

Združbe prvin v sedimentih reke Mure, značilni nosilci elementov in njihovi viri



Barbara Čeplak

Radenci, 29. 11. 2024

Geološki zavod Slovenije



Vsebina

- Namen in cilji raziskave
- Materiali in metode
- Rezultati in razprava
 - Elementna sestava
 - Mineraloška sestava
 - Geokemične združbe elementov
 - Karakterizacija delcev
- Zaključki



Namen in cilji raziskave



- Na podlagi velike količine vzorcev sedimentov rečnega korita in sedimentov poplavnih ravnin porečja reke Mure smo:
 - določili elementno in mineraloško sestavo sedimentov reke Mure ter s pomočjo statističnih metod izluščili geokemične združbe elementov,
 - določiti razlike med naravnimi in antropogenimi vrednostmi,
 - določili nosilce prvin,
 - ter sklepali na morebitne antropogene vire.

Vzorčenje in elementne analize

- Sedimenti rečnega korita**

- avgust 2022, november 2023
- 41 vzorcev (2 frakciji; <0.063 mm, 0.063-0.125 mm)

- Sedimenti poplavnih ravnin**

- avgust 2023
- 6 profilov na 5-ih lokacijah
- 62 vzorcev (2 frakciji; <0.063 mm, 0.063-0.125 mm)

- analize**

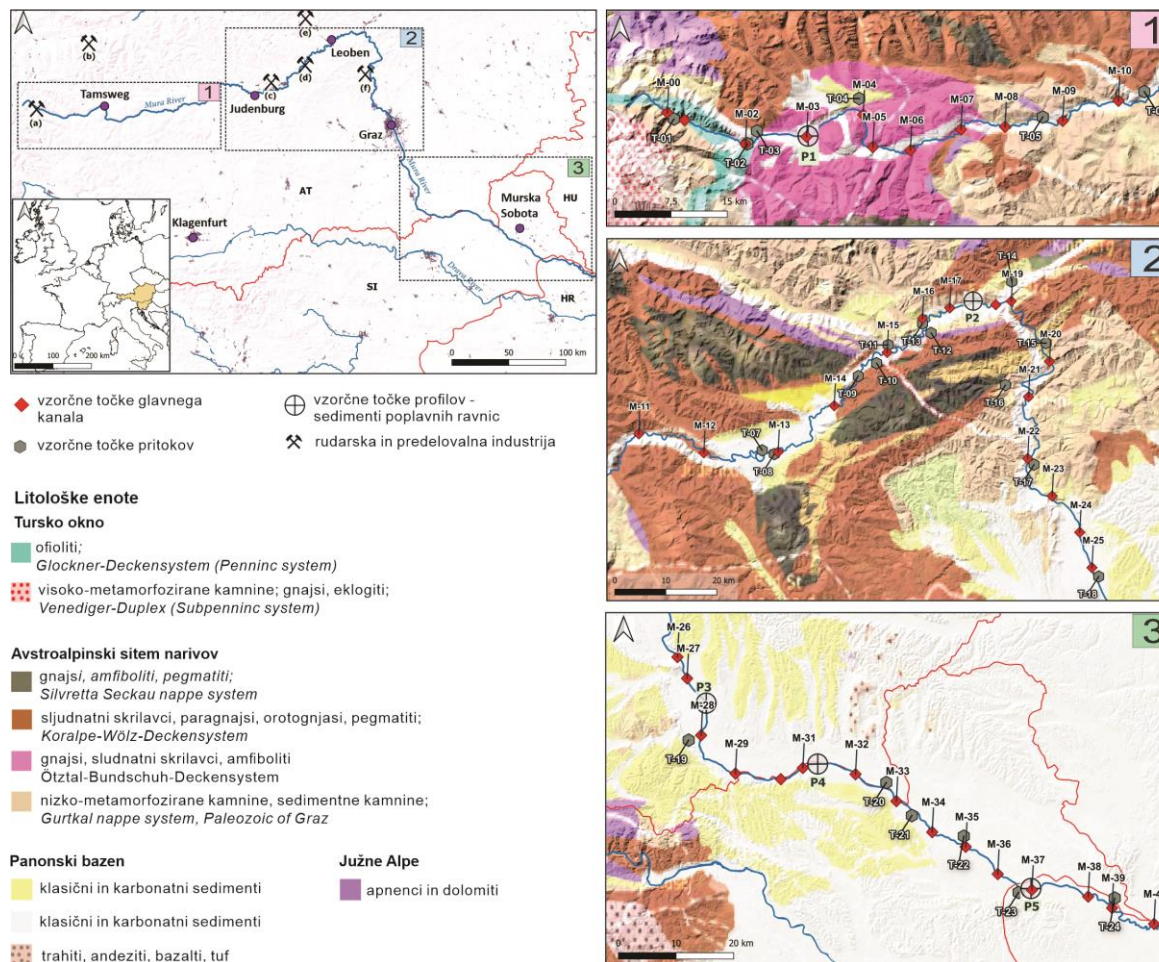
- elementna analiza (ICP-MS; 4-kislinski razklop, zlatotopka)
- mineraloške analize (XRD)
- elektronska mikroskopija (SEM/EDS)



Lokacije vzorčnih točk vzdolž reke Mure in lokacije nekaterih rudnih teles: (a) As–Au–Ag mine Rotgülden, (b) Ag–Ni mine Obertal, (c) Cu–Au mine Flatschach, (d) Kraubath area, (e) Fe mine Erzberg and (f) Pb–Zn mine Arzwaldgraben

Geologija območja

- **Cona 1**
 - Tursko okno – visoko-metamorfozirane kamnine
- **Cona 2**
 - Avstroalpski sistem narivov
 - pretežno nizko-metamorfozirane kamnine
- **Cona 3**
 - Klastične in karbonatne kamnine Panonskega bazena
 - Vulkanske kamnine

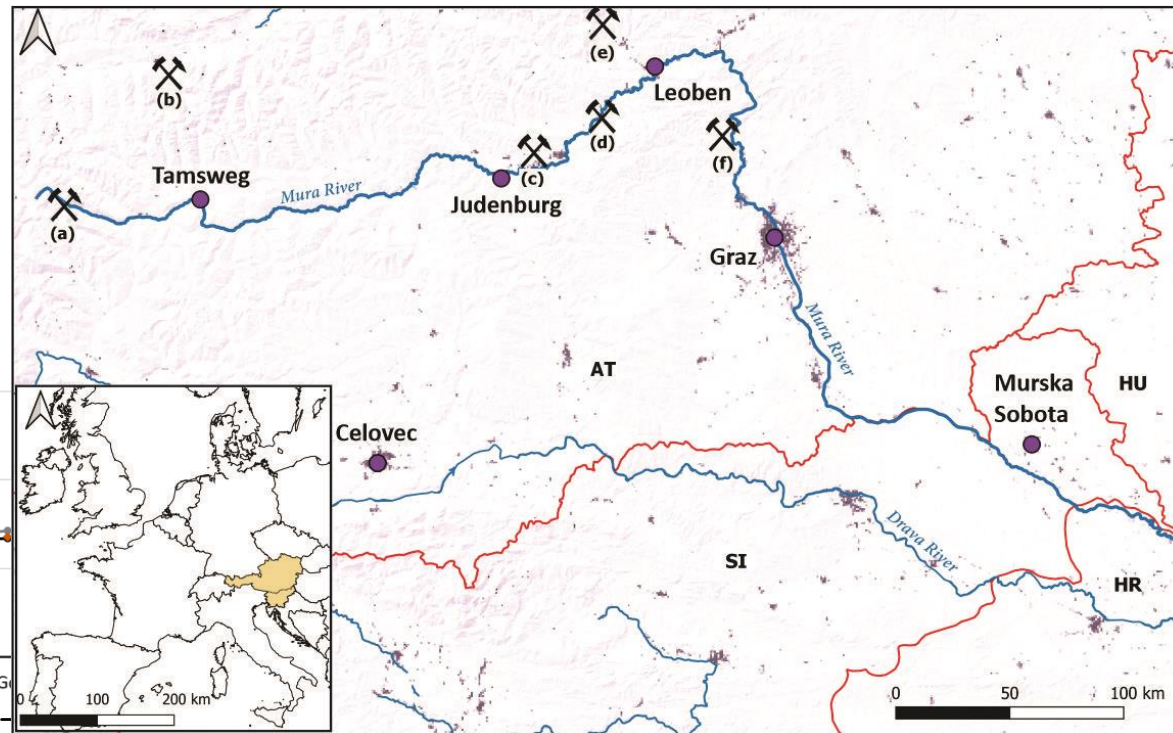
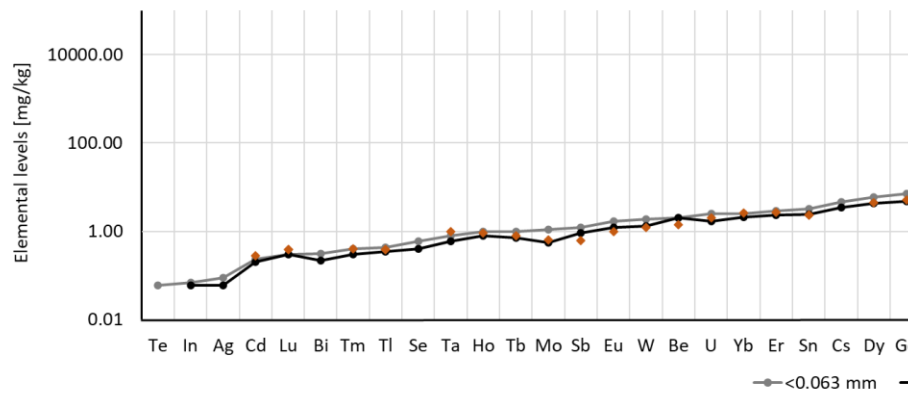


Rezultati in razprava

- Mediane elementov v tej študiji načeloma sovpadajo s tistimi značilnimi za sedimente EU rek (Geokemični atlas Evrope).
- Na podlagi faktorjev obogatitve so bila, za določene elemente, ugotovljena rahla odstopanja:
 - As, Co, Cr, Mo, Ni, Sb → sedimenti rečnega kanala
 - As, Co, Cu, Ni → sedimenti poplavnih ravnin



morebitna povezava z
rudnimi telesi



Mediane v sedimentih rečnega kanala v dveh frakcijah v primerjavi z vrednostmi iz Geokemičnega atlas Evrope (a) Ag–Ni mine Obertal, (c) Cu–Au mine Flatschach, (d) Kraubath area, (e) Fe mine Erzberg and (f) Pb–Zn mine Arzwaldgraben

XRD – mineraloška sestava

- Glavni (naravni!) minerali v sedimentih rečnega kanala so: kremen, Na plagioklazi, sljude, dolomit, klorit in rogovača.
- Minerali v sledovih pa so: K-glinenci, kalcit in minerali granatove skupine.
- Mineraloška sestava odseva geološko zgradbo porečja.

mineral	Formula	M-03	M-15	M-24	M-39
kremen	SiO ₂	32.4	38.0	26.2	39.3
Muskovit / ilit	(KF) ₂ (Al ₂ O ₃) ₃ (SiO ₂) ₆ (H ₂ O) / (K,H ₃ O)(Al,Mg,Fe) ₂ (Si,Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ (H ₂ O)]	11.2	12.4	8.7	22.8
albit	NaAlSi ₃ O ₈	15.1	25.5	18.4	19.1
Dolomit	CaMg(CO ₃) ₂	24.3	5.3	20.1	9.2
Minerali kloritove skupine	(Mg, Fe, Li) ₆ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₈	10.0	1.3	9.2	6.6
Rogovača	(Ca,Na) ₂ (Mg,Fe,Al) ₅ (Al,Si) ₈ O ₂₂ (OH,F) ₂	2.3	10.6	3.6	3.0
K-glinenci	e.g. orthoclase [KAlSi ₃ O ₈]			7.4	
Kalcit	CaCO ₃	4.7		6.4	
Minerali iz skupine granatov	e.g. almandine [Fe ₃ Al ₂ Si ₃ O ₁₂]		6.8		
vsota	/	100	100	100	100
Prileganje "goodness of fit"		5.5	4.0	10.9	5.4

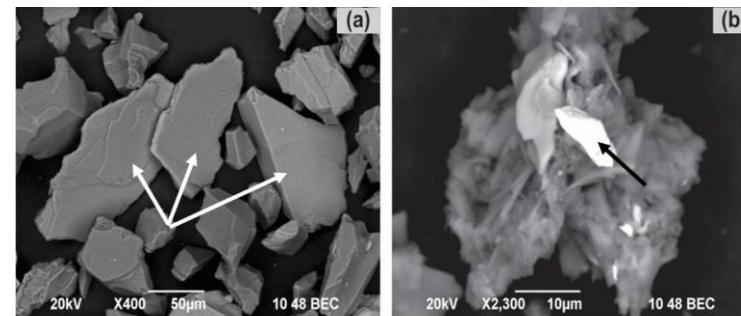
Faktorska analiza

- Na podlagi faktorске analize smo ugotovili obstoj sedmih geokemičnih združb elementov
- Faktorska analiza je metoda za zmanjševanje velike nabora podatkov, kar pomeni, da iz večjega števila spremenljivk dobimo manjše število spremenljivk oziroma faktorjev.

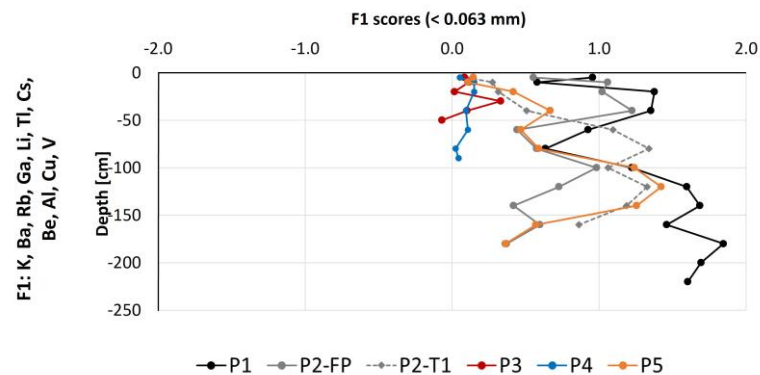
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	VAR var.
K	0.94							97
Ba	0.92							94
Rb	0.91							93
Ga	0.90							95
Li	0.89							90
Tl	0.89							96
Cs	0.89							95
Be	0.85							76
Al	0.79							95
Cu	0.67							86
V	0.57	0.50						87
Ni		0.90						93
Cr		0.89						87
Mg		0.85						78
Co		0.81						96
Fe			0.92					95
Sc			0.77					95
Ti			0.70					91
Th				0.93				94
YREE				0.87				95
U				0.83				82
Zr					0.93			97
Hf					0.91			92
Nb			0.55		0.61			90
Cd						0.89		90
In						0.77		72
Zn						0.72		89
Pb						0.71		76
Na							0.85	90
Sr							0.77	90
Expl.Var	8.9	3.8	3.2	3.2	2.9	2.8	2.2	
Prp.Totl	30	13	11	11	10	9	7	90

Faktor 1

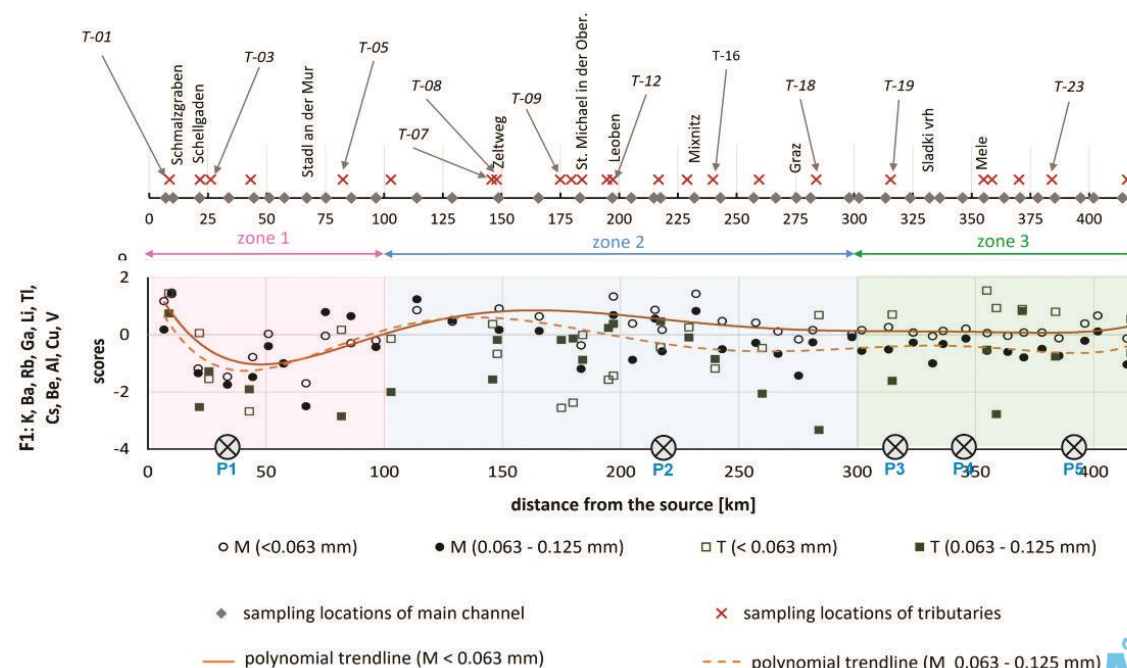
- K, Ba, Rb, Ga, Li, Tl, Cs, Be, Al, Cu, V
- naravna razporeditev; alkalijske in zemljoalkalijske kovine (nekompatibilni elementi)
- najvišje vrednosti v zgornjem delu porečja (cona 1), ter v profilu 1:
 - erozija magmatskih in metamornih kamnin iz cone 1 in 2 in odlaganje sekundarnih mineralov (npr. sljud) v coni 3.
- rahlo povišane vsebnosti F1 v okolici Leobna → barit kot akcesorni mineral verjetno vezan na rudno telo Flatschach (Cu-Au)



SEM slike: (a) sljude; (b) barit ($BaSO_4$)



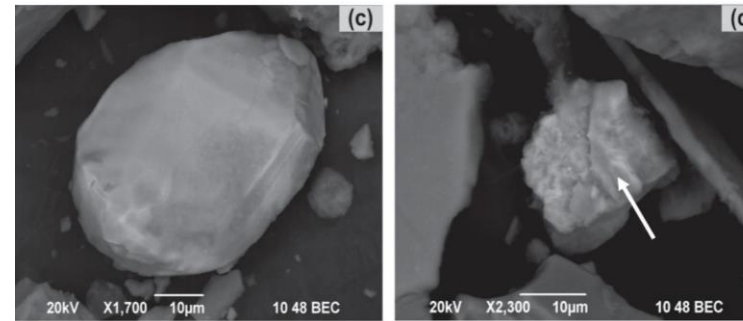
Razporeditev vrednosti F1 v profilih aluvialnih sedimentov



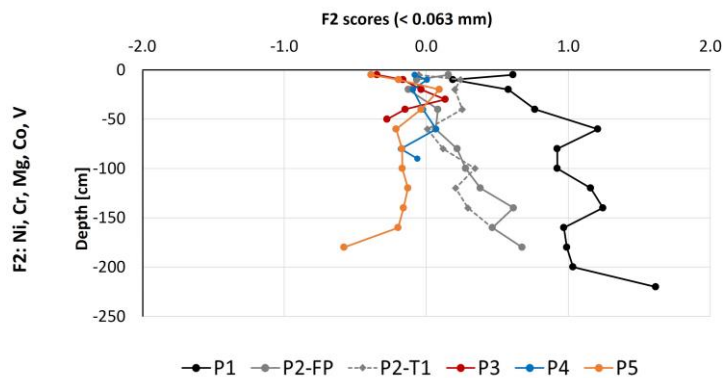
Razporeditev vrednosti F1 v sedimentih rečnega korita

Faktor 2

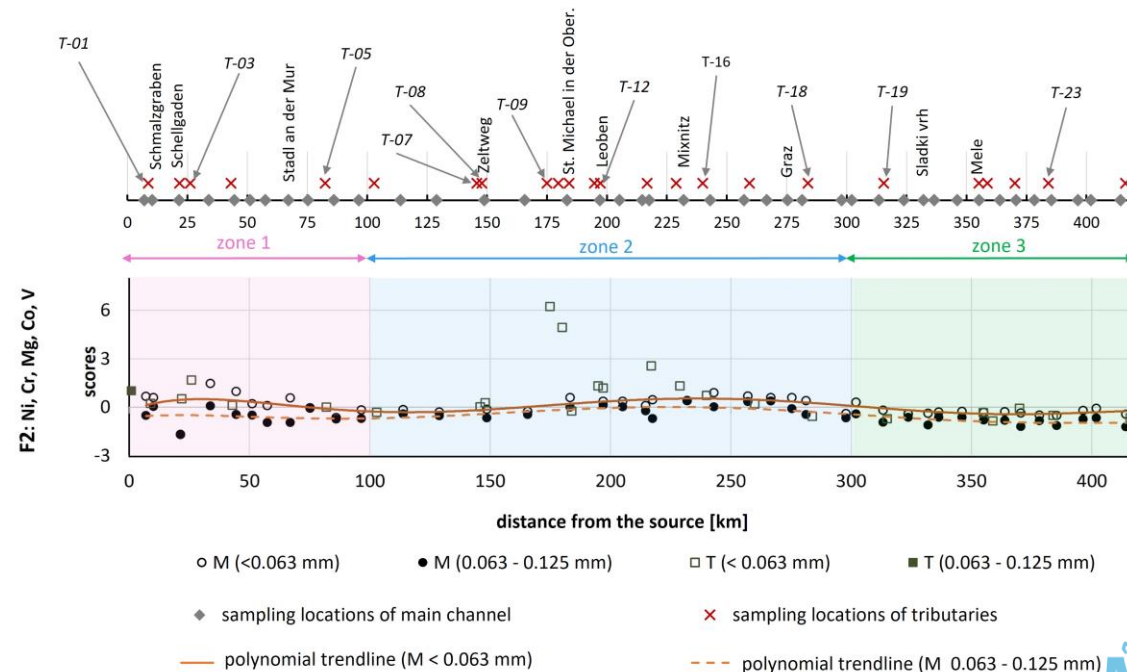
- Cr, Co, Ni, Mg, V
- naravna in antropogena porazdelitev
- najvišje vrednosti v pritoku Chromwerkgrabenbach – območje Kraubath (prisotnost mafičnih in ultramafičnih kamnin – Cr, Ni) → naravna porazdelitev
- uporaba materiala za posipavanje cest in uporaba v jeklarni Leoben → antropogen vpliv (umetno razširjanje naravnih delcev)
- visoke vsebnosti F2 v P1 – naravna porazdelitev



SEM slike: (c) Cr-spinel; (d) Ni-Fe oksihidroksid



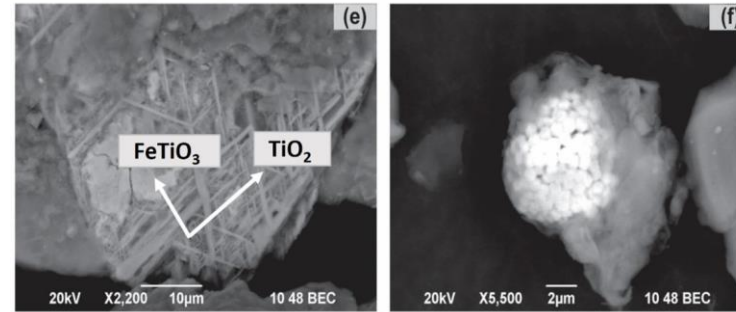
Razporeditev vrednosti F2 v profilih aluvialnih sedimentov



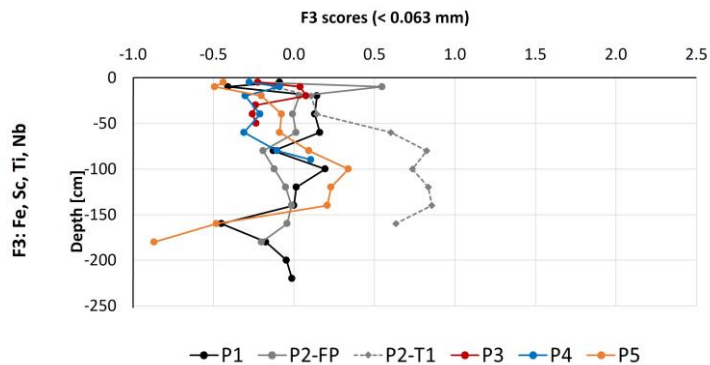
Razporeditev vrednosti F2 v sedimentih rečnega korita

Faktor 3

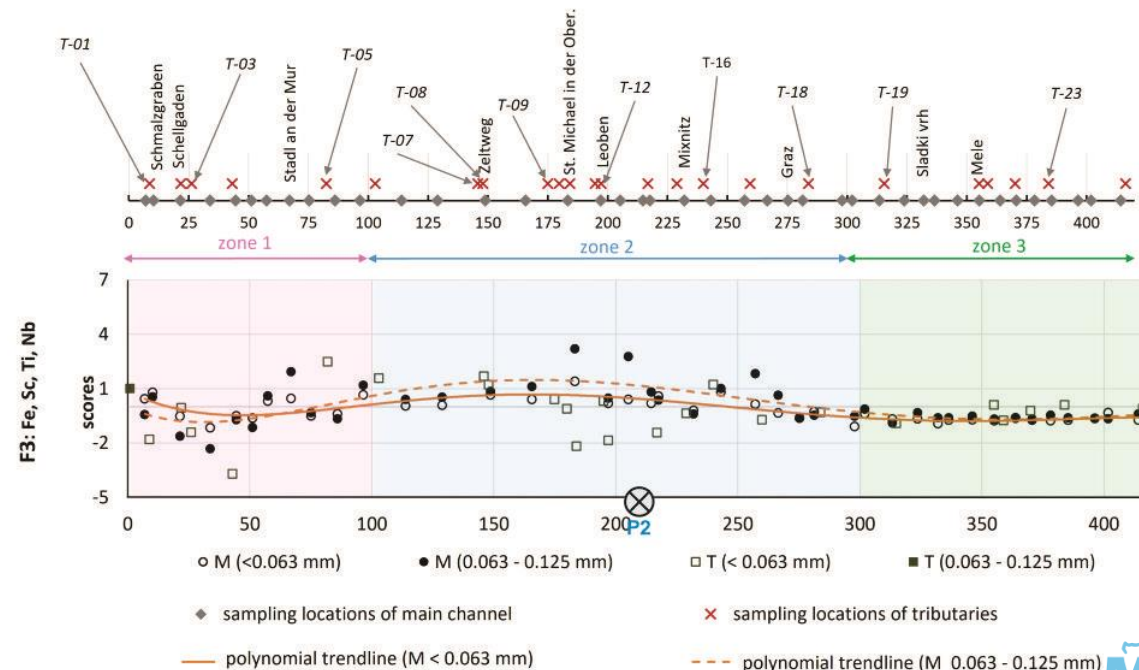
- Fe, Sc, Ti
- naravna in antropogena porazdelitev (ekonomsko pridobivanje rudnin)
- Najvišje vrednosti v coni 2 – Erzberg (rudnik železa), ostali manjši rudniki (npr. Murau, Obdach) in v P2-T1.
- visoke vsebnosti F3 v zgornjem delu porečja odražajo geološko sestavo; prisotnost Ti-mineralov.
- lokalna visoka vsebnost F3 v coni 3 in P5 povezana s prisotnostjo preperelih, sekundarnih mineralov obogatenih z Fe.



SEM slike: (e) rutil (TiO_2), ilmenite ($FeTiO_3$); (f) pirit (FeS_2)



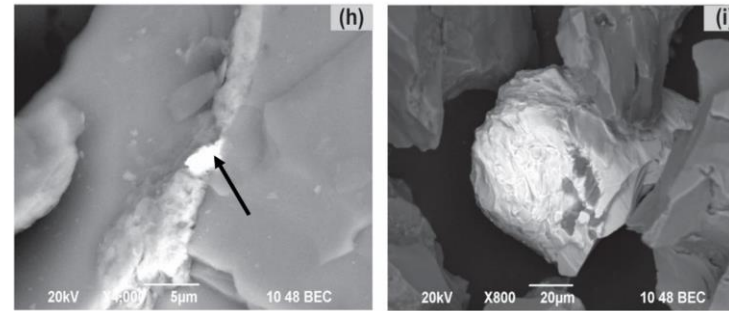
Razporeditev vrednosti F3 v profilih aluvialnih sedimentov



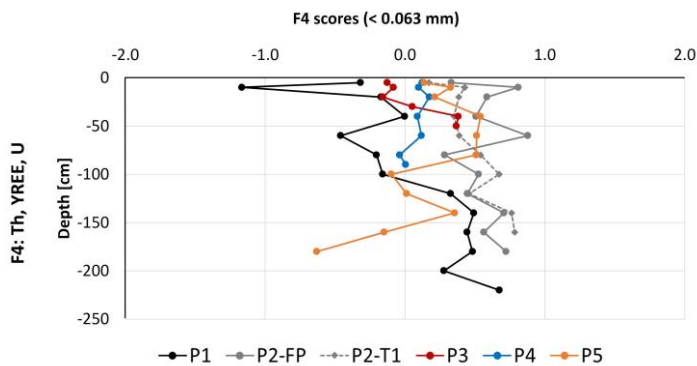
Razporeditev vrednosti F3 v sedimentih rečnega korita

Faktor 4

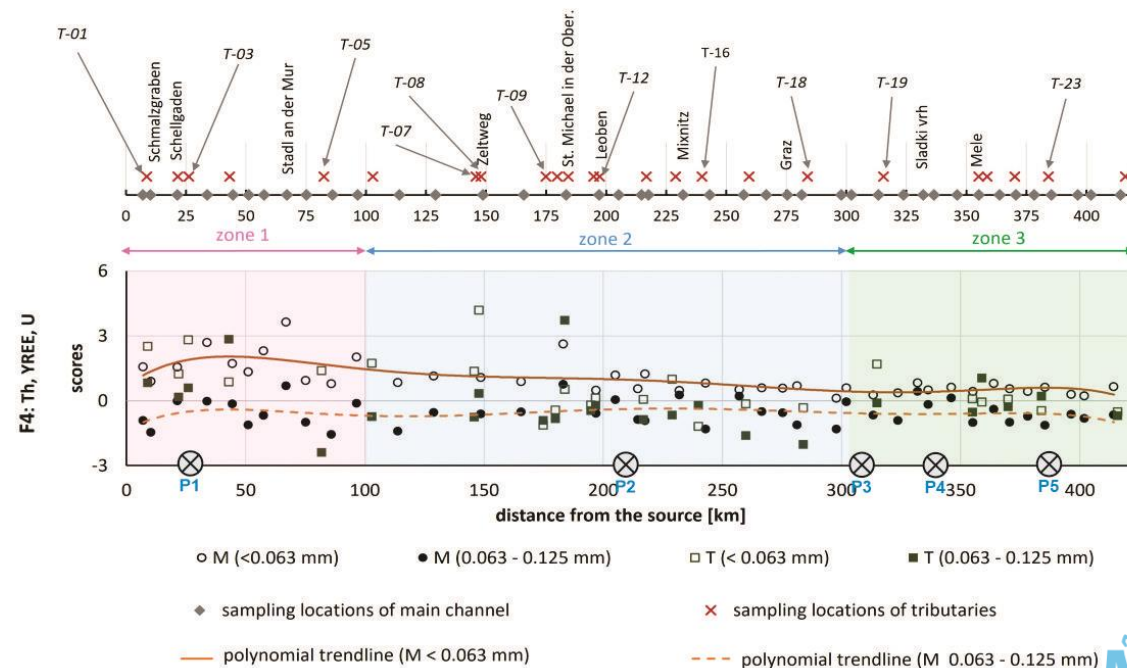
- U, Th, YREE
- naravna porazdelitev
- Najvišje vrednosti v coni 1 – prisotnost pegmatitov in ostalih alkalijskih kamninah
- Rahlo povišane vsebnosti F4 v coni 3 in P5 – prisotnost vulkanskih kamnin.



SEM slike: (h) ksenotim (YPO_4); (i) monazite ($(Ce, La, Th)PO_4$)



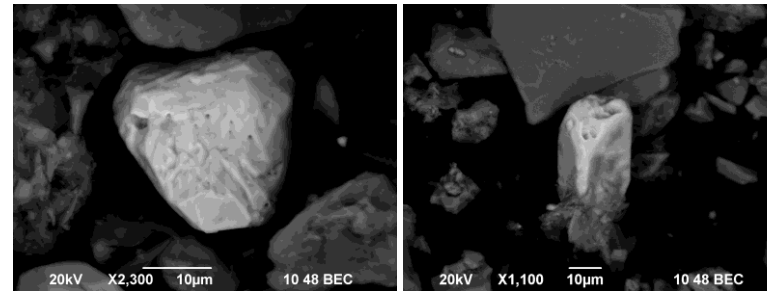
Razporeditev vrednosti F4 v profilih aluvialnih sedimentov



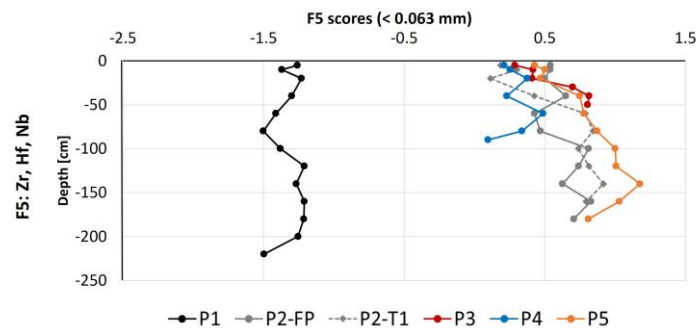
Razporeditev vrednosti F4 v sedimentih rečnega korita

Faktor 5

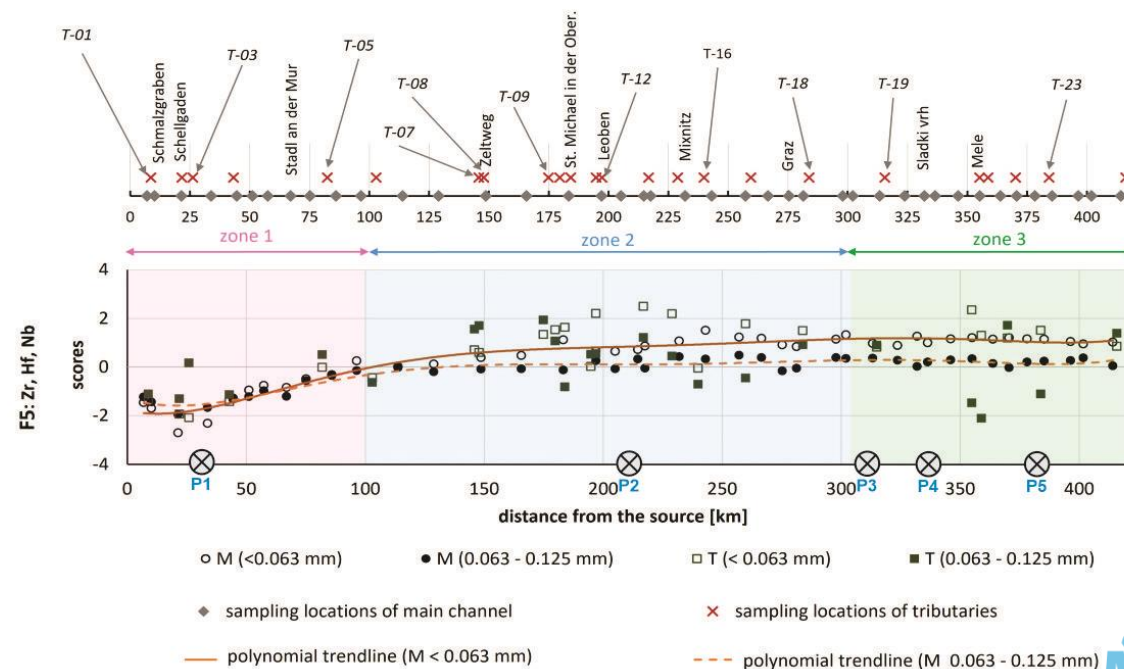
- Hf, Zr, Nb, Ta
- naravna porazdelitev
- Faktor povezan z elementi, ki tvorijo na preperevanje odporne minerale, porazdelitev pa je odvisna od sortiranja delcev glede na velikost in gostoto.
- Erozijski mineralov v conah 1 in 2 in odlaganje v coni 3.



SEM slika: cirkon ($ZrSiO_4$)



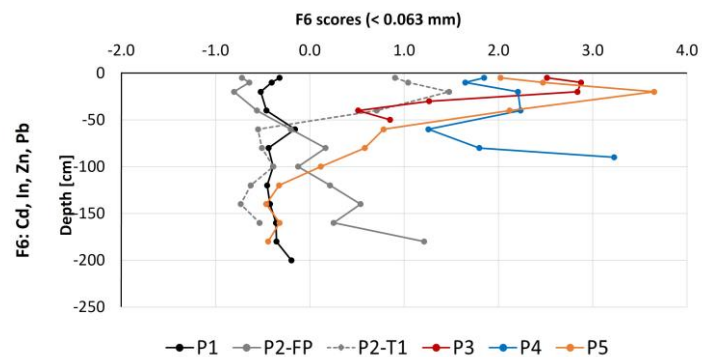
Razporeditev vrednosti F5 v profilih aluvialnih sedimentov



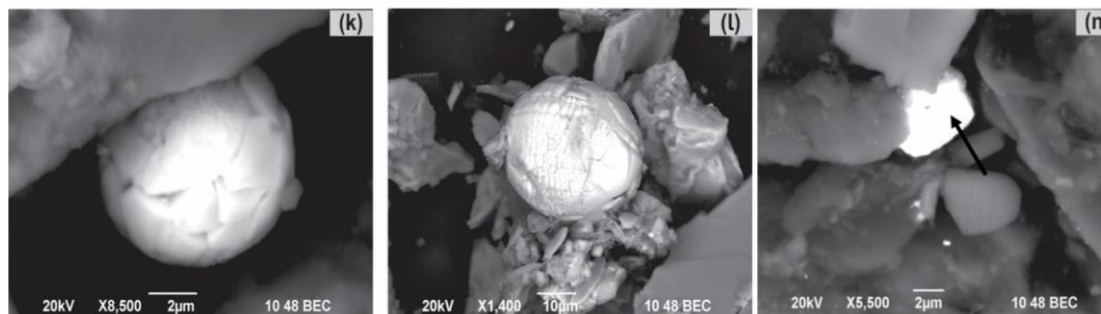
Razporeditev vrednosti F5 v sedimentih rečnega korita

Faktor 6

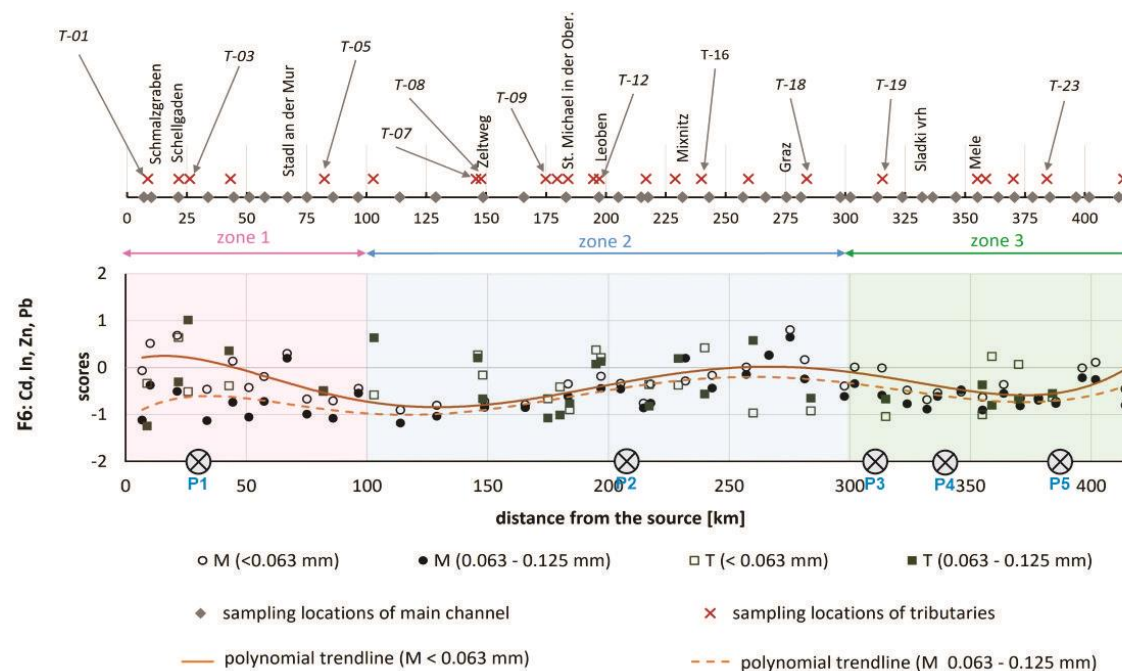
- Cd, In, Pb, Zn
- antropogena porazdelitev
- Najvišje vsebnosti v urbanih območjih npr. Gradec, Leoben in v zgornji slojih P3, P4 in P5
- Morebiten vir: promet (izgorevanje, obraba zavor, pnevmatike), fotovoltaični sistemi, itd.
- dodaten vpliv ima tudi Pb-Zn-Ba rudišče v okolici Gradca – Arzwaldgraben
- V coni 3 povezava z uporabo gnojil bogatih z Cd



Razporeditev vrednosti F6 v profilih aluvialnih sedimentov



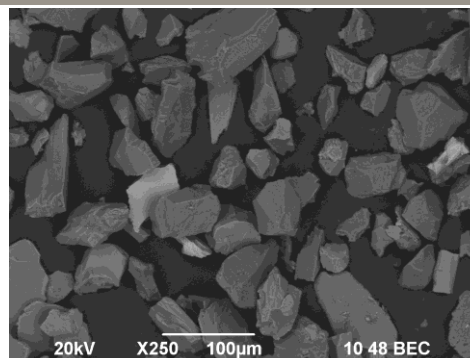
SEM slike: (k) Fe-oksihidroksid z Zn, Cr, Cu; (l) Fe-oksihidroksid z Mn; (n) Pb sulfid



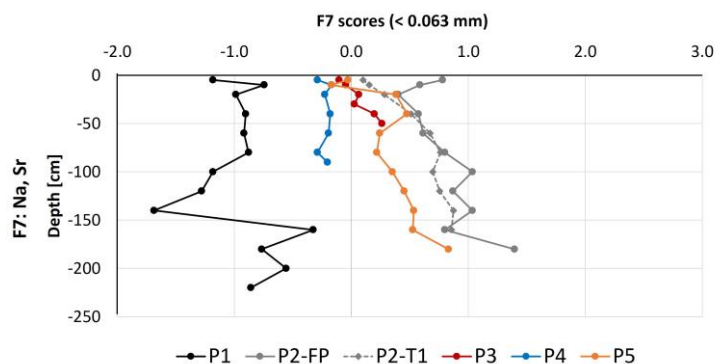
Razporeditev vrednosti F6 v sedimentih rečnega korita

Faktor 7

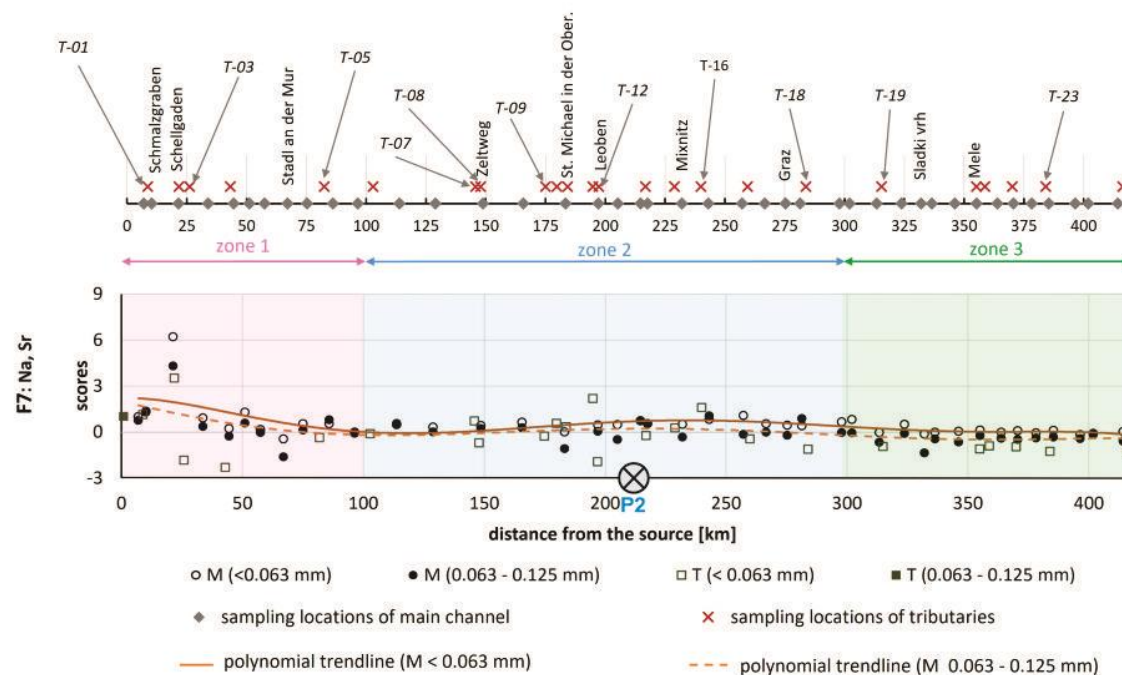
- Na, Sr
- naravna porazdelitev
- Visoke vsebnosti v P2 – St. Michael in der Ober.(M-15) (skladno z mineraloško sestavo)
- Verjetno vezana na preperevanje magmatskih kamnin in mineralov npr. Na-plagioklazi



SEM slika: Na-plagioklazi (npr. albit $NaAlSi_3O_8$)



Razporeditev vrednosti F7 v profilih aluvialnih sedimentov



Razporeditev vrednosti F7 v sedimentih rečnega korita

Zaključki

- V porečju reke Mure nismo zaznali nobenih pomembnih anomalij potencialno toksičnih elementov.
- Vsebnosti ne presegajo kritičnih vrednosti podanih v uredbah.
- Anomalije prvin so posledica preperevanja izvornih kamnin.
- Lokalno zaznani antropogeni vplivi, ki jih lahko povzročajo industrije, urbanizacija in kmetijske aktivnosti.

Hvala za pozornost!