Na *sl. 10* so prikazane domnevne spremembe temperature in vlage v profilu Divjih bab I tako kot se odlikavajo v zmrzlinjskih klastih 10-40 mm in agregatih, večjih od 0,5 mm in manjših od 3 mm. Podano je tudi odstopanje od holocenske vrednosti za Divje babe I.

Vendar moram poudariti, da je pri agregatih, ki vsebujejo pretežno fosfatne cemente, lahko sporno vprašanje nastanka in posledično uporaba agregatov kot približka za paleovlago. Ni namreč jasno, ali so agregati avtociklični in vzročno povezani z življenjem in smrtjo jamskega medveda ali alociklični in vzročno povezani s klimo ali pa gre za kombinacijo obojega, kar bi bilo še najverjetneje (prim. tudi Turk 2003).

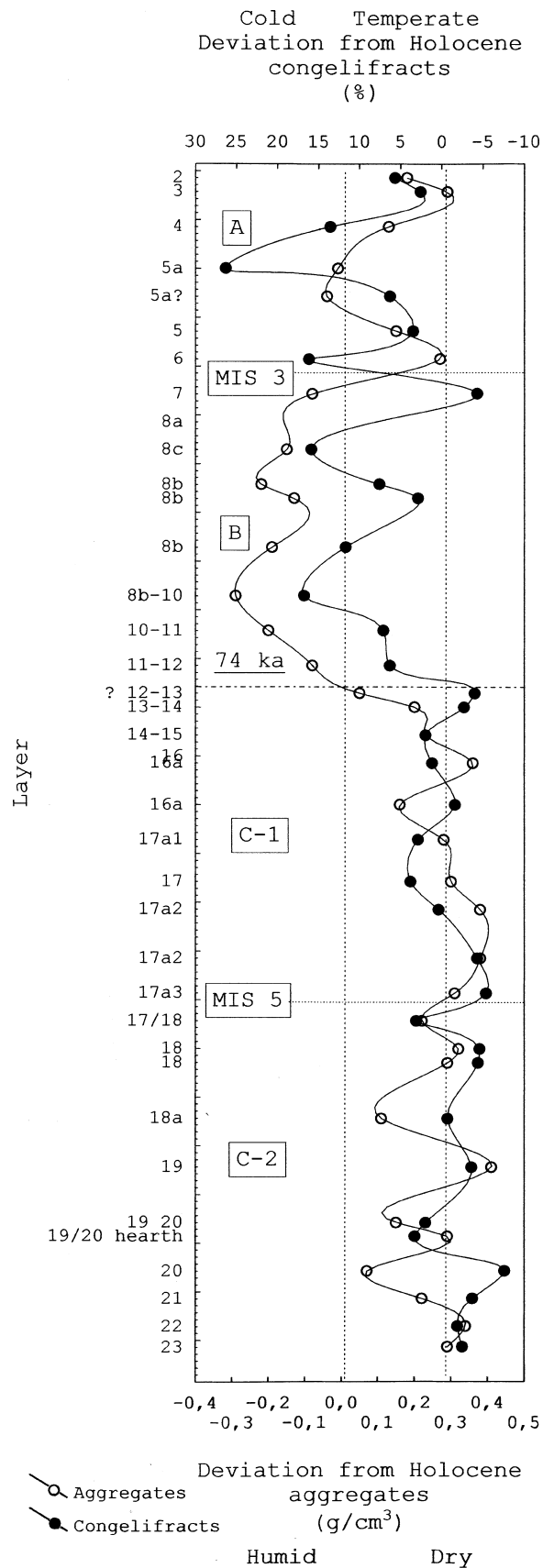
Zmrzlinjski klasti kot približek za paleotemperaturo niso sporni.

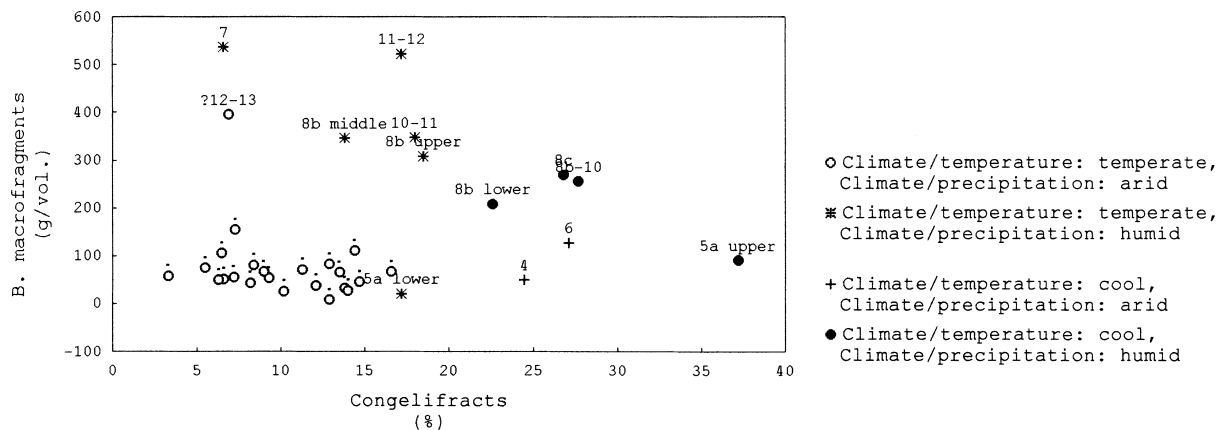
Profil Divjih bab I lahko na podlagi zmrzlinjskih klastov in agregatov vizualno razdelim na štiri dele oz. facije in subfacije, v grobem pa na toplejši in bolj suh del ter hladnejši in bolj vlažen (*sl. 10*).

Klimatska približka kažeta, da so bila hladnejša obdobja v MIS 3 praviloma vlažnejša, kar pomeni, da je bilo več padavin. To se ne ujema z večino dosedanjih razlag klime v mlajšem pleistocenu na podlagi jamskih sedimentov, po katerih naj bi bilo ravno obratno: stadiali suhi in interstadiali vlažni (Osole 1961, 462; Laville 1975, tab. 2, str. 366 in 4, str. 376; Laville *et al.* 1983, tab. 1, 2; Miskovsky 1974, sl. 174, 175; Pilar Fumanal Garcia 1986, sl. 70; van Huissteden *et al.* 2003). Po drugi strani je moj rezultat skladen s predvidenimi spremembami v klimatskem minimumu oz. poznem glacialnem vrhuncu (LGM). Klima v zmernem pasu (med 35° in 50° zemljepisne širi-

Sl. 10: Potek domnevnih sprememb paleotemperature (talni zmrzlinjski klasti ali kongelifrakti) in paleovlage (agregati) v plasteh sestavljenega profila in njihovo odstopanje od holocenske vrednosti (navpična črta). Podatki so zbrani v *tab. 1* razen za agregate, ki so iz sedimentne frakcije, večje od 0,5 mm in manjše od 3 mm.

Fig. 10: Course of presumed changes of palaeotemperature (soil congelifragments) and palaeohumidity (aggregates) in layers of the composite profile and their deviation from Holocene value (vertical line). Data are collected in *Table 1* except for aggregates, which are from sedimentary fraction larger than 0.5 mm and smaller than 3 mm.





Sl. 11: Grafični prikaz odnosa med talnimi zmrzlinškimi klasti, kostnimi ostanki jamskega medveda in domnevnimi tipi klime, določenimi na podlagi talnih zmrzlinških klastov 10-40 mm in agregatov, večjih od 0,5 mm in manjših od 3 mm. Vsi podatki so zbrani v tab. 1 razen za agregate.

Fig. 11: Graphic presentation of the relation between soil congelifracsts, bone remains of cave bear and presumed type of climate determined on the basis of soil congelifracsts 10-40 mm and aggregates larger than 0.5 mm and smaller than 3 mm. All data are collected in Table 1 except for aggregates.

ne) bi bila tedaj vlažnejša od današnje zaradi spremembe v kroženju zračnih mas in prerazporeditve klimatskih pasov (Reading, Levell 1996, 10, sl. 2.1b). Na vlažno in hladno klimo v poznem glacialnem vrhuncu v Sloveniji sta nedavno opozorila tudi Culiberg in Šercelj (1998) na podlagi pelodnih analiz. Ne glede na to, kako je kdo prišel do svojega rezultata, je moj bolj logičen, ker dopušča večjo širitev ledenikov, kar je ena od glavnih značilnosti t. i. stadialov v glaciološkem smislu.

Krivulji, ki kažeta približke paleotemperature in paleovlage, se razlikujeta v cikličnosti in trendu, kar se pokaže, če podatke analiziram kot časovno vrsto (*Time Series/Forecasting*), pri čemer mi plast in reženj v profilu služita kot nadomestilo za časovno enoto. Paleotemperatura kaže jasen trend padanja v profilu od spodaj navzgor, kar se ujema z izotopsko določenimi temperaturami za zadnji interglacialno-glacialni cikel (*sl. 12a*). Paleovlaga je brez trenda, je pa do neke mere izražena cikličnost (*sl. 12b*).

Kot rečeno, je nevarnost, da se pri razlagi agregatov vrtim v krogu agregati - fosilni ostanki oz. da so agregati neposredno posledica kopičenja fosilnih ostankov jamskega medveda, namesto da bi bili neposredno posledica bolj vlažne klime. Posredna vzročno-posledična povezava med fosilnimi ostanki in agregati je nedvomna, in sicer na

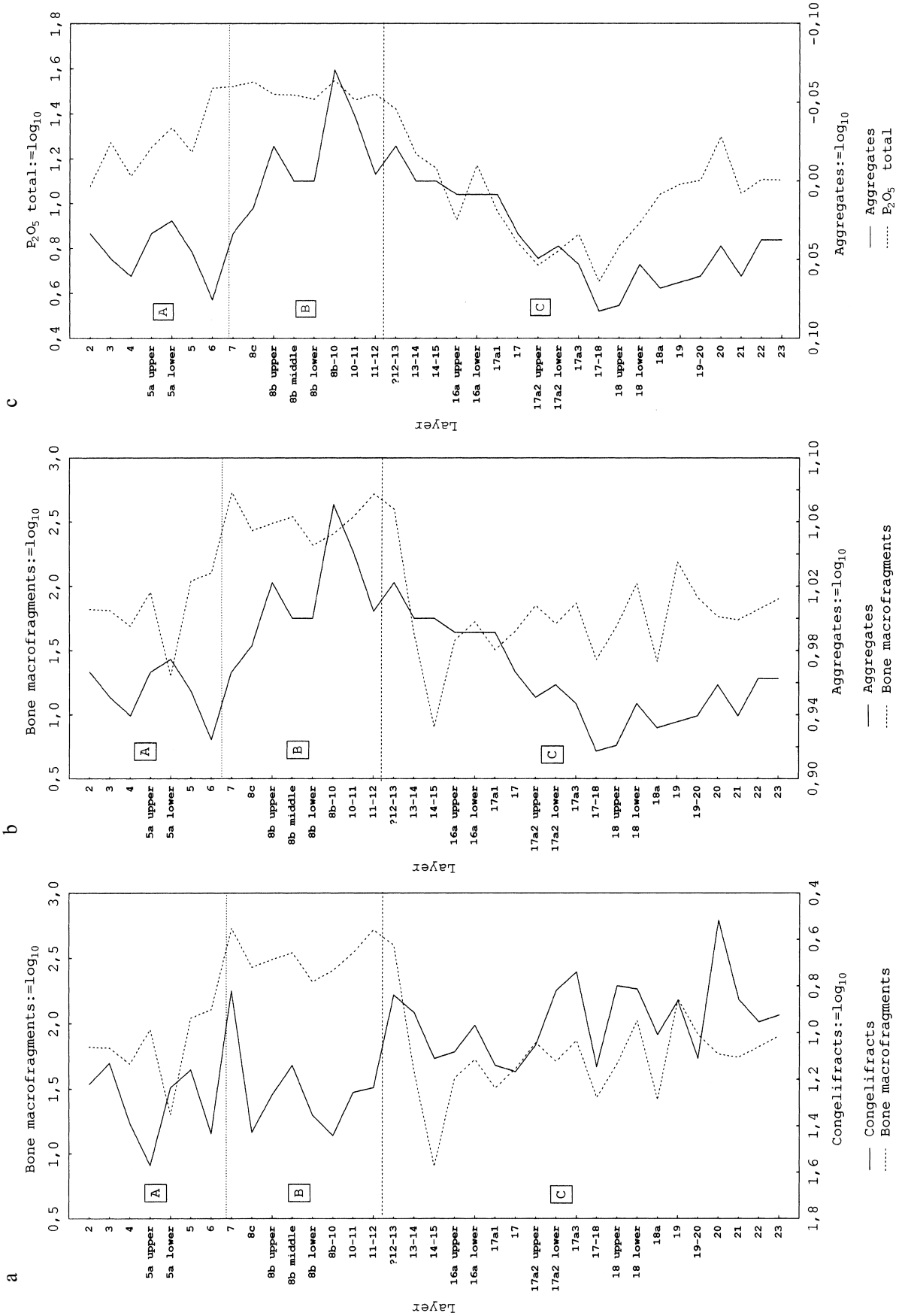
podlagi fosfatnega veziva (prim. *sl. 12b,c*). Vendar je za cementacijo potrebna tudi vlaga. Zato sem na *sl. 11* predočil zapleten odnos med paleoklimatsko opredeljenimi plastmi, podanimi v *tab. 1*, zmrzlinškimi klasti in kostnimi ostanki, pri katerih ni nevarnosti vrtenja v krogu oz. da bi bili prvi posledica drugih, čeprav obstaja tudi v tem primeru posredna povezava na podlagi temperature in vlage.

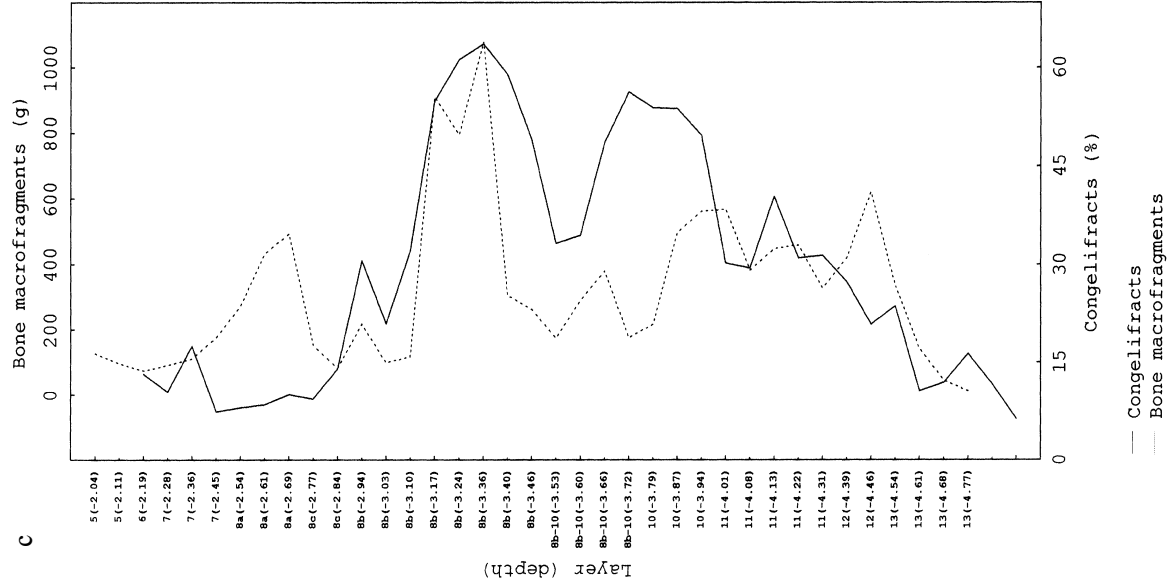
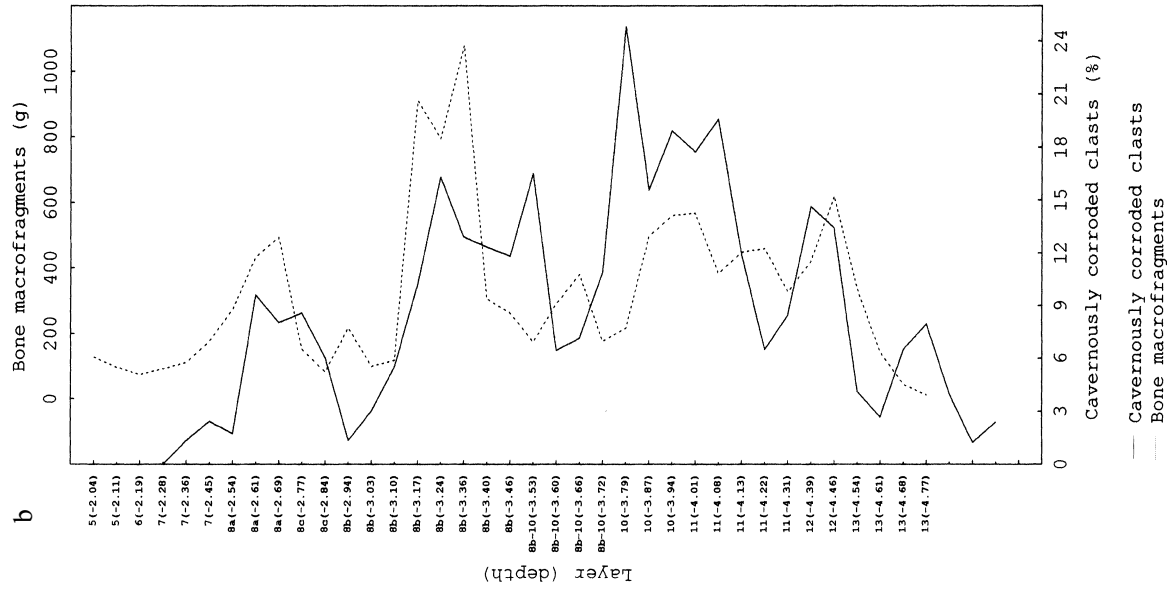
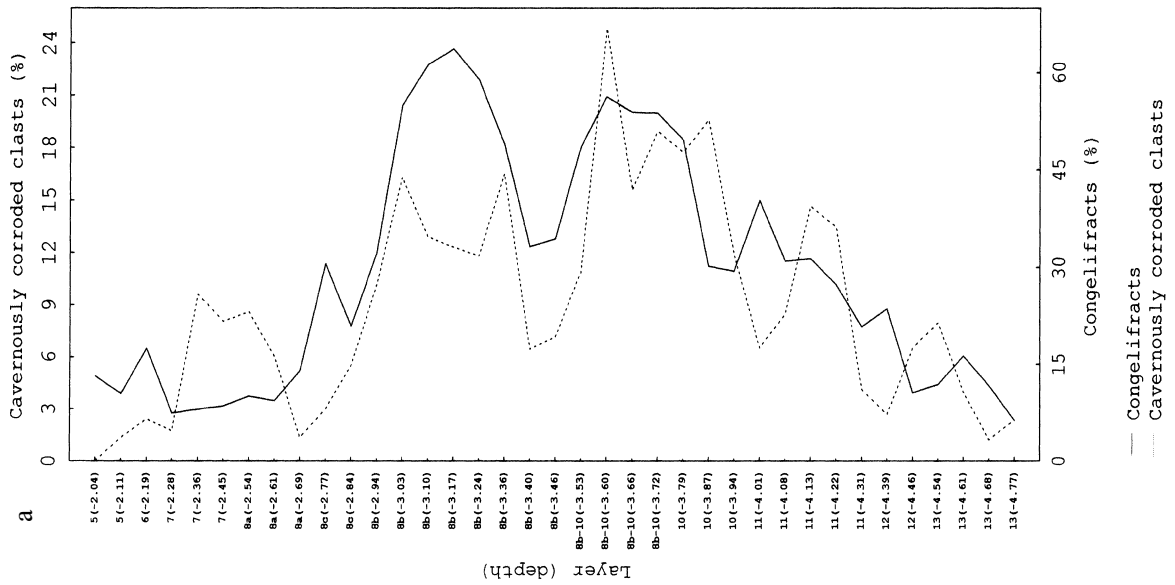
V domnevno suhi in zmerno topli klimi MIS 5 med temperaturo in jamskim medvedom ni povezave (*sl. 11*). Zmerna temperaturna nihanja niso bistveno vplivala na prisotnost jamskega medveda in njegovo umrljivost. Vendar kaže, da variirajo fosilni ostanki v MIS 5 podobno kot domnevni približki paleotemperature (*sl. 12a*). Manjše spremembe v domnevnih približkih paleovlage so bile ali brez vpliva ali je bil ta bistveno manjši kot vpliv temperature (prim. *sl. 12a in b*).

V domnevno vlažni ali suhi in hladni ali zmerno topli MIS 3 je med temperaturo in jamskim medvedom izrazita pozitivna povezava (*sl. 11*). Edina izjema je plast 5a. Prisotnost jamskega medveda in umrljivost je absolutno bistveno večja v toplih obdobjih kot v hladnih. Takšen razvoj klime je značilen za sedimente MIS 3 na območju med celinsko in alpsko poledenitvijo (van Huissteden *et al.* 2003), odslikava pa se tudi v pelodnih

Sl. 12a-c: Odnos med paleotemperaturo (talni zmrzlinški klasti) in jamskim medvedom (kostni makrofragmenti) - (a), paleovlago (agregati) in jamskim medvedom - (b) in odnos med agregati in P_2O_5 - (c). Podatki iz *tab. 1* so prikazani kot časovna vrsta, tako da iz njih odsevata trend in cikličnost.

Fig. 2a-c: Relation between palaeotemperature (soil congelifracsts) and cave bear (bone macrofragments) - (a), palaeohumidity (aggregates) and cave bear - (b) and relation between aggregates and P_2O_5 - (c). Data from *Table 1* are shown as a time series, so that cyclical and trend data pattern are reflected by them.





profilih južno od alpske poledenitve (van Andel, Tzedakis 1996). Plasti facij A in B kažejo, da je kostnih ostankov več v toplih obdobjih in manj v hladnih (sl. 11; 12a,b). Izjema je plast 5a. V hladnih in vlažnih obdobjih je ostankov manj kot v toplih in vlažnih.

Če približke paleotemperature na abscisi zamenjam s približki paleovlage, velja, da je kostnih ostankov več v vlažnih fazah in manj v suhih. V tistih plasteh facije B, ki pripadajo topli in vlažni klimi, je med približki paleotemperature in kostnimi ostanki pozitivna povezava (sl. 11 in 12a), med približki paleovlage in kostnimi ostanki pa izrazita negativna povezava (sl. 12b). V preostalih plasteh MIS 3 ni posebnega odnosa med klimo in jamskim medvedom.

Ker podatki samo enega profila niso zanesljivi, sem podrobno preučil iste odnose v kontrolnem profilu, ki kronološko pripada MIS 3, stratigrafsko pa pretežno faciji B, v kateri je največ fosilnih ostankov, agregatov in fosfatov (sl. 13a-c).

Kar zadeva približke paleovlage, je jamski medved bolj povezan z reliefno korozijo kot z agregati. Povezava je pozitivna. Med agregati in jamskih medvedom sploh ni povezave ($R=0,07$, $p<0,05$). Kar zadeva približke paleotemperature in jamskega medveda, je med obema pozitivna povezava (tab. 5). Za reliefno korozijo ugotavljam, da je nastala pretežno na jamskem svodu, tako da ni neposredno povezana s fosilnimi ostanki oz. biokemičnimi procesi. Gre za čisto kemijski proces.

V zvezno vzorčevanem kontrolnem profilu sem lahko ugotovil pomembno novost, ki odseva v časovnem odmiku med vrhunci posameznih paleoklimatskih približkov ter vrhunci obiskov in umrljivosti jamskega medveda. Stratigrafsko predstavlja odmik 9-15 cm, kar je pribl. 300-600 let (Turk *et al.* 2005). Med zmrzlinскими klasti in reliefno korodiranimi klasti, ki predstavljajo približke paleotemperature in vlažnosti, ni odmika (sl. 13a), je pa ta pri reliefno korodiranih klastih in fosilnih ostankih ter pri talnih zmrzlinских klastih in fosilnih ostankih (sl. 13b,c).

Prvi odmik lahko razložim z večjim obiskom in umrljivostjo jamskega medveda zaradi prekinitve klastične sedimentacije v času stropne korozije.

Tako so bili od vključno plasti 11 do 8 domnevno vsaj trije zastoji v sedimentaciji izpričani s povečano akumulacijo fosilnih ostankov, ki ji sledi zmrzlin-sko krušenje reliefno korodiranega jamskega svoda (sl. 13b). Kronometrični podatki kažejo na vsaj dve sedimentni vrzeli, in sicer na začetku in koncu tega odseka (prim. sl. 6).

Zastoji v sedimentaciji so lahko vsaj delno povezani s toplejšo klimo, ko se je zmanjšalo tudi delovanje zmrzali v tleh. Zaradi močne korozije jamskega svoda je bila klima domnevno tudi bolj vlažna. Oboje je vplivalo na povečan obisk jame, kar kažejo tudi analize celotnega profila. Skupen učinek povečanega obiska in prekinitve v klastični sedimentaciji je povzročil vrhunec v krivulji prisotnosti jamskega medveda.

Drugi odmik (sl. 13c), ki je nekoliko krajši, lahko razložim s sočasnim delovanjem zmrzali na jamskem svodu in v tleh. Talni zmrzlinски klasti predstavljajo glede na metodo relativno krajši dogodek od akumulacije fosilnih ostankov, do katerega je nedvomno prišlo z odkom, v katerem so fosilni ostanki tudi delno migrirali pod nivo zmrzlinских klastov, zaradi delovanja težnosti in perturbacije tal.

Na podlagi vsega navedenega sklepam, da se je lahko jamski medved pri obiskih jame ravnal bolj po vlagi kot temperaturi (prim. Turk *et al.* 2005). Ker med agregati in fosilnimi ostanki ni tako prepričljive povezave kot med reliefno korozijo in fosilnimi ostanki, menim, da so agregati kljub fosfatnemu cementu dober približek za paleovlago. Ne nazadnje so trden dokaz za izredno povečano zamakanje kot posledico izrednega povečanja padavin, bogate fosfatne skorje, prevleke in cementirane površine v celotni plasti 8 (Turk, Bastiani 2000).

Po daljšem ekskurzu se ponovno vračam k zmrzlinским klastom in agregatom. Zanimalo me je predvsem, kako zanesljivo je razlikovanje med facijami oz. plastmi, združenimi v facije in subfacije na podlagi talnih zmrzlinских klastov in agregatov. Če facije in subfacije dejansko ustrezajo definiciji plasti (Dimitrijević 1989), se morajo razlikovati tudi po drugih znakih, ki opredeljujejo

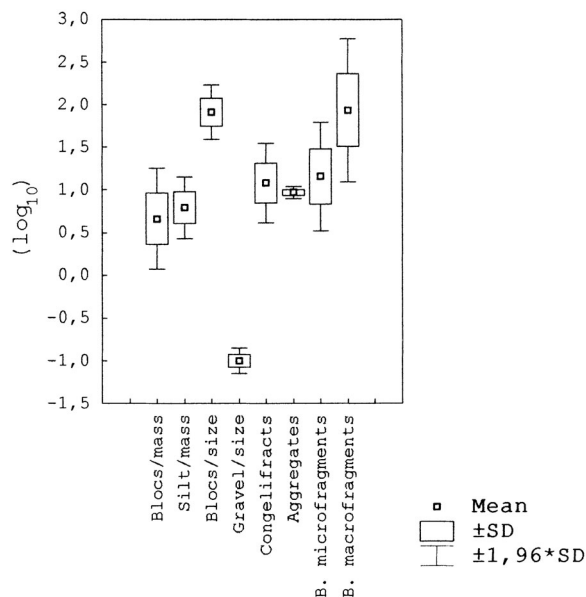


Sl. 13a-c: Stratigrafski odnos med fosilnimi ostanki jamskega medveda, talnimi zmrzlinскими in reliefno korodiranimi klasti v faciji B na podlagi podatkov iz tab. 4. a) Odnos talni zmrzlinски klasti - reliefno korodirani klasti brez stratigrafsko-časovnega odmika. b) Odnos fosilni ostanki - reliefno korodirani klasti s stratigrafsko-časovnim odmikom 15 cm oz. pribl. 600 let. c) Odnos fosilni ostanki - talni zmrzlinски klasti s stratigrafsko-časovnim odmikom 9 cm oz. pribl. 300 let.

Fig. 13a-c: Stratigraphic relation between fossil remains of cave bear, soil congelifraacts and cavernously corroded clasts in facies B on the basis of data from Table 4. a) Relation between soil congelifraacts and cavernously corroded clasts without stratigraphic-chronological lag. b) Relation between fossil remains and cavernously corroded clasts with a stratigraphic-chronological lag of 15 cm or approx. 600 years. c) Relation fossil remains - soil congelifraacts with a stratigraphic-chronological lag of 9 cm or approx. 300 years.

fizikalne lastnosti sedimentov. Zato sem pripravil nabor znakov, katerih \log_{10} transformirane vrednosti so v profilu normalno porazdeljene (tab. 1).

Za znake so značilne velike razlike v standardnem odstopanju (sl. 14). Korelacije med znaki so majhne (tab. 6), kar ne obeta dobrih rezultatov pri analizi glavnih komponent, ne vpliva pa na analizo variance in njej podobno diskriminantno funkcijsko analizo.



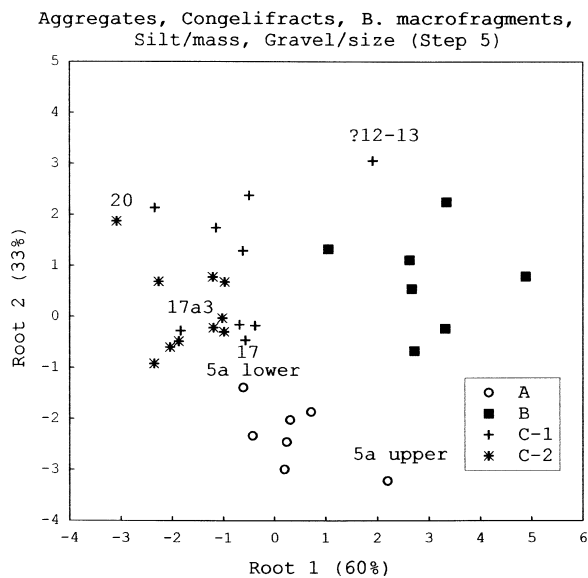
Sl. 14: Grafični prikaz opisnih statistik izbranih sedimentoloških podatkov v sestavljenem profilu.

Fig. 14: Graphic presentation of descriptive statistics of selected sedimentological data in the composite profile.

S pomočjo diskriminantne funkcijske analize (DFA) sem najprej izločil znake, ki največ prispevajo k ločevanju med facijami in subfacijami (sl. 15). Ti so agregati, talni zmrzlinški klasti, kostni makrofragmenti, masni delež peska in povprečna velikost grušča. DFA sem končal pri petem koraku, zato da so izpadli kostni mikrofragmenti, ki so genetsko povezani z makrofragmenti. Podatka za vsebnost P_2O_5 nisem vključil v analizo.

Facije A, B in C najboljše loči prva diskriminantna funkcija, katere delež pri ločevanju je 60 %. Druga diskriminantna funkcija, katere delež pri ločevanju je 33 %, loči samo facijo A od drugih facij. Delež tretje diskriminantne funkcije je minimalen (7 %). Subfacij ne loči nobena diskriminantna funkcija. Prva diskriminantna funkcija domnevno predstavlja klimo, druga pa hitrost sedimentiranja.

V facijah A in B so na podlagi klasifikacijskih funkcij pravilno opredeljene vse plasti. Prav tako v subfaciji C-2. V subfaciji C-1 je pravilno opre-



Sl. 15: Grafični prikaz diskriminantne funkcijske analize (DFA) in razlikovanje med facijami in subfacijami na podlagi avtigenih agregatov, talnih zmrzlinških klastov, kostnih makrofragmentov, masnega deleža peska in povprečne velikosti grušča v sestavljenem profilu. Podatki so iz tab. 1.

Fig. 15: Graphic presentation of discriminant function analysis (DFA) and differentiation between facies and sub-facies on the basis of authigenic aggregates, soil congeliffracts, bone macrofragments, mass share of sand and average size of gravel in the composite profile. Data are from Table 1.

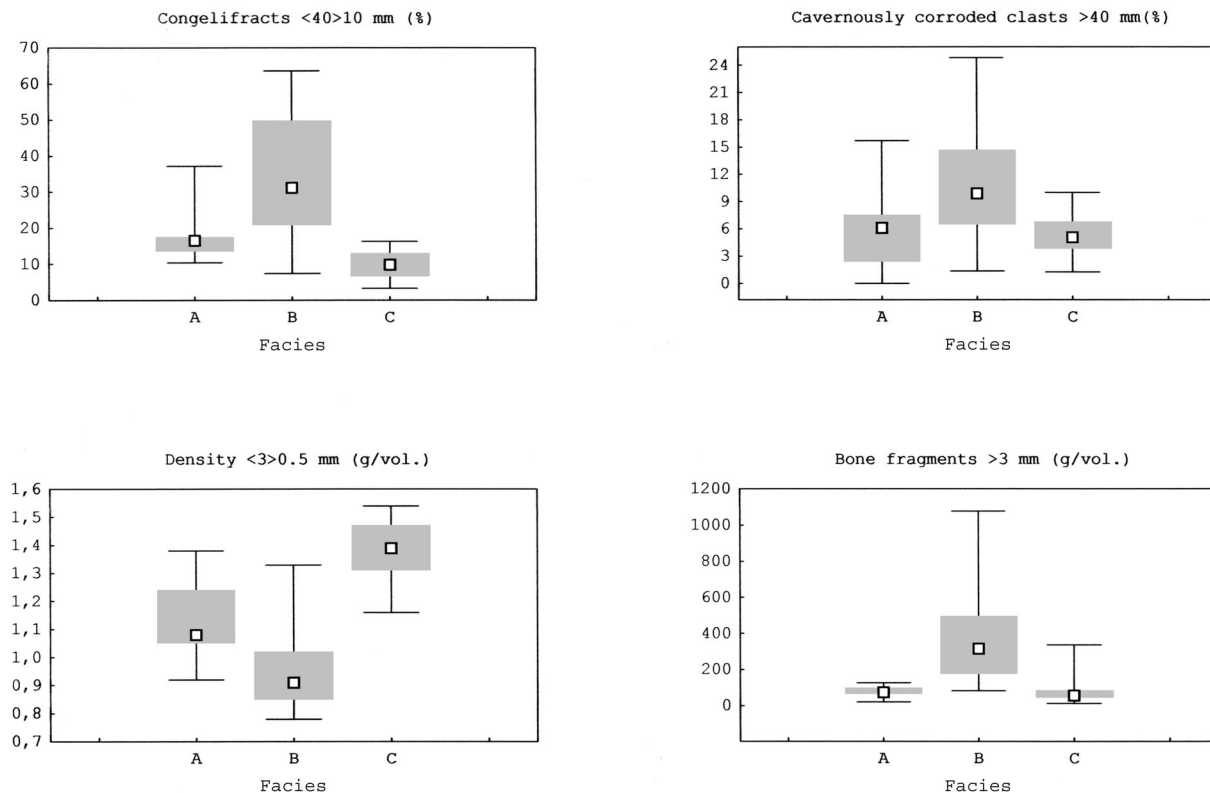
deljenih 6 od 9 plasti, pri čemer je plast ?12-13 nepravilno opredeljena v facijo B ter plast 17 in 17a3 v subfacijo C-2. Skupno je pravilno opredeljenih 91 % plasti ali 32 od 35.

Posamezne plasti, ki predstavljajo facije in subfacije, precej odstopajo. Zato sem jih na sl. 15 označil posebej. Primer plasti 5a kaže, da se določitev plasti na terenu vedno ne ujema z rezultati poizkopavalnih analitskih postopkov.

Kako zanesljive so razlike med facijami, sem preveril v kontrolnem profilu (tab. 4), ki sem mu dodal vrednosti za manjkajoče dele plasti v facijah A in B (glej tab. 1). Tokrat sem uporabil test mediane Kruskala in Wallisa, ki ne temelji na normalni porazdelitvi podatkov in je primerljiv z analizo variance (ANOVA).

Vse facije se med seboj značilno razlikujejo v vseh znakih, navedenih v tab. 4 (sl. 16), kar v praksi pomeni, da je verjetnost, da imajo facije A-C enako mediano, v vseh primerih manjša od 0,5 %. Zato je predlagana delitev profila na facije zanesljiva in utemeljena.

Naslednji korak je bila analiza glavnih komponent s poudarkom pri klasifikaciji (PCCA) in združevanje plasti v facije in subfacije na podlagi znakov, izločenih z diskriminantno analizo. Ker v PCCA prevladujejo spremenljivke z veliko varian-



Sl. 16: Grafični prikaz testa mediane za talne zmrzlinke klaste, reliefno korodirane klaste, agregate, izražene z gostoto sedimentne frakcije, in kostne fragmente v kontrolnem profilu, razdeljenem v facije A-C. Prikazani so: mediana (kvadratek), kvartilni razpon (sivo polje) ter najmanjša in največja vrednost (navpična črta).

Fig. 16: Graphic presentation of the test of median for soil conglifracsts, cavernously corroded clasts, aggregates, expressed by density of sedimentary fraction, and bone fragments in the control profile, divided into facies A-C. The following are shown: median (small quadrat), quartile range (grey box) and lowest and highest value (vertical bar).

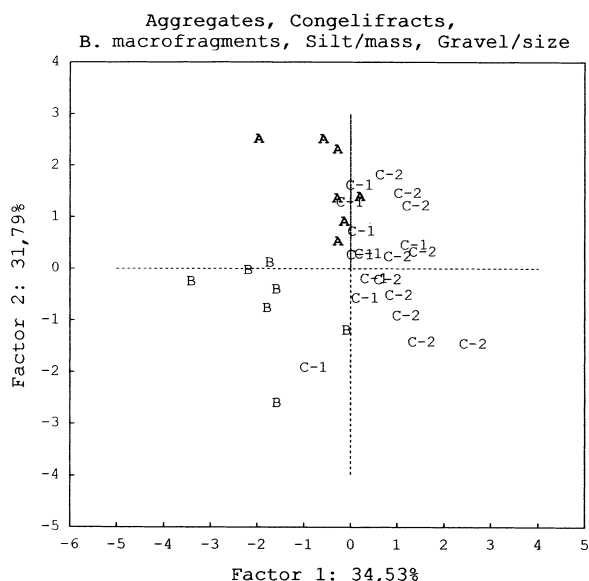
co (Baxter 2003, 75), sem postopek izpeljal s pomočjo korelacijske matrike, ki je v bistvu kovariacijska matrika s standardiziranimi spremenljivkami. Takšen postopek (standardizacijo) so narekivale tudi različne merske enote. To, da so bili podatki pred tem logaritmirani, ni bilo moteče. Iz analize sem izključil plasti 8c in 14-15 zaradi več zelo odstopajočih vrednosti.

Sl. 17 kaže ločevanje facij in subfacij na podlagi prvih dveh faktorjev, ki pojasnjujeta 34,5 % oz. 32 % odnosa med plastmi in faktorji. Prvi faktor domnevno predstavlja klimo, drugi pa hitrost sedimentiranja.

Sl. 17: Grafični prikaz klasifikacije plasti v faciji A-B in subfaciji C-1-2 s pomočjo analize glavnih komponent (PCCA) na podlagi izbranih sedimentoloških znakov v sestavljenem profilu. Projekcija plasti, združenih v facije in subfacije, na faktorjsko ravnino. Podatki so zbrani v tab. 1.

Fig. 17: Graphic presentation of the classification of layers in facies A-B and sub-facies C-1-2 with the aid of principal components and classification analysis (PCCA) on the basis of selected sedimentological parameters in the composite profile. Projection of layers combined into facies and sub-facies on the factor-plane. Data are collected in Table 1.

Prvi faktor loči facijo B, tako da ta predstavlja samostojno skupino. Drugi faktor loči facijo A od B. Na splošno so facije in subfacije bolje ločene s faktorjem 1 kot 2.



Layer (m)	Profile	Facies	Congelifracts <40>10 mm (%)	Cavernously corroded rock fragments >40 mm (%)	Density <3>0.5 mm (g/vol.)	Bone fragments >3 mm (g/vol.)
5 (-2.04)	x=10,5	A	13,1	0,0	1,07	127
5 (-2.11)	x=10,5	A	10,4	1,4	1,01	96
6 (-2.19)	x=10,5	A	17,5	2,4	0,92	74
7 (-2.28)	x=10,5	B	7,4	1,7	0,95	91
7 (-2.36)	x=10,5	B	8,0	9,6	0,94	111
7 (-2.45)	x=10,5	B	8,5	8,0	0,97	176
8a (-2.54)	x=10,5	B	10,0	8,6	1,01	272
8a (-2.61)	x=10,5	B	9,3	6,0	0,92	432
8a (-2.69)	x=10,5	B	14,0	1,4	0,88	494
8c (-2.77)	x=10,5	B	30,6	3,0	0,82	152
8c (-2.84)	x=10,5	B	20,9	5,5	0,82	82
8b (-2.94)	x=12	B	32,1	10,1	0,85	217
8b (-3.03)	x=12	B	54,9	16,3	0,85	99
8b (-3.10)	x=12	B	61,2	12,9	0,90	117
8b (-3.17)	x=12	B	63,6	12,3	0,82	910
8b (-3.24)	x=12	B	58,9	11,8	0,83	795
8b (-3.36)	x=14,5	B	49,0	16,5	0,78	1077
8b (-3.40)	x=14,5	B	33,2	6,5	0,92	305
8b (-3.46)	x=14,5	B	34,4	7,1	0,86	262
8b-10 (-3.53)	x=14,5	B	48,6	10,9	0,80	174
8b-10 (-3.60)	x=14,5	B	56,3	24,8	0,92	290
8b-10 (-3.66)	x=14,5	B	53,8	15,6	0,88	380
8b-10 (-3.72)	x=14,5	B	53,7	18,9	0,82	176
10 (-3.79)	x=14,5	B	49,6	17,7	0,88	216
10 (-3.87)	x=14,5	B	30,2	19,6	0,90	497
10 (-3.94)	x=14,5	B	29,4	11,9	1,05	561
11 (-4.01)	x=14,5	B	40,3	6,5	1,08	568
11 (-4.08)	x=14,5	B	31,0	8,4	1,10	383
11 (-4.13)	x=14,5	B	31,4	14,6	1,11	448
11 (-4.22)	x=14,5	B	27,3	13,4	1,02	459
11 (-4.31)	x=14,5	B	20,8	4,1	1,08	326
12 (-4.39)	x=14,5	B	23,6	2,7	1,23	420
12 (-4.46)	x=14,5	B	10,6	6,5	1,33	619
13 (-4.54)	x=14,5	C-1	11,9	7,9	1,39	337
13 (-4.61)	x=14,5	C-1	16,3	4,0	1,52	142
13 (-4.68)	x=14,5	C-1	11,6	1,2	1,54	44
13 (-4.77)	x=14,5	C-1	6,3	2,4	1,53	12
MEDIAN			29,4	8,0	0,92	272
25th %			11,9	4,0	0,86	127
75th %			48,6	12,9	1,08	448

Relativno slab rezultat PCCA pri ločevanju na podlagi teksturno-morfoloških parametrov pomeni, da podobne dejavnike, npr. takšne, ki bi bili povezani predvsem z alocikličnimi spremembami,

Tab. 4: Statistično obravnavani zvezni sedimentni podatki v delu sestavljenega kontrolnega profila, ki pripada MIS 3. Z izjemo reliefno korodiranih klastov podatki niso normalno porazdeljeni v profilu tudi po transformaciji.

Table 4: Statistically treated continuous sedimentary data in part of the composite control profile belonging to MIS 3. With the exception of cavernously corroded clasts, the data are not normally distributed in the profile, even after transformation.

Tab. 5: Korelacijska matrika (Spearmanova korelacija ranga) za paleoklimatske približke in jamskega medveda v faciji B na podlagi podatkov iz tab. 4.

Krepko so izpisani statistično značilni korelacijski koeficienti ($p < 0,05$).

V oklepaju so vrednosti korelacijskih koeficientov pri časovnem odmiku med približki za paleotemperaturo, paleovlago in obseg mrtve populacije jamskega medveda.

Table 5: Correlation matrix (Spearman's rank correlation) for palaeoclimatic approximations and cave bear in facies B on the basis of data from Table 4.

Statistically significant correlation coefficients ($p < 0.05$) are in bold.

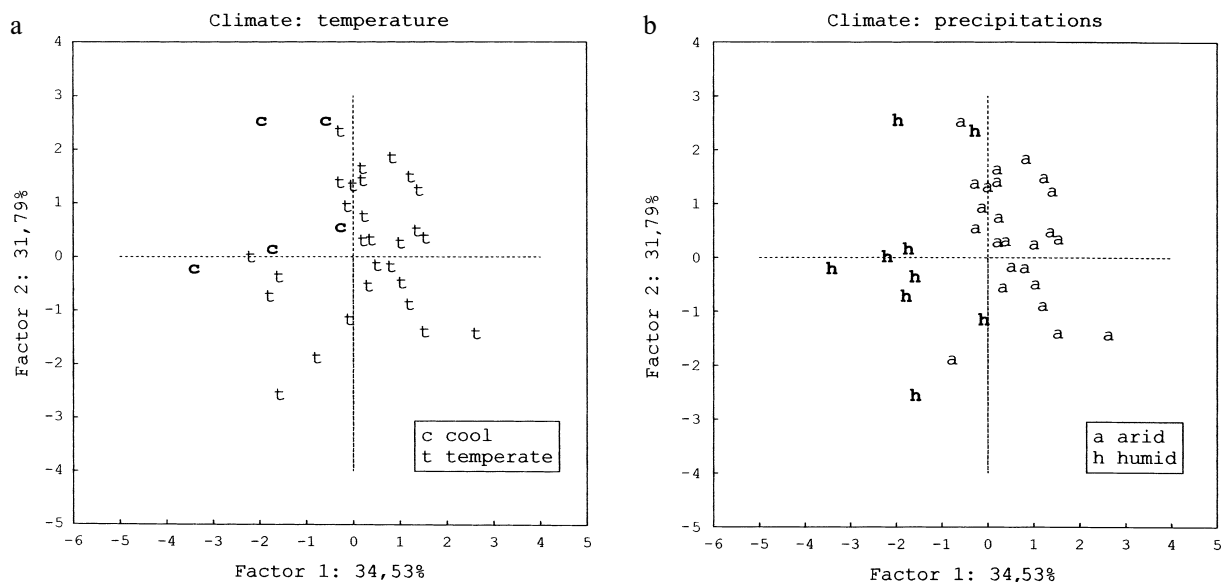
In brackets are values of correlation coefficients with a time lag for palaeotemperature, palaeohumidity and the extent of cave bear taphocenosis.

	Congelifracts	Cavernously corroded rock fragments	Aggregates
Cavernously corroded rock fragments	0,67		
Aggregates	0,59	0,43	
Bone macro-fragments	0,34 (0,47)	0,41 (0,57)	0,07

opredeljuje relativno malo analiziranih parametrov (Manly 1994, 77). To je bilo pričakovati, ker so parametri slabo povezani (tab. 6). Z dodajanjem novih, prav tako slabo povezanih parametrov, ne bi dobil bistveno boljšega rezultata.

Ker so bili izhodišče za opredelitev klime zmrzlini klasti in avtigeni agregati, sem preveril, kako se plasti ločujejo glede na temperaturo in vlago v odnosu do faktorja 1. Ugotovil sem, da vlaga bolje loči plasti kot temperatura (sl. 18a,b). Ugotovitev je zanimiva, ker temelji večina klimatokronoloških raziskav in razlag sedimentov predvsem na temperaturi.

Zanimalo me je tudi, kako glede na faktor 1 plasti ločita breča in predvsem barva, ki je bila glavni kriterij za razmejevanje plasti v profilih. Ugotovil sem, da jih ne ločita (sl. 19a,b). To lahko pomeni, da breča in barva nista neposredno povezani s klimo, ampak z diagenozo in pedogenozo oz. da gre za avtociklične spremembe v sedimentih. Znano je, da različne skorje v tleh nastanejo zaradi pedoge-

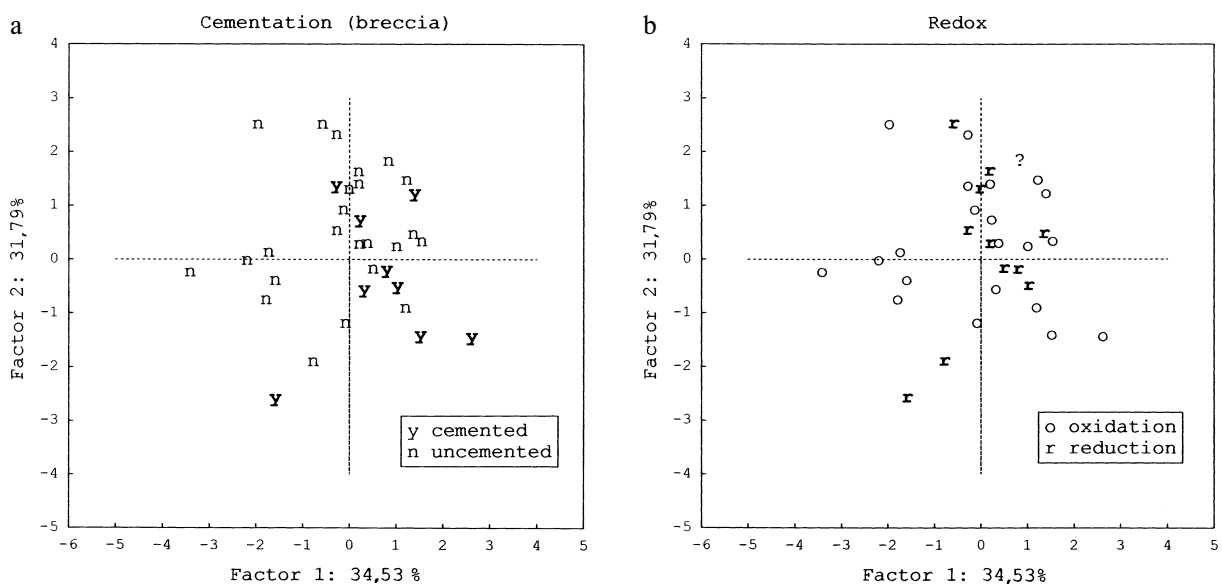


Sl. 18a,b: Razlika med vplivi temperature (a) in vlage (b) na razlikovanje med plastmi v sestavljenem profilu glede na PCA faktor 1. Podatki so zbrani v tab. 1.

Fig. 18a,b: Difference between the influences of temperature (a) and humidity (b) in distinguishing among layers in the composite profile in relation to PCA factor 1. Data are collected in Table 1.

neze in ne pod neposrednim vplivom klime (Tricart, Cailleux 1965, 67). Litogeneza, kamor sodi cementiranje v brečo, lahko nastane v freatični coni pod površjem sedimentov (prav tam, 112). Zato neposredna povezava breče s klimo ni zanesljiva.

Rezultat PCCA se dobro ujema tudi z mojim mnenjem, da na terenu določene plasti običajno ne izpolnjujejo kriterija za plast (Turk 2003). V konkretnem primeru so bile plasti umetno razmejene in so v tem pogledu izenačene z režnji⁶ in



Sl. 19a,b: Razlika med vplivi procesov cementiranja (a), reduciranja in oksidiranja (b) na razlikovanje med plastmi v sestavljenem profilu glede na PCA faktor 1. Podatki so zbrani v tab. 1.

Fig. 19a,b: Difference between the effects of the processes of cementing (a), reduction and oxidation (b) in distinguishing among layers in the composite profile in relation to PCA factor 1. Data are collected in Table 1.

⁶ Z režnji označujem enako debele vodoravne dele plasti, ki smo jih odstranjevali drugo za drugo posebej v vsakem kvadratu s površino 1x1 m. Globine režnjev so bile za vsak kvadrat določene z nivelirjem od stalne točke.

Tab. 6: Korelacijska matrika (Pearson R) za \log_{10} transformirane sedimentološke podatke v sestavljenem profilu.

Krepko so izpisane značilne korelacije ($p < 0,05$). Plast 8c in 14-15 sta bili izključeni zaradi nekaterih močno odstopajočih vrednosti.

Table 6: Correlation matrix (Pearson R) for \log_{10} transformed sedimentological data in the composite profile.

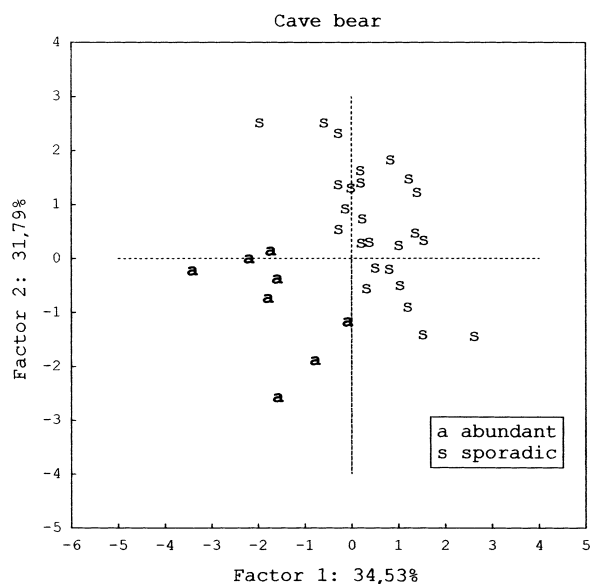
Significant correlations ($p < 0.05$) are in bold. Layers 8c and 14-15 were excluded because of some strongly deviating values.

	Blocs mass	Silt mass	Blocs size	Gravel size	Congelifrac	Aggregates	B. micro-fragments	B. macro-fragments
Blocs / mass	1,00							
Silt / mass	-0,61	1,00						
Blocs / size	0,78	-0,54	1,00					
Gravel / size	0,07	-0,30	0,02	1,00				
Congelifrac	0,47	0,11	0,28	-0,39	1,00			
Aggregates	0,45	-0,16	0,33	-0,02	0,30	1,00		
B. micro-fragments	0,03	0,34	0,10	-0,11	0,07	0,32	1,00	
B. macro-fragments	0,27	-0,01	0,32	-0,02	0,16	0,42	0,61	1,00

drugimi stratigrafskimi konstrukti. Sam dajem prednost enako debelim režnjem pred plasti različne debeline, ker so režnji objektivno določeni, plasti pa subjektivno, in ker so režnji zaradi manjše, predvsem pa enake debeline primernejše izhodišče za poizkopavalne analitske postopke.

Poleg litostratigrafije je za interpretacijo najdišča najpomembnejša biostratigrafija na podlagi fosilnih ostankov jamskega medveda. Ti predstavljajo namreč edine najdbe, ki so zvezno porazdeljene v profilu (prim. tab. 1). Zato sem jih lahko vključil v analizo glavnih komponent. V zvezi s

temi ostanki sem si postavil isto vprašanje kot pri zmrzlinjskih klastih, agregatih, breči in barvi plasti. Dobil sem podoben odgovor kot pri agregatih. Faktor 1 oz. klima dokaj dobro ločuje fosilne ostanke v dve skupini. (sl. 20). Ker sem že prej ugotovil, da se je jamski medved ravnal pri iskanju zavetja v jami bolj po vlagi kot temperaturi, lahko trdim, da je v primeru faktorja 1 glavni ločevalni znak vlaga. Podrobnejša tafonomska in paleontološka analiza fosilnih ostankov, ki bo zajela tudi kvalitativne znake, bo podana na drugem mestu.



Sl. 20: Razlika med količinami fosilnih ostankov jamskega medveda v sestavljenem profilu glede na PCA faktor 1. Podatki so zbrani v tab. 1.

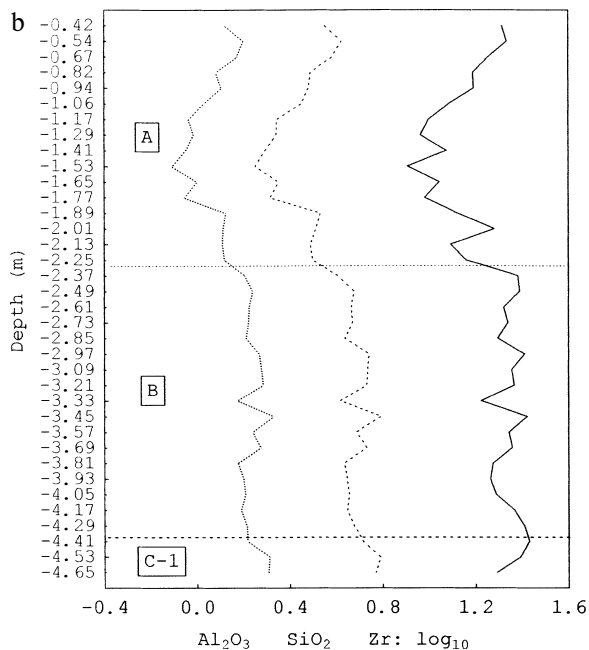
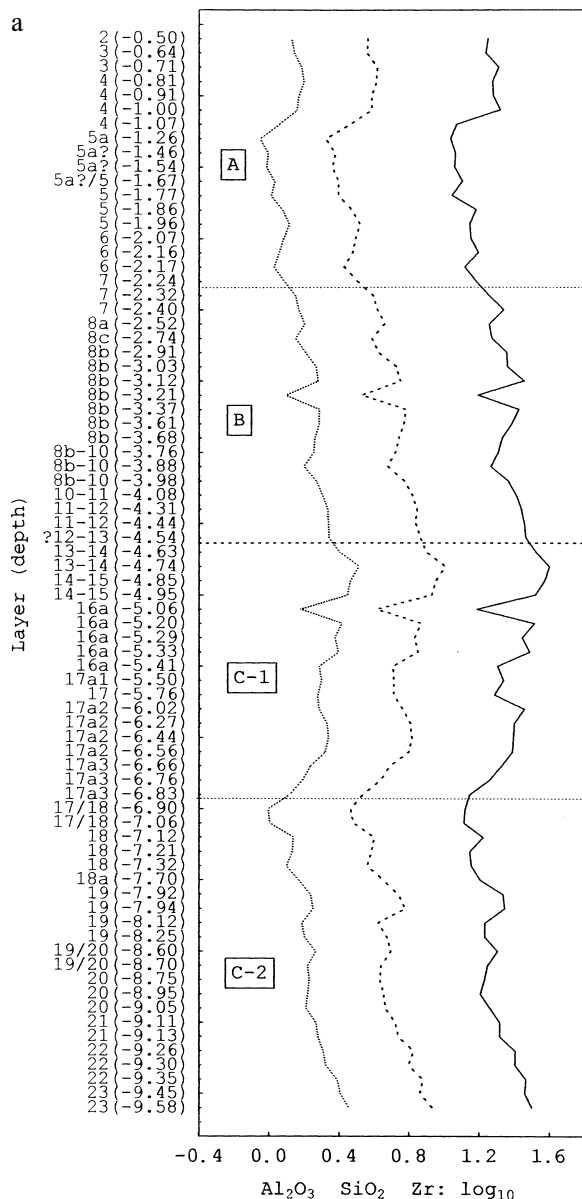
Fig. 20: Difference between the amounts of fossil remains of cave bear in the composite profile in relation to PCA factor 1. Data are collected in Table 1.

3.2.2 Geokemijske lastnosti sedimentov: glavni oksidi in sledne prvine

Geokemijske lastnosti sedimentov sem analiziral z namenom ugotoviti, do kolikšne mere se členitev profila na podlagi teksturnih in morfoloških lastnosti sedimentov ujema s sliko, ki jo daje geokemija. Ločeno sem analiziral sestavljeni profil (tab. 3) in stolpec sedimentov v kvadratu 36 (tab. 2).

Geokemijske prvine se delijo na glavne in sledne, avtohtone in alohtone. Glavne so tiste, ki nastopajo v večjih količinah in so zato izražene v odstotkih in podvržene učinku skupne vsote, sledne so t. i. mikroprvine, ki so izražene v $\mu\text{g/g}$ (ppm) in niso neposredno pod vplivom skupne vsote.

Posebno mesto med alohtonimi prvinami imajo tiste, ki jih je posredno ali neposredno prispeval jamski medved. Vprašanje je, kako jih ločiti od drugih alohtonih in avtohtonih prvin. Menim, da na podlagi podobnosti v porazdelitvi teh elementov s porazdelitvijo fosforja v profilu. Vprašanje je pomembno, ker je od njega odvisna razlaga sprememb v sedimentih, ki so lahko avtociklične ali alociklične. Slednje nastanejo zaradi



Sl. 21a,b: Vsebnost Al_2O_3 , SiO_2 in Zr v sestavljenem profilu (a) in stolpcu kvadrata 36 (b). Označene so facije in subfacije. Podatki so zbrani v tab. 2 in 3.

Fig. 21a,b: Content of Al_2O_3 , SiO_2 and Zr in the composite profile (a) and column of quadrat 36 (b). Facies and sub-facies are marked. Data are collected in Table 2 and Table 3.

zunanjšega vzroka, ki je v jamskih klastičnih sedimentih najpogosteje klima.

Na obogatitev analizirane frakcije sedimentov s prvinami v primerjavi z matično dolomitno kamnino je preko učinka skupne vsote poleg biogenih primesi in biokemijskih procesov, ki so jih te primesi sprožile in pospeševale (prim. Tricart, Cailleux 1965, 113), vplivalo tudi preperevanje, ki je neposredno povezano s klimo oz. temperaturo in vlago na eni strani ter s časom oz. hitrostjo sedimentiranja na drugi. Radiometrične datacije profila in sama debelina sedimentov jasno kažejo, da je bila hitrost sedimentiranja neenakomerna. Poleg tega so v profilu poleg normalnih sedimentov prisotni tudi katastrofični, tj. številni podori, ki prav tako kažejo na neenakomerno hitrost sedimentiranja.

S preperevanjem so povezani nekateri normalno porazdeljeni aktinidi in lantanidi ter silicijevi, aluminijevi in drugi oksidi. Variabilnost teh prvin in oksidov v profilu lahko enačim s hitrostjo sedimentiranja in posredno s klimo, pri čemer več posamezne prvine in oksida lahko pomeni počasnejšo sedimentacijo in obratno. Alternativna razlaga za variabilnost omenjenih prvin in oksidov je različno močno spiranje, ki je povezano s količino padavin (klimo) in posredno s hitrostjo sedimentiranja.

Z raztapljanjem dolomita in hidrologijo oz. vlago so povezani MgO , CaO in Sr.

Posebno mesto zavzemajo fosforjev pentoksid (P_2O_5) in tiste prvine, ki so vezane na organsko komponento sedimentov (Na_2O , Cd, Cu).

Za vse geokemijske prvine in okside je značilno, da njihove vrednosti v profilu ne izražajo globalnega trenda, so pa bolj ali manj ciklične. Če je trend značilen za paleotemperaturo, geokemija ni dolgoročno povezana s temperaturnimi nihanji.

3.2.2.1 Sestavljeni profil in stolpec kvadrata 36

Na sl. 21a,b je prikazana porazdelitev dveh za preperino značilnih oksidov (Al_2O_3 , SiO_2) in cirkonija v sestavljenem profilu in stolpcu kvadrata 36. Zanje je značilna slaba mobilnost. Zelo po-

dobno porazdelitev imajo še Fe_2O_3 , K_2O , Ce in Th. Druge prvine so drugače porazdeljene v profilu. Za večino med njimi je značilno, da so mobilnejše, zaradi česar se lahko preložijo iz višjih ležečih plasti v nižje z eluvialno-iluvialnimi procesi (Ćirić 1986, 152).

Izbrane prvine in oksidi podobno variirajo v sestavljenem profilu in stolpcu kvadrata 36. Manjše razlike so samo v predelu profila, kjer so bile plasti nagubane (plasti 2-5). Zato sklepam, da je geokemijska slika najdišča popolnoma zanesljiva, kar je potrdila tudi primerjava sestavljenega profila s stolpcem kvadrata 36 na podlagi drugih prvin in oksidov (prim. sl. 24a in b). Na tej podlagi lahko tudi zelo natančno primerjam delovne stratigrafske enote (režnje), ki bočno tvorijo sedimentacijske nivoje, s plastmi v sestavljenem profilu (prim. sl. 21a in b).

Sestavljeni profil izbranih prvin in oksidov sem podobno kot profil zmrzlinjskih klastov in agregatov razdelil v facije in subfacije (sl. 21a,b). Meje facij in subfacij so v soglasju s posameznimi deli ciklusov, ki so sestavljeni iz naraščanja in padanja vrednosti posameznih prvin in oksidov. Pri tem je treba poudariti, da so lahko nekatere majhne vrednosti tudi posledica odlaganja sekundarnega kalcita kot npr. v plasti 1 in 17/18, ki vsebujeta sigo ter imata zaradi tega spremenjeno razmerje Sr/CaO in MgO/CaO. Dva izrazita padca prvin, prvi v plasti 8b (-3,21), drugi v plasti 16a (-5,06), nista napaki, ampak stvarnost, saj je bil prvi padeč ugotovljen tudi v stolpcu kvadrata 36 (sl. 21b), medtem ko za drugega ni bilo vzorcev. Oba padca nista povezana z odlaganjem sekundarnega kalcita, ker sta razmerji Sr/CaO in MgO/CaO nespremenjeni.

Hitrost sedimentiranja je v subfaciji C-2 domnevno naraščala. V subfaciji C-1 se je trend obrnil. V plasti 17a₂ je bil ugotovljen 17.000 let dolg radiometrični hiatus (sl. 6). Pod njim je v profilu vidno povečanje prvin in oksidov, ki so povezani s preperevanjem, kar bi kazalo na upočasnitev sedimentiranja. Ob koncu subfacije C-1 je bila hitrost sedimentiranja domnevno najmanjša. To se dobro ujema z radiometrično in fizikalno sedimentološko opredeljenim hiatusom po datumu 74 ka, ki obsega večji del MIS 4. V faciji B je hitrost ponovno domnevno postopno naraščala. V faciji A se je ta trend nadaljeval, dokler ni dosegel domnevno največje hitrosti, ki je hitro padla in ostala stabilna do konca profila. Na koncu profila je druga največja sedimentacijska vrzel, ki obsega vso MIS 2 in pretežni del holocena. Zato bi v plasti 2 pričakoval največje vrednosti SiO_2 , Al_2O_3 in Zr. Vendar ni tako. Domnevam, da je bila jama z najmlajšimi sedimenti vred večji del MIS 2 zamrznjena,

zaradi česar preperina ni nastajala niti se ni odlagala. V holocenu se je v plasti 2 in nad njo tvorila sigo, ki je preprečila nastajanje preperine ter z njo povezanih prvin, zaradi česar se je navidezno zmanjšala vrednost vseh prvin in oksidov na račun porasta CaO in učinka skupne vsote. Zaradi občasnih obiskov jame v holocenu od prazgodovine do antike je bila lahko vrhnja pleistocenska plast na posameznih mestih tudi delno odstranjena.

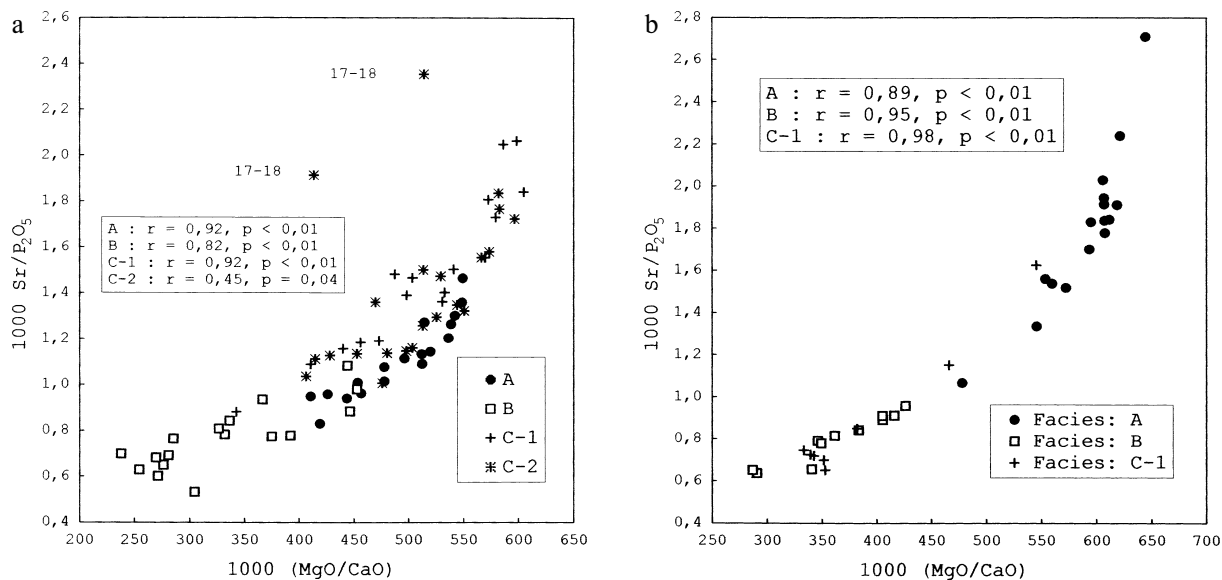
Fosfor, magnezij, kalcij in stroncij so v sestavljenem profilu v različnem razmerju značilno povezani (tab. 7) z matično dolomitno kamnino. Ker sta normalno porazdeljena samo kalcij in fosfor, je težko preučiti vlogo fosforja in posredno jamskega medveda pri diageneti sedimentov v smislu vzroka in posledice.

Tab. 7: Korelacijska matrika (Pearson R) za tri glavne okside in eno sledno prvino v sestavljenem profilu (tab. 3). Statistično značilne korelacije ($p < 0,05$) so izpisane krepko. Table 7: Correlation matrix (Pearson R) for three main oxides and one trace element in the composite profile (Table 3). Statistically significant correlations ($p < 0.05$) are in bold type.

	MgO	CaO	P ₂ O ₅	Sr
MgO	1,00			
CaO	-0,11	1,00		
P ₂ O ₅	-0,42	0,40	1,00	
Sr	-0,05	0,32	0,76	1,00

O možnosti vrtenja v krogu avtocikličnih sprememb, ki bi jih napačno interpretiral kot alociklične, sem že razpravljal pri teksturno-morfološki analizi sedimentov. Ključno vprašanje je, kateri faktor je odločilno vplival na spremembe v geokemijski sestavi, klima ali jamski medved, pri čemer ne dvomim, da je klima, predvsem vlaga, vplivala na vedenjske vzorce in smrtnost jamskega medveda, ki je lahko prispeval veliko alohtonih prvin, predvsem fosfor.

Odnos med fosforjem, magnezijem, kalcijem in stroncijem je prikazan na sl. 22a,b. Da sem odnos med štirimi spremenljivkami, od katerih sta samo dve normalno porazdeljeni, sploh lahko prikazal, sem uporabil razmerja MgO/CaO in 1000 Sr/P₂O₅. Prikazani razmerji sta v močni in značilni pozitivni korelaciji tako v sestavljenem profilu kot v stolpcu kvadrata 36, ki mi je služil za kontrolo. Facija B, ki vsebuje največ ostankov jamskega medveda, je v sestavljenem profilu ločena od facije A in subfacij C-1-2. Plast 17-18, za katero so v peščeni frakciji značilne številne kalcitne konkrecije, tvori ločeno skupino. Zanj so značilni bela barva, malo magnezija in fosforja ter veliko kalcija in stroncija.



Sl. 22a,b: Odnos med MgO/CaO in Sr/P₂O₅ v sestavljenem profilu (a) in v stolpcu kvadrata 36 (b). Podatki so zbrani v tab. 2 in 3. Fig. 22a,b: Relation between MgO/CaO and Sr/P₂O₅ in the composite profile (a) and in the column of quadrat 36 (b). Data are collected in Tables 2 and 3.

V stolpcu kvadrata 36 facija B ni tako izrazito ločena, kar pripisujem bočni variabilnosti ostan- kov jamskega medveda (prim. Turk 2003). Stol- pec kvadrata 36 tudi potrjuje, da odnos med MgO/ CaO in Sr/ P₂O₅ ni linearen, temveč krivoljast.

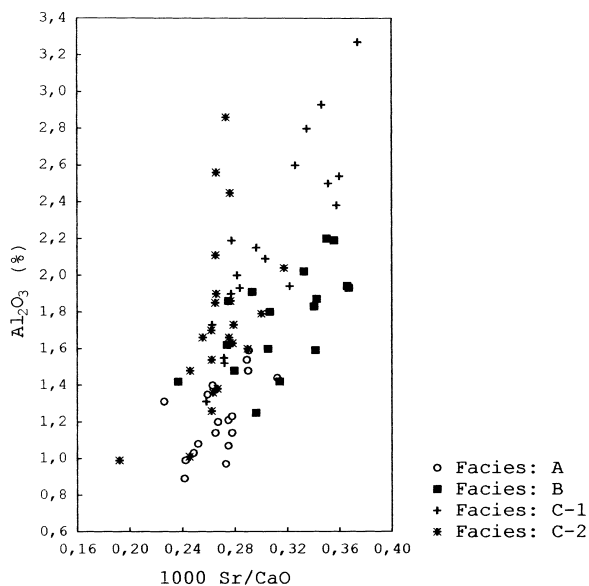
Za facijo A so značilne velike vrednosti MgO/ CaO in Sr/ P₂O₅, ki kažejo na povečanje vsebnosti MgO in Sr oz. zmanjšanje vsebnosti CaO in P₂O₅. V faciji B je slika obratna. Subfacije zavzemajo posebno mesto v diagramu.

Medtem ko spreminjanje vrednosti P₂O₅ lahko brez težav razložim z večjo ali manjšo prisotnostjo jamskega medveda, to pa, kot sem predlagal, z nihanji vlage, je spremembe CaO težje razložiti.

Na podlagi vsega prikazanega domnevam, da je izredno vlažna klima v času odlaganja plasti facije B prisilila jamskega medveda k pogostnejšemu zadrževanju v jami. Povečano spiranje je prispevalo k večji vsebnosti stroncija in kalcija v sedi- mentu. Oba sta se vezala v apatit in sekundarni kalcit v okolju, bogatem z organskimi primesmi, ki so vplivale na topnost fosfatov zaradi spremembe pH vrednosti iz bazične v kislo⁷. Učinek skupne vsote je prispeval k znižanju vsebnosti magnezija. Manjša vsebnost stroncija in magnezija je sicer značilna za sekundarni kalcit.

Glavni dejavnik pri odlaganje sekundarnega kalcita je spiranje. Pri spiranju lahko pride tudi do ilimerizacije ali prelaganja glinenih delcev (Čirić 1986, 154). Ti med drugim vsebujejo tudi aluminij in kalij. Zato sem primerjal razmerje Sr/CaO z Al₂O₃ (sl.

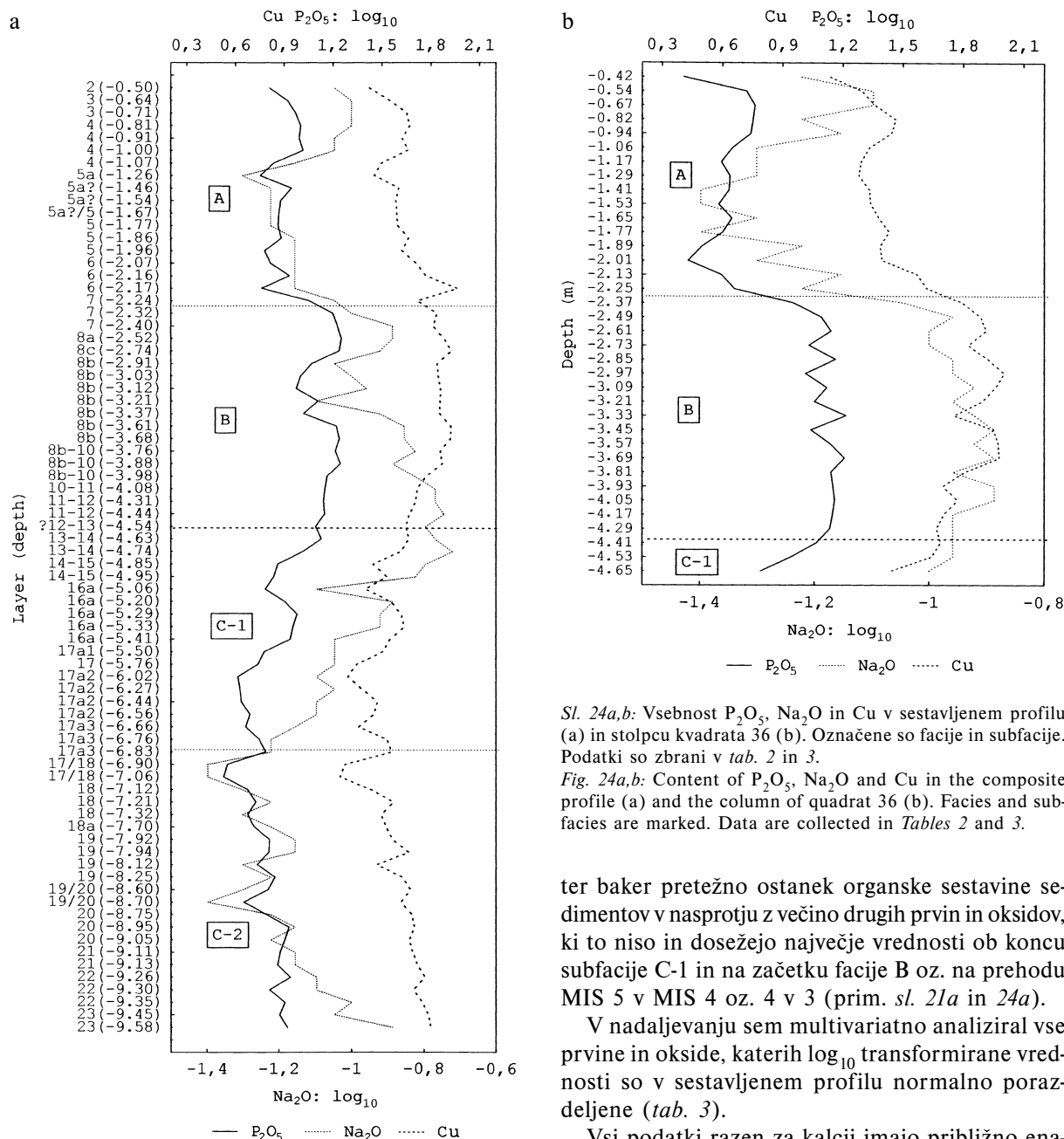
23). Pozitivna korelacija ($R = 0,64, p < 0,05$), ki je izpričana v vseh facijah in subfacijah, potrjuje domnevo, da je vsebnost CaO in Al₂O₃ odvisna predvsem od hitrosti sedimentiranja in/ali intenzivnosti spiranja. Približno enako in značilno korelacijo sem dobil tudi med K₂O in Sr/CaO. Korelacije sem preveril v stolpcu kvadrata 36 in dobil primerljive



Sl. 23: Odnos med razmerjem Sr/Ca in vsebnostjo Al₂O₃ v sestavljenem profilu.

Fig. 23: Relation between the ratio Sr/Ca and the content of Al₂O₃ in the composite profile.

⁷ Izmerjene pH vrednosti v plasteh znašajo od 7,9 do 8,5, kar nakazuje bazično sedimentno okolje.



Sl. 24a,b: Vsebnost P₂O₅, Na₂O in Cu v sestavljenem profilu (a) in stolpcu kvadrata 36 (b). Označene so facije in subfacije. Podatki so zbrani v tab. 2 in 3.

Fig. 24a,b: Content of P₂O₅, Na₂O and Cu in the composite profile (a) and the column of quadrat 36 (b). Facies and sub-facies are marked. Data are collected in Tables 2 and 3.

rezultate ($R = 0,77_{K_2O}$, $p < 0,05$; $R = 0,74_{Al_2O_3}$, $p < 0,05$). Korelacijo zmanjšujeta različna hitrost sedimentiranja in intenzivnost spiranja, ki nista vedno v premosorazmernem odnosu.

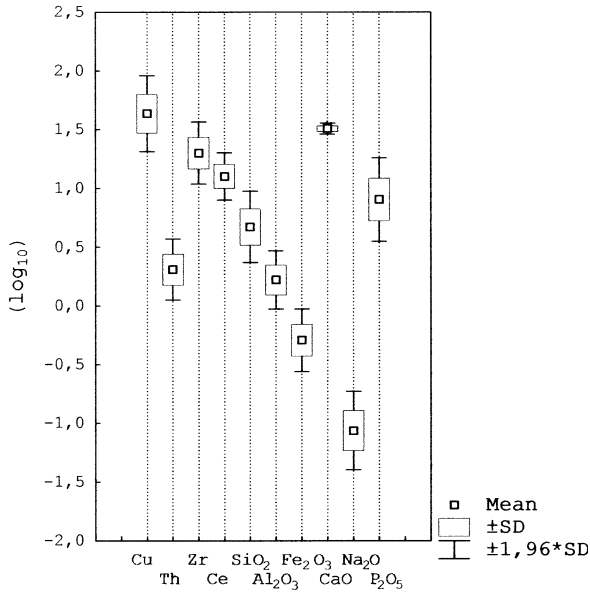
Odnos med oksidom fosforja in natrija ter bakrom prikazuje sl. 24a-b, in sicer v sestavljenem profilu in stolpcu kvadrata 36. Značilno je dobro ujemanje obeh stratigrafskih zapisov, s čimer je dodatno potrjena zanesljivost geokemijskih podatkov. Meje med faciji in subfaciji so v soglasju s posameznimi deli ciklusov. Največje vrednosti so v faciji B, ki ima tudi največ fosilnih ostankov (prim. sl. 12a,b). Zato lahko trdim, da sta oksida fosforja in natrija

ter baker pretežno ostanek organske sestavine sedimentov v nasprotju z večino drugih prvin in oksidov, ki to niso in dosežejo največje vrednosti ob koncu subfacije C-1 in na začetku facije B oz. na prehodu MIS 5 v MIS 4 oz. 4 v 3 (prim. sl. 21a in 24a).

V nadaljevanju sem multivariatno analiziral vse prvine in okside, katerih log₁₀ transformirane vrednosti so v sestavljenem profilu normalno porazdeljene (tab. 3).

Vsi podatki razen za kalcij imajo približno enako standardno odstopanje (sl. 25). Korelacijska matrika kaže (tab. 8), da so vrednosti prvin in oksidov veliko bolj povezane med seboj kot vrednosti teksturnih in morfoloških lastnosti, kar gre delno pripisati učinku skupne vsote. Zato sem pričakoval boljše rezultate pri klasifikaciji plasti v facije in subfacije s pomočjo analize glavnih komponent kot pri fizikalnih podatkih. Po drugi strani močne korelacije med prvinami oz. oksidi govorijo prej za alociklično kot avtociklično naravo kemičnih sprememb v sedimentih, če minimiziram učinek skupne vsote.

Analitski postopek je bil enak kot pri teksturno-morfoloških podatkih, le da sem tokrat preučil podrobneje tudi bočno komponento prvin oz. oksidov



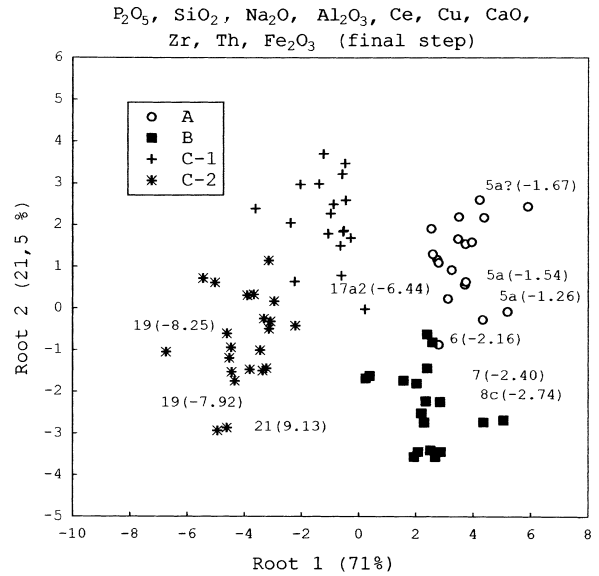
Sl. 25: Grafični prikaz opisnih statistik izbranih slednih prvin in glavnih oksidov v sestavljenem profilu.

Fig. 25: Graphic presentation of the descriptive statistics of selected trace elements and main oxides in the composite profile.

in se tako prepričal o zanesljivosti kronostratigrafske razlage profila tudi na podlagi geokemijske analize.

Najprej sem s pomočjo diskriminantne funkcijske analize izbral prvine in okside, ki v sestavljenem profilu najbolj opredeljujejo facije in subfacije (sl. 26). Izbrane okside in prvine (P_2O_5 , SiO_2 , Na_2O , Al_2O_3 , Ce, Cu, CaO, Zr, Th in Fe_2O_3) lahko povežem s preperevanjem in diagenozo, tj. procesi, na katere vplivata predvsem klima in hitrost sedimentiranja. Zato prvi faktor ("root 1") domnevno predstavlja klimo, drugi ("root 2") pa hitrost sedimentiranja.

Faktor 1 loči subfaciji C-1 in C-2, predvsem pa facije C in A in B. Ločevanje med facijo A in B je neznatno. To pomeni, da je bila klima v faciji C



Sl. 26: Grafični prikaz diskriminantne funkcijske analize (DFA) in razlikovanje med facijami in subfacijami na podlagi izbora prvin in oksidov v sestavljenem profilu. Podatki so zbrani v tab. 3.

Fig. 26: Graphic presentation of discriminant function analysis (DFA) and differentiation between facies and sub-facies on the basis of the selection of elements and oxides in the composite profile. Data are collected in Table 3.

bistveno drugačna od klime v facijah A in B, razlika v klimi pa je bila tudi med subfacijami. Klima v faciji A in B se ni bistveno razlikovala. Faktor 2 loči facijo A in subfacijo C-1 od facije B in subfacije C-2, kar pomeni enako hitrost sedimentiranja v faciji A in subfaciji C-1 na eni strani ter v faciji B in subfaciji C-2 na drugi in različno hitrost med obema skupinama. Slednje dajo slutiti tudi rezultati radiometričnega datiranja (prim. sl. 6 in Blackwell *et al.*, v tisku). Vloga tretjega faktorja je nepomembna, ker pojasnjuje zgolj 7,5 % variacij.

Tab. 8: Korelacijska matrika (Pearson R) izbranih slednih prvin in glavnih oksidov v sestavljenem profilu.

Statistično značilne korelacije ($p < 0,05$) so izpisane krepko.

Table 8: Correlation matrix (Pearson R) of selected trace elements and main oxides in the composite profile.

Statistically significant correlations ($p < 0.05$) are in bold type.

	Cu	Th	Zr	Ce	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	Na_2O	P_2O_5
Cu	1,00									
Th	0,01	1,00								
Zr	0,16	0,83	1,00							
Ce	0,09	0,89	0,94	1,00						
SiO_2	0,11	0,87	0,95	0,97	1,00					
Al_2O_3	0,11	0,88	0,95	0,96	0,98	1,00				
Fe_2O_3	0,22	0,76	0,92	0,91	0,92	0,91	1,00			
CaO	0,49	-0,50	-0,27	-0,39	-0,30	-0,34	-0,18	1,00		
Na_2O	0,43	0,47	0,73	0,63	0,66	0,66	0,72	0,22	1,00	
P_2O_5	0,78	0,02	0,28	0,18	0,20	0,20	0,35	0,69	0,74	1,00

V faciji A in B so na podlagi klasifikacijskih funkcij pravilno opredeljene vse plasti. V subfaciji C-1 je pravilno opredeljenih 17 od 18 plasti, pri čemer je plast 18a (-7,94) nepravilno opredeljena v subfacijo C-2. V subfaciji C-2 je pravilno opredeljenih vseh 22 plasti. Skupaj je pravilno opredeljenih 98,7 % plasti, kar pomeni, da se tako facije kot subfacije zelo dobro ločijo na podlagi izbora prvin in oksidov.

Posamezne plasti, ki predstavljajo facije in subfacije, precej odstopajo (sl. 26). Nekateri primeri, kot npr. zgornji in spodnji del plasti 19 in 5a, kažejo, da določanje plasti na terenu ni zanesljivo v smislu poznejše razlage sedimentov in njihove vsebine.

Naslednji korak je bila analiza glavnih komponent s poudarkom na stratigrafski klasifikaciji prvin in oksidov, ki sem jih izbral z diskriminantno analizo.

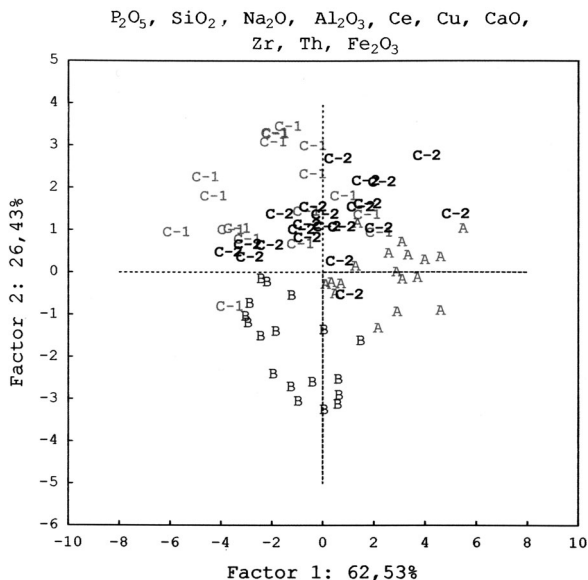
Sl. 27 kaže razlikovanje med facijami in subfacijami na podlagi prvih dveh faktorjev, ki pojasnjujeta 62,5 % oz. 26,4 % skupne variance ali odnosa med faktorji.

Prvi faktor (domnevno hitrost sedimentiranja) razlikuje predvsem med facijama A in B, drugi (domnevno klima) pa med facijami C ter A in B. Rezultat je skladen z rezultatom, ki sem ga dobil na podlagi teksturno-morfoloških oz. fizikalnih lastnosti sedimentov (prim. sl. 17 in 27). Razlikovanje med subfacijami na podlagi obeh faktorjev ni mogoče.

Relativno dober klasifikacijski rezultat PCCA na podlagi geokemijskih podatkov bi lahko pomenil, da podobne dejavnike opredeljuje relativno veliko analiziranih znakov (Manly 1994, 77). To je bilo pričakovano, ker so znaki dobro povezani (tab. 8). Z dodajanjem novih, dobro povezanih znakov bi dobil še boljši rezultat. Vendar moram poudariti, da ni odveč previdnost pri opiranju na rezultat PCCA zaradi vpliva skupne vsote na povezanost glavnih oksidov (P_2O_5 , SiO_2 , Na_2O , Al_2O_3 in Fe_2O_3).

Kontrolni stolpec kvadrata 36 sem analiziral na podoben način kot sestavljeni profil. Glavni namen je bil preveriti verodostojnost razlage rezultatov, ki sem jih dobil na podlagi podatkov v sestavljenem profilu. Znano je, da stratigrafski stolpec neposredno ne kaže bočnih odnosov sedimentacijskega okolja. Večje razhajanje med rezultati, dobljenimi na podlagi sestavljenega profila in stolpca kvadrata 36, bi pomenilo, da je variabilnost med profili večja kot znotraj njih, zaradi česar bi bili rezultati geokemijskih analiz brez upoštevanja bočne variabilnosti nezanesljivi. Opravljeni preprosti preizkusi kažejo, da ni tako (prim. sl. 21a,b, 24a,b).

Zaradi drugačnega načina vzorčevanja, s katerim sem zajel večji volumen sedimenta, sem v stolpcu



Sl. 27: Grafični prikaz klasifikacije plasti v facijah A in B in subfacijah C-1-2 s pomočjo analize glavnih komponent (PCCA) na podlagi izbora prvin in oksidov v sestavljenem profilu. Projekcija plasti, združenih v facije in subfacije, na faktorsko ravnino. Podatki so zbrani v tab. 3.

Fig. 27: Graphic presentation of the classification of layers into facies A and B and sub-facies C-1-2 with the aid of principal components and classification analysis (PCCA) on the basis of the selection of elements and oxides in the composite profile. Projection of layers combined in facies and sub-facies on the factor-plane. Data are collected in Table 3.

kvadrata 36 pričakoval boljši rezultat kot v sestavljenem profilu.

Podatki, vezani na normalno porazdelitev, so me prisilili v drugačen izbor prvin in oksidov (tab. 2), ki je imel to prednost, da vrednosti prvin, izražene v ppm, niso bile proizvod skupne vsote. Razen tega sem tokrat lahko kombiniral geokemijske znake s fizikalnimi: kot so kostni makrofragmenti, večji od 3 mm, in agregati v frakciji, večji od 0,5 mm in manjši od 3 mm. Žal nisem mogel hkrati analizirati tudi oksida fosforja, ker njegove vrednosti niso normalno porazdeljene. Vse vrednosti posameznih prvin in oksidov sem po potrebi ali logaritmi-

Tab. 9: Korelacijska matrika (Pearson R) za tri glavne okside in eno sledno prvino v stolpcu kvadrata 36 (tab. 2). Statistično značilne korelacije ($p < 0,05$) so izpisane krepko. Table 9: Correlation matrix (Pearson R) for three main oxides and one trace element in the column of quadrat 36 (Table 2). Statistically significant correlations ($p < 0.05$) are in bold type.

	Sr	MgO	CaO	P_2O_5
Sr	1,00			
MgO	-0,86	1,00		
CaO	0,61	-0,83	1,00	
P_2O_5	0,89	-0,93	0,74	1,00

Tab. 10: Korelacijska matrika (Pearson R) za izbor \log_{10} transformiranih prvin, oksidov, agregatov v frakciji, večji od 0,5 mm in manjši od 3 mm, in kostnih fragmentov, večjih od 3 mm, v stolpcu kvadrata 36.

Statistično značilne korelacije ($p < 0,05$) so izpisane krepko.

Table 10: Correlation matrix (Pearson R) for selection of \log_{10} transformed elements, oxides, aggregates in the fraction larger than 0.5 mm and smaller than 3 mm, and bone fragments larger than 3 mm in the column of quadrat 36.

Statistically significant correlations ($p < 0.05$) are in bold type.

	Cd	Se	Nb	Th	Y	Ce	Pr	Er	CaO	K ₂ O	Aggregates
Cd	1,00										
Se	0,23	1,00									
Nb	0,29	0,57	1,00								
Th	0,24	0,13	0,66	1,00							
Y	0,45	-0,05	0,46	0,48	1,00						
Ce	0,34	0,45	0,91	0,73	0,69	1,00					
Pr	0,36	0,43	0,88	0,65	0,75	0,98	1,00				
Er	0,45	0,22	0,71	0,61	0,90	0,86	0,89	1,00			
CaO	0,41	0,78	0,49	0,11	0,06	0,48	0,46	0,32	1,00		
K ₂ O	0,35	0,46	0,89	0,59	0,63	0,93	0,92	0,84	0,49	1,00	
Aggregates	0,20	0,58	0,33	0,12	0,11	0,44	0,42	0,26	0,78	0,47	1,00
Bone macro-fragments	0,48	0,61	0,52	0,42	0,23	0,60	0,55	0,41	0,68	0,47	0,58

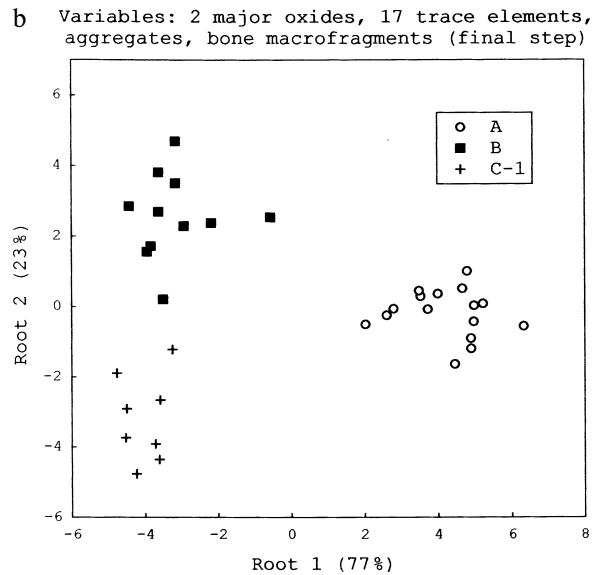
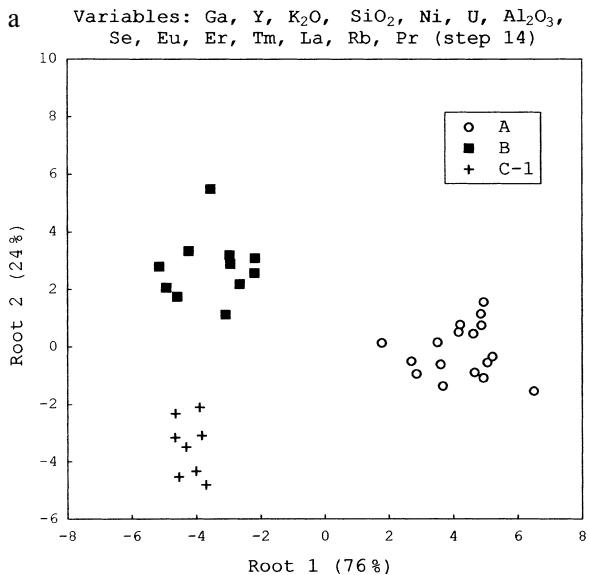
ral (\log_{10}) ali standardiziral, tako da sta srednja vrednost vedno nič in standardno odstopanje enako pri vseh znakih.

Najprej sem preučil odnos med oksidi fosforja, magnezija, kalcija in stroncijem. Odnos je prikazan v tab. 9. Stroncij je podobno kot v sestavljenem profilu bolj povezan s fosforjem kot kalcij. Zaradi drugačnega načina vzorčevanja so korelacije v stolpcu kvadrata 36 bistveno boljše kot v sestavljenem profilu (prim. tab. 7 in 9). Kar je lahko

do neke mere moteče, je nenormalna porazdelitev fosforja, zaradi česar bi bilo bolje namesto običajne korelacije uporabiti korelacijo ranga, vendar pa to ne bi bistveno spremenilo rezultata.

Odnos med MgO/CaO in Sr/P₂O₅ je enak kot v sestavljenem profilu (prim. sl. 22a in b).

V nadaljevanju sem s pomočjo diskriminantne funkcijske analize in standardiziranih podatkov za 27 prvin in oksidov izločil tiste, ki najbolj prispevajo k razlikam med facijami oz. subfacijami. Te



Sl. 28a,b: Grafični prikaz diskriminantne funkcijske analize (DFA) in ločevanje facij oz. subfacij na podlagi izbora geokemijskih (a) in kombiniranih podatkov (b) v stolpcu kvadrata 36. Podaki iz tab. 2, ki so sicer normalno porazdeljeni, so bili bodisi standardizirani (a) bodisi \log_{10} transformirani (b).

Fig. 28a,b: Graphic presentation of discriminant function analysis (DFA) and distinguishing facies and sub-facies on the basis of a selection of geochemical (a) and combined data (b) in the column of quadrat 36. Data in Table 2 that are normally distributed were either standardised (a) or transformed to \log_{10} (b).

prvine oz. oksidi so med seboj močno povezane (prim. tab. 10), kar zagotavlja dober rezultat pri analizi glavnih komponent.

Sl. 28a,b prikazuje rezultat DFA za faciji A, B in subfacijo C-1. Med podatki, vključenimi v analizo, prevladujejo sledne prvine, ki niso proizvod skupne vsote.

Faktor 1 dobro loči facijo A od facije B in subfacije C-1. Faktor 2 dobro loči facijo B in subfacijo C-1 ter nekoliko slabše facijo A, kar še posebej velja za mešane geokemijske in fizikalne znake. Na podlagi dobljenega rezultata in domnevnega razvoja klime, ki se odlikava v zmrzlinških klastih, lahko faktor 2 enačim s klimo. Faktor 1 potem domnevno predstavlja hitrost sedimentiranja. Zanima me, kako se takšna razlaga ujema z razlago sestavljenega profila na podlagi rezultata DFA. V sestavljenem profilu sem za subfacijo C-1 predvidel drugačno klimo, medtem ko med facijama A in B ni bilo razlike. To se ujema s sliko v stolpcu kvadrata 36, v katerem se dodatno zadovoljivo razlikujeta še faciji A in B. Kar zadeva hitrost sedimentiranja, sem v sestavljenem profilu predvidel razliko med facijama A in B, ki se ujema s stanjem v stolpcu kvadrata 36 in radiometričnimi podatki. V sestavljenem profilu naj bi bila hitrost enaka v faciji A in subfaciji C-1. V stolpcu kvadrata 36 je hitrost enaka v faciji B in subfaciji C-1, kar radiometrični podatki ne potrjujejo. To je edina

razlika, do katere je prišlo v bočni smeri pri razlagi rezultata DFA.

Oba faktorja pojasnita v obeh primerih vso razliko med facijami oz. subfacijami ali skupno 100 %.

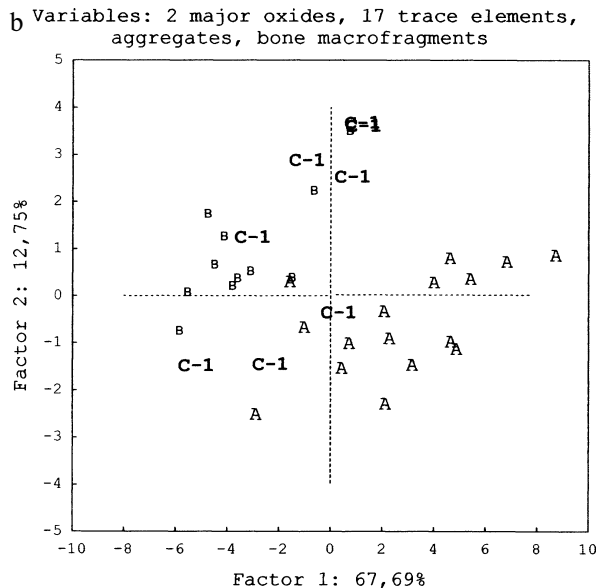
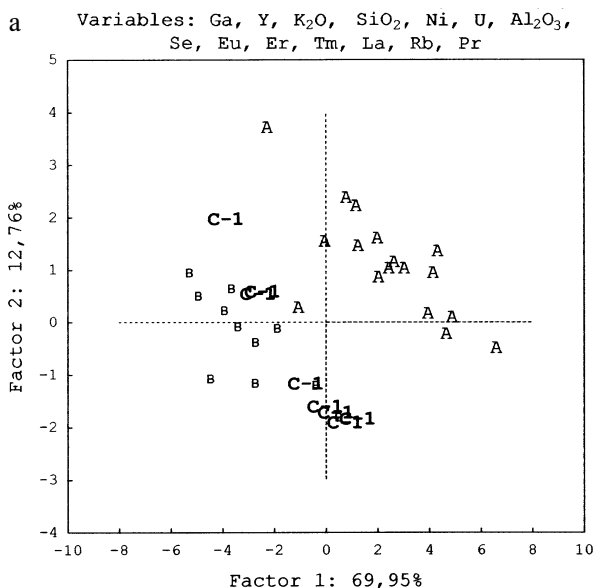
V facijah A, B in subfaciji C-1 so na podlagi klasifikacijskih funkcij pravilno opredeljene vse globine oz. režnji, kar pomeni, da se tako facije kot subfacije dobro ločijo tako na podlagi geokemije kot kombinacije kemijskih in drugih znakov.

K boljšemu rezultatu kot v sestavljenem profilu je nedvomno pripomoglo drugačno vzorčevanje. To je s tem, da je zajelo povprečje približno petkrat večje površine (1 m^2 namesto pribl. $0,2 \text{ m}^2$), zmanjšalo vpliv mikrookolja, s katerim sem se soočil v sestavljenem profilu. Zato analize v stolpcu kvadrata priporočam pri nadaljnjih geokemijskih raziskavah jamskih in drugih sedimentov.

Na podlagi slednih prvin in glavnih oksidov, ki sem jih izbral s pomočjo DFA v stolpcu kvadrata 36, sem naredil analizo glavnih komponent in klasifikacijo plasti, ki tvorijo facije in subfacije. Postopek sem ponovil za kombinirane kemijske in fizikalne znake.

Sl. 29a,b prikazuje razločevanje med facijami in subfacijami na podlagi prvih dveh faktorjev, ki pojasnjujeta večino skupne variance (82,7 % oz. 80,4 %).

Prvi faktor, ki domnevno predstavlja hitrost sedimentiranja, dobro loči facijo A od facije B in



Sl. 29a,b: Grafični prikaz klasifikacije plasti v facije in subfacije s pomočjo analize glavnih komponent (PCCA) na podlagi geokemijskih (a) in kombiniranih podatkov (b) v stolpcu kvadrata 36. Projekcija plasti, združenih v facije in subfacije, na faktorsko ravnino. Podatki so delno zbrani v tab. 2.

Fig. 29a,b: Graphic presentation of the classification of layers into facies and sub-facies with the aid of principal components and classification analysis (PCCA) on the basis of geochemical (a) and combined data (b) in the column of quadrat 36. Projection of layers combined into facies and sub-facies on the factor-plane. Data are partially collected in Table 2.

nekoliko slabše od subfacije C-1, ne loči pa facije B od subfacije C-1. Rezultat je skladen z rezultatom, ki sem ga dobil v sestavljenem profilu (prim. *sl. 27 in 29a*). Ločevanje facij in subfacij na podlagi drugega faktorja, ki domnevno predstavlja klimo, ni mogoče. To se ne ujema z rezultatom v sestavljenem profilu.

3.3 Kronološki sklepi

Določen profil ima toliko večji kronološki pomen, kolikor bolj je razčlenjen. Doslej sta veljala za najbolj razčlenjena jamska pleistocenska profila Betalov spodmol (S. Brodar 1955; Osole 1990) in Črni Kal (S. Brodar 1958). Pred kratkim se jima je pridružil profil Divjih bab I, ki je na podlagi doslej ugotovljene višine 12 m in objavljenih raziskav nedvomno najobetavnejši jamski profil v Sloveniji.

Ker je členitev profila Divjih bab I radiometrično podprta in bolj dognana, kot sta členitvi profilov Betalovega spodmola in Črnega Kala, ga predlagam za tipski profil mlajšega pleistocena v Sloveniji, vse dokler ga ne zamenja vsestransko bolje opredeljen profil. Doslej veljavni tipski profili Potočke zijalke (S. Brodar, M. Brodar 1983), Betalovega spodmola in Črnega Kala ne izpolnjujejo več pogojev za takšen naziv, ker kronoklimatsko niso več ustrezno razloženi. Zato bi morali Potočko zijalko in Betalov spodmol ponovno raziskati in stare kronostratigrafske izsledke primerjati z novim stanjem mlajšepleistocenske kronologije. Prvi korak je bil že storjen, in sicer v Potočki zijalki (Rabeder, Pohar 2004). Žal raziskovalci niso bili najuspešnejši pri primerjanju plasti, določenih pri starih in novih analizah profilov. To je velika pomanjkljivost, ki jo bo treba odpraviti z novimi raziskavami.

Če na kratko povzamem tipski profil Divjih bab I in njegove stratotipe, ugotavljam naslednje:

Paleotemperaturo najbolje odslikavajo sekundarni ali talni zmrzlinški klasti, paleovlago pa izjedkani klasti in agregati.

Členitev profila na podlagi teksturno-morfoloških podatkov se sklada s členitvijo na podlagi geokemijskih podatkov. Profil lahko razdelim na tri večje sklope (facije), te pa na manjše (subfacije). Število subfacij je omejeno s stratigrafsko ločljivostjo in ni dokončno. Za vse facije (A-C) in subfaciji (C-1-C-2) je značilna različna hitrost sedimentiranja, ugotovljena na podlagi radiometrije (*sl. 6*) (Blackwell *et al.*, v tisku).

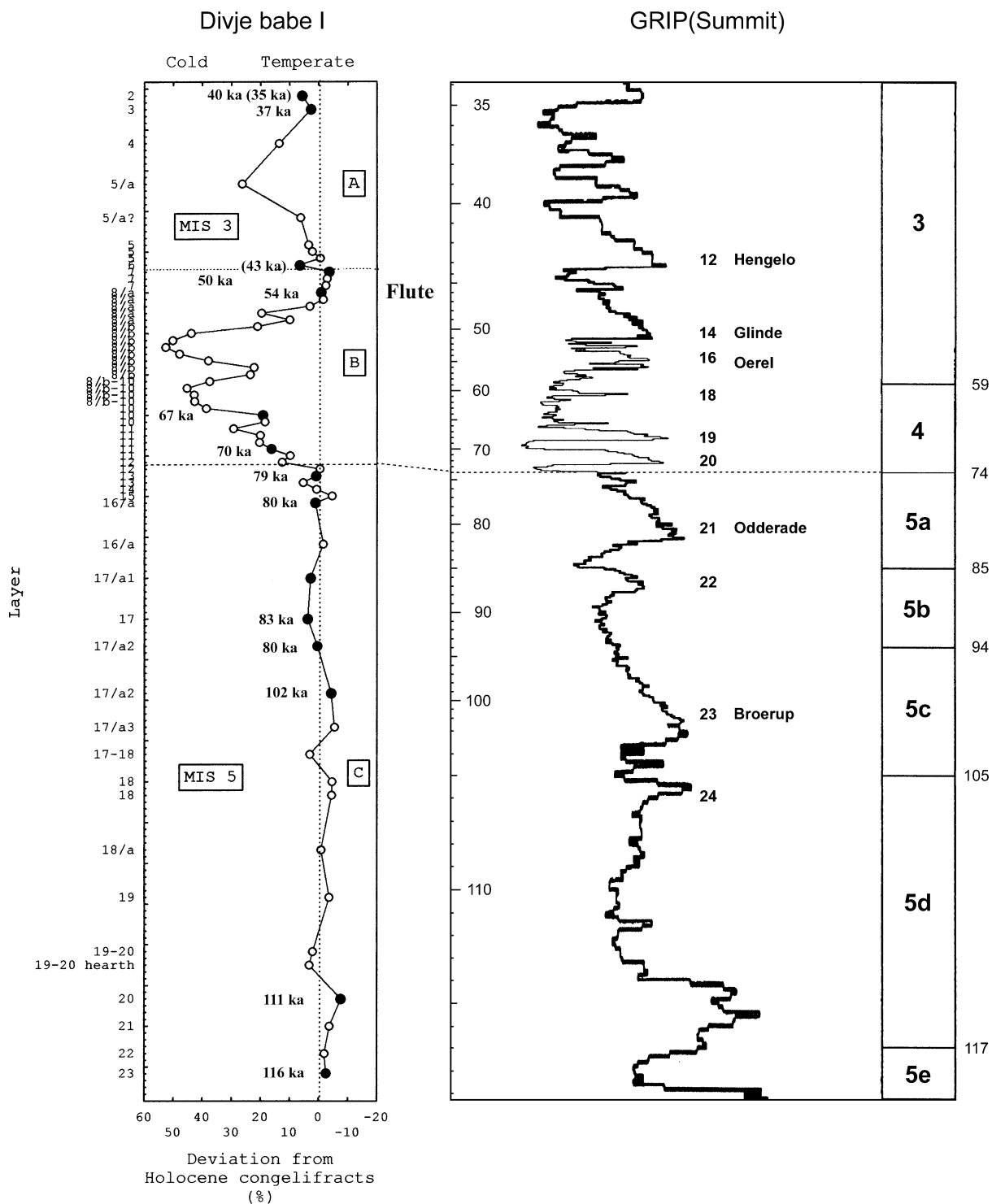
Meja med zmerno klimo in hladno, med suho in vlažno je sedimentološko določena in radiometrično postavljena med 70.000 in 80.000 let⁸ pred sedanostjo oz. med faciji C in B. Pod to mejo je zgodnji glacial ali MIS 5 (= facies C), nad njo "visoki glacial" ("full glacial" oz. "pleniglacial") ali MIS 4-2, pri čemer manjka večji del MIS 4 in celotna MIS 2. Zelo dobro je zastopana MIS 3 (= faciji A in B) ali t. i. "interpleniglacial", ki je sestavljena iz toplih in hladnih klimatskih faz, tj. interstadialov in stadialov. MIS 3, ki se v grobem deli na toplejši del (= facija B), ki traja od 60.000 do 40.000 let pred sedanostjo, in hladnejši del (= facija A), ki traja od 40.000 do 25.000 let pred sedanostjo, je predmet intenzivnega preučevanja (Van Andel, Davies 2003). Profil Divjih bab I predstavlja izborna slovensko okno za preučevanje paleoklime in paleookolja v MIS 3 v povezavi z nadvse pomembnimi paleolitskimi najdbami (prim. M. Brodar 1999).

Najdaljša topla faza v MIS 3 je v profilu Divjih bab I sedimentološko dobro izražena in radiometrično opredeljena. Bila je skoraj tako topla kot zgodnji glacial in zelo vlažna, zlasti na začetku. To toplo dobo lahko zanesljivo primerjam s severnoevropskim pelodnim interstadialom Glindeja oz. Moershoofda (*sl. 30*). Upam, da se bo dala opredeliti tudi na podlagi bogatih najdb lesnega oglja in skromnejših ostankov peloda, makro- in mikrofavne (Culiberg, Toškan, v pripravi). Poleg omenjene tople dobe sta v profilu zabeleženi še dve, od katerih starejša ustreza severnoevropskemu pelodnemu interstadialu Hengela, mlajša pa pelodnemu interstadialu Denekampa. Slednja zaključni stratigrafski niz (*sl. 30*). Od tod naprej do vrhunca glaciala je bil trend takšen, da se je klima samo še ohlajala. Vendar o tem razen krioturbarije v faciji A ni zapisa.

Poleg toplih obdobij so v sedimentih zabeležena tudi zelo hladna (*sl. 10; 30*). Kronološko pomembno je hladno obdobje v nivoju plasti 6, ki je radiometrično datirano 46.000-50.000 let pred sedanostjo. Ker je plast 6 v nivoju bočnih polic, ki so zaradi delovanja zmrzali okoli 47.000 let pred sedanostjo močno preperevale, v kontrolnem profilu nisem ugotovil tako izrazitega povečanja drugotnih zmrzlinških klastov kot v prvo analiziranem sestavljenem profilu (prim. Turk *et al.* 2001, *sl. 5, 9*).

Dobro določena kronološka meja 74.000 let pred sedanostjo, ki se v grobem ujema z mejo med facijami in subfacijami, omogoča tudi korelacijo profila s kronoconami alpske poledenitve (Chaline, Jerz

⁸ Navedena so koledarska leta, ki jih predstavljajo ESR-datumi za najdišče. ESR-datumi so kompatibilni s koledarskimi leti na krivulji MIS in/ali OIS. ¹⁴C-letnice niso koledarske in bi jih morali korigirati.



Sl. 30: Temperaturna nihanja v profilu Divjih bab I na podlagi talnih zmrzlinjskih klastov (tab. 1 in 4: congelifrats <40>10 mm) in možna korelacija z globalno temperaturno krivuljo GRIP (predelano po Weissmüllerju 1997, sl. 1). Časovna lestvica je v tisočletjih (ka). Profil Divjih bab I je datiran z metodo ESR (letnice brez oklepajev predstavljajo koledarska leta) in AMS ^{14}C ("letnice" v oklepaju predstavljajo ^{14}C -leta). Črtkano je označena kronološka meja med MIS 5/4 pri 74 ka. A, B, C so facije, 3, 4, 5a-5d pa kisikove izotopske stopnje.

Fig. 30: Temperature oscillations in the profile of Divje babe I on the basis of soil congelifrats (Table. 1 and 4: congelifrats <40>10 mm) and possible correlation with the global temperature curve GRIP (adopted and modified according to Weissmüller 1997, Fig. 1). Time scale is in thousand years (ka). The profile of Divje babe I is dated by ESR (years not in brackets are calendar years) and AMS ^{14}C ("years" in brackets are ^{14}C -years). Hatching marks the chronological boundary between MIS 5/4 at 74 ka. A, B, C are facies, and 3, 4, 5a-5d oxygen isotope stages.

1984), in sicer interglaciala Rissa-Würma, zgodnjega (starejšega) in srednjega Würma.

Zgodnji virn obsega spodnji del profila od plasti 19/20 do 13, za katerega je značilna stanovitna, zmerno topla in zmerno vlažna klima. Globlje so slabo raziskani interglacialni sedimenti (ris-virm), pod njimi pa še starejši (riški?), na katere je M. Brodar naletel morda v najglobljem delu izkopa. Medtem ko interglacialni sedimenti niso debelejši od enega metra, so glacialni prav zajetni. Na koncu zgodnjevirmskega dela profila je daljša vrzel, ki je domnevno nastala v hladnejši klimi, saj v spodnjem delu profila nisem odkril nobene izrazite ohladitve, ki so sicer značilne za to kronocono in zgodnji glacial v Evropi (Preusser 2004). Zato se interglacialni sedimenti bistveno ne razlikujejo od zgodnjeglacialnih. V še neraziskanem notranjem delu jame je slika lahko tudi drugačna. Predvsem lahko pričakujem, da se je v notranjosti, analogno sedanjemu stanju, odlagala siga, katere kose smo izjemoma našli pri vhodu v plasti 17a₂ in 20 med izkopavanji M. Brodarja.

Najizdatnejši in najzanimivejši del raziskanih sedimentov pripada srednjemu virmu.

Srednji virn obsega zgornji del profila od plasti 12 do 2, za katerega so značilni: nestanovitna klima z relativno kratkimi, ekstremno mrzlimi in vlažnimi obdobji, eno 5.000-6.000 let dolgo toplo in vlažno obdobje in dve krajši topli obdobji. Vsaj dve od naštetih toplih obdobji (interstadialov) sta evidentirani tudi v tipskih profilih Gossau in Dürntena na območju Alp (Preusser 2004). Na začetku tega dela profila je daljša vrzel, ki obsega prvi glacialni vrhunec, ki je v Vzhodnih Alpah (Samerberg, Mondsee) slabo izražen. Še daljša vrzel je na koncu profila, tako da je ta kronocona relativno slabo zastopana v profilu, vendar domnevno bolje kot v drugih profilih širom po Sloveniji. O tem pričajo tudi paleolitske najdbe. To je čas razcveta in zatona neandertalske populacije, ki se konča s širjenjem pripadnikov moderne človeške vrste. Vendar profil Divjih bab I ne seže v čas, ko neandertalci dokončno izumrejo.

Sedimentov mlajšega virma, vključno s poznim glacialnim vrhuncem (LGM = *Late Glacial Maximum*)⁹, v našem profilu ni. To je značilno za vrsto profilov v Sloveniji in drugje. S poznim glacialnim vrhuncem med 27.000 in 16.000 pred sedanostjo je mogoče domnevno povezati krioturbacijo v najmlajših plasteh profila in žepe krioklastičnega grušča v plasti 2.

Verjetne kronološke korelacije z drugimi profili so bile že pojasnjene (Turk *et al.* 2001; Black-

well *et al.*, v tisku) in na tem mestu nimam kaj dodati. Pač pa moram poudariti, da pred tem predlagane pomožne kronocone, kot so "prvi pleniglacial" oz. "srednjevirmski vrh", "interpleniglacial" in "drugi pleniglacial" oz. "mlajševirmski vrh", niso bile najbolj posrečeno izbrane (Turk, Verbič 1993, sl. 11). Zato odsvetujem njihovo uporabo v kronološkem smislu. Namesto njih je bolje uporabljati dogovorno določene kronocone virmske poledenitve, ki sem jih navedel skupaj s pomožnimi kronoconami (prav tam) in jih sedaj tudi opredelil v profilu Divjih bab I. Alternativno lahko uporabljamo tudi oznake kisikovih oz. globokomorskih izotopskih stopenj.

Ko bo temeljiteje obdelana in objavljena tudi favna, flora in paleolitske najdbe, bo mogoče vsestransko opredeliti tudi stratotipe tega pomembnega najdišča.

4. NAMESTO SKLEPA

Klimatokronologija profila Divje babe I je nastala predvsem na podlagi analize litoloških parametrov, ki domnevno najneposredneje in zvezno odlikavajo temperaturo in vlago. Ker je klima opredeljena prav s temperaturo in vlago, ki jima je treba dodati še vpliv vetra in sezonske razporeditve padavin (Tricart, Cailleux 1965, 150 s), česar v danem primeru nisem mogel upoštevati, je paleoklima kljub temu zadovoljivo določena. Če temu dodam še zanesljivost rezultatov in dejstvo, da nova klimatokronologija izpolnjuje večino pogojev, ki sem jih navedel v *Uvodni razpravi za posodobitev kronologije mlajšega pleistocena v Sloveniji* (Turk, Verbič 1993, 29), se je vložen trud poplačal. Zato si upam dati nekaj napotkov bodočim raziskovalcem, zlasti ker so teksturno-morfološke in geokemijske značilnosti sedimentov na podlagi mojih preverjanj podobne v vseh dolomitnih in apnenčastih jamah. To pomeni, da je moj pristop mogoče uporabiti tudi v drugih, podobnih primerih širom po Sloveniji, pa tudi drugje. Na podlagi novih delovnih izkušenj ga je mogoče tudi izpopolniti ali zamenjati z novimi, boljšimi tehnikami in metodami.

Menim, da bi bilo v bodoče treba storiti tole:

1. Še naprej izboljšavati terenske tehnike v smislu dokumentiranja določenih sedimentoloških podatkov v bočni smeri poleg dosedanje prakse dokumentiranja v omejenem številu profilov. V mislih imam predvsem talne zmrzlinke klaste, reliefno korodirane klaste in talne novotvorbe ali agregate, tj.

⁹ Kratica LGM se razlaga nedosledno. Uporablja se tako pozni (*Late*) glacialni vrhunec kot vrhunec zadnjega (*Last*) glaciala (glej Preusser 2004 in Van Andel, Davies 2003).

morfologijo in z njo povezano morfogenezo sedimentov ter diagenozo.

2. Granulometrijo, ki ne obeta veliko za klimatokronologijo, je bolje opustiti in se bolj posvetiti morfometriji. Kolikor se ji ne odrečemo, je treba analizo razširiti tudi na večje frakcije. Analizo velikosti zrn večjih frakcij lahko uspešno nadomesti analiza povprečne velikosti klastov, ki nevtralizira ali vsaj omili učinek skupne vsote v analitskih postopkih in pri razlagi rezultatov. Z njeno pomočjo lahko ločimo prvotne klaste, ki nastanejo s krušenjem jamskega svoda, od drugotnih, ki nastanejo post-sedimentno v tleh (prim. Turk *et al.* 2005).

3. Za biostratigrafske raziskave je najobetavnejši jamski medved, ki ga najdemo v večini najdišč in v skoraj vseh plasteh. Zato ga moramo preučevati metodološko čim bolj neoporečno in sistematično. Preostale sesalske vrste razen malih sesalcev imajo zaradi naključnega in sporadičnega pojavljanja manjšo biostratigrafsko težo, čeprav lahko na podlagi posameznih primerkov negotovo sklepamo na to, kakšno je bilo nekdanje okolje in še bolj negotovo na to, kakšna je bila nekoč klima.

4. Paleobotanične raziskave lahko tako kot sedimentološke veliko pripomorejo k paleoklimatski razlagi profila. Zato se jim je treba v bodoče še bolj posvetiti, predvsem pa izboljšati terensko metodo vzorčevanja. Priporočam ekstenzivno vzorčevanje, ki zajame večje tlorisne površine.

5. Arheostratigrafski podatki ponujajo zelo sumaren vpogled v kronologijo mlajšega pleistocena. Njihova kronološka razlaga je (bila) vedno močno odvisna od tipološke opredelitve najdb, ki je velikokrat sporna.

6. Geokemija lahko pomembno prispeva h klimatokronologiji in k bočnemu koreliranju plasti oz. sedimentov. Predlagam, da ji v bodoče posvetimo več pozornosti ali vsaj toliko kot radiometriji. Poleg tega bodo v bodoče potrebne tudi mineraloške analize jamskih sedimentov.

7. Radiometrija je lahko uspešna samo v navezi s klimatokronologijo, vendar s pogojem, da je klimatokronologija izdelana povsem neodvisno za najdišče, ki ga datiramo. Veliko nevarnost za kronologijo predstavlja vrtenje v krogu interna radiometrija - eksterna klimatokronologija.

8. V bodoče je treba analizirati in interpretirati vse najdbe z najdišča Divje babe I, ki so bile odkrite v letih 1989-1999 (Culiberg, Toškan, Turk, v pripravi), in sicer po predlaganih kronoklimatskih enotah (facijah), in videti, kako se rezultati skladajo s tu

predstavljeno klimatokronološko razlago sedimentov oz. kako dopolnjujejo najdišče kot sistem.

9. Prej ali slej bo treba vzpostaviti kronološke povezave med Divjimi babami I in nekaterimi ključnimi slovenskimi paleolitskimi najdišči. Vendar to ne bo mogoče brez kompleksnih novih analiz starih najdišč v povezavi z radiometrijo, kjer je to še mogoče.

10. Tipiski profil in stratotipe mlajšega virma v Sloveniji je treba opredeliti na podoben način kot srednjega in zgodnjega ali kako drugače. Brez kvalitetnih izkopavanj novih in/ali starih najdišč to ni mogoče.

Zahvale

Temeljne ideje in pristopi v tem članku so popolnoma samonikli. Vsaka podobnost je zgolj naključna. Pri udejanju idej in opravljanju nearheološkega dela, ki se ga še dolgo ne bi nihče lotil, nisem bil deležen veliko pomoči in spodbude. Vendar mi je Inštitut za arheologijo Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti ves čas omogočal kolikor toliko normalno delo in minimalna finančna sredstva, za kar sem vsem iskreno hvaležen.

Iskreno zahvalo sem dolžan tudi redkim, večinoma prostovoljnim sodelavcem. Predvsem Bonnie A. Blackwell (R. F. K. Science Research Institute, ZDA) in Erlu D. Nelsonu (Simon Fraser University, Kanada) za številne radiometrične podatke o najdišču, brez katerih profila ne bi bilo mogoče kronološko kvalitetno umestiti. Prav tako sem hvaležen Dragu Skabernetu (Geološki zavod, Slovenija), ki je prvi predlagal geokemijsko analizo najdiščnega profila in mi pomagal pridobiti geokemijske analize ter mi svetoval na področju sedimentologije. Zahvalo dolgujem svojemu mlajšemu sinu Janezu, ki je opravil mučen analitski postopek na delu kontrolnega profila, vključno s pripravo geokemijskih vzorcev kontrolnega profila. Ne nazadnje se moram zahvaliti dolgotrajnemu terenskemu sodelavcu Janezu Dirjecu za pomoč pri zbiranju in urejanju več tisoč različnih vzorcev, ki so bili podlaga moje študije. Za strokovni pregled teksta in številne popravke ter napotke se zahvaljujem Aleksandru Horvatu (Oddelek za geologijo, Katedra za geologijo in paleontologijo), za lektiranje slovenskega teksta Sonji Likar in za prevod v angleščino prijatelju Martinu Cregeenu.

- BAXTER, M. J. 2003, *Statistics in archaeology*. - London, New York.
- BIETTI, A. in V. MANCINI 1988, Industria musteriana rinvenuta sul monte Genzana (Scanno, L'Aquila). Risultati delle campagne di ricognizione 1984-1985. - *Preist. Alp.* 24, 7-36.
- BLACWELL, B. A. B., E. S. K. YU, A. R. SKINNER, I. TURK, J. I. B. BLICKSTEIN, D. SKABERNE in J. TURK, v tisku. Dating and paleoenvironmental interpretation of the late Pleistocene archaeological deposits at Divje babe I, Slovenia. - V: M. Camps, C. Szmidt (ur.), *The Mediterranean from 50,000 to 25,000 BP: Turning points and new directions*.
- BRODAR, M. 1959, Mokriška jama, nova visokoalpska aurignaška postaja v Jugoslaviji. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 5, 417-469.
- BRODAR, M. 1967, Olševien. - *Arh. vest.* 18, 235-240.
- BRODAR, M. 1971, Olschewien, die Anfangsstufen des Jungpaläolithikums in Mitteleuropa. - V: *Actes du VIII^e Congrès International des sciences préhistoriques et protohistoriques (Beograd)* 1, 43-52, Beograd.
- BRODAR, M. 1986, Jama v Lozi. - *Arh. vest.* 37, 23-76.
- BRODAR, M. 1991, Paleolitik Ciganske jame pri Željnah. - *Arh. vest.* 42, 23-64.
- BRODAR, M. 1996, Mornova zijalka pri Šoštanj. - *Arh. vest.* 47, 9-28.
- BRODAR, M. 1999, Die Kultur aus der Höhle Divje babe I. - *Arh. vest.* 50, 9-57.
- BRODAR, M. 2001, Notwendige Erklärungen zur Crvena stijena. - *Quartär* 51/52, 55-80.
- BRODAR, S. 1939, O stratigrafiji Potočke zijalke. - *Glas. Muz. dr. Slov.* 20, 66-95.
- BRODAR, S. 1955, Ein Beitrag zum Karstpaläolithikum in Nordwesten Jugoslawiens. - V: *Actes du 4^e Congrès International du Quaternaire. Rome - Pise 1953*, 3-8, Roma.
- BRODAR, S. 1958, Črni Kal, nova paleolitska postaja v Slovenskem primorju. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 4, 269-363.
- BRODAR, S. 1960, Periglacialni pojavi v sedimentih slovenskih jam. - *Geografski vestnik* 32, 33-43.
- BRODAR, S. 1966, Pleistocenski sedimenti in paleolitska najdišča v Postojnski jami. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 4, 55-84.
- BRODAR, S. 1967, Razčlenitev pleistocena. - *Arh. vest.* 18, 227-233.
- BRODAR, S. in J. BAYER 1928, Die Potočka zijalka, eine Hochstation der Aurignacschwankung in den Ostalpen. - *Praehistorica* 1, 1-13.
- BRODAR, S. in M. BRODAR 1983, Potočka zijalka. Visokoalpska postaja aurignacijskih lovcev. - *Dela* 1. razr. SAZU 24/13.
- CHALINE, J. in H. JERZ 1983, Proposition de création d'un étage würmien par la sous-commission de stratigraphie du Quaternaire européen de l'INQUA. - *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire* 1983/4, 149-152.
- CHALINE, J. in H. JERZ 1984, Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie. Stratotypen des Würm-Glazials. (Bericht der SEQS 6). - *Eiszeitalter und Gegenwart* 35, 185-206.
- CORNELIUS, M. 1984, Sedimentpetrographische und geochemische Untersuchungen saalezaeitlicher Moränen in Hamburg-Tinsdal. - *Mitteilungen des Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Hamburg* 57, 33-56.
- CULIBERG, M. in A. ŠERCELJ 1998, Pollen and charcoal of mesophilic arboreal vegetation from Pleistocene sediments in Slovenia - Evidence of microrefuges. - *Razprave 4. razr. SAZU* 39, 235-254.
- ĆIRIĆ, M. 1986, *Pedologija*. 2 izdanje. - Sarajevo.
- DIMITRIJEVIĆ, M. in M. DIMITRIJEVIĆ 1989, *Depozicioni sistemi klastita*. - Zagreb.
- DÖPPES, D. 2004, Carnivores and marmots from the Upper Pleistocene sediments of Potočka zijalka (Slovenia). - V: Pacher, Pohar, Rabeder (ur.) 2004, 67-80.
- EHLERS, J. 1996, *Quaternary and glacial geology*. Translated from Allgemeine und historische Quartärgeologie. English version by Philip L. Gibbard. - Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- FARRAND, W. R. 1975, Sediment Analysis of a Prehistoric Rockshelter: The Abri Pataud. - *Quaternary Research* 5, 1-26.
- FORD, D. C. in P. W. WILLIAMS 1992, *Karst Geomorphology and Hydrology*. - London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
- GROSS, H. 1958, Die bisherigen Ergebnisse von C¹⁴-Messungen und paläontologischen Untersuchungen für die Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und den Nachbargebieten. - *Eiszeitalter und Gegenwart* 9, 155-187.
- GROSS, H. 1964, Das Mittelwürm in Mitteleuropa und angrenzenden Gebieten. - *Eiszeitalter und Gegenwart* 15, 187-198.
- GRÜGER, E. 1979, Spättriss, Riss/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern - ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. - *Geologica Bavarica* 80, 5-64.
- HANNSS, Ch., S. WEGMÜLLER in J. BIJU-DUVAL 1992, Les dépôts interglaciaires d' l' Arselle (chaîne de Belledonne, Alpes Françaises). - *Revue de Géographie Alpine* 80, 7-20.
- JÖRIS, O. in B. WENINGER 2004, Coping with the cold: On the climatic context of the Moravian Mid Upper Palaeolithic. - V: J. A. Svoboda, L. Sedláčková (ur.), *The Gravettian along the Danube. Proceedings of the Mikulov Conference, 20.-21. November 2002*, Dolnověstonické studie 11, Brno.
- KRALJ, P. 2003-2004, Sedimentološke značilnosti jamskih usedlin na nekaterih paleolitskih postajah Slovenije. - *Glasnik Slovenske matice* 27-28/1-2, 130-133.
- KRALJ, P. 2004, Clastic deposits in Potočka zijalka (Slovenia). - V: Pacher, Pohar, Rabeder (ur.) 2004, 27-30.
- KRALJ, P. in V. POHAR 2001, Klastični sediment v Potočki zijalki (Clastic deposits in the Potočka zijalka cave). - *Razpr. 4. razr. SAZU* 42, 25-36.
- KU, T.-L. 1997, Datiranje kostnih vzorcev iz jame Divje babe I z uranovim nizom. - V: I. Turk (ur.), *Moustérienska "koščena piščal" in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji / Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, 64-65.
- KUKLA, G. J. 1977, Pleistocene land-sea correlation I. Europe. - *Earth-Science Reviews* 13, 307-374.
- LAIS, R. 1941, Über Höhlensedimente. - *Quartär* 3, 56-108.
- LANZINGER, M. in M. CREMASCHI 1988, Flint exploitation and production at Monte Avena in the Dolomitic Region of the Italian East Alps. - V: H. Dibble, A. Montet-White (ur.), *The Upper Pleistocene Prehistory of Eurasia*, University museum publications, Philadelphia. Monograph 54, 125-139.
- LAVILLE, H. 1975, *Climatologie et chronologie du Paléolithique en Périgord: étude sédimentologique de dépôts en grottes et sous abris*. - Études quaternaire 4.
- LAVILLE, H., J.-P. RAYNAL in J.-P. TEXIER 1986, Le dernier interglaciaire et le cycle climatique wurmien dans le Sud-Ouest et le Massif central français. - *Bull. de l'Association française pour l'étude du Quaternaire* 1986/1-2, 35-46.
- LAVILLE, H., J.-L. TURON, J.-P. TEXIER, J.-P. RAYNAL, F. DELPECH, M.-M. PAQUEREAU, F. PRAT in A. DEBENATH 1983, Histoire paleoclimatologique de l'Aquitaine et du Golf de Gascogne au Pleistocene superieur depuis le dernier interglaciaire / Upper Pleistocene paleoclimatic history of Aquitaine and Bay of Biscay since the Last Interglacial. - V: *Actes du Colloque AGSO Bordeaux, Mai 1983*, Bulletin de l' Instut de Géologie du Bassin d'Aquitaine 34, et CNRS Cahiers du Quaternaire, n° spécial 1983, 219-241.

- LAU, B., B. A. B. BLACKWELL, H. P. SCHWARCZ, I. TURK in J. I. BLICKSTEIN 1997, Dating a flautist? Using ESR (Electron spin resonance) in the Mousterian cave deposits at Divje babe I, Slovenia. - *Geoarchaeology: An International Journal* 12, 507-536.
- MANIA, D. 1997, Altpaläolithikum und frühes Mittelpaläolithikum im Elbe-Saale-Gebiet. - V: L. Fiedler (ur.), *Archäologie der ältesten Kultur in Deutschland. Ein Sammelwerk zum älteren Paläolithikum, der Zeit des Homo erectus und des frühen Neandertalers*, 86-194, Wiesbaden.
- MANLY, B. F. J. 1994, *Multivariate Statistical Methods*. A primer. Second edition. - London, Glasgow, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras.
- MISKOVSKY, J.-C. 1974, *Le Quaternaire du Midi méditerranéen. Stratigraphie et paléoclimatologie d'après l'étude sédimentologique du remplissage des grottes et abris sous roche (Ligurie, Provence, Languedoc méditerranéen, Roussillon, Catalogne)*. - Études quaternaire 3.
- NELSON, D. E. 1997, Radiokarbonsko datiranje kosti in oglja iz Divjih bab I (Radiocarbon dating of bone and charcoal from Divje babe I cave). - V: I. Turk (ur.), *Moustérienska "koščena piščal" in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji / Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, 51-64.
- OSOLE, F. 1959, Analiza pleistocenskih jamskih sedimentov. - *Geologija* 5, 123-128.
- OSOLE, F. 1961, Parska golobina, paleolitska postaja v Pivški kotlini. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 6, 435-506.
- OSOLE, F. 1964-1965, Paleolitik Slovenije. - *Arh. vest.* 15-16, 9-20.
- OSOLE, F. 1965, Izkopavanje v paleolitski postaji Ovcja jama pri Prestranku v letu 1961. - *Geologija* 8, 139-159.
- OSOLE, F. 1967, Oris poselitve Slovenije v pleistocenu. - *Arh. vest.* 18, 241-246.
- OSOLE, F. 1968, Jamski sedimenti Notranjsko-Primorskega Krasa kot posledica pleistocenskih klimatskih nihanj. - V: *Prvi kolokvij o geologiji Dinaridov* 1, 197-201, Ljubljana.
- OSOLE, F. 1974, Radiokarbonske datacije v slovenskem paleolitiku. - *Situla* 14/15, 25-33.
- OSOLE, F. 1976, Paleolitik iz Županovega spodmola pri Sajevečah. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 5, 7-28.
- OSOLE, F. 1977, Matjaževe kamre paleolitsko jamsko najdišče. - *Arh. vest.* 27, 13-41.
- OSOLE, F. 1979, Marovška zijalka, nova paleolitska postaja na Dolenjskem. - *Por. razisk. paleol. neol. eneol. Slov.* 7, 5-14.
- OSOLE, F. 1980, Paleolitik iz jame pod Herkovimi pečmi. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 8, 7-26.
- OSOLE, F. 1986; Würmski jamski sedimenti Slovenije. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 14, 7-10.
- OSOLE, F. 1990, Betalov spodmol, rezultati paleolitskih izkopavanj S. Brodarja. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 18, 7-41.
- OSOLE, F. 1991, Betalov spodmol, rezultati paleolitskih izkopavanj S. Brodarja. 2. del. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 19, 7-129.
- PACHER, M. 2001, New excavation campaigns in the Upper Pleistocene cave bear site Potočka zijalka, Slovenia - state of investigation. - *Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe* 26, 301-310.
- PACHER, M. 2004, Taphonomic analyses of cave bear remains from Potočka zijalka (Slovenia): Further analysis and conclusion. - V: Pacher, Pohar, Rabeder (ur.) 2004, 97-114.
- PACHER, M. in M. MARINELLI 2004, Taphonomic analyses of cave bear remains from Potočka zijalka (Slovenia): Spatial distribution analysis. - V: Pacher, Pohar, Rabeder (ur.) 2004, 89-96.
- PACHER, M., V. POHAR in G. RABEDER (ur.) 2004, *Potočka zijalka. Palaeontological and archaeological results of the campaigns 1997-2000*, - Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 13.
- PAUNOVIĆ, M., G. JAMBREŠIĆ, D. BRAJKOVIĆ, V. MALEZ in J. MAUCH LENARDIĆ 2001, Last glacial settlement of Croatia: Catalogue of fossil sites dated to the OIS 2&3. - *Acta geologica* 26, 27-70.
- PENCK, A. in E. BRÜCKNER 1901-1909, *Die Alpen im Eiszeitalter*. - Leipzig.
- PERESANI, M. in G. DALMERI 1995, I reperti musteriani del Monte Baldo settentrionale. - *Preist. Alp.* 31, 5-11.
- PILAR FUMANAL GARCIA, M. 1986, *Sedimentología y clima en el país Valenciano. Las cuevas habitadas en el Cuaternario reciente*. - Servicio de investigación prehistórica, Diputación provincial de Valencia, Serie de trabajos varios 83.
- PITTIONI, R. 1986, Das Paläolithische Fundgut der Ramesch-Knochenhöhle. - V: P. Hille, G. Rabeder (ur.), *Die Ramesch-Knochenhöhle im Toten Gebirge*, Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 6, 73-76.
- POHAR, V. 1976, Marovška zijalka. - *Geologija* 19, 107-124.
- POHAR, V. 1981, Pleistocenska favna iz Jame pod Herkovimi pečmi. - *Geologija* 24, 241-284.
- POHAR, V. 1985, Kwartarni sesalci iz babje jame pri Dobu. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 26, 97-130.
- POHAR, V. 1997, Late Glacial mammal macrofauna in Slovenia. - *Quartär* 47/48, 149-158.
- POHAR, V. 2003-2004, Razširjenost ledenodobnih živali in pregled stare kamene dobe v Sloveniji. - *Glasnik Slovenske matice* 27-28/1-2, 108-111.
- POHAR, V. in M. BRODAR 2000, Potočka zijalka hochalpine Aurignacstation. - V: 4. mednarodni simpozij o jamskem medvedu (4th International Cave Bear Symposium), Velenje 1998, Geološki zbornik 15, 85-98.
- POHAR, V., M. CULIBERG in R. PAVLOVEC 2002, Globoki vrtni na Ljubljanskem barju v luči pelodne analize. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 43 191-202.
- PREUSSER, F. 2004, Towards a chronology of the Late Pleistocene in the northern Alpine Foreland. - *Boreas* 33 195-210.
- PREUSSER, F., M. A. GEYH in Ch. SCHLÜCHTER 2003, Timing of the Late Pleistocene climate change in lowland Switzerland. - *Quaternary Science Reviews* 22, 1435-1445.
- RABEDER, G. in V. POHAR 2004, Stratigraphy and Chronology of the cave sediments from Potočka zijalka (Slovenia). - V: Pacher, Pohar, Rabeder (ur.) 2004, 235-246.
- RAKOVEC, I. 1956, Razvoj pleistocena na Slovenskem. - V: *Prvi jugoslovanski geološki kongres na Bledu* 23.-27. V. 1954, 59-72.
- RAKOVEC, I. 1958, Pleistocenski sesalci iz jame pri Črnem Kalu. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 4, 365-433.
- RAKOVEC, I. 1959, Kwartarna sesalska favna iz Betalovega spodmola pri Postojni. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 5, 287-348.
- RAKOVEC, I. 1960, O migracijah pleistocenskih sesalcev južno od Alp. - *Geografski vestnik* 32 191-200.
- RAKOVEC, I. 1963, Poznowürmska favna iz Jame v Lozi in Ovcje jame. - *Arh. vest.* 13-14, 241-272.
- RAKOVEC, I. 1967, Sesalska favna Slovenije v pleistocenski dobi. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 18, 291-299.
- RAKOVEC, I. 1975, Razvoj kvartarne sesalske favne v Sloveniji. - *Arh. vest.* 24, 225-270.
- READING, H. G. (ur.) 1996, *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. 3rd edition. - Oxford.
- READING, H. G. in B. K. LEVELL 1996, Controls on the sedimentary rock record. - V: H. G. Reading (ur.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. 3rd edition, 5-25, Oxford.
- SCHLÜCHTER Ch., M. MAISCH, J. SUTER, P. FITZE, W. A. KELLER, C. A. BURGA in E. WYNISTORF 1987, Das Schieferkohlenprofil von Gossau Kanton Zürich und seine

- stratigraphische Stellung innerhalb der letzten Eiszeit. - *Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich* 132, 135-174.
- SCHÜLER, T. 1994, ESR-Datierung von Zahnschmelz aus dem Unteren Travertin von Weimar-Ehringsdorf. - *Alt-Thüringen* 28, 9-23.
- SOERGEL, W. 1925, *Die Gliederung und absolute Zeitrechnung des Eiszeitalters*. - Fortschritte der Geologie und Paläontologie 13, Berlin.
- ŠERCELJ, A. in M. CULIBERG 1985, Rastlinski ostanki v paleolitskih postajah v Sloveniji. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 13, 53-65.
- ŠERCELJ, A. in M. CULIBERG 1991, Palinološke in antrakotomske raziskave sedimentov iz paleolitske postaje Divje babe I. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 32, 129-152.
- TILLET, T. 2001, *Les Alpes et le Jura. Quaternaire et Préhistoire ancienne*. - Paris.
- TOŠKAN, B. 2003, Late Pleistocene small mammals (Insectivora, Chiroptera, Rodentia) from Divje babe I cave (Western Slovenia). - V: *7th International cave bear symposium Trieste 5-6-7 Ottobre 2001*, Atti del museo civico di storia naturale di Trieste, Supplemento al vol. 49, 115-126.
- TRICART, J. in A. CAILLEUX 1965, *Introduction a la géomorphologie climatique*. - Paris.
- TURK, I. 1997, Kronologija (Chronology). - V: I. Turk (ur.), *Moustérienska "koščena piščal" in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji / Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, 67-72.
- TURK, I. 2003, Kako bolje izkoristiti arheološko metodo izkopavanja v kasnejši analizi in razlagi izsledkov. Izkušnje izkopavanj v Divjih babah I, Slovenija. - *Arh. vest.* 54, 9-30.
- TURK, I. 2005, Zagovor morfometrične analize koščenih konic. - *Arh. vest.* 56, 453-464.
- TURK, I. in G. BASTIANI 2000, The Interpleniglacial record in the Palaeolithic site of Divje babe I (Slovenia). Some of the more important results of the 1980-1999 excavations. - *Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, Quaderno* 8, 221-244.
- TURK, I., B. A. B. BLACKWELL, J. TURK in M. PFLAUM, v tisku, Résultats de l'analyse tomographique informatisée da la plus ancienne flûte découverte à Divje babe I (Slovenie) et sa position chronologique dans le contexte des changements paléoclimatiques et paléo-environnementaux au cours du dernier glaciaire. Results of computer tomography of the oldest suspected flute from Divje babe I (Slovenia) and its chronological position within global palaeoclimatic and palaeoenvironmental change during last Glacial. - *L'Anthropologie*.
- TURK, I., M. CULIBERG in J. DIRJEC 1989a, *Paleolitsko najdišče Divje babe I v dolini Idrijce. Zatočišče neandertalcev*. - Kult. nar. spom. Slov. 170, Ljubljana.
- TURK, I., J. DIRJEC, D. STRMOLE, A. KRANJC in J. ČAR 1989b, Stratigraphy of Divje babe I. Results of excavations 1980-1986. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 30/5, 161-207.
- TURK, I. in T. VERBIČ 1993, Uvodna razprava za posodobitev kronologije mlajšega pleistocena v Sloveniji. Starejši in srednji würm. - *Arh. vest.* 44, 29-44.
- TURK, I., D. SKABERNE, B. A. B. BLACKWELL in J. DIRJEC 2001, Morfometrična in kronostratigrafska analiza ter paleoklimatska razlaga jamskih sedimentov v Divjih babah I, Slovenija. - *Arh. vest.* 52, 221-247.
- TURK, I., D. SKABERNE, B. A. B. BLACKWELL in J. DIRJEC 2002, Ocena vlage v mlajšepleistocenskem kraškem okolju - paleoklima in paleomikrookolje v Divjih babah I, Slovenija. - *Acta carsologica* 31, 139-175.
- TURK, I., D. SKABERNE, B. A. B. BLACKWELL in J. DIRJEC 2005, Ocena vlage v mlajšepleistocenskem kraškem okolju - paleoklima in paleomikrookolje v Divjih babah I, Slovenija (revizija). - V: A. Mihevc (ur.), *Kras. Voda in življenje v kamniti pokrajini. Water and life in a rocky landscape*, 173-198, Ljubljana.
- VAN ANDEL, T. H. in P. C. TZEDAKIS 1996, Palaeolithic landscapes of Europe and environs, 150,000-25,000 years ago: an overview. - *Quaternary Science Reviews* 15, 481-500.
- VAN ANDEL, T. H. in W. D. DAVIES (ur.) 2003, *Neandertals and modern humans in the European landscape of the Last Glaciation. Archaeological results of the stage 3 project*. - Cambridge.
- VAN HUSEN, D. (ur.) 2000, *Klimaentwicklung im Riss/Würm Interglazial (Eem) und Frühwürm (Dauerstoffisotopenstufe 6-3) in den Ostalpen*. - Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 12, Wien.
- VAN HUISSTEDEN, K., J. VANDENBERGHE in D. POLLARD 2003, Palaeotemperature reconstructions of the European permafrost zone during marine oxygen isotope Stage 3 compared with climate model results. - *Journal of Quaternary Science* 18, 453-464.
- VENTURINI, C. 2003, Il Friuli nel Quaternario: l'evoluzione del territorio. - V: *Glacies. L'età dei ghiacci in Friuli. Ambiente, clima e vita negli ultimi 100.000 anni. Catalogo della mostra a cura di G. Muscio*, 23-105, Udine.
- WEISSMÜLLER, W. 1997, Eine Korrelation der $\delta^{18}\text{O}$ -Ereignisse des grönländischen Festlandeises mit den Interstadialen des atlantischen und kontinentalen Europa im Zeitraum von 45 bis 14 ka. - *Quartär* 47-48, 89-112.
- WELTEN, M. 1982, *Polenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. Untersuchungen in der Wilkirchli-Höhle (Säntis Gebirge)*. - Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, N. F. 156. Lieferung, 158-164.
- WILLIAMS, P. in M. W. SMITH 1989, *The Frozen Earth. Fundamentals of Geocryology*. - Cambridge.

Contribution of Divje babe I (Slovenia) to the chronology of the Late Pleistocene between the Alps and the Dinarids

Summary

CLASSICAL CHRONOLOGY OF THE WÜRMIAN IN SLOVENIA AND ITS DEFICIENCIES

The first chronology of the Würm glaciation was made almost eighty years ago on the basis of the study of cave sediments in

Potočka zijalka (S. Brodar 1939; S. Brodar, M. Brodar 1983). The stratigraphy of Potočka zijalka, and later other Palaeolithic sites (Mokriška jama, Betalov spodmol, Črni kal), was first compared with the classical chronology of the Alps of A. Penck and E. Brückner (1901-1909), and later with the so-called complete

chronological division of the Würm according to W. Soergel (1925), and only exceptionally with the most advanced division of the Late Pleistocene of H. Gross (1958). The Würm *sensu* Penck and Brückner, and consequently *sensu* Soergel, today represents only a part of last glaciation, without the Late Glacial that Penck and Brückner placed in their "postglacial", i.e., in the time from the Würm glaciation to the present (Preusser 2004). The old chronology is therefore unsuitable and it was necessary to replace it with a new, radiometrically supported chronology of the Würm glaciation in Slovenia. An opportunity for this was supplied by the research at Divje babe I in 1989-1999. We first expressed the need for a new chronology in 1993 (Turk, Verbič 1993). What then followed is partially clear from this contribution.

STRATOTYPES OF THE NEW WÜRM CHRONOLOGY IN SLOVENIA

The chronology of Late Pleistocene cave sites in Slovenia, for which my predecessors laid the foundation (S. Brodar, M. Brodar, I. Rakovec, F. Osole, V. Pohar and A. Šercelj) has been made in a similar way to all other Palaeolithic chronologies in Europe (see Laville 1975; Laville *et al.* 1983, 1986; Miskovsky 1974; Pilar Fumanal Garcia 1986). Correlations between sites were made on the basis of an assumed similar development of climate, fauna, flora and human artefacts. Its weakest link was precisely the chronology in the narrow sense of the word. It was without reliable and independent chronological anchorage, because of which I defined it as "floating". It is interesting that it did not change in the long years of its existence, although the geological scheme on which it was modelled was replaced by a new one (see Turk, Verbič 1993).

The case was otherwise with the chronology of Divje babe I, which developed and changed in line with the development of field and laboratory analytical methodology during the 20-year study of this important site (see Turk *et al.* 1989a, 1989b; Turk 1997; Turk, Bastiani 2000; Turk *et al.* 2001), and less in accordance with the development of other chronologies. It was increasingly difficult for me to link these with the profile of Divje babe I. In the introductory discussion advocating updating the chronology of the Late Pleistocene (Turk, Verbič 1993) I no longer attempted this. The main difficulty was that I did not have the methodology required for making such a correlation.

I solved the problem of the "floating chronology" with the aid of radiometry, by using the results of various techniques of radiometrically dating finds, such as ¹⁴C, uranium series and electron spin resonance - ESR (Nelson 1997; Ku 1997; Lau *et al.* 1997; Blackwell *et al.*, in print). Unfortunately, the sediments themselves could not be dated directly (e.g., with optically stimulated luminescence - OSL, in general cases or thermal luminescence - TL, in the case of hearths), because they are unsuitable for this. With the aid of chronometry, we succeeded in correlating oscillations in temperature, which are directly reflected in sediments, with various records of global climatic oscillations expressed by temperature approximations. I thus first directly compared temperature with temperature, by which I established greater authenticity and reliability of comparison. In this my approach differed essentially from all previous approaches at home and abroad, by which the chronologies of Palaeolithic sites were only indirectly, more or less critically, compared with accepted chronologies of various origin; recently mainly on the basis of radiometric dates (see, e.g., Paunović *et al.* 2001; Jöris, Weninger 2004; Gleirscher, Pacher 2005).

In solving the chronological question connected with Divje babe I, I also tried to rectify all the theoretical and methodological deficiencies discovered by my predecessors. In contrast with M. Brodar (1999, 13-14, 39-40) and normal practice, I found that sediments and not Palaeolithic and other finds provided the greatest chronological potential (Turk 2003). On the basis of sediments, namely, it is possible to trace the two most important global climatic parameters - temperature and humidity - in time and space (see Farrand 1975) in the most direct and connected manner. In addition, I can also conclude the sedimentation rate, which is most directly reflected in the results of radiometric analyses.

Temperature can be determined on the basis of autochthonous soil congelifractions (ice wedged dolostone fragments), and moisture on the basis of authigenic aggregates and etched clasts and bones. The relative sedimentation rate can be assessed on the basis of detached parts of the cavernously corroded cave ceiling and residuals of weathering. From the aforementioned, it is clear that this is a completely new, for the most part simple and effective approach in comparison with general practice both here and abroad.

I had already analysed some parameters which supposedly define climate or temperature and moisture and the mass of fossil remains and checked their reliability in terms of data as such (Turk 2003; Turk *et al.* 2005). I thus re-determined the stratigraphy of the site, which I had preliminarily determined during excavation, and composed three new layers from the original 23, which I will now call facies instead of layers¹. Facies A is the original layers 2-6, facies B 7-12 and facies C 13-23. On the basis of the results of geochemical analysis, I divided facies C into sub-facies C-1 and C-2.

Method, material and chronometry

Between 1980 and 1986 we investigated Divje babe I with the same field techniques as in all other Palaeolithic sites since 1946. Essentially, it was a combination of horizontal and vertical method of removing large blocks of sediment, layer by layer, by cuts approximately 20 cm thick. An individual block was 1-2 m wide. Profiles were documented at one or two metre intervals, but only after each block had been fully excavated. All important finds were given coordinates, but the remainder were recorded only by layers in the block or by profile (see Osole 1990). Profiles served for stratigraphy, a detailed description of sediments by layers and sampling. Because of the variability of profiles, a "normal" profile served for the final description of the sediments by layers, which could be the most complete profile or be composed of a number of profiles. An interpretation of the site was given on the basis of all the data in all profiles. Except for finds with coordinates and samples, the data were not quantified, so for the most part there were qualitative databases or descriptions.

In 1990-1999 I used a new fieldwork technique and new approach for Slovene conditions (see Turk 2003). The majority of results given in this review are connected with the "new" approach, which, in contrast to the old one, was not centred on the study of sediments and their content mainly by profiles, but in the entire investigated space bounded by profiles. The lateral variability of the sediments was thus taken into account, which had already been revealed by the previous method, but too little taken into account in the interpretation of the site. The new approach to collecting and analysing data also allowed a more accurate morpho- and chrono-climatic assessment of the features of some frequent diagenetic processes, which applied as key palaeocli-

¹ The term facies (face) is well-founded because the properties of the sediments beyond the profile x = 21 m change. These laterally changed sediments were not the subject of analysis because for the moment they are archaeologically sterile.

matic indicators. That such an approach is desirable and ideal had already been discovered in 1972 (Farrand 1975, 5), but had never, as far as I know, been applied consistently in practice.

After the pivotal year of 1990, in collecting and analysing field material I constantly monitored the quality and reliability of results and attempted to ensure that these were as authentic as possible (Turk 2003). This was not simple, since I had to spend a great deal more effort, and it took essentially more time than for analysis of the material obtained on site. If the verification process is not foreseen in the working plan of an excavation, it cannot later be carried out. This happened to me with soil congeliffracts, cavernously corroded blocks, the average size of clasts and the share by mass of fractions, in the case of which I know only vertical or chronological division into two contemporary profiles, but not the lateral or spatial variability of the phenomena, by which I could assess the reliability of the results (see Turk 2003).

Profiles analysed after 1990 and their locations are shown on Figures 1-5. The combined profiles create the composite profile of the site. Individual values of the analysed sedimentological parameters are given in *Table 1*, together with lithostratigraphic, chronological, palaeoclimatic, diagenetic and biostratigraphic articulations of the profile (columns 2-8). Two things must be stressed. Firstly, that the values of individual parameters are not dependent on each other because of the effect of the total sum. Secondly, I divided the profile into facies A-C exclusively on the basis of soil congeliffracts in the profile and analysis of bone fragments in the profile and lateral direction (see Turk 2003). I determined sub-facies C-1-2 on the basis of geochemical analysis of samples of sediments in the profile. Layers were determined in the field and are of secondary importance for stratigraphic analysis. The justification of dividing the profile into facies instead of layers was confirmed by all later analyses described in this article, including sedimentation rate (*Fig. 6*).

Chronological division (*Table 1*: column 3) is based on radiometric data (*Fig. 6*), soil congeliffracts of the fraction 10-40 mm and aggregates in the fraction 0.5-3 mm (*Fig. 10*). Of great importance is the chronological boundary between OIS (MIS) 4 and 5², which is covered by the division of the profile on the basis of soil congeliffracts and aggregates into warm-dry and cold-damp parts and the radiometrically determined transition from one part to the other (Turk *et al.* 2001; Blackwell *et al.*, in print). It is necessary to draw attention here to the fact that a lot of the sediments of MIS 4 and the associated finds are lacking because of a sedimentation gap. Similarly, there are no sediments and associated finds of MIS 2. There is also presumably a larger sedimentation gap in MIS 5, approximately between 103 ka and 85 ka (*Fig. 6*).

All the data from all locations at the site that were analysed by statistical methods (program StatSoft STATISTICA 06) represent two groups: physical and chemical.

The physical group embraces the textural and above all morphological characteristics of the sediments, such as soil congeliffracts, cavernously corroded clasts, average size of clasts and content of autigenic aggregates (*Table 1*).

Soil congeliffracts are those that are created in the ground by secondary weathering. In the first publication I called them *post-sedimentary congeliffracts* (Turk *et al.* 2001). They are distinguished from primary or ceiling congeliffracts in that most of their edges are rounded. The first are created by weathering of the cave roof, and the second by weathering of primary congeliffracts in the cave topsoil.

I characterise as soil exclusively the relatively thin top layer, in which intensive diagenetic processes take place or took place, such as weathering and cementing. Endo- and exogenic products of weathering also accumulate in the top layer. In deep layers, these processes are slowed or do not occur at all. Otherwise my theoretical premises are mistaken. However, this is not very likely, since diagenetic processes, judging by their products, do not strengthen with depth and greater age of sediments (see M. Brodar 1959, 425), although the sedimentation rate greatly affects them.

I reduced the influence of sedimentation rate on the amount of soil congeliffracts by the selection of congeliffracts of the final generation, created immediately prior to the deposition of new sediments from weathering of the cave ceiling. In this way, I also equalised the time intervals in which soil congeliffracts were created in individual layers, but did not succeed in annulling the effect on climatic interpretation of discontinuous sedimentation, because of which the record of certain climatic phases was erased in places by later climate development.

Etched or cavernously corroded clasts are created by primary roof and wall corrosion and by secondary corrosion in the ground (Turk *et al.* 2005). Secondary corrosion can theoretically be assessed with the aid of corroded bones (Turk *et al.* 2002, *Fig. 1*), which were corroded exclusively in the ground and are considerably rarer than etched clasts.

The methods that I used in determined corroded and soil congeliffracts have been described in detail in previous publications (Turk *et al.* 2001; Turk *et al.* 2005).

The average size of clasts, which helps in assessing primary (roof and wall) and secondary (ground) operation of freezing and thawing, I obtained by counting and weighing samples of more than one hundred clasts, in such a way that, with the aid of known specific weights of dolomite, I calculated from the average weight the average volume of clasts in a specific fraction. The average size or volume is a good substitute for mass shares of fractions, which I also studied on the basis of samples of sediments weighing approximately 30 kg (see Turk *et al.* 2001).

While I could control standard error both with soil congeliffracts and cavernously corroded blocks and establish similarities in the distribution among various fractions to which soil congeliffracts (*Fig. 7*) and cavernously corroded blocks belong in the composite profile, I could not check the reliability of the data in the way that I did with aggregates and bone remains (Turk 2003). It was not possible to control either standard error or reliability with the mass shares of fractions and average size of clasts.

Among authigenic aggregates, which were formed by diagenetic processes in the soil with the help of water and cement, I selected a grain size which was normally distributed (Turk 2003; Turk *et al.* 2005). As with soil congeliffracts, I could not annul the effect of discontinuous sedimentation, because of which there could be more aggregates in individual levels. I defined aggregates by the density of specific sedimentation fractions, whereby the density is in inverse proportion to the amount of aggregates. I obtain the amount of aggregates by deducting the density from 1, or inverting the scale. I thoroughly checked the precision and reliability of the database of aggregates (Turk 2003). I also compared the frequency of aggregates in various fractions in the composite profile and found considerable agreement between aggregates in the two fractions and the particularity of aggregates in the finest fraction, which is also reflected in its normal distribution (*Fig. 8*).

² I will henceforth use only the abbreviation MIS for "Marine Isotope Stage" and "Oxygen Isotope Stage (OIS)", although the abbreviation *Stage* is very widespread, because it seems to me unnecessary and misplaced to alter the original terminology (but see van Andel, Davies 2003).

In the chemical complex are embraced the geochemical properties of the sediments. These were analysed for the first time to such an extent at a Palaeolithic site in Slovenia. Prior to this, geochemical research only extended to measurement of CaCO_3 and was carried out fairly systematically in connection with granulometry (M. Brodar 1959, Plates 6-7; Osole 1976, Table 1). Other than at Divje babe I, systematic geochemical analysis has to date only been done at Potočka zijalka (Kralj 2004).

Geochemical analyses were carried out in the laboratory of ACME Analytical Laboratories LTD in Canada by the method of inductively coupled plasma emission spectrometry (ICP). Three fractions of sediments were systematically analysed, including aggregates and cements, but I will deal here only with the fraction smaller than 0.5 mm.

Laboratory error in all cases was insignificantly small. Since it was found by repeating individual measurements, it does not say much about the reliability of the geochemical data. I checked this in two ways. Firstly, at an interval of 6 years, I sent for analysis samples of two synchronous series of the fraction smaller than 5 mm from the composite profile and compared the results (Fig. 9). Secondly, I compared geochemical data from sedimentation levels of a column of sediments in quadrat 36 (Table 2), which covered layers 2-15 in the composite profile, with data from the profile (Fig. 21a,b). In both cases the results were in good agreement. Individual larger deviations do not essentially effect interpretation of the profile. More worrying are the systematic major deviations with lead, zinc and nickel, which are therefore better excluded from analytical procedures. It is clear from Figures 10 and 22a,b that cryoturbation over a small area is not the reason for the major differences among the data. In the opinion of D. Skaberne, the depth of frozen soil or pergelisol could have a certain impact, since the majority of the disagreements are precisely on the lower boundary of cryoturbation. Cryoturbation is proved indisputably on the basis of the composition of sediments, which is such that enables cryoturbation, and also on the basis of the sharp lateral boundary between folded sediments and unfolded at $x = 21$ m and the different dip of bones and blocks in folded and more or less horizontal layers. However, it must be stressed that there was no active layer or molisol in Divje babe I, because of which there was also no gelifluction or solifluction, except on the slope below the cave.

In connection with the textural-morphological group and the geochemical one, I processed the very numerous bone remains of cave bear, because his presence during life and after death can have an effect on the diagenesis of sediments.

Analysis of material and climatic interpretation of the results

At this stage of the research, I analysed separately the textural-morphological data of larger fractions of sediments and geochemical data on the basis of the fraction smaller than 0.5 mm. I restricted myself in this to the chronostratigraphic point of view and ascertaining the differences between facies or sub-facies.

Physical characteristics of sediments: texture and morphogenesis

The textural and morphological characteristics of sediments are the result of morphogenesis, which can be linked to palaeoclimate.

The simplest palaeoclimatic explanation of sediments can be given on the basis of soil congelifractions and authigenic aggregates (Turk *et al.* 2001). Fig. 10 shows suspected changes in temperature and humidity in the profile of Divje babe I, as depicted in soil congelifractions 10-40 mm and aggregates larger

than 0.5 mm and smaller than 3 mm. The deviation from Holocene values for Divje babe I is also given.

On the basis of soil congelifractions and aggregates, the profile of Divje babe I can be visually divided into four parts or facies and sub-facies, and roughly into warmer and drier parts and colder and damper (Fig. 10).

Climatic approximations show that colder periods in MIS 3 were generally wetter, which means that there was more rainfall. This does not agree with the majority of interpretations to date of climate in the Late Pleistocene on the basis of cave sediments, according to which it would be precisely the reverse: stadials dry and interstadials damp (Osole 1961, 462; Laville 1975, Table 2, p. 366 and 4, p. 376; Laville *et al.* 1983, Table 1, 2; Miskovsky 1974, Fig. 174, 175; Pilar Fumanal Garcia 1986, Fig. 70; van Huissteden *et al.* 2003). On the other hand, my result is in accordance with envisaged changes in climatic minimum or Late Glacial Maximum (LGM). Climate in the temperate belt (between 35° and 50° latitude) was then more humid than today's because of changes in the circulation of air masses and disposition of climatic belts (Reading, Levell 1996, 10, Fig. 2.1b). Culiberg and Sercelj (1998) also recently drew attention to a damp, cold climate in the Late Glacial Maximum in Slovenia, on the basis of pollen analysis. Regardless of how anyone has come to their results, mine are more logical, because they allow a greater enlargement of glaciers, which is one of the main characteristics of stadials in the glaciological sense. Curves that show the approximation of palaeotemperature and palaeomoisture differ in the cyclical and trend data pattern, which is shown if data are analysed as Time Series/Forecasting, whereby the layers and cuts in the profile serve as a substitute for time units. Palaeotemperature shows a clear falling trend in the profile from lower to upper part, which is in accordance with isotopically determined temperatures in the last interglacial-glacial cycle (Fig. 12b). Palaeomoisture has no trend data pattern but it hints at some kind of cyclical data pattern.

In the interpretation of aggregates, there is a danger of revolving in the circle of aggregates - fossil remains, or the fact that aggregates are a direct result of the accumulation of fossil remains of cave bear, instead of being an indirect result of a humid climate. The indirect cause-and-effect relationship between fossil remains and aggregates is indisputable, on the basis of phosphate binding (see Fig. 12b,c). However, moisture is also need for cementation. In Fig. 11, I have therefore shown the complex relation between palaeoclimatically determined layers given in Table 1, soil congelifractions and bone remains, although also in this case there is an indirect relationship on the basis of temperature and moisture.

In the presumed dry and relatively warm MIS 5 there is no correlation between temperature and cave bear (Fig. 11). The moderate temperature oscillations did not essentially affect the presence of cave bear and their mortality. However, it appears that fossil remains in MIS 5 vary similarly as suspected approximations of palaeotemperature (Fig. 12a). Minor changes in presumed approximations of paleohumidity were either without influence or this influence was less than the impact of temperature (see Fig. 12a,b).

In the presumed damp or dry and cold or relatively warm climates of MIS 3, there is a pronounced positive correlation between temperature and cave bear (Fig. 11). The only exception is layer 5a. The presence of cave bear and mortality is absolutely essentially greater in warm periods than in cold. Such a development of climate is characteristic of MIS 3 sediments on the territory between the Continental and Alpine glaciations (van Huissteden *et al.* 2003); it is also reflected in the pollen profiles south of the Alpine glaciation (van Andel, Tzedakis 1996). The layers of facies A and B show that there are more bone remains in warm periods and fewer in cold ones (Fig. 11, 12a,b). Layer 5a is an exception. There are fewer remains in cold and damp periods than in warm damp ones.

If I replace approximations of palaeotemperature at the abscissa with an approximation of palaeohumidity, there are more bone remains in damp phases and fewer in dry ones. In the layers of facies B that belong to a warm and damp climate, there is a positive correlation between approximations of palaeohumidity and bone remains (Figs. 11 and 12a), and a pronounced negative correlation between approximations of palaeotemperature and bone remains (Fig. 12b). In other MIS 3 layers, there is no particular correlation between climate and cave bear.

Since data from a single profile are not reliable, I studied in detail the same correlations in a control profile belonging chronologically to MIS 3, and stratigraphically predominantly to facies B, in which the most fossil remains, aggregates and phosphates were found (Fig. 13a-c).

In relation to approximations of palaeohumidity, cave bear presence is more connected with cavernous corrosion than with aggregates in the control profile. The correlation is positive. There is no correlation at all between aggregates and cave bear ($R=0.07$, $p<0.05$). In relation to approximations of paleotemperature and cave bear, there is a very strong positive correlation between them (Table 5). Cavernous corrosion was formed mainly in the cave ceiling, so that it is not directly correlated with fossil remains or biochemical processes. It is a purely chemical process.

In connection with continuous sampling of the control profile, I was able to ascertain a significant new aspect, which is the time lag between the peaks of individual palaeoclimatic proxies and peaks of visits and mortality of cave bear. Stratigraphically the interval represents 9-15 cm, which is approximately 300-600 years (Turk *et al.* 2005). There is no lag between soil congelifragments and cavernously corroded clasts, which represent approximations of palaeotemperature and palaeohumidity (Fig. 13a), but there is a lag between cavernously corroded clasts and fossil remains and between soil congelifragments and fossil remains (Fig. 13b,c).

The first lag can be explained by more visits and greater mortality of cave bear because of the break of clastic sedimentation at the time of roof corrosion. So from layers 11 to 8 inclusive there were presumably at least three halts in sedimentation testified by an increased accumulation of fossil remains, which is followed by frost crumbling of the cavernously corroded cave roof (Fig. 13b). Chronometric data show at least two sedimentary gaps, namely at the start and end of this section (see Fig. 6).

The halts in sedimentation may be at least partially connected with warmer climates, when freezing-thawing activity in the ground was reduced. Because of strong corrosion of the cave roof, the climate was presumably also damper. Both had an impact on increasing visits to the cave, which analyses of the whole profile also indicate. The total effect of increased visits and breaks in clastic sedimentation is reflected in the peaks in the curve of cave bear presence.

The second time lag (Fig. 13c), which is somewhat shorter, can be explained by the simultaneous action of freezing and thawing on the cave roof and in the ground. Soil congelifragments, in view of the method, represent a relatively shorter event than the accumulation of fossil remains that undoubtedly occurred with the lags, during which fossil remains also partially migrated below the level of the soil congelifragments, because of the action of gravity and soil perturbation.

On the basis of all the aforementioned, I conclude that cave bear visits to the cave were governed more by humidity than temperature (see Turk *et al.* 2005). Since there is not such a convincing correlation between aggregates and fossil remains as between cavernous corrosion and fossil remains, I believe that, despite phosphate cement, aggregates are a good approximation for palaeohumidity. Not least, the rich phosphate incrustations and/or coatings in the whole of layer 8, and cemented area in the same layer are firm evidence of exceptionally in-

creased percolating water as a result of a major increase in precipitation (Turk, Bastiani 2000).

I checked how reliable the distinction is between facies, or layers combined into facies and sub-facies on the basis of soil congelifragments, with the aid of discriminant function analysis (DFA) and principal component and classification analysis (PCCA). With the aid of DFA, I first extracted the parameters in Table 1 that most contribute to distinguishing between facies and sub-facies (Fig. 15). These are aggregates, soil congelifragments, bone macrofragments, the mass share of sand and average size of rubble.

In facies A and B, all layers are properly defined on the basis of classification functions. Similarly, in sub-facies C-2. In sub-facies C-1, 6 of 9 layers are properly defined, whereby layer ?12-13 is improperly defined in facies B and layers 17 and 17a₃ in sub-facies C-2.

I checked how reliable are the differences between facies in the control profile (Table 4), which I augmented with values for the missing parts of layers in facies A and B (see Table J). This time I used the Kruskal and Wallis median test, which is not based on a normal distribution of data but is comparable with analysis of variance (ANOVA).

All facies significantly differ in all parameters given in Table 4 (Fig. 16), which means in practice that the probability of facies A-C having the same median is less than 0.5% in all cases. The proposed division of the profile into facies is therefore reliable and well-founded.

The next step was the use of PCCA and combining layers into facies and sub-facies on the basis of parameters separated by discriminant function analysis.

Fig. 17 shows the separation of facies and sub-facies on the basis of the first two factors, which explain 34.5% or 32% of the relationship between layers and factors. The first factor is assumed to represent climate and the second sedimentation rate.

The relatively poor results of PCCA in distinguishing on the basis of textural-morphological parameters means that similar factors, e.g., those connected mainly with alocyclical changes, define relatively few of the analysed parameters (Manly 1994, 77). This was to be expected, since the parameters are weakly correlated (Table 6). Adding new, similarly weakly correlated parameters would not give essentially better results.

Since the starting points for defining climate were soil congelifragments and authigenic aggregates, I checked how layers are distinguished in relation to temperature and humidity in relation to factor 1. I found that humidity distinguishes layers more than temperature (Fig. 18a,b). The finding is interesting because the majority of climato-chronological research and explanations of sediments are based mainly on temperature.

I was also interested how, in relation to factor 1, breccia and above all colour, which was the main criteria for delineating layers in the profiles, distinguish the layers. I found that they do not distinguish them (Fig. 19a,b). This could mean that breccia and colour are not directly connected with climate but with diagenesis and pedogenesis or that they are autocyclic changes in the sediments. It is known that various crusts in the soil are created because of pedogenesis and not under the direct influence of climate (Tricart, Cailleux 1965, 67). Lithogenesis, to which cementing into breccia belongs, can occur in the freatic zone beneath the surface of sediments (ibid., 112). So there is no reliable connection between breccia and climate.

In addition to lithostratigraphy, biostratigraphy on the basis of the fossil remains of cave bear is most important for interpretation of the site. These, in fact, represent the only finds whose stratigraphic distribution is continuous in the profile (see Table 1). I could therefore include them in the principal component and classification analysis. In connection with these remains, I posed the same questions as with soil congelifragments, aggregates, breccia and colour of layers. I got similar answers

as with aggregates. Factor 1 or climate fairly well separates fossil remains into two groups (Fig. 20). Since I had already previously found that cave bear behaved in the search for shelter more according to humidity than temperature, it can be said that humidity is the main distinguishing mark in the case of factor 1.

*Geochemical properties of sediments:
main oxides and trace elements*

I analysed the geochemical properties of the sediments in order to establish to what extent the proposed articulation of the profile on the basis of textural and morphological characteristics of sediments corresponds with the picture given by geochemistry. I analysed separately the composite profile (Table 3) and the column of sediments in quadrat 36 (Table 2).

Composite profile and column of quadrat 36

Fig. 21a,b shows the distribution of two oxides characteristic of weathering (Al_2O_3 , SiO_2) and zirconium in the composite profile and the column of quadrat 36. They are characterised by poor mobility. Fe_2O_3 , K_2O , Ce and Th also have a very similar distribution. Other elements are distributed differently in the profile. The majority of them are typically more mobile, because of which they can shift from higher layers to lower with elluvial-illuvial processes (Ćirić 1986, 152).

The selected elements and oxides vary in a similar way in the composite profile and in the column of quadrat 36. There are only minor differences in the part of the profile in which the layers were folded (layers 2-5). I therefore conclude that the geochemical picture of the site is entirely reliable, which is also confirmed by comparison of the composite profile with the column of quadrat 36 on the basis of other elements and oxides (see Fig. 24a,b). On this basis, I can also very precisely compare working stratigraphic units (cuts), which laterally create the sedimentation levels, with layers in the composite profile (see Fig. 21a,b).

As with the profile of soil congelifractions and aggregates, I divided the composite profile of the selected elements and oxides into facies and sub-facies (Fig. 21a,b). The boundaries of facies and sub-facies are in agreement with individual parts of cycles that consist of high and low values of individual elements and oxides. It must be stressed here that some low values may also be a result of the deposition of secondary calcite, such as in layers 1 and 17/18, which contain calcareous sinter and have thus changed Sr/CaO and MgO/CaO ratio. Two pronounced low contents of elements, the first in layer 8b (-3.21 cm), and the second in layer 16a (-5.06 cm), are not errors but the reality, since the first low content was also found in the column of quadrat 36 (Fig. 21b), and there was not a sample for the second. The two low contents are not connected with the deposition of secondary calcite, since the Sr/CaO and MgO/CaO ratios are unchanged.

The relationship among phosphorous, magnesium, calcium and strontium is shown in Fig. 22a,b. In order to show the relationship among the four variables, of which only two have a normal distribution, I used the ratio MgO/CaO and 1000 Sr/P₂O₅. The ratios shown are in strong and significant positive correlation both in the composite profile and in the column of quadrat 36, which served as control. Facies B, which contains the most remains of cave bear is distinguished from facies A and sub-facies C-1-2 in the composite profile. Layer 17/18, which is characterised in the sandy fraction by numer-

ous calcite concretions, makes a separate group. A white colour, little magnesium and phosphorus and a lot of calcium and strontium are characteristic of it.

In the column of quadrat 36, facies B is not so explicitly distinguished, which I ascribe to the lateral variability of cave bear remains (see Turk 2003). The column of quadrat 36 also confirms that the relationship between MgO/CaO and Sr/P₂O₅ is not linear but exponential (Fig. 22b).

High values of MgO/CaO and Sr/P₂O₅ are characteristic of facies A, which indicate an increased content of MgO and Sr or reduced content of CaO and P₂O₅. The picture is the reverse in facies B. Sub-facies C-1 and C-2 occupy an individual place in the diagram.

While varying values of P₂O₅ can easily be explained by greater or lesser presence of cave bear, and this, as I have suggested, with oscillations in humidity, the variation of CaO is more difficult to explain.

On the basis of all the aforementioned, I suspect that the extremely humid climate at the time of deposition of the layers of facies B forced cave bear to spend more time in the cave. The increased leaching contributed to the greater content of strontium and calcium in the sediment. Both were bound in apatite and secondary calcite in the environment, rich in organic compounds that affected the solubility of phosphates because of the change in the pH value from basic to acid³. The effect of the total sum contributed to a reduction in the content of magnesium. Smaller amounts of strontium and magnesium are typical of secondary calcite.

The main factor in deposition of secondary calcite is leaching. During leaching, illimerisation or displacement of clay particles occurs (Ćirić 1986, 154). These contain among other things also aluminium and calcium. I therefore compared the ratio of Sr/CaO with Al_2O_3 (Fig. 23). The positive correlation ($R = 0.64$, $p < 0.05$), which is attested in all facies and sub-facies, confirms the suspicion that the content of CaO and Al_2O_3 depends mainly on the sedimentation rate and/or intensity of leaching. I also got approximately the same and significant correlation between K_2O and Sr/CaO. I checked the correlation in the column of quadrat 36 and obtained a comparable result ($R = 0.77_{\text{Al}_2\text{O}_3}$, $p < 0.05$; $R = 0.74_{\text{K}_2\text{O}}$, $p < 0.05$). Different sedimentation rate and leaching, which are not always in equilibrium, reduce the correlation coefficient.

The relation between oxides of phosphorus and sodium and copper is shown in Fig. 24a,b, in the composite profile and in the column of quadrat 36. The good agreement between the two stratigraphic records is significant, which additionally confirms the reliability of the geochemical data. The boundaries between facies and sub-facies are in agreement with individual parts of cycles. The highest values are in facies B, which also has the most fossil remains (see Fig. 12a,b). I can therefore state that the oxides of phosphorus and sodium and copper are predominantly the remains of organic components of the sediments, in contrast with the majority of other elements and oxides, which are not such and achieve their highest values at the end of sub-facies C-1 and the start of facies B or at the transition of MIS 5 to MIS 4 or MIS 4 to MIS 3 (see Fig. 21a and 24a).

I subjected the geochemical data to multivariate analysis in the same way and for the same purpose as the textural-morphological data, except that this time I also studied the lateral components of the elements and oxides in more detail on the basis of geochemical analysis.

With the aid of DFA, I first selected the elements and oxides that most defined the facies and sub-facies in the composite profile (Fig. 26). The selected oxides and elements (P₂O₅, SiO₂, Na₂O, Al_2O_3 , Ce, Cu, CaO, Zr, Th and Fe₂O₃) can be linked to weathering and diagenesis, i.e., processes on which climate

³ The measured pH values in the layers vary from 7.9 to 8.5, which indicates a basic sedimentary environment.

and sedimentation rate have the main influence. The first DFA factor ("root 1") presumably represents climate and the second ("root 2") the sedimentation rate.

In facies A and B, all layers are properly classified on the basis of classificational functions. In sub-facies C-1, 17 of 18 layers are properly classified, whereby layer 18a (-7,94 cm) is wrongly placed in sub-facies C-2. All 22 layers in sub-facies C-2 are properly classified.

The next step was the use of PCCA for elements and oxides that I had chosen with DFA.

Fig. 27 shows the differentiation between facies and sub-facies on the basis of the first two factors, which explain 62.5% and 26.4% of total variance or the relationship between factors and data. The first factor presumably represents sedimentation rate and the second climate.

The relatively good classificational results of PCCA on the basis of geochemical data could mean that similar factors define the relatively large number of analysed parameters (Manly 1994, 77). This was to be expected, since the parameters are strongly correlated (Table 8). By adding new, strongly correlated parameters, even better results would be obtained. However, I must stress that care must be taken in relying on the results of PCCA because of the effect of the total sum on the correlations of the main oxides (P_2O_5 , SiO_2 , Na_2O , Al_2O_3 and Fe_2O_3) expressed in % weight.

I analysed the control column of quadrat 36 in a similar way as the composite profile. The main purpose was to check the reliability of the explanation of the results that I had obtained on the basis of data from the composite profile. It is known that a stratigraphic column does not directly show the lateral relations of the sedimentary environment. A major deviation between the results obtained on the basis of the composite profile and the column of quadrat 36 would mean that the variability between profiles is larger than within them, because of which the results of geochemical analyses would be unreliable without taking into account lateral variability. Simple tests performed show that this is not so (see Fig. 21a,b and 24a,b).

Because normal distribution of data was required for DFA and PCCA, I was forced to make a different selection of elements and oxides (Table 2), which had the advantage that the values of elements expressed in ppm were not the product of a total sum. In addition to this, I combined the geochemical parameters this time with physical ones such as bone fragments larger than 3mm, and aggregates in the fraction larger than 0.5 mm and smaller than 3 mm. Unfortunately, I could not at the same time analyse the oxide of phosphorous because its values were not normally distributed.

Firstly, with the aid of DFA and standardised data for 27 elements and oxides, I separated those that most contribute to differences between facies and sub-facies. These elements and oxides are strongly correlated (see Table 10), which ensures a good PCCA result.

Fig. 28a,b shows the results of DFA for facies A, B and sub-facies C-1. Trace elements that are not products of the total sum predominate among the data included in the analysis.

I envisaged a different climate for sub-facies C-1 in the composite profile, while there was no difference between facies A and B. This corresponds to the picture in the column of quadrat 36, in which facies A and B are also satisfactorily distinguished. In relation to the sedimentation rate, I envisaged in the composite profile a difference between facies A and B, which corresponds to the situation in the column of quadrat 36 and radiometric data. In the composite profile the sedimentation rate is the same in facies A and sub-facies C-1. In the column of quadrat 36 the rate is the same in facies B and sub-facies C-1, which radiometric data did not confirm.

This is the only difference that occurred in a lateral direction in the interpretation of the DFA results.

In facies A, B and sub-facies C-1, all depths or cuts are properly identified on the basis of classificational functions, which means that both facies and sub-facies are well distinguished on the basis of both geochemistry and a combination of geochemistry and physical parameters.

Different sampling undoubtedly contributed to better results than in the composite profile. This reduced the influence of the microclimate in that it embraced a fivefold larger area (1 m² instead of approx. 0.2 m²), with which I was confronted in the composite profile.

I carried out PCCA on the basis of trace elements and the main oxides, which I selected with the aid of DFA in the column of quadrat 36. I repeated the procedure for combined chemical and physical parameters.

Fig. 29a,b shows the differentiation between facies and sub-facies on the basis of the first two factors, which explain the majority of total variance (82.7% and 80.4%).

The result is in accordance with the result that I got in the composite profile (see Fig. 27 and 29a), except that distinction of facies and sub-facies on the basis of the second factor, which presumably represents climate, is not possible. This does not correspond with the result in the composite profile.

Chronological conclusions

To summarise briefly the type profile of Divje babe I and its stratotypes, I find the following:

Palaeotemperatures are best reflected by secondary or soil conglifractions, and palaeohumidity by cavernously corroded clasts and authigenic aggregates.

Articulation of the profile on the basis of textural-morphological data accords with articulation on the basis of geochemical data. I can divide the profile into three major groups (facies) and these into smaller ones (sub-facies). The number of sub-facies is limited by stratigraphic resolution and is not final. A different sedimentation rate, established on the basis of radiometry, is characteristic of all facies (A-C) and sub-facies (C-1-C-2) (Fig. 6) (Blackwell *et al.*, in print).

The boundary between a moderate climate and a cold one, between dry and damp is determined sedimentologically and set radiometrically between 70,000 and 80,000 years⁴ BP or between facies C and B. Below this boundary is the Early Glacial or MIS 5 (= facies C), above it the "full glacial" or the "pleniglacial" or MIS 4-2, in which the major part of MIS 4 and the entire MIS 2 is missing. MIS 3 or the "interpleniglacial" is very well represented (facies A and B). It consisted of warm and cold climatic phases, i.e., interstadials and stadials. MIS 3, which is roughly divided into a warmer part (facies B) which lasted from 60,000 to 40,000 BP and a colder part (facies A) which lasted from 40,000 to 25,000 BP, has been the subject of intensive study (Van Andel, Davies 2003). The profile of Divje babe I represents an excellent Slovene window for studying palaeoclimate and palaeoenvironment in MIS 3 in connection with extremely important palaeolithic finds (see M. Brodar 1999).

The longest warm phase in MIS 3 is well expressed sedimentologically in the profile of Divje babe I and radiometrically defined. It was almost as warm as the Early Glacial and very damp, especially at the beginning. This warm period can be reliably compared with the North European pollen interstadial of Glinde or Moershoofd (Fig. 30). I hope that it can also be defined on the basis of the rich finds of wood charcoal and more modest remains of pollen, macro- and micro-fauna

⁴ Calendar years are cited represented by ESR dates for the site. The ESR dates are compatible with calendar years on the MIS or OIS curve. ¹⁴C years are not calendar and should be corrected.

(Culiberg, Toškan, in preparation). In addition to the aforementioned warm periods, very cold periods are also recorded in the sediments (*Fig 10; 30*) The cold period at the level of layer 6, which is radiometrically dated to 46,000-50,000 BP, is chronologically important. Because layer 6 is at the level of the side shelves, which were strongly weathered because of the action of freezing and thawing around 47,000 BP, I did not find such a pronounced increase in soil congelifractions in the control profile as in the first analysed composite profile (see Turk *et al.* 2001, *Fig 5; 9*).

The well-defined chronological boundary at 74,000 BP, which roughly corresponds to the boundary between the facies B and sub-facies C-1, also enables a correlation of the profile with chronozones of Alpine glaciation (Chaline, Jerz 1984), namely the Riss-Würm interglacial, Early (Lower) and Middle Würmian.

The Early Würmian embraces the lower part of the profile from layers 19/20 to 13, for which a stable, moderately warm damp climate is characteristic. Further down are poorly investigated interglacial sediments (Riss-Würm), and below them even older (Riss glaciation?), on which M. Brodar perhaps alighted in the deepest part of his trench. While interglacial sediments are not thicker than one metre, glacial sediments are several metres thick. At the end of the Early Würmian part of the profile, there is a longer gap that was presumably created in a colder climate partly corresponding to MIS 4, since in the lower part of the profile I found no pronounced cooling such as is characteristic of this chronozone and the early glaciation in Europe (Preusser 2004). Another multi millennial gap was detected in layer 17a₂ corresponding to a cold phase in MIS 5 around 90,000 BP (*Fig. 6; 30*). Interglacial sediments do not therefore differ essentially from Early Glacial ones. In the still uninvestigated interior part of the cave, the picture may also be different. I could expect above all that, analogous to the present state, dripstone was deposited in the interior, fragments of which we found exceptionally at the entrance in layers 17a₂ and 20 during the excavations of M. Brodar.

The most extensive and most interesting part of the investigated sediments belong to the Middle Würmian.

The Middle Würmian covers the upper part of the profile from layers 12 to 2, which are characterised by an unstable climate with relatively short, extremely cold and damp periods, one warm damp period lasting 5,000 to 6,000 years and two shorter warm periods. At least two of the enumerated warm periods (interstadials) are also recorded in typical profiles of Gossau and Dürnten in the area of the Alps (Preusser 2004). There is an extended gap at the start of this part of the profile, which covers the lower pleniglacial maximum, which is poorly expressed in the Eastern Alps (Samerberg, Mondsee). There is an even longer gap at the end of the profile, so that Middle Würmian chronozone is in fact relatively poorly represented in the profile, although perhaps better than in other profiles in different parts of Slovenia. Palaeolithic finds also testify to this. This is the time of the rise and fall of the Neanderthal population, which ends with the spread of fully modern humans. However the profile of Divje babe I does not extend to the time when Neanderthals finally died out.

There are no sediments in the Divje babe I profile from the Late Würmian, including Late (Last) Glacial Maximums (LGM)⁵. This is characteristic of a series of profiles in Slovenia and elsewhere. Cryoturbation in the youngest layers of the profile and the pockets of scree (*éboulis secs*) in layer 2 can presumably be linked to Late Glacial Maximum between 27,000 and 16,000 BP.

Translation: Martin Cregeen

Ivan Turk
Inštitut za arheologijo
Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU
Novi trg 2
SI-1000 Ljubljana
iza@zrc-sazu.si

⁵ The use of this abbreviation is inconsistent. Both Last and Late Glacial Maximum are in use (see Preusser 2004 and Van Andel, Davies 2003).