

FEHS – Institut für Baustoff-Forschung e.V. | Bliersheimer Str. 62 | 47229 Duisburg

ArcelorMittal Italia S.P.A.
Viale Brenta, 27/29
20139 Milano

ITALY

Datum: 24. September 2019
Durchwahl: -65
Unser Zeichen: So
E-Mail: a.sokol@fehs.de

Test Report PB2019/458

Mineralogical and chemical composition of slag samples according to the sameness criteria of the Reach Ferrous Slag consortium (RFSC)

<u>Customer:</u>	ArceloMittal Italy S.P.A.
<u>Customer reference:</u>	order nr. 17762 – MP/CG from 22/08/2019
<u>FEhS order nr.:</u>	AU2019-1050
<u>Period of test:</u>	28.08.2019 bis 24.09.2019
<u>Samples:</u>	Scoria Primaria ACC/1 – BOS 1 Scoria Secondaria ACC/1 – SMS 1 Scoria Primaria ACC/2 – BOS 2 Scoria Secondaria ACC/2 – SMS 2 Samples supplied by the customer
<u>Samples received:</u>	28.08.2019
<u>FEhS sample nr.:</u>	P2019-04733 - P2019-04736



Planung der
Instandhaltung
Betonbauwerke



Gütegemeinschaft
Planung der Instandhaltung
von Betonbauwerken e.V.

Bauaufsichtlich anerkannte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle (PÜZ) Kennziffer NRW05





Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-20209-01-00

Die Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 gilt für die in der Urkundenanlage D-PL-20209-01-00 aufgeführten Prüfverfahren

Privatrechtlich anerkannte Prüfstelle nach RAP Stra für Baustoffe und Baustoffgemische sowie für wasserwirtschaftliche Merkmale im Straßenbau



Unter der Nummer VMPA-B-2030
geführte VMPA anerkannte Beton-
prüfstelle



Mitglied der Landesgütegemeinschaft
Instandsetzung von Betonbauwerken
Nordrhein-Westfalen e. V.

Durch Erlass des Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen vom 06.04.2018 – III.1 – 30-05/48.8 – für die Fachgebiete/Prüfungsarten D0, D3, D4, I1, I2, I3 und I4 gemäß RAP Stra 15 anerkannt.
Durch Erlass des Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen – III.1-30-05/48.8 vom 24.04.2015 für Eignungsprüfungen, Kontrollprüfungen, Schiedsuntersuchungen und Mitwirkung bei der Fremdüberwachung für wasserwirtschaftliche Merkmale an Straßenbaustoffen anerkannt.

Die Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 gilt für die in der Urkundenanlage D-PL-20209-01-00 aufgeführten Prüfverfahren.
a: akkreditiert, b: nicht akkreditiert, c: fremdvergeben, akkreditiert, d: fremdvergeben, nicht akkreditiert
Soweit nicht anders mit dem Auftraggeber vereinbart, werden Rückstellproben 4 Wochen aufbewahrt.
Die auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch das FEHS – Institut für Baustoff-Forschung e.V.

Page 1 of 7

FEHS – Institut für Baustoff-Forschung e.V. | Bliersheimer Straße 62 | D-47229 Duisburg-Rheinhausen

Vorstandsvorsitzender: Dr.-Ing. Rolf Höffken | **Geschäftsführung:** Thomas Reiche

+49 (0) 20 65.99 45-0 | +49 (0) 20 65.99 45-10 | fehs@fehs.de | www.fehs.de

Test methods

Mineralogy:

The X-ray diffraction analysis was done using PANalytical instrumentation and a standard Cu-radiation source. The sample (grain rain size < 63 µm) was scanned in a range of $d = 22,0 \text{ \AA}$ to $d = 1,25 \text{ \AA}$. A qualitative identification of the mineral phases was done using the "Powder Diffraction File, International Centre for Diffraction Data, Swarthmore/USA".

Chemical composition:

Methods as indicated in Table 2 (for EN ISO 11885 applies: Total digestion by microwave with hydrofluoric acid (HF)).

Test results

The mineralogical composition of the samples is given in Table 1. The XRD diffractograms are given as Enclosures 1 - 4. The chemical composition of the samples is listed in Table 2. Results in Table 2 are expressed in w/w % as oxides. Table 3 and 4 contain the analytical information according to Table 3 of the sameness check guidance documents of the RFSC (in element notation and corrected for H₂O and CO₂ as required by the RFSC). Figure 1 and 2 display the position of the examined samples within the composition diagrams from the mentioned sameness papers. The results of the tests refer exclusively to the samples named above.

Table 1: Identified mineral phases in the analysed samples

		BOS 1	SMS 1	BOS 2	SMS 2
		P2019-04733	P2019-04734	P2019-04735	P2019-04736
Mineral:	Formula:				
larnite	Ca ₂ SiO ₄	50		40	
wuestite	FeO	15	<5	10	<5
srebrodolskite	Ca ₂ Fe ₂ O ₅	20		20	5
magnetite	Fe ₃ O ₄			5	
lime	CaO	10	5	5	
Ca-Mg-Al-silicate	Ca ₂₀ Al ₂₆ Mg ₃ Si ₃ O ₆₈		40		55
tricalcium aluminate	Ca ₃ Al ₂ O ₆		15		
spinel	Fe ₃ O ₄	5	<5	<5	10
gehlenite	Ca ₂ Mg _{0,5} AlSi _{1,5} O ₇		10		
akermanite	Ca ₂ MgSi ₂ O ₇				5
mayenite	Ca ₁₂ Al ₁₄ O ₃₃		15		5
calcite	CaCO ₃			5	
periclase	MgO		5	10	10
portlandite	Ca(OH) ₂		<5	<5	5

Amounts (%) according to Reference Intensity Ratios are rough estimates

Table 2: Chemical composition of the samples (main elements in oxide notation)

		BOS 1	SMS 1	BOS 2	SMS 2	test method
		P2019-04733	P2019-04734	P2019-04735	P2019-04736	
Al ₂ O ₃	w/w %	1,7	38	2,3	33	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
CaO	w/w %	37	36	38	32	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
Cr ₂ O ₃	w/w %	0,08	0,17	0,09	0,13	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
FeO	w/w %	33	10	29	13	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
K ₂ O	w/w %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
MgO	w/w %	9,2	5,3	7,8	7,8	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
MnO	w/w %	2,0	5,1	1,9	2,3	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
Na ₂ O	w/w %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
SiO ₂	w/w %	10	4,5	13	5,3	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
TiO ₂	w/w %	0,54	0,27	0,67	0,30	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
P ₂ O ₅	w/w %	1,7	0,26	1,9	0,41	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
V ₂ O ₅	w/w %	0,10	0,03	0,11	0,03	DIN EN ISO 12677 [2013-02] ^{a)}
F _{total}	w/w %	0,03	0,06	0,03	0,02	DIN 51084 (1990-07) ^{c)}
CO ₂	w/w %	0,39	0,18	1,5	2,5	In-house method ^{b)}
H ₂ O	w/w %	0,18	0,07	0,46	0,47	In-house method ^{b)}
As	mg/kg	0,24	0,34	0,6	0,58	ICP-OES EN ISO 11885 (2009-09) ^{a)}
B	mg/kg	45	15	54	28	DIN EN 15936 [2012-11] ^{a)}
Ba	mg/kg	21	17	64	49	ICP-OES EN ISO 11885 (2009-09) ^{a)}
Mo	mg/kg	2,6	1,2	3,5	2,3	ICP-OES EN ISO 11885 (2009-09) ^{a)}
Ni	mg/kg	6,0	7,7	6,2	9,4	ICP-OES EN ISO 11885 (2009-09) ^{a)}
Pb	mg/kg	0,43	1,5	15	4,5	ICP-OES EN ISO 11885 (2009-09) ^{a)}
S _{total}	mg/kg	989	846	901	778	ICP-OES EN ISO 11885 (2009-09) ^{a)}
Se	mg/kg	0,38	0,42	0,40	0,38	ICP-OES EN ISO 11885 (2009-09) ^{a)}
Zn	mg/kg	14	42	64	78	ICP-OES EN ISO 11885 (2009-09) ^{a)}

Table 3: Analytical information on the examined BOS samples according to the sameness check document of RFSC

		BOS 1	BOS 2
		P2019-04733	P2019-04735
Ca	w/w %	28	29
Fe	w/w %	26	24
Si	w/w %	5,0	6,2
Mn	w/w %	1,6	1,6
Mg	w/w %	5,8	5,0
Al	w/w %	0,91	1,3
P	w/w %	0,79	0,85
Ti	w/w %	0,34	0,42
V	w/w %	0,07	0,08
Cr	w/w %	0,05	0,06
Na	w/w %	<0,01	<0,01
F total	w/w %	0,03	0,03
O calculated		31	32

Table 4: Analytical information on the examined SMS samples according to the sameness check document of RFSC

		SMS 1	SMS 2
		P2019-04734	P2019-04736
Ca	w/w %	26	24
Si	w/w %	2,2	2,6
Al	w/w %	20	19
Fe	w/w %	7,6	11
Ti	w/w %	0,16	0,19
Mg	w/w %	3,2	4,9
Cr	w/w %	0,12	0,09
Mn	w/w %	4,0	1,9
F _{total}	w/w %	0,06	0,02
S _{total}	w/w %	0,85	0,78
P	w/w %	0,12	0,19
O calculated		36	36

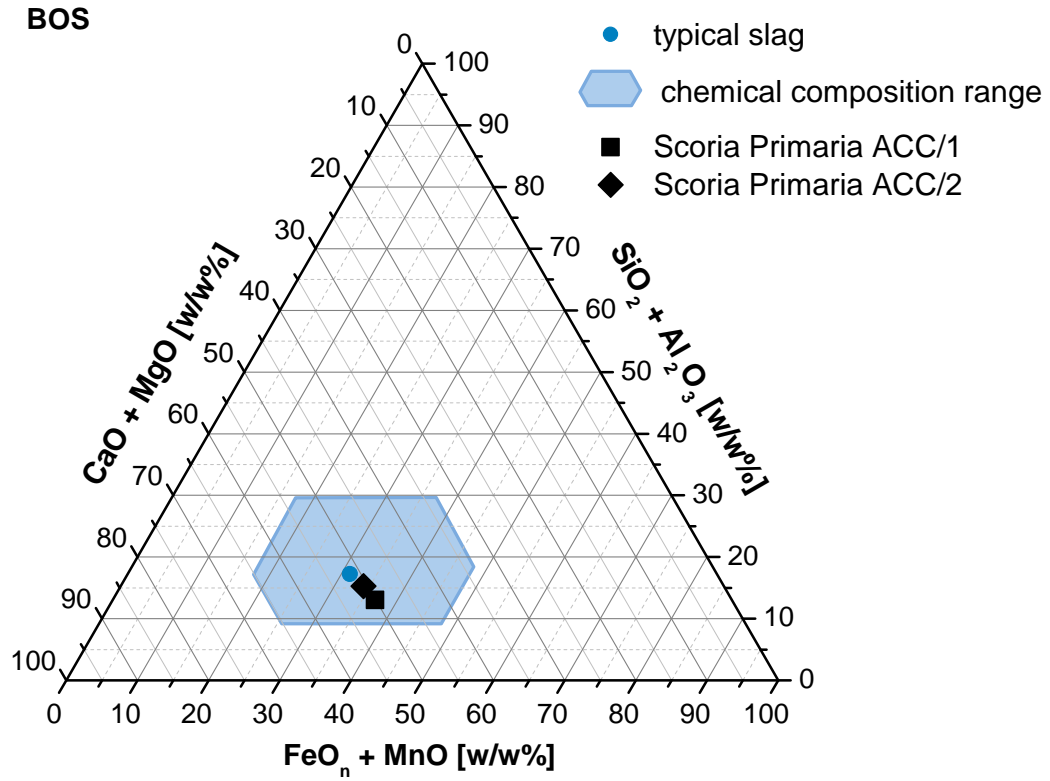


Figure 1: Composition diagram for BOS slag

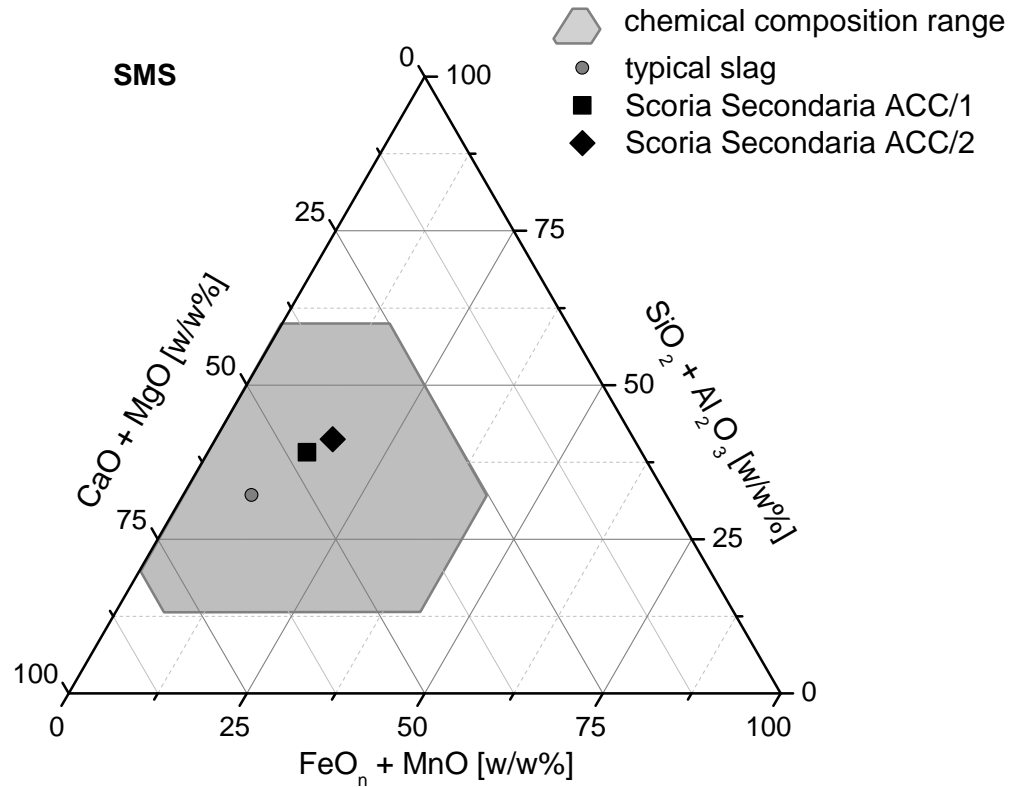


Figure 2: Composition diagram for SMS slag

Conclusions

Based on the obtained results, the following conclusions can be drawn:

- The identified mineral phases by the XRD analysis are to a great extent in accordance with the most frequently found mineral phases in BOS and SMS as given in the sameness check guidance documents of the RFSC.
- The chemical composition of the examined BOS and SMS samples fall within the highlighted areas of the composition diagrams which represent the chemical compositional ranges based on compositional data from all European marketed ferrous slags covered by the RFSC.
- The elements given in Table 3 and 4 of the examined BOS and SMS samples fall within the compositional ranges given in Table 3 of the sameness check guidance documents defined by the RFSC.

Please treat the data confidentially.

FEhS – Institut für Baustoff-Forschung e.V.

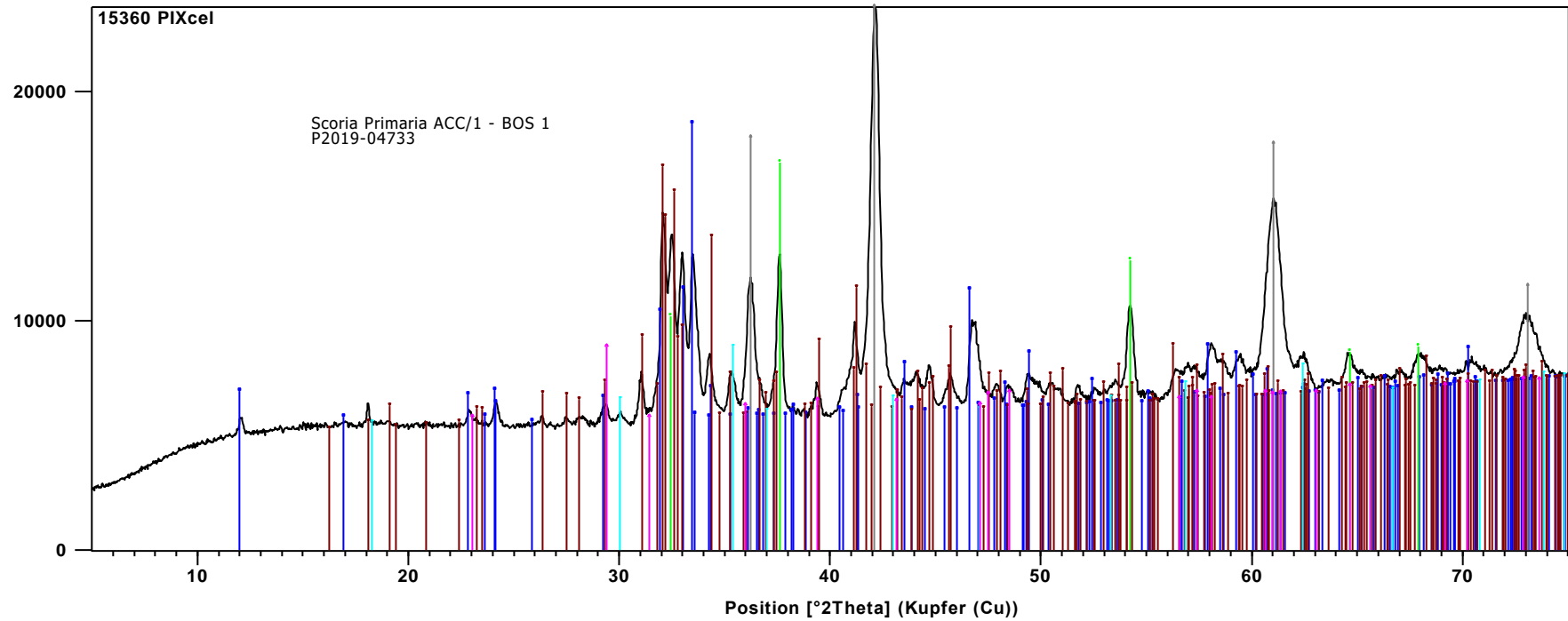


Dr.-Ing. R. Bialucha
(Prüfstellenleiterin)



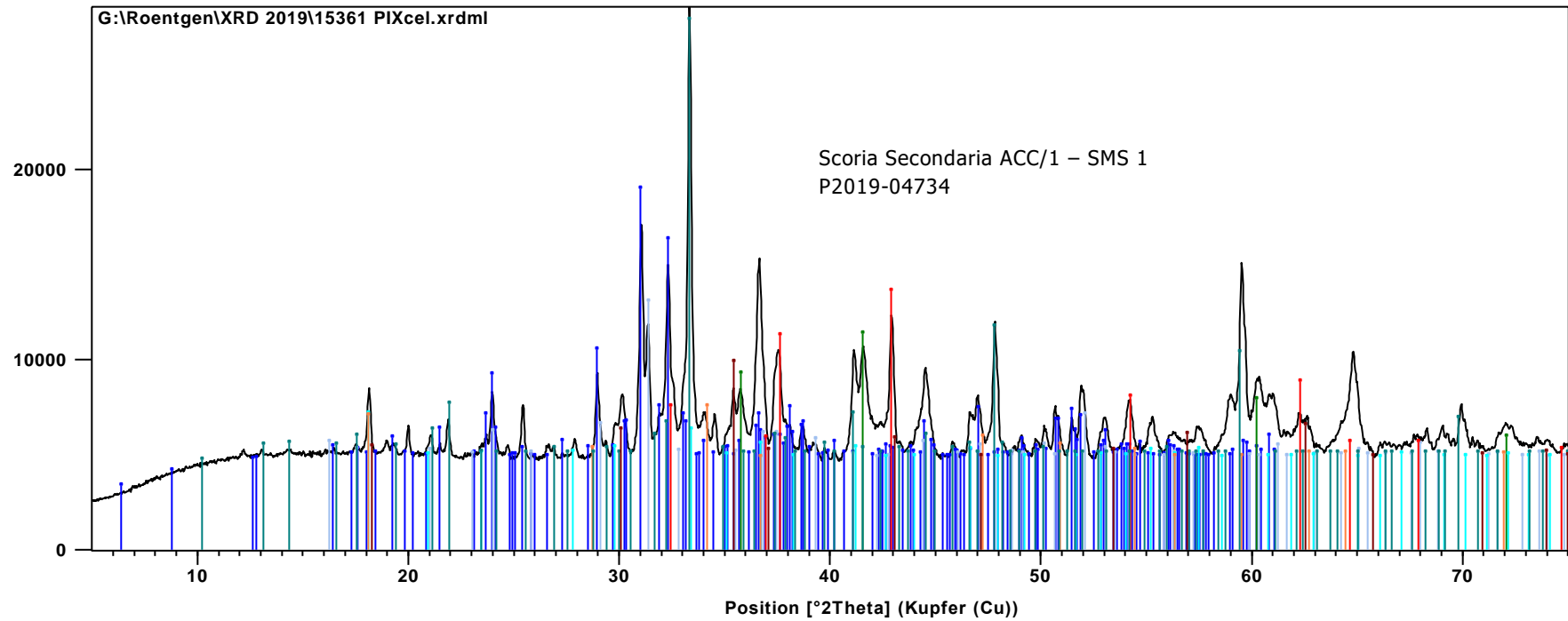
Dr. rer. nat. Anna Sokol
(Sachbearbeiterin)

Impulse



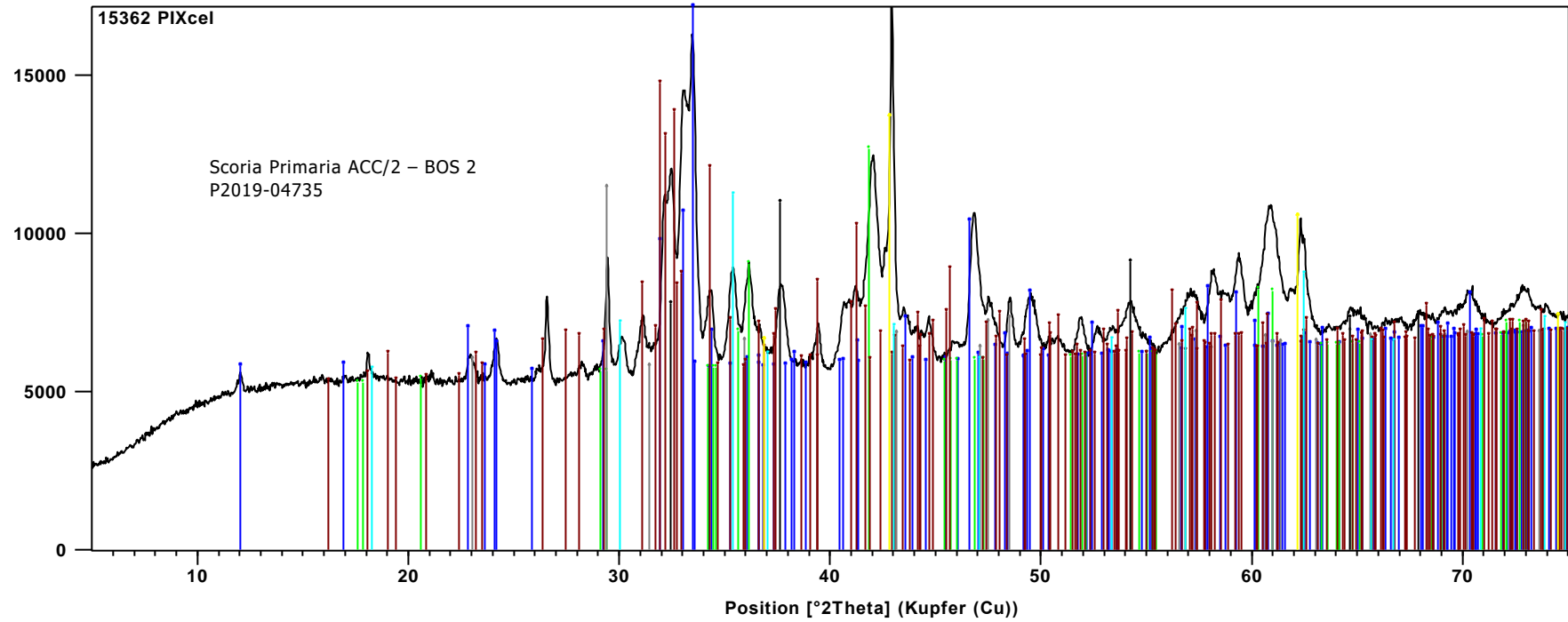
Übersicht + Reflexliste	
96-900-5441; Fe7.46 Al0.54 Ca8.00 O20.00; Srebrodolskite	
96-101-1328; Ca4.00 O4.00; Lime	
96-101-1166; Fe3.72 O4.00; Wuestite	
96-901-2795; Ca8.00 Si4.00 O16.00; Larnite	
96-901-3532; Fe23.22 Ti0.78 O32.00; Magnetite	
96-900-0096; Ca6.00 C6.00 O18.00; Calcite	

Impulse



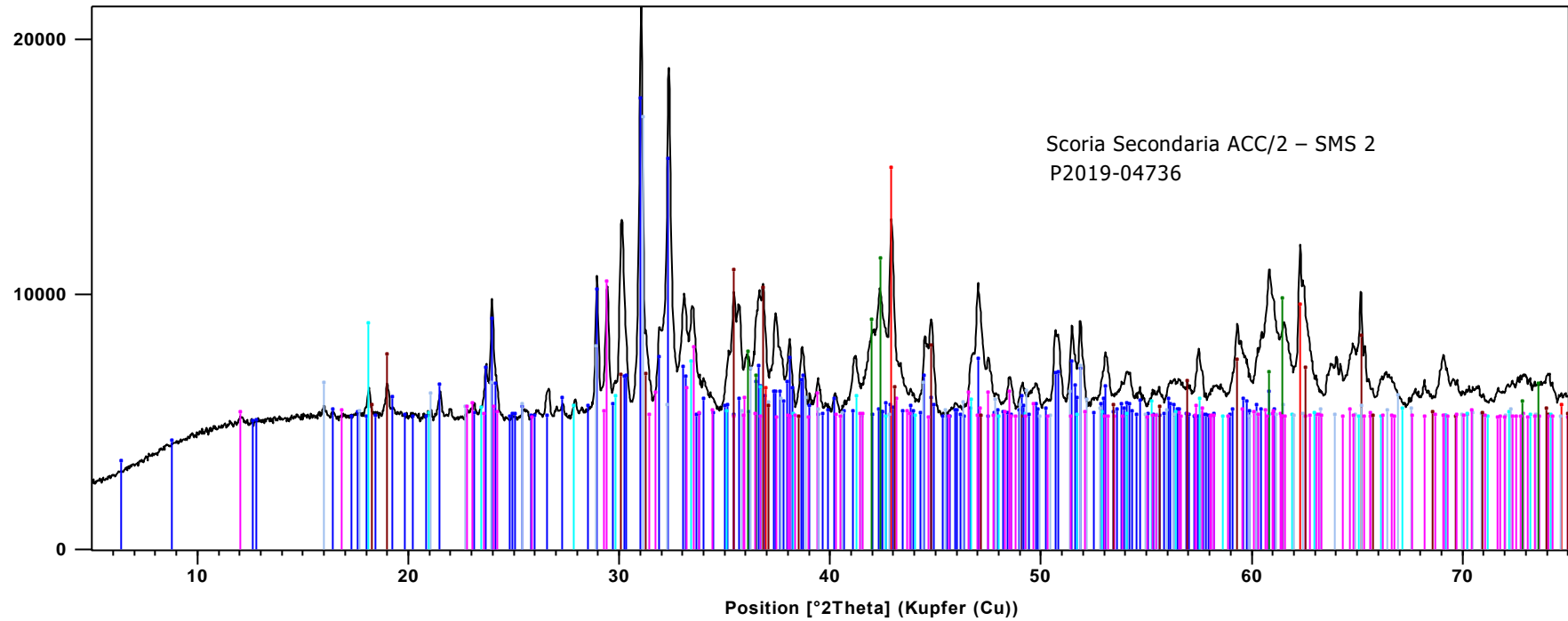
Reflexliste
01-074-0695; Ca ₂₀ Al ₂₆ Mg ₃ Si ₃ O ₆₈ ; Calcium Aluminum Magnesium Silicate
01-077-2357; (Fe O) _{0.798} (Mn O) _{0.202} ; Iron Manganese Oxide
01-079-2422; Ca ₂ (Mg _{0.25} Al _{0.75}) (Si _{1.25} Al _{0.75} O ₇); Calcium Magnesium Aluminum Silicate
01-077-2179; Mg O; Magnesium Oxide
01-070-2144; (Ca O) ₁₂ (Al ₂ O ₃) ₇ ; Calcium Aluminum Oxide
01-074-1226; Ca O; Calcium Oxide
01-072-0156; Ca (O H) ₂ ; Calcium Hydroxide
00-038-1429; Ca ₃ Al ₂ O ₆ ; Calcium Aluminum Oxide
01-089-3854; Fe ₃ O ₄ ; Iron Oxide

Impulse



Übersicht + Reflexliste	
96-900-5442; Fe _{5.78} Ga _{2.22} Ca _{8.00} O _{20.00}	Srebrodolskite
96-900-9771; Fe _{24.00} O _{24.00}	Wuestite
96-900-7688; Ca _{6.00} C _{6.00} O _{18.00}	Calcite
96-901-2794; Ca _{8.00} Si _{4.00} O _{16.00}	Larnite
96-900-9769; Fe _{24.00} O _{32.00}	Magnetite
96-101-1327; Mg _{4.00} O _{4.00}	Periclase
96-101-1328; Ca _{4.00} O _{4.00}	Lime

Impulse



Reflexliste
01-074-0695; Ca ₂₀ Al ₂₆ Mg ₃ Si ₃ O ₆₈ ; Calcium Aluminum Magnesium Silicate
01-074-1134; Mg Al _{1.9} Fe _{1.04} ; Magnesium Aluminum Iron Oxide
01-078-0430; Mg O; Magnesium Oxide
01-081-2027; Ca (C O ₃); Calcium Carbonate
01-078-0910; Ca _{11.3} Al ₁₄ O _{32.3} ; Calcium Aluminum Oxide
01-077-1150; Ca ₂ Mg (/ Si _{0.99} Cr _{0.01}) ₂ O ₇); Calcium Magnesium Silicate
00-035-1393; Mg _{1-x} Fe _x O; Magnesium Iron Oxide
01-075-1550; Fe O; Iron Oxide
01-074-1860; Fe ₂ Ca ₂ O ₅ ; Iron Calcium Oxide
01-089-3854; Fe ₃ O ₄ ; Iron Oxide