

Improved multi-elemental analyses by inductively coupled plasma – sector field mass spectrometry through methane addition to the plasma

I. Rodushkin,^{*a,b} P. Nordlund,^b E. Engström^a and D.C. Baxter^b

^a *Division of Applied Geology, Luleå University of Technology, S-971 87 Luleå, Sweden*

^b *Analytica AB, Aurorum 10, S-971 87 Luleå, Sweden. E-mail: ilia.rodushkin@analytica.se*

Electronic Supplementary Information

Tables showing analyte sensitivities (Table A) and background equivalent concentrations (Table B) at selected methane gas flow rates. Methane was added through a port in the spray chamber via a mass-flow controller. At each methane flow rate the sensitivity for ¹¹⁵In was optimized.

Table A. Analyte sensitivity (counts s⁻¹ per ng l⁻¹) at different methane flow rates.

Methane flow rate/ml min ⁻¹	0	1.8	3.0	6.0
¹⁰⁷ Ag (LR)	650	650	550	410
¹⁰⁹ Ag (LR)	630	620	530	380
²⁷ Al (MR)	31	32	28	24
⁷⁵ As (LR)	120	300	460	410
¹⁹⁷ Au (LR)	470	670	780	600
¹¹ B (LR)	110	100	81	64
¹³⁸ Ba (LR)	1400	1500	1300	1000
⁹ Be (LR)	74	74	76	73
²⁰⁹ Bi (LR)	1800	2000	2000	1500
⁷⁹ Br (MR)	3	4	3	3
⁴⁴ Ca(MR)	1.5	1.6	1.2	0.9
¹¹¹ Cd(LR)	120	130	120	100
¹¹⁴ Cd(LR)	280	290	280	240
¹⁴⁰ Ce(LR)	1000	1800	1600	1200
⁵⁹ Co(MR)	39	40	34	26
⁵² Cr(MR)	24	28	27	21
¹³³ Cs(LR)	1500	1600	1400	1100
⁶³ Cu(MR)	23	23	21	16
¹⁶³ Dy(LR)	580	640	550	410
¹⁶⁷ Er(LR)	510	580	500	380
¹⁵¹ Eu(LR)	1000	1100	930	700
¹⁵³ Eu(LR)	1100	1200	1000	760
⁵⁶ Fe(MR)	42	47	43	37
⁶⁹ Ga(MR)	22	25	22	17
⁷¹ Ga(MR)	15	17	15	12
¹⁵⁷ Gd(LR)	580	390	310	230
¹⁶⁰ Gd(LR)	540	610	520	400
⁷⁰ Ge(MR)	3.7	4.7	4.6	3.9
⁷² Ge(MR)	5.1	5.8	5.7	5.0
¹⁷⁸ Hf(LR)	440	610	570	430
¹⁸⁰ Hf(LR)	560	790	730	550
²⁰² Hg(LR)	110	150	190	170
¹⁶⁵ Ho(LR)	2300	2600	2200	1700
¹²⁷ I(LR)	550	740	930	820
¹¹⁵ In(LR)	1300	1400	1300	1000
¹¹⁵ In(MR)	85	90	82	62
¹⁹¹ Ir(LR)	680	790	720	540
¹⁹³ Ir(LR)	1100	1300	1200	900
³⁹ K(HR)	5.2	4.8	4.4	3.4
¹³⁹ La(LR)	1000	1900	1700	1300
⁷ Li(LR)	210	210	170	130
¹⁷⁵ Lu(LR)	2200	2400	2100	1600
²⁶ Mg(MR)	2.1	2.3	2.1	1.7
⁵⁵ Mn(MR)	42	47	43	36
⁹⁸ Mo(LR)	240	320	300	250
²³ Na(MR)	26	30	24	19
⁹³ Nb(LR)	860	1200	1100	900
¹⁴³ Nd(LR)	240	280	250	180
¹⁴⁶ Nd(LR)	340	400	350	230
⁶⁰ Ni(MR)	11	11	10	8

Methane flow rate/ml min ⁻¹	0	1.8	3.0	6.0
³¹ P(MR)	1.6	2.8	4.6	4.5
²⁰⁸ Pb(LR)	1100	1100	1000	760
¹⁰⁵ Pd(LR)	360	330	290	230
¹⁰⁶ Pd(LR)	420	410	370	290
¹⁰⁸ Pd(LR)	370	390	360	280
¹⁴¹ Pr(LR)	1700	2300	2000	1500
¹⁹⁴ Pt(LR)	420	490	470	360
¹⁹⁵ Pt(LR)	420	500	480	370
¹⁹⁶ Pt(LR)	320	380	360	270
⁸⁵ Rb(LR)	800	840	710	560
¹⁸⁵ Re(LR)	750	910	860	660
¹⁸⁷ Re(LR)	1300	1500	1400	1100
¹⁰³ Rh(LR)	1500	1700	1500	1200
⁹⁹ Ru(LR)	210	240	220	170
¹⁰¹ Ru(LR)	490	540	490	390
¹⁰² Ru(LR)	150	180	160	130
³² S(MR)	16	19	17	13
¹²¹ Sb(LR)	300	450	620	560
¹²³ Sb(LR)	230	350	480	430
⁴⁵ Sc(MR)	32	38	33	26
⁸² Se(LR)	20	35	41	35
²⁸ Si(MR)	17	19	18	24
¹⁴⁷ Sm(LR)	320	350	300	230
¹⁴⁹ Sm(LR)	300	320	280	210
¹¹⁸ Sn(LR)	350	380	350	280
¹²⁰ Sn(LR)	480	530	480	380
⁸⁸ Sr(LR)	1200	1300	1100	890
¹⁸¹ Ta(LR)	1300	1900	1800	1400
¹⁵⁹ Tb(LR)	2300	2600	2200	1700
¹²⁵ Te(LR)	33	57	73	60
¹²⁶ Te(LR)	88	150	200	160
²³² Th(LR)	1200	2500	2500	1800
⁴⁷ Ti(MR)	2.2	2.5	2.2	1.7
²⁰⁵ Tl(LR)	1600	1600	1500	1100
¹⁶⁹ Tm(LR)	2300	2600	2200	1700
²³⁸ U(LR)	1900	2800	2700	1900
¹⁸⁴ W(LR)	530	700	680	530
⁵¹ V(MR)	26	32	30	23
⁸⁹ Y(LR)	1200	1500	1300	1100
¹⁷¹ Yb(LR)	350	370	310	230
¹⁷³ Yb(LR)	400	420	350	260
⁶⁶ Zn(MR)	6.3	7.3	7.1	6.8
⁹⁰ Zr(LR)	490	690	630	510

Table B. Background equivalent concentrations (ng l⁻¹) monitored in 0.14 M HNO₃ solution at different methane flow rates.

Methane flow rate/ml min ⁻¹	0	1.2	2.4	3.0	4.8	6.0	7.2
¹⁰⁷ Ag (LR)	2.0	1.9	1.8	1.9	2.2	2.1	2.4
¹⁰⁹ Ag (LR)	1.8	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3
²⁷ Al (MR)	34	45	43	51	48	61	84
⁷⁵ As (LR)	55	37	22	15	13	28	72
¹⁹⁷ Au (LR)	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.8
¹¹ B (LR)	15	14	14	16	17	18	20
¹³⁸ Ba (LR)	3.1	3.2	3.7	3.3	3.3	3.3	3.2
⁹ Be (LR)	0.08	0.14	0.06	0.09	0.03	0.08	0.08
²⁰⁹ Bi (LR)	0.04	0.03	0.04	0.05	0.03	0.04	0.04
⁷⁹ Br (MR)	10	7	9	19	16	25	29
⁴⁴ Ca(MR)	26	24	18	11	11	17	18
¹¹¹ Cd(LR)	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.8
¹¹⁴ Cd(LR)	0.4	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	1.6
¹⁴⁰ Ce(LR)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4
⁵⁹ Co(MR)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.5
⁵² Cr(MR)	2	3	3	5	8	19	47
¹³³ Cs(LR)	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
⁶³ Cu(MR)	12	13	11	8	9	15	20
¹⁶³ Dy(LR)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.08
¹⁶⁷ Er(LR)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
¹⁵¹ Eu(LR)	0.04	0.04	0.03	0.05	0.07	0.13	0.41
¹⁵³ Eu(LR)	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.07	0.16
⁵⁶ Fe(MR)	17	17	16	17	16	22	26
⁶⁹ Ga(MR)	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.3
⁷¹ Ga(MR)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
¹⁵⁷ Gd(LR)	0.05	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
¹⁶⁰ Gd(LR)	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02
⁷⁰ Ge(MR)	0.1	0.1	1.5	2.3	0.5	0.5	0.8
⁷² Ge(MR)	1.1	5.3	3.4	2.1	2.4	1.5	0.8
¹⁷⁸ Hf(LR)	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.06	0.14
¹⁸⁰ Hf(LR)	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.04
²⁰² Hg(LR)	3.8	4.1	4.0	3.9	4.5	6.9	12
¹⁶⁵ Ho(LR)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
¹²⁷ I(LR)	13	22	18	18	17	16	32
¹⁹¹ Ir(LR)	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.05
¹⁹³ Ir(LR)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
³⁹ K(HR)	40	30	30	40	40	30	60
¹³⁹ La(LR)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4
⁷ Li(LR)	2	2	2	2	2	2	2
¹⁷⁵ Lu(LR)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
²⁶ Mg(MR)	30	30	30	20	20	30	30
⁵⁵ Mn(MR)	8	8	8	8	7	8	7
⁹⁸ Mo(LR)	0.4	0.4	0.3	0.4	0.5	0.8	2
²³ Na(MR)	40	50	40	60	190	900	1200
⁹³ Nb(LR)	0.05	0.05	0.07	0.04	0.06	0.2	0.6
¹⁴³ Nd(LR)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
¹⁴⁶ Nd(LR)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
⁶⁰ Ni(MR)	30	40	40	40	60	70	110

Methane flow rate/ml min ⁻¹	0	1.2	2.4	3.0	4.8	6.0	7.2
³¹ P(MR)	100	80	90	90	90	90	300
²⁰⁸ Pb(LR)	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
¹⁰⁵ Pd(LR)	0.7	0.6	0.4	0.5	0.7	1	4
¹⁰⁶ Pd(LR)	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6
¹⁰⁸ Pd(LR)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5
¹⁴¹ Pr(LR)	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06
¹⁹⁴ Pt(LR)	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
¹⁹⁵ Pt(LR)	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03
¹⁹⁶ Pt(LR)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04
⁸⁵ Rb(LR)	1	1	2	1	1	3	6
¹⁸⁵ Re(LR)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
¹⁸⁷ Re(LR)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.13
¹⁰³ Rh(LR)	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.06	0.6
⁹⁹ Ru(LR)	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.2	1
¹⁰¹ Ru(LR)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.05	0.2	2
¹⁰² Ru(LR)	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1	0.5	3
³² S(MR)	7000	5000	5000	5000	5000	6000	5000
¹²¹ Sb(LR)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.9
¹²³ Sb(LR)	0.05	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4
⁴⁵ Sc(MR)	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.3	0.8
⁸² Se(LR)	40	20	10	10	10	20	200
²⁸ Si(MR)	2000	2000	1000	2000	2000	3000	5000
¹⁴⁷ Sm(LR)	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04
¹⁴⁹ Sm(LR)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
¹¹⁸ Sn(LR)	4	4	4	3	3	4	4
¹²⁰ Sn(LR)	4	4	4	4	3	3	4
⁸⁸ Sr(LR)	2	2	2	2	2	2	3
¹⁸¹ Ta(LR)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.8
¹⁵⁹ Tb(LR)	0.06	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
¹²⁵ Te(LR)	0.05	0.06	0.04	0.02	0.06	0.06	1
¹²⁶ Te(LR)	0.3	0.2	0.1	0.05	0.2	0.5	5
²³² Th(LR)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
⁴⁷ Ti(MR)	3	3	4	4	3	3	8
²⁰⁵ Tl(LR)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
¹⁶⁹ Tm(LR)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
²³⁸ U(LR)	0.05	0.06	0.06	0.04	0.05	0.06	0.08
¹⁸⁴ W(LR)	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.07
⁵¹ V(MR)	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	0.3
⁸⁹ Y(LR)	0.09	0.08	0.07	0.07	0.08	0.1	4
¹⁷¹ Yb(LR)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
¹⁷³ Yb(LR)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
⁶⁶ Zn(MR)	20	20	30	40	40	40	70
⁹⁰ Zr(LR)	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	1	3