

H A

HERITAGE & ARCHITECTURE

TU Delft

CENTRAAL
MUSEUM
UTRECHT

Marie-Thérèse van Thoor

5 November 2018

Keeping it Modern Grant,
The Getty Foundation

Conclusions and recommendations from the research Colour, Form and Space: Rietveld Schröder House challenging the Future.



1	Introduction	4
2	The Management Plan	6
3	Historical Research.....	8
3.1	The role of stakeholders.....	9
3.2	The interior of the museum house.....	11
3.3	An incomplete reconstruction.....	11
4	Technical Research.....	13
4.1	Climate and humidity research	13
4.2	Construction research	16
4.3	The plaster research (TNO).....	17
4.4	Limited colour-historical research by the SRAL	20
5	Recommendations and considerations	22
6	Finally.....	24

At the end of 2015, the project *Colour, Form and Space: Rietveld Schröder House challenging the Future*, a Keeping it Modern Grant from the Getty Foundation, started. The grant was granted to Centraal Museum Utrecht, the manager of the Rietveld Schröder House, who commissioned the research from Delft University of Technology.

The research consisted of two parts: I Historical Research and II Technical Research.

Mrs Truus Schröder lived in the Rietveld Schröder House for more than sixty years; from 1925 onwards she and her three small children first lived there. After the children had left the house, Schröder lived there alone, with a housekeeper, or sometimes with tenants.

From the late 1950s until his death in 1964, Gerrit Rietveld also lived with Truus Schröder in this extraordinary house designed by him. Over time the house underwent some changes and renovations, as well as regular maintenance. Rietveld himself decided how all this should be done. But in the sixties a more radical restoration became necessary. At the same time, the house had attracted increasing attention.

In 1973 the Rietveld Schröder House came into the possession of the Rietveld Schröder House Foundation, and this foundation was also the client of two major restorations carried out by Bertus Mulder (b. 1929). In 1974 Mulder began the restoration of the exterior, followed by a restoration of the interior in 1985/6, after the death of Truus Schröder. Since 1987 the house has been opened as a museum house, managed by the Centraal Museum Utrecht. When this museum became independent in 2013, the Rietveld Schröder House, being a National Monument, was also included as a collection piece in the museum's Collection. But the house is not just one of many national monuments or collection pieces, it is - more importantly - one of only ten UNESCO World Heritage Sites in the Netherlands today.

The approved application for Getty describes the purpose of the research as follows: 'The research will enable a reflection on Mulder's work and the former, pioneer restorations, combining historical documentation and oral history with technical research on the historical fabric and colours of the house. Research on Mrs Schröder and her ideas on modern living will expand the understanding of her role in the design, building and restoration processes, as well as their meaning in international context. Further technical

research on the building physics and construction will enlighten the technical and physical conditions of the house and its actual and expected building performance. In this way *a future sustainable solution for the building can meet an enhancement of the museological value of the museum house*. The Rietveld Schröder House can function as a testing ground, and the experience can be used as example for other objects of modern architecture’.

The role and meaning of Mrs Schröder has been given a slightly different interpretation in the research, as a result of the change of curator within the museum. But the reflection on the previous restorations - with particular attention to oral history, and (unexpectedly) extensive archive research - and the research into the technical ‘performance’ of the building *as a museum residence* have been central. The historical research, supplemented with part of the technical research, will be published online on the TU Delft’s website at the end of February 2019, and will be presented as a paper book at the annual Rietveld Day on 23 June 2019. The results of Part II have been published in report form (see appendices), and as such will be linked to a digital spatial database book of the Rietveld Schröder House, which will also be available online in February 2019: <http://rsh-ruimteboek.centraalmuseum.nl/>

This document contains the conclusions and recommendations of the study and can be read as an addendum to the management plan of the Rietveld Schröder House.

In 2012, the *Rietveld Schröderhuis Management Plan* was drawn up by Land-id on behalf of Werelderfgoed.nl (Arnhem, 17 January 2012). This fulfils the first obligation associated with the conservation of the World Heritage Site and its Outstanding Universal Values (OUV). The management plan aims to demonstrate 'how the conservation of the universal values of the site and its ensemble has been arranged, among other things through management, implementation programmes, monitoring and resources and how the roles of the parties involved are divided' (p. 4). In successive chapters, the plan describes: the definition and characteristics of the site; the conservation objectives and instruments; the spatial delineation of the site; the management (structures, roles, tasks and powers); sustainable use; and finally the resources.

The core chapter of the management plan is chapter 5, in which the site managers responsible - the Municipality of Utrecht/Centraal Museum and the Rietveld Schröder House Foundation - and the Cultural Heritage Agency translated the principles of the plan into strategies, implementation and monitoring thereof, and how their roles, tasks and powers are divided among themselves. In clear tables, specific points of attention of the management are addressed as twelve 'issues'.

Section 5.2.5. *Science and research* recalls the scientific research conducted for and about the Rietveld Schröder House. The research by TU Delft, and the related sub-surveys by TNO Delft and the Foundation Restoration Atelier Limburg (Stichting Restauratie Atelier Limburg / SRAL), are a follow-up to this. We hope, however, that these studies will not only be included in this section, but that they will give rise to a revision of the *Rietveld Schröderhuis Management Plan*, as well as being implemented in the Conservation and Management Plan and the Long-Term Maintenance Plan of the Rietveld Schröder House - and, if necessary, the Centraal Museum's Collection Policy Plan. Above all, we hope that the results and recommendations of the studies will soon find their way into the daily practice of management, monitoring and maintenance of the house.

TU Delft research has no direct relationship with aspects (from the management plan) such as the definition of the site, spatial dynamics, climate change, air pollution, tourist development, security, or communicative or educational tasks of the Centraal Museum.

Therefore, no further attention will be given below to points 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9 and 11 of the *Rietveld Schröderhuis Management Plan* (pp 23-27). The issues 6 (supply/numbers of visitors), 10 (corporatisation of Centraal Museum) and 12 (reporting and monitoring), on the other hand, are clearly related to our research, and we will therefore address them. This last point, 12, is particularly important because it relates to the Centraal Museum Collection Policy Plan, the Conservation and Management Plan and the Long-Term Maintenance Plan of the Rietveld Schröder House.

At the start of the research it was known from literature that the restorations of the Rietveld Schröder House by Bertus Mulder - exterior 1970s, interior 1980s - were largely based on reconstructions, which meant that the house had to radiate an image of the early period from the late 1920s. The house was built by Gerrit Rietveld, with an important influence of the commissioner Truus Schröder; but the current house has now also received a considerable 'Bertus Mulder time period' as a result of the extensive restorations. Mulder himself reported on his restorations in the publication *Het Rietveld Schröderhuis* (2009). However, no objective reflections have yet been made on his interventions, or the extent to which the publication from 2009 is complete. The Getty study made this reflection and additions possible. The materialisation of inner and outer walls, in plaster and paintwork, played an important role in Rietveld's design ideas. During the restorations (the problems with) the plasterwork and the choice of the colour palette therefore also turned out to be important points of attention; in hindsight, more than the larger, more constructive interventions, they also gave rise to this reflection.

Extensive archival research was carried out, both in existing archives and in the archives that were gradually made accessible by the research or that were still revealed. Despite Mulder's initial reservations, a good relationship between him and the researchers has been built up in the recent period, and as yet unknown historical and archival sources could be studied, checked or merged, and the researchers could interview Mulder extensively about them. In addition, the digital spatial database - presented in 2015 as an interpretation of the so-called VER funds and as co-financing alongside the Getty Grant - gave an important stimulus to the collection, digitisation and re-interpretation of historical photographs. These photographs have become an indispensable part of both the research on the restoration and the interior of the house, and the research of, for example, the SRAL. Over the past three years Bertus Mulder has gradually come to the conclusion that his choices do not have to be the 'only and real' starting points for the future, at least as far as the ground floor of the house and the museum layout are concerned. Conceptually - and for the approach to the construction or the exterior - he remains very convinced of his own interventions. But Mulder was gradually prepared to dig into his memory once again about certain issues - such as the plaster restorations, for example - and documents suddenly

emerged that were not yet known or had been transferred to (the Bertus Mulder archive in) the Centraal Museum. Although Mulder's 'reconstruction' of his reconstructions provides a consistent picture, additions can be made to the analysis, or by linking various sources - including technical research - new conclusions can be drawn, or new starting points can be formulated for future maintenance and restoration.

3.1 The role of stakeholders

An important aspect should not be overlooked here. We cannot fully assess the restorations from the 70s and 80s according to current standards or starting points. Certainly the restoration of the exterior, the first of its kind, is difficult to compare with another example. This was different for the 1980s, when the views on restoration, building history, colour research and the like had already changed. Nevertheless, it was decided not to show the history of the house and its occupation by Mrs Schröder, but to reconstruct the original image.

Through the restorations much of the building substance and original materiality has been lost. This fits in with the consistent ideas of Mulder, who was supported by the wishes of Mrs Schröder and his client, the Rietveld Schröder House Foundation: it was not the materiality, but the spatial concept of the house that had to be preserved and, if necessary, reconstructed. Moreover, Mulder followed Rietveld's line here, for whom experimentation was very important, and who always tried to renew himself in his work and the technical possibilities.

But it is remarkable that the heritage institutions - and in fact also the client - were so easily involved in these views, and did not have their own material research carried out in the decades after the restorations either. During the restorations and maintenance, everyone was completely confident in Mulder's views. A house like the Rietveld Schröder House requires constant maintenance or repairs, and it is painted regularly. But there are no inspection reports, there is no world heritage monitoring programme (from the RCE and the site keepers), there are no reports for monument permits, or other building archaeological or material research available, other than the restoration reports in the Bertus Mulder archive. The 'Rietveld Schröder House dossier' in the municipal and national heritage archives is extremely thin. The only more substantial document is the nomination file for designation as a UNESCO World Heritage Site (1999), which forms the basis of the current management plan, the *Rietveld Schröderhuis Management Plan* (2012). The relevant passages on restoration, authenticity and maintenance were all written by Bertus Mulder.

In consultation with the paint manufacturer Sikkens, Mulder also had the formulation of paints recorded, but only from the early 1990s. Before the restorations by Mulder, and until his death in 1964, Rietveld himself determined the colours for each paint job, and he actively involved the painter with whom he was working at the time. Sikkens always supplied and renewed the paints and recipes. Sikkens has no archive on the Rietveld Schröder House from Rietveld's time; and no report has been made on the precise composition of paint during the restorations. Until recently, the Sikkens reports (from 1992) were available at Mulder's home, the very last recipe was in the drawer of a Sikkens employee. The 'Report on the state of affairs regarding the repair of the plasterwork of the Rietveld Schröder House' (Mulder 1980) did provide some brief information on the composition of the plaster. However, neither the Rietveld Schröder House Foundation nor the Centraal Museum have kept records of this kind of specific information about maintenance and materials themselves. The museum is currently making every effort to ensure that its archives and documentation are fully up to date and complete (and then accessible).

Maintenance plans for the Rietveld Schröder House have been drawn up since the early 2000s by Mulder and his successor Harriën van Dijk, who was appointed by him; but these plans do not contain any information about the composition of plaster or paints. With every paint job, the available Sikkens paint cans are removed from the basement and, if necessary, reordered from Sikkens. Even in April 2018 the house was painted in this way, interior and exterior. On the advice of TU Delft, the study and three walls of the former studio, on the ground floor of the house, were spared and not included in this painting.¹ The painting work, which is periodically applied according to the *Meerjaren Onderhoudsplan Rietveld Schröderhuis* (Long-term Maintenance Plan for Rietveld Schröder House), is painted layer on top of layer, with changes in colour already being made after the restorations of the 70s and 80s. Necessary repairs to the plaster are carried out on site by Van Dijk and the maintenance department of the Centraal Museum.

Repairs have only recently been reported, but very briefly.² The choices are individual choices, following Mulder's example, who worked as his teacher Rietveld during the entire restoration and later maintenance process: gradually, at work and according to his own insight.

¹ During the painting in April 2018, the colour codings were recorded and a short report of maintenance work was made: 'Logboek onderhoudswerkzaamheden Rietveld Schröder huis, tweede kwartaal 2018', without name, without date, attachment mail to N. Dubois dated 22 July 2018.

² 'Logboek onderhoudswerkzaamheden Rietveld Schröder huis, derde kwartaal 2018', without name, without date, attachment mail 30 October 2018.

3.2 The interior of the museum house

The historical research on the museum layout and furnishing of the house shows that Mulder also played a major role in this. Except according to the principle 'back to the end of the 1920s', it appears that no clear-cut plan was made for the interior design and furnishing of the museum house in 1986/7. In the research information about the interior is taken from the conversations with Mulder, supplemented with information from the recently inventoried archive of the Rietveld Schröder House Foundation. Rietveld had photos taken when the house had just been completed and furnished (1925/26). These photographs served as a starting point for the interior, but Mulder also made many choices on the spot or as it came out. A careful study of the first photographs, of later photographs and of the current situation now results in an image of a furnishing concept that is certainly not consistently implemented everywhere. In connection with the results of the technical research, it is possible that new choices can be made for the interior of the museum house in the future.

3.3 An incomplete reconstruction

Based on the information from archives, photographs and conversations with Bertus Mulder, we can now conclude, contrary to what was initially assumed, that the reconstruction of the outer shell and the interior finishing of the house probably was not complete. The documentation seemed to indicate that in 1979 Mulder had - after recurring problems - removed the original plaster layer(s) from the exterior of the house, applied a new layer and had it painted in a colour palette that he had devised himself. The same seemed to have happened in 1985/6 when Mulder, after the death of Mrs Schröder, restored the interior of the house.

In the course of our research we came to other insights and it appeared that Mulder this reconstruction in the interior only and especially on the upper floor has carried out. On the ground floor, the reconstruction was planned, but eventually only partially carried out; in a number of places, the restoration architect limited himself to repairs. There is good reason to assume that only repairs have been carried out, particularly in Rietveld's study and former studio, and that original plasterwork and finishing coats from the Rietveld period are still present in those rooms.

We can now also assume that certain wall parts of the exterior still contain the original rendering with finishing coats. Mulder's memories are not entirely clear in this respect, but probably - at least - the plaster of the parapets under the windows of the studio (south side) and the kitchen (east side) were only repaired and attached during the restoration, but not replaced. With these two wall sections, Mulder's statements correspond to the information we can now read from the historical photographs.

TNO and SRAL have therefore been commissioned to carry out limited research into the composition of the plasterwork and the finishing coats at a number of locations in the house (see Technical research).

4.1 Climate and humidity research

The Rietveld Schröder House is not only an example of World Heritage, it is also a museum house - and even a collection piece - in which several groups of visitors are shown around every day. Although the house has lost much of its original furnishings as a result of extensive restoration work, it still contains the original construction, original parts and valuable furniture. The Rietveld Schröder House is also a vulnerable house, which is why research has been carried out into the indoor climate, humidity (RH) and temperature (T) with a view to its museum future. The results of the research into the indoor climate can be used to identify possible risks to building materials and furniture and to propose necessary measures.

The conclusions from the Report - Interior Climate RSH (Lubelli & Van Hees 2018; see appendix 1) are as follows:

'After monitoring the RSH for one year and in combinations with the inspections that were carried out, the following conclusions can be drawn on the interior climate in the Rietveld-Schröder House:

- *The current interior climate is mainly governed by the variations in the exterior climate; this is most evident on the 1st floor.*
- *The effect of the visitors on the interior climate is negligible. This is most probably due to the small number of visitors (10-12 persons) at each tour of the building and to the high ventilation frequency, due to the fact that the building structure is quite open.*
- *During the heating season, periods with too high temperatures and too low RH values were recorded, mainly due to malfunction of the heating system; this problem has been solved, but care has to be taken of a quicker response in future. During the summer season, very high RH values are recorded.*
- *The indoor climate of the building falls (for 88% and 98% of the time, on the first and ground floor respectively) within the ASHRAE "class of control possible" C, which can be considered the class of control possible for this building (uninsulated masonry, single glazed window). According to ASHRAE risks of mechanical damage are only expected for high vulnerability artefacts, paintings, photographs, some artefacts and books (see table 2).*
- *The risk of mechanical damage and biological growth to the furniture, assessed on the basis of the web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>, is low.*

Based on the results of the measuring campaign, the following suggestions for the conservation plan are given:

- *Avoid as much as possible high T in the heating period. A maximum T of 18°C is suggested. Monitor the T and RH and use an alarm system to promptly intervene in case of malfunctioning of the heating system.*
- *In order to reduce the level of RH in the summer, air dehumidification should be considered. Ventilation will not be sufficient, as the absolute outdoor humidity during summer is high.*
- *There is no reason, when considering the interior climate under the current heating and ventilation regime, to reduce the number of visitors.*
- *No immediate risks of biological growth or mechanical damage have been assessed. The option of replacing the original pieces of furniture with copies, might still be considered if the lifetime needs to be optimized with respect to other risks (e.g. mechanical damage due to visitors).*
- *However, as several severe thermal bridges are present in the construction, the risk of mould growth on the construction is a risk that might become evident when interventions would be performed that could change the indoor climate class (from class II to class III), like sealing of windows without simultaneously introducing RH control.'*

Recommendations

TU Delft recommends that the above conclusions be adopted and implemented in systems of monitoring, management and maintenance: *issue 12*. Since monitoring, management and maintenance are also related to the organizational structure of the Centraal Museum, or may have consequences for the division of tasks and responsibilities between all site holders, and the RCE, this has also followed for *issue 10* of the management plan. More concretely, the conclusions can be translated into the recommendations below.

In the longer term, the Rietveld Schröder House will have to be restored again. Until then, repairs and monitoring of damage and repairs will remain necessary. Special attention should be paid to leakages:

- leaks; the house should be checked regularly for leaks (e.g. in the roof structure, above the toilet, the radiators).
- T should remain at 18 gr day and night; the monitoring and signalling system is important, protocol and responsibilities should be established.
- T should be measured every 15 minutes with wireless sensors that can be read remotely. Outside temperatures can be requested from the KNMI in De Bilt (is close by, so comparable).

- RH should be measured every 15 minutes, using wireless sensors (in places without direct sunlight) that can be read remotely. A control and signal system must also be developed for this, with protocol and responsibilities.
- Ventilation is very important. Current frequency and system of opening and closing windows and sliding walls is fine. This also promotes air circulation. Windows on the ground floor do not need to be opened extra. Installing fans at very high temperatures is always a good idea.
- The darkening of the windows by roller blinds and shutters must be maintained, all year round, at a fixed frequency. It is best to close everything in the evening, and on warm days without visitors close all day long. The protocol for this should be included in the management plan of the house.
- Testing or dehumidification on the ground floor could be carried out, preferably in the autumn, using a non-electric system that is in permanent use (24h).
- Replacing original furniture with replicas is not necessary from an indoor climate point of view, but it would optimise the service life. In the case of the loan of furniture, the museum also applies strict climate requirements.³
- The moisture content of the beams should be checked during major repairs or renovations, or with a view to the next restoration.
- It is urgently recommended to start with a digital, and professional logbook at short notice, in which all technical information and data about the house are brought together (T, RH, maintenance, management, but also visitor numbers, damage, repairs etc). The responsibilities for the management and maintenance of the house are currently divided over various parts and persons inside and outside the Centraal Museum, so that the overview is lacking, data is difficult to retrieve and verify, and in many respects these are and remain incomplete. During the Getty research, such a logbook, which is part of the professional monitoring of World Heritage, was sorely missed.
- It is advisable to have the Rietveld Schröder House regularly checked for damage and maintenance by an external party that is not involved in maintenance or management. This could be the Monumentenwacht.

³The temperature in the exhibition room must remain between 18-25°C, with a maximum fluctuation of 3°C per 24-hour period; the relative humidity must remain between 50-55%, with a maximum fluctuation of 3% per 24-hour period; the lighting may not exceed 150 Lux for paintings and 50 Lux for works on paper and textile, and the UV content may not exceed 75 microwatt per Lumen.

4.2 Construction research

At the request of the Centraal Museum Utrecht, a number of specific parts of the construction of the Rietveld Schröder House were investigated by TU Delft. The central question was whether the supporting structure is/will be able to withstand the changed use without damage now and in the future, and whether the safety of visitors and users is guaranteed. The conclusions and recommendations from the report *Rietveld Schröderhuis, Utrecht. Constructieve analyse* (Pasterkamp 2018; see appendix 2):

'No structural defects are visible during the visual inspection. The Rietveld Schröderhuis is in good condition. There is no question of subsidence.

The condition of the concrete foundation is unknown. It is recommended to dig an inspection well next to the east facade. The aim is to gain insight into the quality of the stony parts of the foundation below ground level: the masonry work, the foundation beams and the concrete pillar. A particular point of attention here is possible weapon corrosion.

The cellar probably consists of masonry, but based on the archive research there is a small chance that it consists of concrete (Brown 1958). A simple visual inspection can probably provide a decisive answer.

The wooden joists of the ground floor and the first floor can be used for a museum function if the load remains up to 3.00 kN/m². This is already under normal use no practical objections.

The reinforcement of the concrete of the balconies is undetermined, but will probably be insufficient for a load that exceeds the use as a balcony of a house. The balustrades of the balconies are certainly not strong enough. The balconies should be closed to visitors.

The wooden and steel beams of the roof have arithmetically sufficient strength to absorb the snow load prescribed in the Eurocode with sufficient safety. The roof does not have enough slope. The roof has not been damaged by wind or snow since it was built. However, there is regular leakage. It is important that the roof and rainwater drainage are regularly inspected and maintained.'

Recommendations

The above conclusions relate to the longer term and the short term. TU Delft recommends that they all be implemented in the system of maintenance and management, and that long-term recommendations be implemented as soon as major maintenance is involved or during the next restoration.

For the long term this means:

- inspection of the building and cellar.

For the short term can be stated:

- the building is 'at rest', the balance has been restored, there are no visible structural problems
- the floor load can handle the current use; the tours are not problematic, provided the load does not exceed 3.00 kN/m² (no more than 3 people per m² over the entire surface): *issue 6*.

The most critical parts of the house are the kitchen and the floor above it (at the table in the corner).

- The balconies are a risk for use by visitors, both in terms of load and because of the insufficiently strong balustrades. They should be immediately closed to visitors.
- The roof and rainwater drains must be checked and maintained regularly to prevent leakages.

4.3 The plaster research (TNO)

In October 2016, a piece of plaster from the top of the south wall of the study on the ground floor of the Rietveld Schröder House partially came loose. TU Delft carried out research into the causes for the release of the plasterwork and, in collaboration with TNO, the composition and properties of the plaster were investigated. The results are presented in *Petrografisch onderzoek pleisterwerk Rietveld-Schröderhuis Utrecht* (Nijland 2017; see appendix 3) and *Onderzoek naar het pleisterwerk van het Rietveld Schröder Huis* (Lubelli & Van Hees 2017; see appendix 4).

Since the historical research gave reason to assume that there are still plasterwork and finishing coats from the Rietveld period both on the exterior and interior of the Rietveld Schröder House, TNO conducted a limited follow-up study in 2018 into the composition of the plaster.

The conclusions from this report, *Petrographic investigation of plasters & renders from the Rietveld-Schröderhuis*, Utrecht (Nijland 2018; see appendix 5), are as follows:

'Samples RSH 18/1 [studeerkamer begane grond] and 18/3 [kamer meisjes 1e verdieping] possibly represent the same stratigraphy with a coating covering an outer finishing plaster and an inner plaster made up by two layers. The outer finishing plaster based on lime and gypsum present in sample RSH 18/3 is not present in the thin section of sample RSH 18/1, but macroscopically visible (Fig. 3). Additional SEM investigations (§ 5) show the presence of lime and gypsum here. The hydraulic lime based inner mortar is present in both samples. If RSH 18/1 and 18/3 are the same indeed, this would imply that RSH 18/1 is not an original plaster, but, likewise

RSH 18/3, a renovation plaster. This is unexpected, as the sample investigated in 2017 (Nijland 2017) came from the same wall as RSH 18/1. In this sample, a lime-gypsum based mortar is also present. However, the stratigraphy in the 2017 sample is much more complex than current RSH 18/1 (RSH 18/3): it contains more finishing layers (one lime based one on top of the lime-gypsum mortar and two below), whereas the base (inner) mortar is made up by two layers. Taking the lime-gypsum mortar as starting point, differences between current RSH 18/1, RSH 18/3 and the 2017 sample are illustrated [in figure p.19 report TNO]

Both outside renders (samples RSH 18/4 and 18/5) have compositions different from the indoor plasters in terms of binders, the former being a cement-lime mixture, the latter a very belite rich hydraulic lime (or perhaps an early Portland cement).'

In 2017 TNO concluded the following about the plaster that had come loose in the study room:

The interior plaster of the Rietveld-Schröderhuis in Utrecht is from the wall surface made up of two lime-bound mortar layers and four lime-bound finishing coats, with two coatings on top. The composition does not correspond to that expected by TU Delft. It is possible that the sample is a remnant of the original plaster.'

Bertus Mulder's 'Report on the state of affairs regarding the repair of the plasterwork of the Rietveld Schröder House' (1980) contains an appendix from the company STS (7 May 1979) in which the following was advised about the new stucco:

Wet masonry work. Cracks in the masonry that have been sealed with plastic mortar must be pre-treated with a cement paste. Approximately 15-30 minutes later apply a plaster mortar on the walls, including cracks.

Composition:

8 volume parts sand

1 volume part lime

1 volume part Portland cement

Next day apply a thin cement sanding layer and very fine sanding. Composition. 3 volume parts silver sand:

3 volume parts silver sand

1 volume part lime

Add 1 litre Portland cement to 10 litres of abrasive mortar and $\frac{1}{4}$ [?] litre of subdued plastic dispersion, e.g.

Plextol, Murafan od.

Although this sanding specials layer is suitable for every type of paint, we recommend using a breathable mineral paint'.

The publication *Het Rietveld Schröderhuis* (2009) contains 'Cutlery and conditions of the house' (by A. de Koff, 9 July 2914), in which the following is included about the composition of plaster:

Strong Portland mortar: 1 Portland 3 sand 1 lime milk

Basterdportlsand specie: ½ portland 4 sand 1 lime milk

Slack portland mortar: ½ portland 5 sand 1 lime milk'.

Recommendations

The piece of stucco that came loose in October 2016 is probably the oldest layer with the oldest, possibly original composition. It does not contain cement, and it is not recommended to repair the clearing with cement or very dense or water-repellent treated plaster.

- A plaster with a composition used on the bottom of the same wall may very well be used for the repair. The plaster used on the first floor has the same composition (RSH 18/1 and RSH 18/3). Also there, and elsewhere in the interior (such as in the workshop) can best be repaired with this plaster.

However, the ratio of hydraulic lime to sand mortars could possibly be determined even more precisely by TNO. A usual ratio of 1:3 (lime: sand) - with a layer of lime gypsum sand on top and then the coating - could also be the the starting point, in consultation with a plasterer from a certified company that works according to ERM guidelines (such as Van de Kant, the company that was also involved in the restoration in the 1980s). If necessary, the plasterers can also determine a more precise composition.

The repair in the study room can be done in two ways:

Either the plaster is removed from the wall and replaced; or only the loose parts are replaced; or the loose parts are 'glued' again with a grout, followed by a turnip layer and a thin finishing layer.

- The exterior plaster can best be put together during repair or restoration according to the formula of the repair plaster used for the balcony (RSH 18/4): a cement-lime-sand plaster in which a so-called air bubble former is used.

4.4 Limited colour-historical research by the SRAL

At the same time as TNO's research into the composition of the plasterwork, SRAL investigated the finishing coats of the rooms and wall sections where we still expected (more) original layers based on the historical research in 2018. The results of the historical research have been made available for this purpose. The report of the SRAL then again gave rise to the search for missing data and to complete our research. The results of the SRAL study have been incorporated in the *Beperkt kleurhistorisch onderzoek Rietveld-Schröderhuis* (Friedrichs, Junge & Van der Woude 2018; see appendix 6 A/B). The results are summarised:

On the ground floor there are remnants of the original paint layers from 1925 found. These are matt finishes with a clearly visible brushstroke in which mainly calcium is present (analysis with SEM/EDX). The grey layers contain not only black but also ochre; this has already been established by Bertus Mulder. In the course of the study of the cross-sections of the paint under the microscope, the layers are semi-transparent because the sanded surface is saturated with a slowly evaporating solvent; the refractive index of the lime is close to the refractive index of the liquid, so that the layer becomes translucent. This property indicates an aqueous binder - most probably lime, but glue may also be present as a binder (no binder analysis was performed).

The second finish found in various paint cross-sections dates from before restoration by Mulder (1987). Further interpretation of these layers within the time frame of the present investigation is not yet possible. After all, it is possible that these layers may also have been removed from the date the construction time and are early adjustments of Rietveld.

Since 1987 the interior has been repainted three times with synthetic wall paint. When the last two paintings took place is not yet clear. In several places it was possible to find that the current shades differ from both the original shade and the shade used by Mulder in 1987 with great care was chosen. Probes at a lavender colored (ceiling hall) and yellow finish (space next to kitchen) also makes it clear that these colors in 1925 considerably more sparkled. The texture of the current paint layers differs from the original ones: the surface looks bumpy but smooth due to the roller with which it is applied while the original layers have a distinctly streaky and matt texture.

A limited inspection of the finishes on a number of wooden components in the interior shows the same picture: the oldest paint layers have more intense colours, a ribbed texture through the brush and are matte.

During the examination of the exterior it became clear that in several places it is very likely that remains of the coloured plaster layers - which are also described in the Specifications (1924) - have been found: it concerns two shades of grey. The visual properties of the layers and their chemical composition seem to point in this direction.³ In the small narrow window opening in the vertical wall next to the front door, white lime layers have been found in a sample that are described in the cutlery. It is not yet clear whether the layers that are present date

from before or after the restoration of Bertus Mulder that took place in 1974 and 1987.

The finishes that have been applied since the restorations of Mulder have not been mapped. However, it is worthwhile to pay attention to this in the future to get a better grip on the whole. We see that the shades have subtly changed since the Mulder phase. But how they looked exactly in 1974 and 1987 and with which type of paint they were made is not entirely clear. After all, Mulder has chosen them with care and a lot of research and test surfaces; this knowledge should not be lost! There is also talk about colour samples that are still in possession of Mulder; it goes without saying that these too play an important role in this story.

The results of the historical and the colour-historical research do not currently lead to specific recommendations in the handling and choices for certain colours and paints. There is too little documentation and reference material available about and at the entire house. There are important considerations and recommendations to give.

- Based on the historical and colour-historical research, it is not possible to draw up a recommendation for the entire house with regard to 'original' or 'more original' colours, because too much reference material is missing. The results of the colour-historical research support the assumption that the Mulder phase has destroyed too much for this.
- On the basis of both investigations, it can reasonably be assumed that the study and the studio on the ground floor of the Rietveld Schröder House still contain original(er) layers. Possibly this original(er) materiality could be taken as a starting point for future repairs or for a future restoration of these spaces. This would require much more extensive colour-historical research to collect reference material from all the walls of these spaces.

If this principle were to be used in the future repair or restoration of these two rooms, the references for them can only be found in these rooms - possibly related to limited remains on the exterior - because the reference material elsewhere in the house has been lost. In that case, this different approach to these spaces would also be separated from the 'balanced colour composition' desired by Mulder and his client at the time.

- The layers that Mulder has applied since the end of the 1970s, both to the exterior and the interior, can be regarded as historical layers, which have become part of the history of the house. Where there are obvious interventions by Mulder, it could be decided to take that situation as the starting point for repairs and restorations - in accordance with the above advice for the composition of the stucco (see point C). However, the historical and colour-historical research also shows that in the period Mulder, from the first major restorations in the 70s and 80s, there have also been various changes in the composition of paint and colours. In that case it is important to

determine exactly which layer or layers Mulder will be used as a starting point.

- Even if one chooses to use one of the layers of Mulder as a starting point, one could still look for a way of painting that [does] more justice to the (more) original image from the periods Rietveld [than Mulder already aspired to], i.e. for a more spotty, less shiny, and more artisanal appearance. Another type of paint may also be required.

As indicated in the introduction, this document contains conclusions and recommendations that can be read as an addendum to or a revision of the *Rietveld Schröderhuis Management Plan* (2012). In addition, it is strongly recommended that a number of necessary - more technical and practical - measures be included immediately, in the short term, in the practice of monitoring, management and maintenance of the house.

The latter advice is of a more general nature. This study has revealed a lot of new and old information about the house. As shown above, this information comes from different sources, from different people, from monitoring and inspection, and several archives have been updated for this purpose. In addition, a digital spatial database has been created. We recommend that all available information about the Rietveld Schröder House be brought together in one place, in one system, and linked to the digital spatial database as a first step for the future challenge of this World Heritage Site.

Marie-Thérèse van Thoor

5 November 2018



Technische Universiteit Delft - Faculteit Bouwkunde
Afdeling Architectural Engineering + Technology
Sectie Heritage & Architecture

Julianalaan 134 | 2628 BL Delft



Monitoring of the indoor climate in the Rietveld Schröder House



1	Introduction	5
2	Research approach	7
2.1	Survey	7
2.2	Monitoring – monitored parameters, sensor type and location	7
2.3	Elaboration of climate data.....	8
3	Results	15
3.1	Survey	15
3.2	Indoor climate (T_{air} , RH, abs hum)	16
3.3	Effect of outdoor climate and visitors on indoor climate	20
3.4	Comparison with indoor humidity climate classes.....	23
3.5	Surface condensation.....	23
3.6	Comparison of indoor climate with ASHRAE classes.....	24
3.7	Evaluation of risks for furniture conservation	29
3.8	Infrared images	29
4	Conclusions	31
5	References	33

The Rietveld Schröder House is not only an icon of Dutch architecture, but it hosts valuable furniture. The building is a museum and it welcomes about 18000 visitors each year: several groups of about 10-12 visitors each visit the RSH daily.

The indoor climate can have an important impact on the conservation of both the building materials and the (mainly wooden) furniture: for example, a too low RH can cause wood to shrink and crack, too high RH values can lead to biological growth on the construction surfaces.

Knowledge of the indoor climate is therefore important to define the risks imposed to the conservation of the building materials and the furniture and if necessary take measures. In order to assess possible risks a monitoring campaign of the indoor climate and its variations over a period of one year has been performed.

Aims of research

The monitoring of the indoor climate in the Rietveld Schröder House has been undertaken aiming to answer following questions:

- What is the indoor climate and its response to the outdoor climate?
- What is the effect of visitors on the indoor climate?
- What is the hazard posed by the indoor climate to the conservation of the objects and the building?

The research included a survey of the state of conservation of the building and furniture and monitoring of the indoor and outdoor climate. Data were elaborated in order to answer the research questions given above.

2.1 Survey

Prior to the monitoring campaign, in the autumn of 2016, a visual and photographic survey of the building was carried out. The state of conservation of the building and the furniture was visually assessed and the moisture content in the wooden window frames was indicatively evaluated by means of a moisture meter (pin-type). Information on number of visitors, visiting time and duration were collected by interviewing staff members.

2.2 Monitoring – monitored parameters, sensor type and location

Sensors for monitoring of the indoor and outdoor climate were placed in autumn 2016 and, after a first test period, the monitoring started and went on until March 2018. Good functioning of the sensors was checked periodically (every 1-2 months).

The parameters monitored, type and location of the sensor are reported hereafter:

- Indoor climate:
 - Temperature (T_{int}) and Relative Humidity (RH_{int}) of the air were monitored during the entire monitoring period, by means of sensors (type EL-USB-2-LCD by Lascar electronics) at the ground floor and 1st floor of the house (figure 1). Additionally the T and RH in the skylight and in the basement were monitored in the periods Nov 2016-March '17 and April '17-Dec '17 respectively.
 - Surface temperature (T_{surf}) was measured at 3 locations at the ground floor (on masonry, concrete beam and wooden window frame), and three locations at the 1st floor, (on metal T profile, wooden window frame and masonry). Thermistors (type EU-UU-VS3-0) connected to a datalogger (type Grant Squirrel SQ2010) were used.
- Outdoor climate
 - Temperature (T_{ext}) and Relative Humidity (RH_{ext}) of the air were monitored by means of a sensor (type DK320-DM HumiLog equipped with protection against sun radiation and rain) positioned on the balcony at the 1st floor.

- Data from the KNMI (location De Bilt) were used as control and for additional information on rainfall. For all sensors, data were collected every 15 minutes.

When collecting equipment and sensors some additional measurements were performed of surface temperatures at several (indoor) parts of the facade, different from the locations used for the monitoring campaign using an infrared thermo camera (type Flir T420) and elaborated with the software provided by the camera producer.

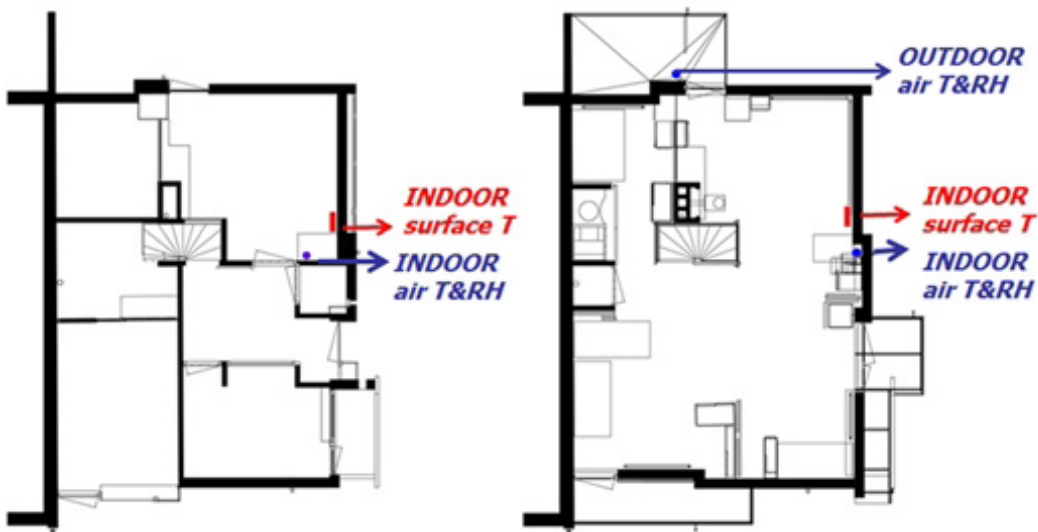


Figure 1: Location of the sensors on the ground floor and 1st floor

2.3 Elaboration of climate data

Data collected from 1st January to 31st December 2017 have been elaborated and analysed.

At first, the following values have been calculated, based on the collected data:

- Water vapour pressure and absolute humidity of the air (indoor and outdoor)
- Surface RH (deriving from the combination of T_{air} , RH_{air} and T_{surf}) at the measured spots, for the assessment of the risk of condensation.

In order to characterize the indoor climate, the following statistical parameters have been calculated for the T and RH of the air measured in the indoor on the ground and 1st floor:

- yearly average
- seasonal running average: a running average is calculated that uses a period of one season (three months or 91 days); this period is centred, which means that for each

value a period is considered looking back one month and a half and looking forward one month and a half.

- 24 hours running average
- daily fluctuation, i.e. the difference between the maximum and minimum value in a period of 24 hours;
- seasonal rise and drop, i.e. the difference between the yearly average and the maximum and minimum values.

Data collected at the different locations have been compared and differences underlined.

In order to evaluate the response of the building to the outdoor climate and to the presence of visitors, the absolute humidity and temperature values in the indoor and outdoor have been compared: graphs have been prepared for each weekly period, in which the interval in which visitors were present in the building are highlighted in blue (see example of figure 2).

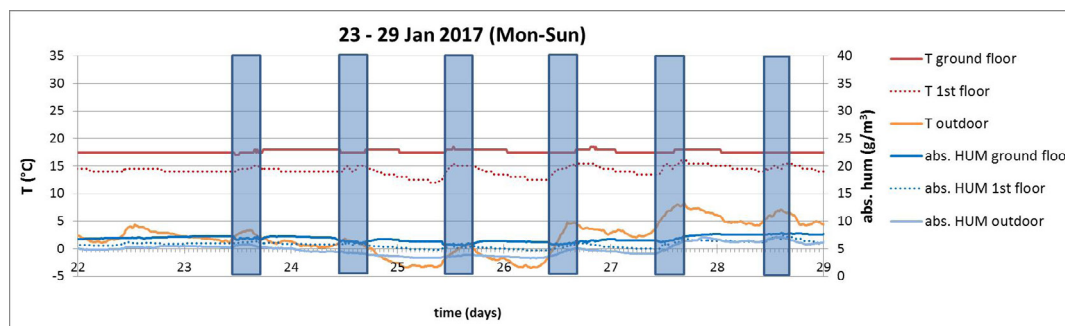


Figure 2: Example of week period; the blue areas indicate the periods in which the building was open to groups of visitors.

The indoor climate has been analysed with special attention to the humidity. It has been assessed in which indoor climate class, defined according to [1], the building fits in. The indoor climate class provides an evaluation of the climate in the building for what concerns the humidity: buildings in class I and II can be considered to have a sufficiently dry climate, buildings in class III and IV have a too high humidity for this kind of function of the building, due to production of moisture by various sources (figure 3). The assessment of the climate class of the building has been done, as described [1], by calculating the difference between the water vapour pressure inside and outside the building during the winter months; the period between 20/01/2017 and 30/3/2017 has been considered.

Data have been further analysed by the use of the Climate Evaluation Chart (CEC) [2], by means of the web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>. The basis of a CEC is formed by a psychrometric chart, with on the horizontal axis humidity mixing ratio in g/kg (the number of grams of moisture for each kilogram of dry air); on the vertical axis dry bulb temperature in °C and curves for the relative humidity in %. (see example of figure 4). The collected data are reported in the chart: different colours are used for the different seasons.

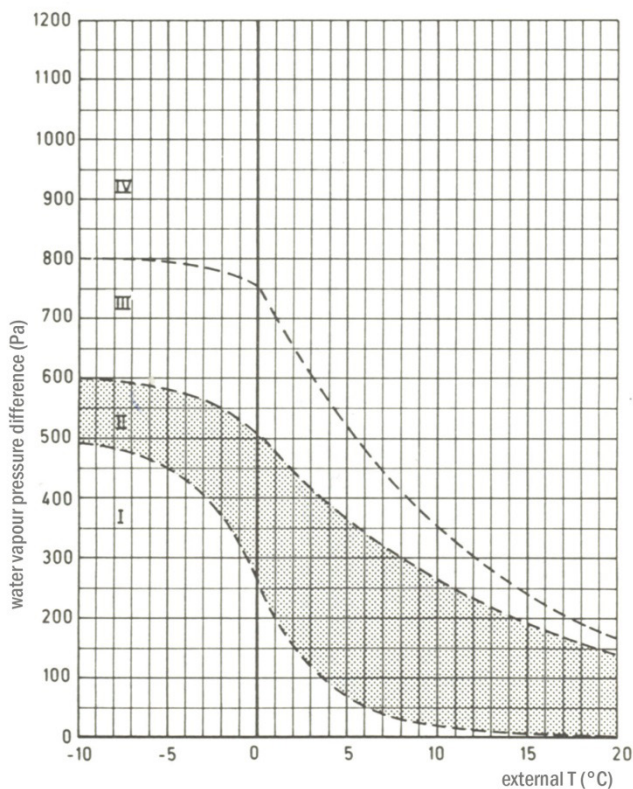


Figure 3: Classes of indoor climate in buildings, defined according to the difference in water vapour pressure between indoor and outdoor [1]

The chart allows to compare the collected data with the different “classes of control possible” of indoor climate in museums, as defined in the ASHRAE handbook [3], in terms of min T, max T, min RH and max RH and maximum allowed hourly and daily changes in T and RH.

A “class of control possible” (Table 1), ranging from D to AA, suggests what is feasible to be achieved in terms of indoor climate, depending on the type of building (e.g. presence of isolation, single or double glass windows, type of materials of the construction, etc.) and

existent system of climate control (e.g. heating, ventilation, air conditioning system, etc.). Considering the type of construction of the Rietveld Schröder House (not isolated, single glazed windows, no control of the air humidity), it seems reasonable to expect that the building can possibly fulfil the specifications for class of control C or, possibly, B; in this report the measured indoor climate will be compared to both these classes.

For each of the ASHRAE classes, different risks for the conservation of the objects can be expected (table 2) when the indoor climate fully fulfils the specifications of the climate class.

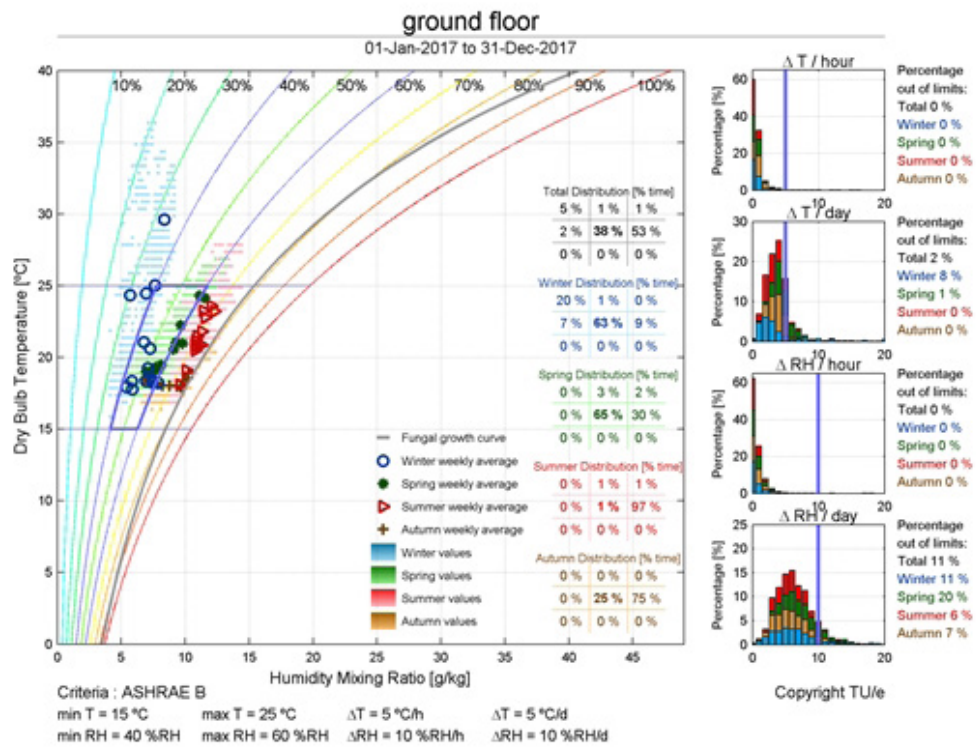


Figure 4: Example of graph, which can be obtained by the use of the web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>

Table 1: Classification of climate control potential in buildings [2]

Category of Control	Building Class	Typical Building Construction	Typical Type of Building	Typical Building Use	System Used	Practical Limit of Climate Control	Class of Control Possible
Un-controlled	I	Open structure	Privy, stocks, bridge, sawmill, well	No occupancy, open to all viewers all year.	No system	None	D (if benign climate)
	II	Sheathed post and beam	Cabins, barns, sheds, silos, icehouse	No occupancy. Special event access	Exhaust fans, open windows, supply fans, attic venting. No heat.	Ventilation	C (if benign climate) D (unless damp climate)
Partial control	III	Uninsulated masonry, framed and sided walls, single-glazed windows	Boat, train, lighthouse, rough frame house, forge	Summer tour use. Closed to public in winter. No occupancy.	Low-level heat, summer exhaust ventilation, humidistatic heating for winter control.	Heating, ventilating	C (if benign climate) D (unless damp climate)
	IV	Heavy masonry or composite walls with plaster. Tight construction; storm windows	Finished house, church, meeting house, store, inn, some office buildings	Staff in isolated rooms, gift shop. Walk-through visitors only. Limited occupancy. No winter use.	Ducted low-level heat. Summer cooling, on/off control, DX cooling, some humidification. Reheat capability.	Basis HVAC	B (if benign climate) C (if mild winter) D
Climate controlled	V	Insulated structures, double glazing, vapor retardent, double doors	Purpose-built museums, research libraries, galleries, exhibits, storage rooms	Education groups. Good open public facility. Unlimited occupancy.	Ducted heat, cooling, reheat, and humidification with control dead band	Climate control, often with seasonal drift	AA (if mild winters) A B
	VI	Metal wall construction, interior rooms with sealed walls and controlled occupancy	Vaults, storage rooms, cases	No occupancy. Access by appointment.	Special heating, cooling, and humidity control with precision constant stability control.	Special constant environments	AA A Cool Cold Dry

To the right of the graph in figure 4, tables are reported: these mention, for each season, the % of the data fitting or not in the requirements mentioned for the considered class. The % in the middle cell reports the data, which are conform to the considered class; in other cells the % beyond the T and RH requirements are reported (see also table 3). In the case of class B, limits are set also for variation of T and RH: the conformity of the climate to these limits is given in the bar charts. For further details on the method please consult [2].

Table 2: Temperature and RH specification for collections: for each classes of control collection risks and benefit are reported [?]

Type	Set Point or Annual Average	Maximum Fluctuation and Gradients in Controlled Spaces			Collection Risks and Benefits
		Class of Control	Short Fluctuations plus Space Gradients	Seasonal Adjustments in System Set Point	
General Museums, Art Galleries, Libraries, and Archives All reading and retrieval rooms, rooms for storing chemically stable collections, especially of mechanically medium to high vulnerability.	50% rh (or historic annual average for permanent collections)	AA Precision control, no seasonal changes	±5% rh, ±4°F	Relative humidity no change. Up 9°F; down 9°F.	No risk of mechanical damage to most artifacts and paintings. Some metals and minerals may degrade if 50% rh exceeds a critical relative humidity. Chemically unstable objects unusable within decades.
	Temperature set between 59 and 77°F Note: Rooms intended for loan exhibitions must handle set point specified in loan agreement, typically 50% rh, 70°F, but sometimes 55% or 60% rh.	A Precision control, some gradients or seasonal changes, not both	±5% rh, ±4°F	Up 10% rh, down 10% rh. Up 9°F; down 18°F.	Small risk of mechanical damage to high-vulnerability artifacts; no mechanical risk to most artifacts, paintings, photographs, and books. Chemically unstable objects unusable within decades.
			±10% rh, ±4°F	RH no change. Up 9°F; down 18°F.	
		B Precision control, some gradients plus winter temperature setback	±10% rh, ±9°F	Up 10%, down 10% rh. Up 18°F, but not above 86°F.	Moderate risk of mechanical damage to high-vulnerability artifacts; tiny risk to most paintings, most photographs, some artifacts, some books; tiny risk to many artifacts and most books. Chemically unstable objects unusable within decades, less if routinely at 86°F, but cold winter periods double life.
		C Prevent all high-risk extremes	Within 25 to 75% rh year-round. Temperature rarely over 86°F, usually below 77°F.		High risk of mechanical damage to high-vulnerability artifacts; moderate risk to most paintings, most photographs, some artifacts, some books; tiny risk to many artifacts and most books. Chemically unstable objects unusable within decades, less routinely at 86°F, but cold winter periods double life.
	D Prevent dampness	Reliably below 75% rh		High risk of sudden or cumulative mechanical damage to most artifacts and paintings because of low-humidity fracture; but avoids high –humidity delamination and deformation, especially in veneers, paintings, paper, and photographs. Mold growth and rapid corrosion avoided. Chemically unstable objects unusable within decades, less of routinely at 86°F, but cold winter periods double life.	
Archives, Libraries Storing chemically unstable collections.	Cold Store: -4°F, 40% rh	±10% rh, ±4°F			Chemically unstable objects usable for millennia. Relative humidity fluctuations under one month do not affect most properly packaged records at these temperatures (time out of storage becomes lifetimes determinant).
	Cool Store: 50°F, 30 to 50% rh	(Even if achieved only during winter setback, this is a net advantage to such collections, as long as damp is not incurred)			Chemically unstable objects usable for a century or more. Such books and papers tend to have low mechanical vulnerability to fluctuations.
Special Metal Collections	Dry Room: 0 to 30% rh	Relative humidity not to exceed some critical value, typically 30% rh			

Table 3: Compliance of the data to the given guidelines for T and RH [2]

<p>Too dry and too hot</p> <p>T > Tmax, guideline</p> <p>RH < RHmin, guideline</p>	<p>Too hot</p> <p>T > Tmax, guideline</p> <p>RHmin, guideline ≤ RH ≤ RHmax, guideline</p>	<p>Too humid and too hot</p> <p>T > Tmax, guideline</p> <p>RH > RHmax, guideline</p>
<p>Too dry</p> <p>Tmin, guideline ≤ T ≤ Tmax, guideline</p> <p>RH < Rhmin, guideline</p>	<p>OK</p> <p>Tmin, guideline ≤ T ≤ Tmax, guideline</p> <p>RHmin, guideline ≤ RH ≤ RHmax, guideline</p>	<p>Too humid</p> <p>Tmin, guideline ≤ T ≤ Tmax, guideline</p> <p>RH > RHmax, guideline</p>
<p>Too dry and too cold</p> <p>T < Tmin, guideline</p> <p>RH < RHmin, guideline</p>	<p>Too cold</p> <p>T < Tmin, guideline</p> <p>RHmin, guideline ≤ RH ≤ RHmax, guideline</p>	<p>Too humid and too cold</p> <p>T < Tmin, guideline</p> <p>RH > RHmax, guideline</p>

In order to evaluate the risks for the conservation of the furniture, first the average T and RH and the fluctuations of these values have been considered and compared to ASHRAE guidelines.

However, the ASHRAE guidelines define only the risks for the objects when the indoor climate falls 100% within each of the classes; the guidelines do not mention the risks when the climate is only for part of the time fitting within that class. To overcome this limitation, the evaluation of the possible risks posed by the indoor climate to the object has been carried out following the approach proposed by Martens [2]. The main idea of this approach is to consider the response time of the object (i.e. the time the object takes to respond to the change in T and RH) and its mechanical behaviour. Two main degradation mechanisms are considered: biological (moulds) and mechanical degradation (plastic deformation). The web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/> has been used for elaboration of the data and assessment of the risks. Among the classes of objects available (paper, panel painting, furniture and sculpture), the class “furniture” has been selected for the evaluation of the risks to the objects in the RSH. The calculations for this class of objects has been originally developed by [2] based on the case of a wooden lacquer; this object class has been considered to be the most similar to the furniture present at the RSH among the 4 classes of objects available.

The outcome of this elaboration consists in a general response on the risk (“safe”, “damage possible”, “damage likely”) plus a series of graphs showing more in detail the risks of biological growth (germination of spores) and the response of the object to RH in terms of elastic or plastic deformation (elastic behaviour is allowed, while plastic behaviour might cause damage). Besides, a lifetime multiplier (LM) is calculated by the web-tool: this is defined as the timespan an object remains usable when compared to a condition of 20°C / 50%RH.

3.1 Survey

The survey of the building and furniture highlighted the following:

- The state of conservation of the building, as far as it could be assessed visually, is good. No moisture spots have been observed on the walls of the buildings, indicating the presence of moisture due to e.g. leakages or surface condensation. Only exception was the study at the ground floor where parts of the plaster layer detached in 2017. Separate inspection has been carried out and reported [4 5 6 7]. It should be mentioned that problems might have been masked by the frequent maintenance (e.g. painting of the walls) of the building.
- The state of conservation of the furniture is generally good. However, some pieces of furniture, mainly thinner parts, are visibly deformed (figure 5). Floor finishes (carpet and linoleum) are regularly replaced, as they get worn due to the use.
- The moisture content measured in the timber window frames is low (figure 6).



Figure 5: Deformation of thin timber elements of furniture



Figure 6: Indicative measurement of moisture content in timber window frames

3.2 Indoor climate (T_{air} , RH, abs hum)

The T and RH during the complete year period (365 days, from January 1st to December 31st) for the ground floor and 1st floor are reported in figure 7. Remarkable are several periods with very high T (a maximum T of 36.5 °C was recorded on the ground floor) and corresponding very low RH (a minimum RH of 18,5% was measured on the ground floor in the same period) during the winter period. These extreme values have shown to be due to problems with the heating system, which have been resolved.

In figure 8 the T and RH in the skylight is reported. As expected, very large T and RH variations were measured, due to sun radiation and rainwater leakages.

In April '17 the sensor was moved from the skylight to the basement. The T and RH values recorded in the basement are reported in figure 9. The temperature in the basement is very stable while the RH varies considerably, and reaches very high humidity values at the end of the summer period, following the outdoor absolute humidity.

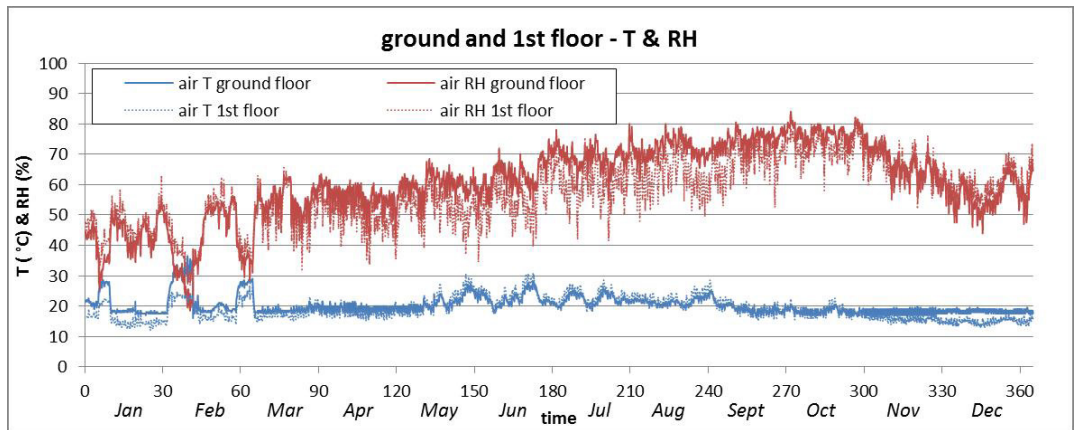


Figure 7: T and RH at the ground and first floor

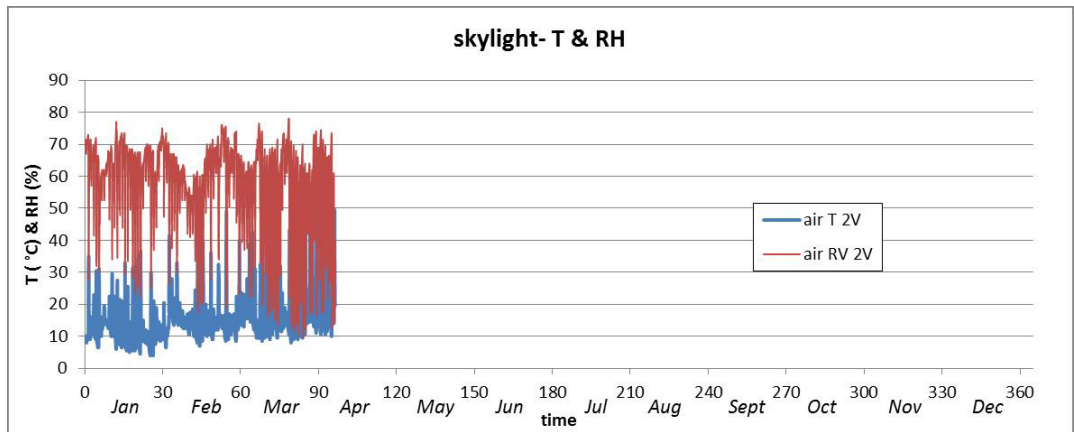


Figure 8: T and RH in the skylight

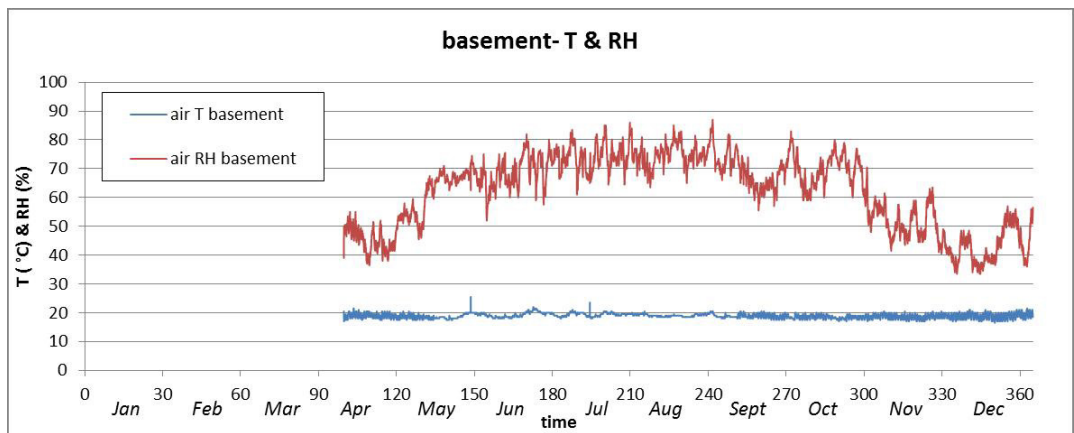


Figure 9: T and RH in the basement

The T and RH data have been further elaborated and some statistical parameters have been calculated as described in section 2.3 to characterize the indoor climate and point out differences between the climate on the ground floor and 1st floor. The following conclusions can be drawn:

- The yearly average T is higher on the ground floor than on the 1st floor (20.3 °C and 19.1 °C for the ground floor and 1st floor respectively); the T_{air} seasonal rise and drop are larger on the 1st floor (figure 10).
- The annual average RH is higher on the ground floor than on the 1st floor (60.7% and 57.2% for the ground floor and 1st floor respectively) (figure 11); the RH seasonal rise and drop are larger on the ground floor. The highest RH values are registered at the end of the summer period and in autumn; the lowest values are recorded in the winter, because of the heating system being active.
- When the daily T and RH variations are considered (figures 12-13), larger variations are recorded for the 1st floor than for the ground floor. This suggests that the first floor is more affected by the changes in outdoor T and RH. These results are further discussed in the following sections.

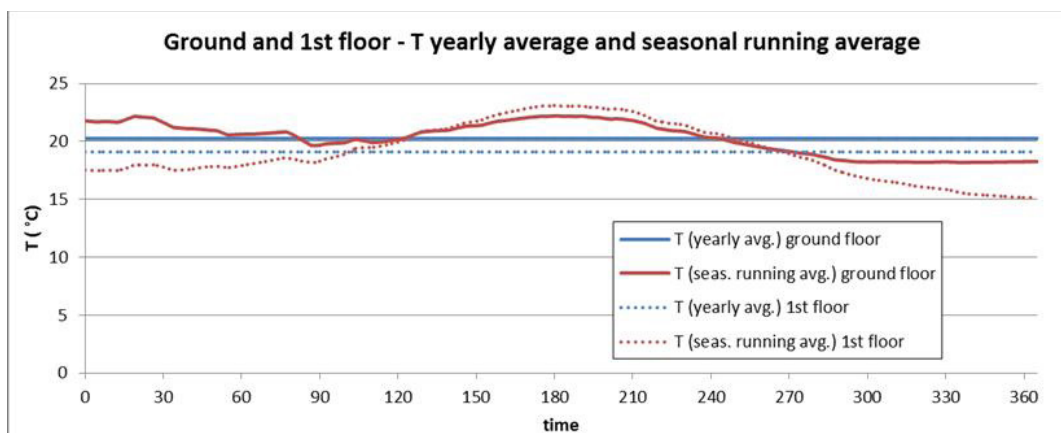


Figure 10: Yearly average T and seasonal running average T on the ground and 1st floor

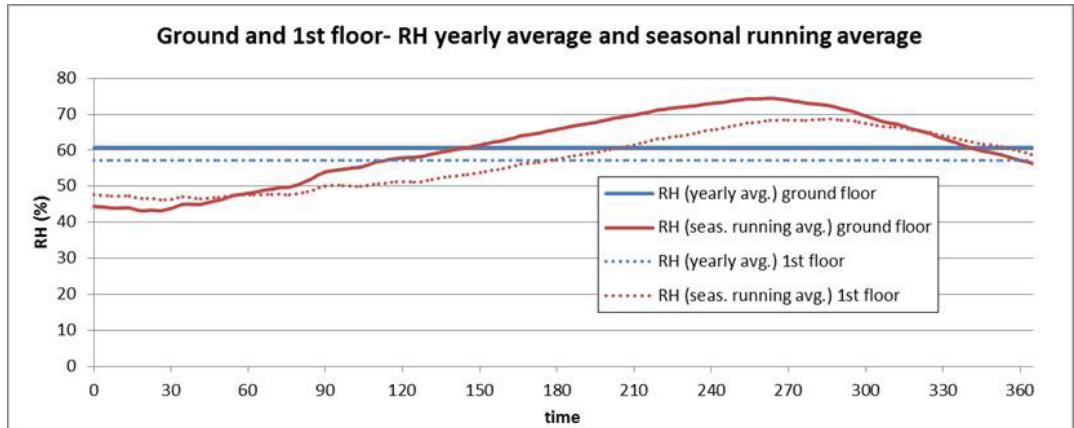


Figure 11: Yearly average RH and seasonal running average T on the ground and 1st floor

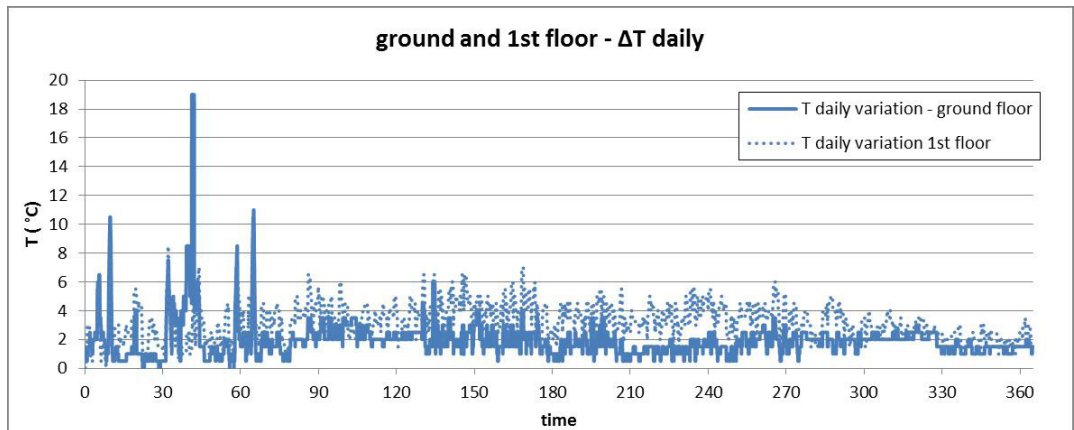


Figure 12: Daily variation T on the ground and 1st floor

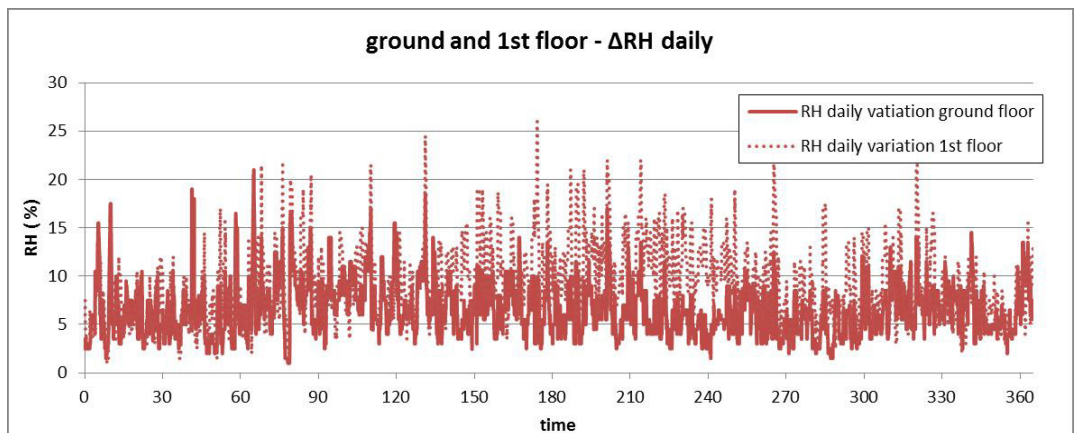


Figure 13: Daily variation RH on the ground and 1st floor

3.3 Effect of outdoor climate and visitors on indoor climate

The temperature on the 1st floor is strongly influenced by the outdoor climate; this is evident in the summer months, when the heating system is not in use (see e.g. figure 14). The influence of the external T on the T at the ground floor appears less important. When the response of the building to the outdoor absolute humidity is considered, it can be observed that in the summer months, when the heating is off, the absolute humidity in the indoor is affected by that of the outdoor (e.g. days 213-214 in figure 14). Again, this influence is more evident at the 1st floor than on the ground floor. Based on these results it can be concluded that, in the period in which the heating is switched off, the indoor climate is clearly following the outdoor variations: the presence of large window surfaces and stronger (natural) ventilation are the main reasons of the larger effect of the outdoor climate on the indoor climate of the 1st floor.

The presence of the visitors has no evident effect on the T and absolute humidity in the building: it is not possible to distinguish any peak in indoor absolute humidity during the visiting hours; not even during winter (figure 15).

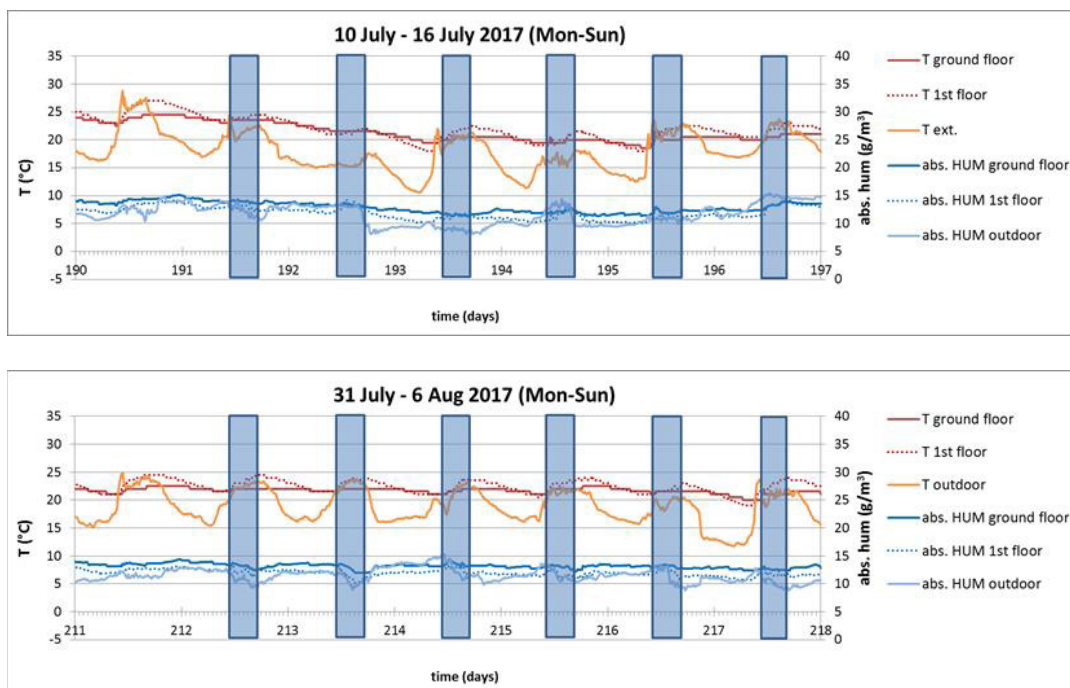


Figure 14: Indoor and outdoor T and absolute humidity at the ground and 1st floor during two weeks in the summer period.

It is possible to observe that, mostly in the winter period when the heating is on, the absolute humidity in the indoor is generally higher than that in the outdoor: this difference is larger for the ground floor than for the 1st floor and the basement. A possible reason of the variation of the absolute humidity following the temperature changes can be the hygroscopic behaviour of the building materials and furniture (release of moisture in warmer periods). In this period the absolute humidity varies, following rapidly the temperature changes: when the temperature increases (due to heating) the absolute humidity increases in a similar way; this is more evident on the ground floor, (figure 16).

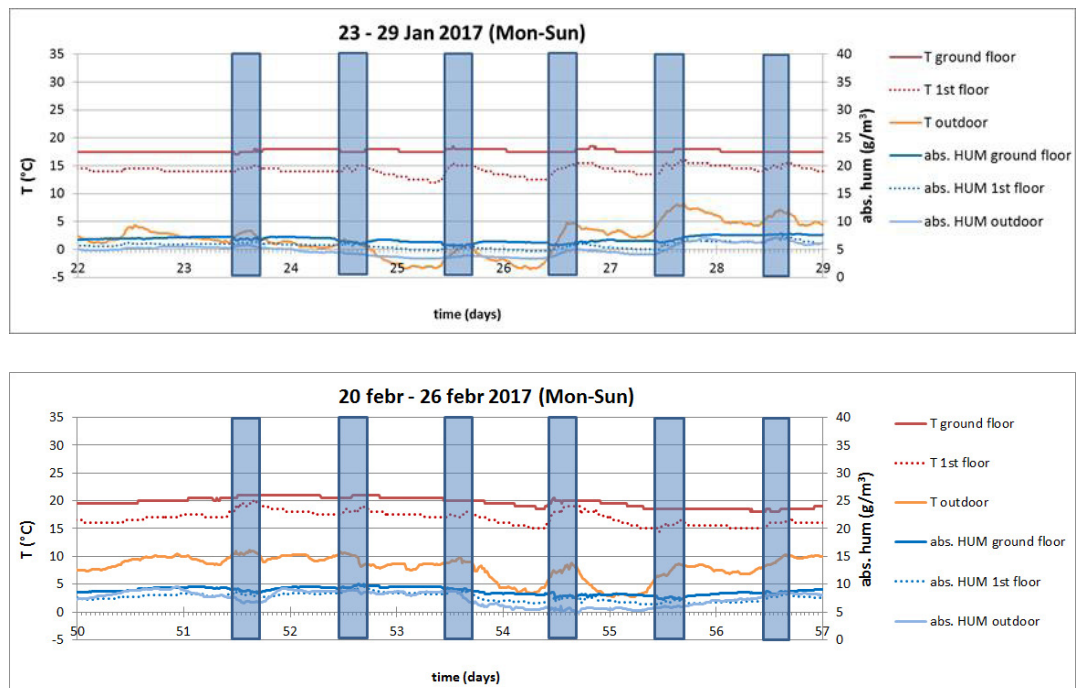


Figure 15: Indoor and outdoor T and absolute humidity at the ground and 1st floor during two weeks in the winter period.

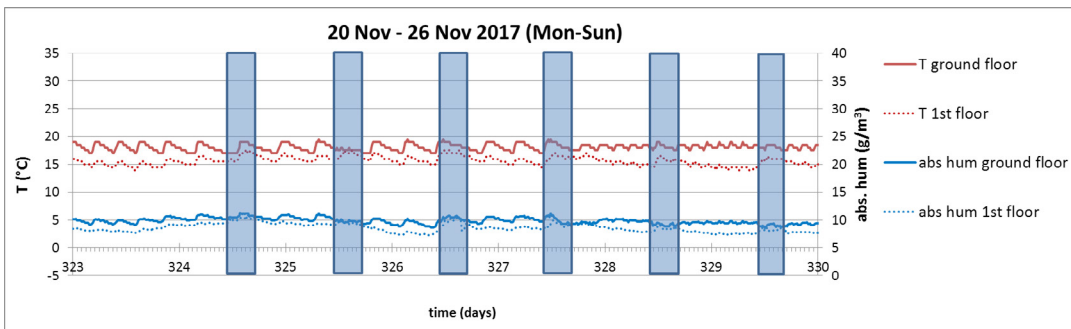
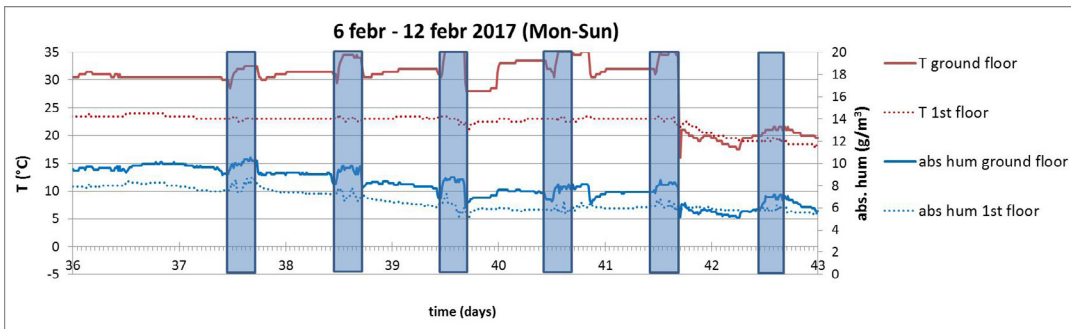


Figure 16: Temperature and absolute humidity on the ground floor and first floor during the winter period. The changes in absolute humidity follow the temperature changes. This is particularly evident at the ground floor.

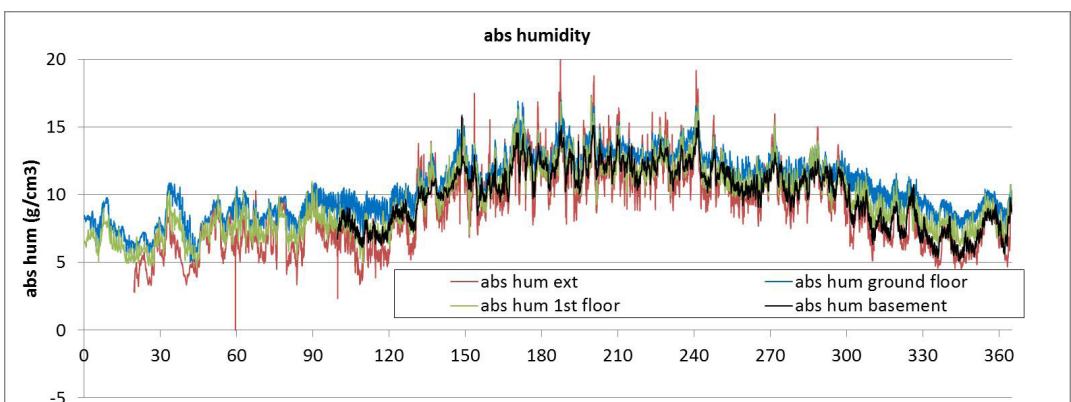


Figure 17: Absolute humidity at basement, ground and 1st floor compared to the outdoor absolute humidity

As the increase in absolute humidity is larger at the ground floor than in the basement (figure 17), this suggests that ingress of humid air from the basement is not the cause of the increase in absolute humidity measured on the ground floor (otherwise the absolute humidity would be higher in the basement than on the ground floor). Similarly, visitors cannot be the cause of this higher absolute humidity on the ground floor, as they are also accessing the 1st floor; besides, as mentioned earlier, no clear increase of absolute humidity is recorded in visiting hours. It should also be mentioned that, in the summer months, the variation in the absolute humidity is not clearly affected by that of the temperature, as it occurs in the winter months.

However, it should be mentioned that the change of absolute humidity following the changes in temperature is much faster than one would expect and that the immediate decrease of absolute humidity at the moment the temperature drops remains difficult to explain.

3.4 Comparison with indoor humidity climate classes

In figure 18 the indoor climate is compared to the classes of indoor climate as defined in [1]. It can be concluded that the building indoor climate falls within class II; as already observed, the indoor climate at the ground floor is more humid than on the first floor, but still falls within climate class II. Therefore in principle (under the current regime) no moisture problems in the sense of surface condensation or mould growth on the building construction are to be expected (see also paragraphs 3.6 and 3.7).

3.5 Surface condensation

The surface RH (RH_{surf}) has been calculated for locations on the ground floor and 1st floor on the basis of temperature and RH measurements, combined with surface temperature measurements. In none of the cases surface condensation (i.e. $RH_{surf} = 100\%$) has been measured.

However, high RH_{surf} (maximum values of 88% RH on the ground floor) have been recorded. Further, the RH_{surf} variations recorded are larger than the variations recorded for RH of the air.

In spite of the fact that no surface condensation occurs, high values of air RH near the surface (> 80-85% RH) might still lead to biological growth on plaster and wooden surfaces if these periods are long enough. This risk is further discussed in section 3.6.

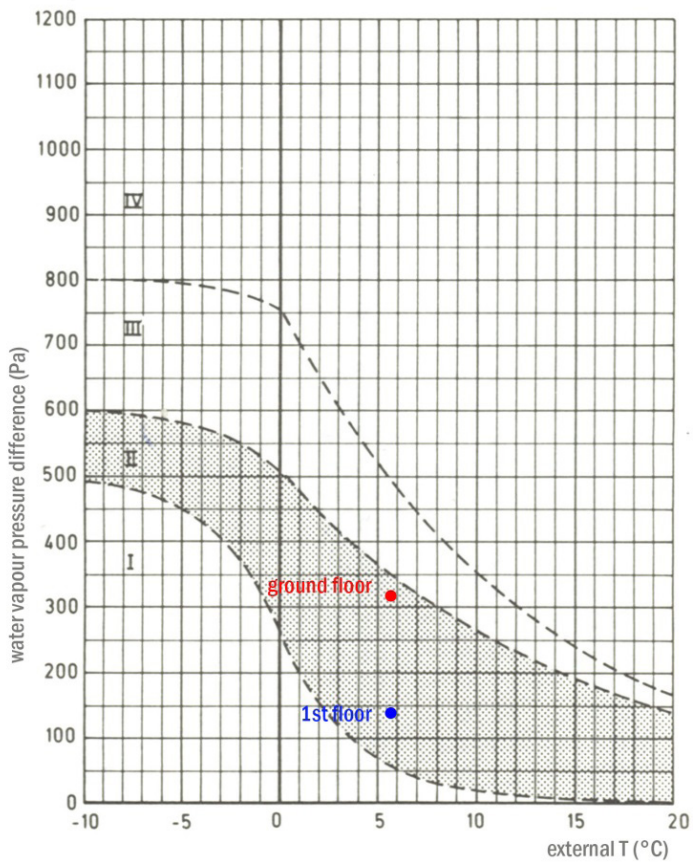


Figure 18: The indoor climate class at the ground and 1st floor of the building (the period between 20/01/17 and 20/03/2017 has been considered).

3.6 Comparison of indoor climate with ASHRAE classes

The indoor climate recorded during the entire year period is presented and compared to the ASHRAE classes B (figures 19-20) and C (figures 21-22). Table 4 reports the specifications for these classes. Based on the type of building (uninsulated, single glazed windows) the expected class of control possible is C.

Table 4: Specifications for classes B and C [3]

Class	Min T	Max T	Min RH	Max RH	Max ΔT /day	Max ΔRH /day	Max ΔT /hour	Max ΔRH /hour
B	15 °C	25 °C	40 %	60 %	5 °C	10 %	5 °C	10 %
C	-	-	25 %	75 %	-	-	-	-

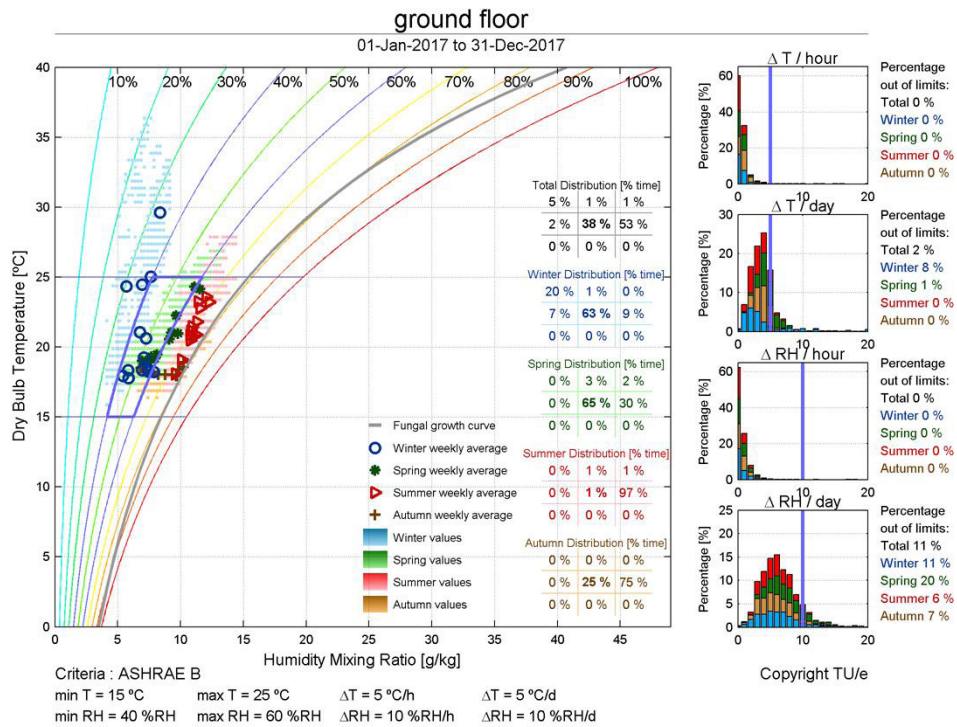


Figure 19: T and RH data recorded at the ground floor of the building in 2017 compared to specifications for class B; graphical elaboration performed by means of the web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>

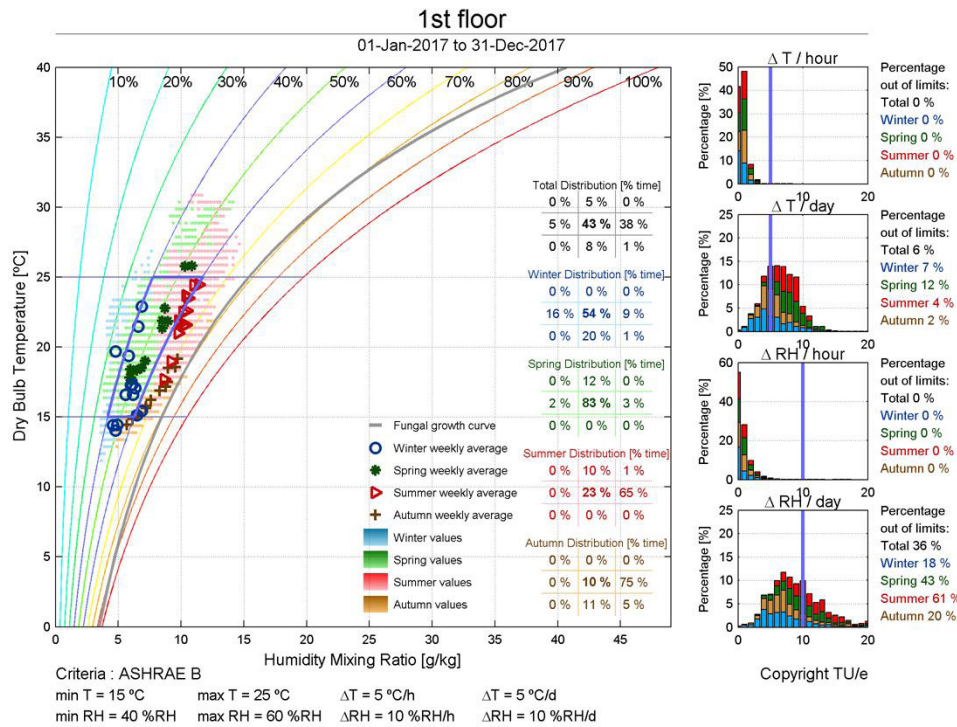


Figure 20: T and RH data recorded at the 1st floor of the building in 2017 compared to the specifications for class B; graphical elaboration performed by means of the web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>

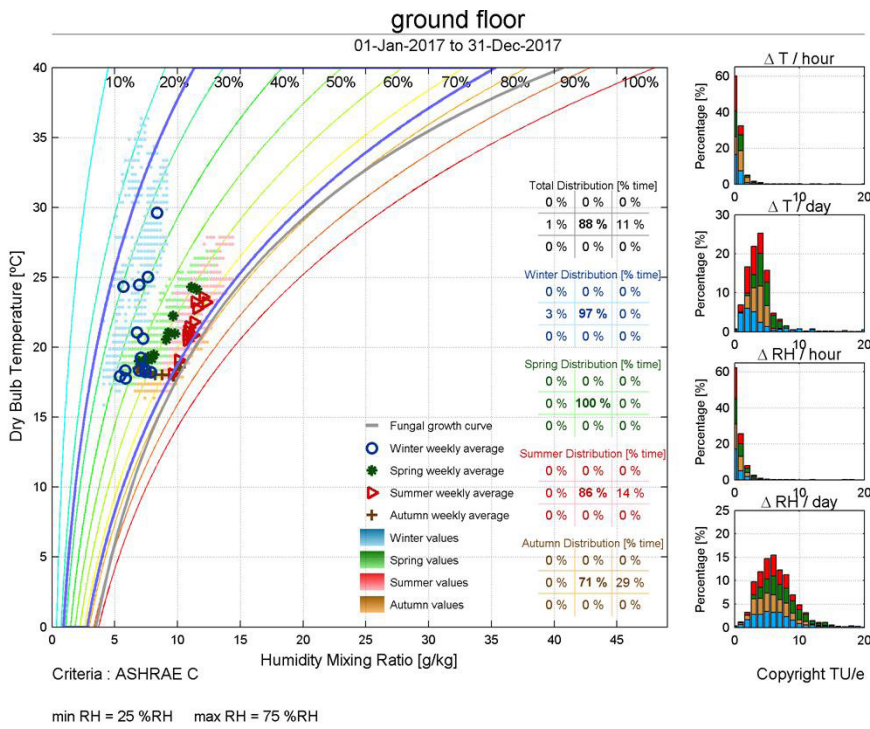


Figure 21: T and RH data recorded at the ground floor of the building in 2017 compared to the specifications for class C; graphical elaboration performed by means of the web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>

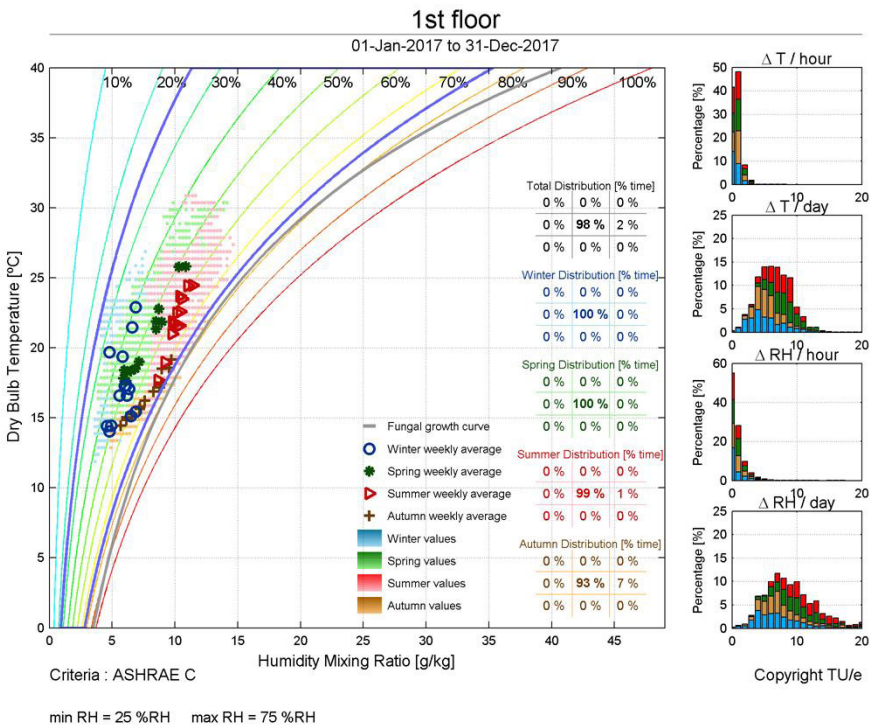


Figure 22: T and RH data recorded at the 1st floor of the building in 2017 compared to the guidelines for class C; graphical elaboration performed by means of the web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>

In the case the indoor climate is compared to class C, 88% and 98% (for the ground floor and 1st floor) of the T and RH values are within the given criteria. In summer and, even more in the autumn period, there is still a significant % of values, which exceed the RH requirements; this % is higher for the ground floor than for the 1st floor.

In the case the indoor climate is compared to class B, only 38 and 43% of the T&RH values on the ground and 1st floor respectively, are fulfilling the requirements for this class. During winter, many values (and even weekly average values) fall outside the given range of T and RH: too high T and corresponding too low RH values are recorded. These peaks in T are in large part due to the mentioned problems of the heating system. During summer, when the heating is not in use, 97% and 83% of the recorded values on the ground and 1st floor respectively fall outside the given RH range, as the RH is higher than the required 60%. A similar situation, but with lower % of values exceeding the requirements, is recorded during autumn.

It can therefore be concluded that the indoor climate mostly (but not fully) falls within the criteria given for the class of control C; this seems to be the climate class of control appropriate for this type of building. Imposing another climate class would imply the use of air condition systems, to reduce the indoor climate conditions during the summer months.

When the climate falls within class C, according to ASRHAE handbook [3] risks of mechanical damage are mainly present for highly vulnerable objects and for paintings, some books and some artefacts (table 2). However, as the ASRHAE handbook does not further specify which type of artefacts, and the indoor climate does not fully fulfil the specifications for class C, it is difficult to draw conclusions on the risks for the conservation based only on ASRHAE guidelines. Another approach, which considers the response of the material to the indoor climate, is necessary. This is discussed in the next paragraph.

ground floor

01-Jan-2017 tot 01-Jan-2018

	Mould	LM	Base material	Pictorial layer
PAPER	safe	0.718	-	-
PANEL PAINTING	safe	0.743	damage possible	damage possible
FURNITURE	safe	0.745	safe	-
SCULPTURE	safe	0.746	safe	-

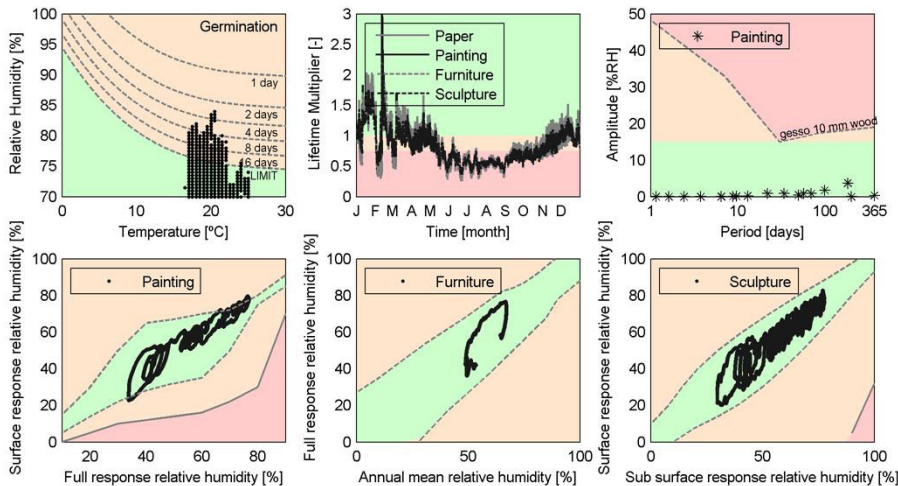


Figure 23: Evaluation of risks posed by the indoor climate of the ground floor to the conservation of different types of objects, among which "furniture". Graphical elaboration performed by means of web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>

1st floor

01-Jan-2017 tot 01-Jan-2018

	Mould	LM	Base material	Pictorial layer
PAPER	safe	0.855	-	-
PANEL PAINTING	safe	0.868	damage possible	damage possible
FURNITURE	safe	0.877	safe	-
SCULPTURE	safe	0.871	safe	-

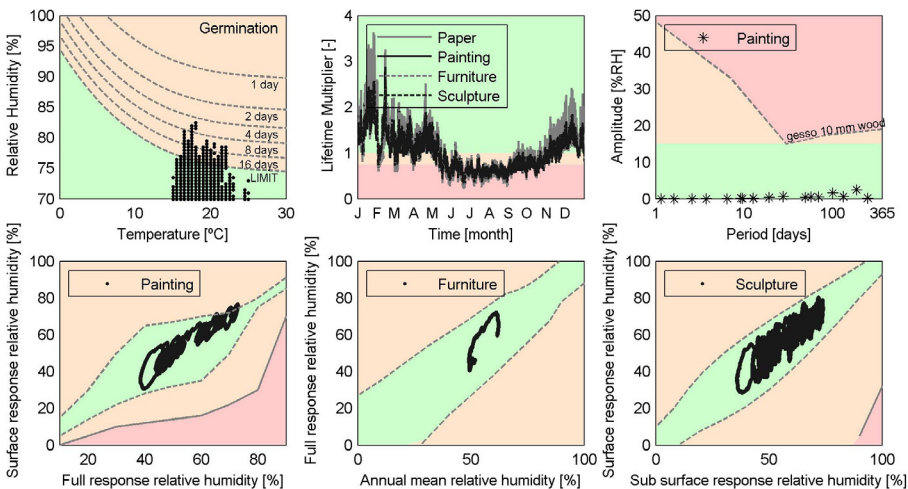


Figure 24: Evaluation of risks posed by the indoor climate of the 1st floor to the conservation of different types of objects, among which "furniture". Graphical elaboration performed by means of the web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>

3.7 Evaluation of risks for furniture conservation

ASHRAE criteria establish the risks for damage to the objects in case the indoor climate falls within the given range. No indication is given on the risks in the case the indoor climate only partially fulfils the given criteria.

In order to define the risks for the conservation of the furniture in the Rietveld Schröder House, the approach described in section 2.3 has been used.

Figures 23 and 24 report the results of elaboration of the climate data collected at the ground and 1st floor; the elaboration was performed by the use of the web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>,

Based on these results it is possible to conclude that indoor climate is safe for what concerns the wooden furniture; neither biological growth (germination and growth of spores) nor mechanical damage are expected.

However, the lifetime multiplier (LM), especially for the ground floor is relatively low, i.e. the service life is lower than it would be at 20 °C and 50% RH.

3.8 Infrared images

During the survey it became clear that the façade construction has several weak parts in thermo-hygric sense. For example steel profiles and concrete beams are present that have no thermal interruption, which may lead to locally very low temperatures.

The infra-red images collected in the building show that thermal bridges also occur, related to the geometry of the construction (figures 25-26).

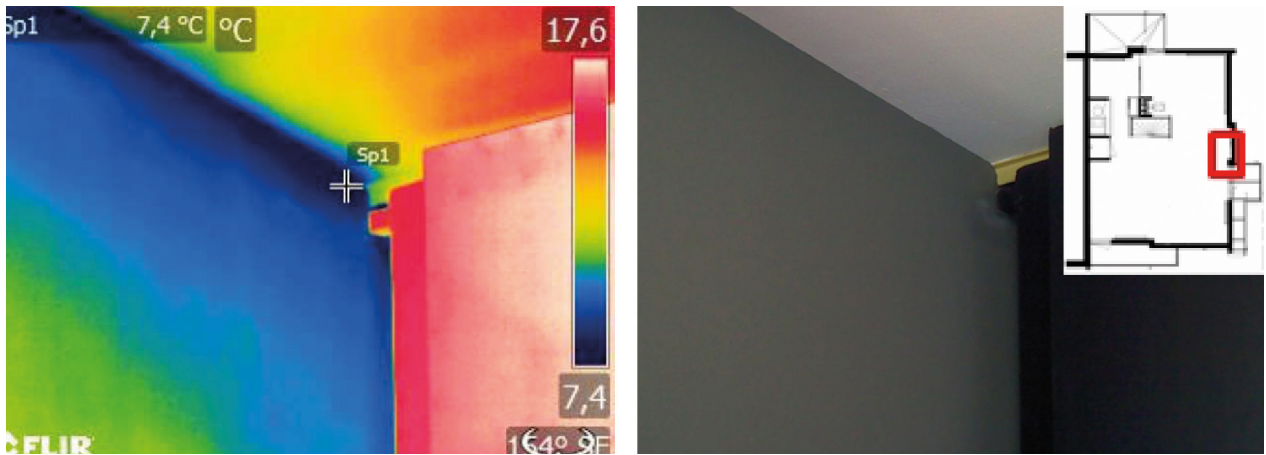


Figure 25: Surface temperature in a corner of the construction, (left: IR image, right: normal image; the insert reports the plan of the 1st floor with the location (in red) of the inspected area

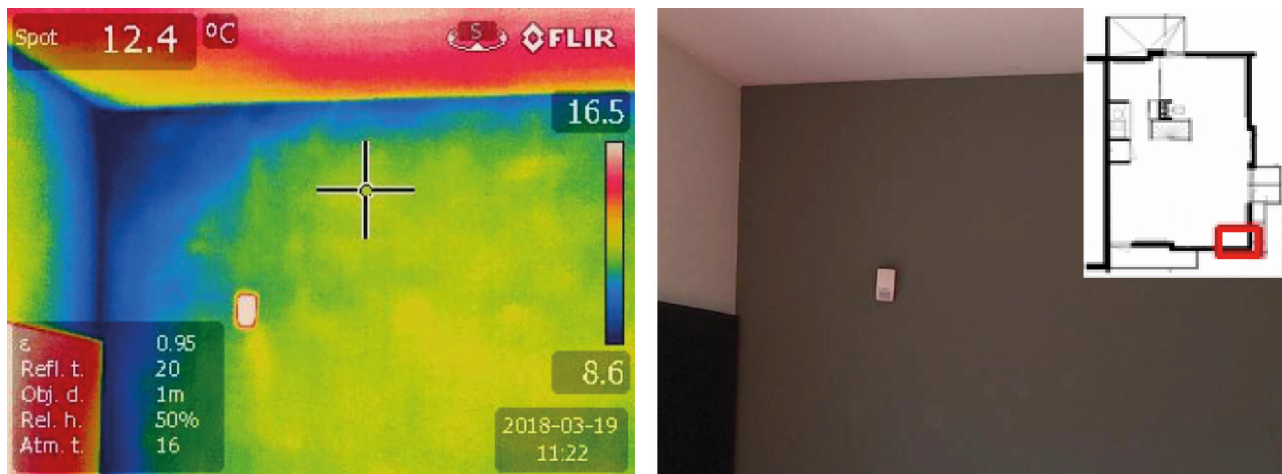


Figure 26: Surface temperature in a corner of the construction, 1st floor (left: IR image, right: normal image); the insert reports the plan of the 1st floor with the location (in red) of the inspected area

After monitoring the RSH for one year and in combinations with the inspections that were carried out, the following conclusions can be drawn on the indoor climate in the Rietveld Schröder House:

- The current indoor climate is mainly governed by the variations in the outdoor climate; this is most evident on the 1st floor.
- The effect of the visitors on the indoor climate is negligible. This is most probably due to the small number of visitors (10-12 persons) at each tour of the building and to the high ventilation frequency, due to the fact that the building structure is quite open.
- During the heating season, periods with too high temperatures and too low RH values were recorded, mainly due to malfunction of the heating system; this problem has been solved, but care has to be taken of a quicker response in future. During the summer season, very high RH values are recorded.
- The indoor climate of the building falls (for 88% and 98% of the time, on the first and ground floor respectively) within the ASHRAE “class of control possible” C, which can be considered the class of control possible for this building (uninsulated masonry, single glazed window). According to ASHRAE risks of mechanical damage are only expected for high vulnerability artefacts, paintings, photographs, some artefacts and books (see table 2).
- The risk of mechanical damage and biological growth to the furniture, assessed on the basis of the web-tool available at <http://www.monumenten.bwk.tue.nl/>, is low.

Based on the results of the measuring campaign, the following suggestions for the conservation plan are given:

- Avoid as much as possible high T in the heating period. A maximum T of 18°C is suggested. Monitor the T and RH and use an alarm system to promptly intervene in case of malfunctioning of the heating system.
- In order to reduce the level of RH in the summer, air dehumidification should be considered. Ventilation will not be sufficient, as the absolute outdoor humidity during summer is high.
- There is no reason, when considering the indoor climate under the current heating and ventilation regime, to reduce the number of visitors.

- No immediate risks of biological growth or mechanical damage have been assessed. The option of replacing the original pieces of furniture with copies, might still be considered if the lifetime needs to be optimized with respect to other risks (e.g. mechanical damage due to visitors).
- However, as several severe thermal bridges are present in the construction, the risk of mould growth on the construction is a risk that might become evident when interventions would be performed that could change the indoor climate class (from class II to class III), like sealing of windows without simultaneously introducing RH control.

1. R.P.J. van Hees, Vochtproblemen in bestaande woningen, Rapport n. 151, Stichting Bouwresearch, Rotterdam 1986
2. M. Martens, Climate risk assessment in museums: degradation risks determined from temperature and relative humidity data, PhD thesis, Eindhoven University of Technology, 2012, 214 pp
3. AA.VV. ASHRAE Handbook, chapter 21, Museums, galleries, archives, and libraries, pg. 21.1-21.23
4. B. Lubelli, R.P.J. van Hees, Onderzoek naar het pleisterwerk van het Rietveld Schroder Huis, TU Delft report, 2017, 16 pp
5. T.G. Nijland, 2007. Petrografisch onderzoek pleister Rietveld-Schröderhuis te Utrecht', TNO report R10902, 2017, 10 pp
6. T.G. Nijland, Petrographic investigation of plasters and renders from the Rietveld-Schroder Huis, Utrecht, TNO report 2018 R10510, 2018, 20 pp
7. A. Friedrichs, C. Junge, Beperkt kleurhistorisch onderzoek Rietveld-Schröder Huis, SRAL rapport, 2018, 32 pg

Technische Universiteit Delft - Faculteit Bouwkunde
Afdeling Architectural Engineering + Technology
Sectie Heritage & Architecture

Julianalaan 134 | 2628 BL Delft



Technische Universiteit Delft
Faculteit Civiele Techniek
Stevinweg 1
2628 CN Delft

Rietveld Schröderhuis, Utrecht

Constructieve analyse

Opdrachtgever: Centraal Museum
Architect: G. Rietveld

Opgesteld door: ir. S. Pasterkamp
Datum: 4 november 2018
Versie: definitief
Ref.:

Paraaf:

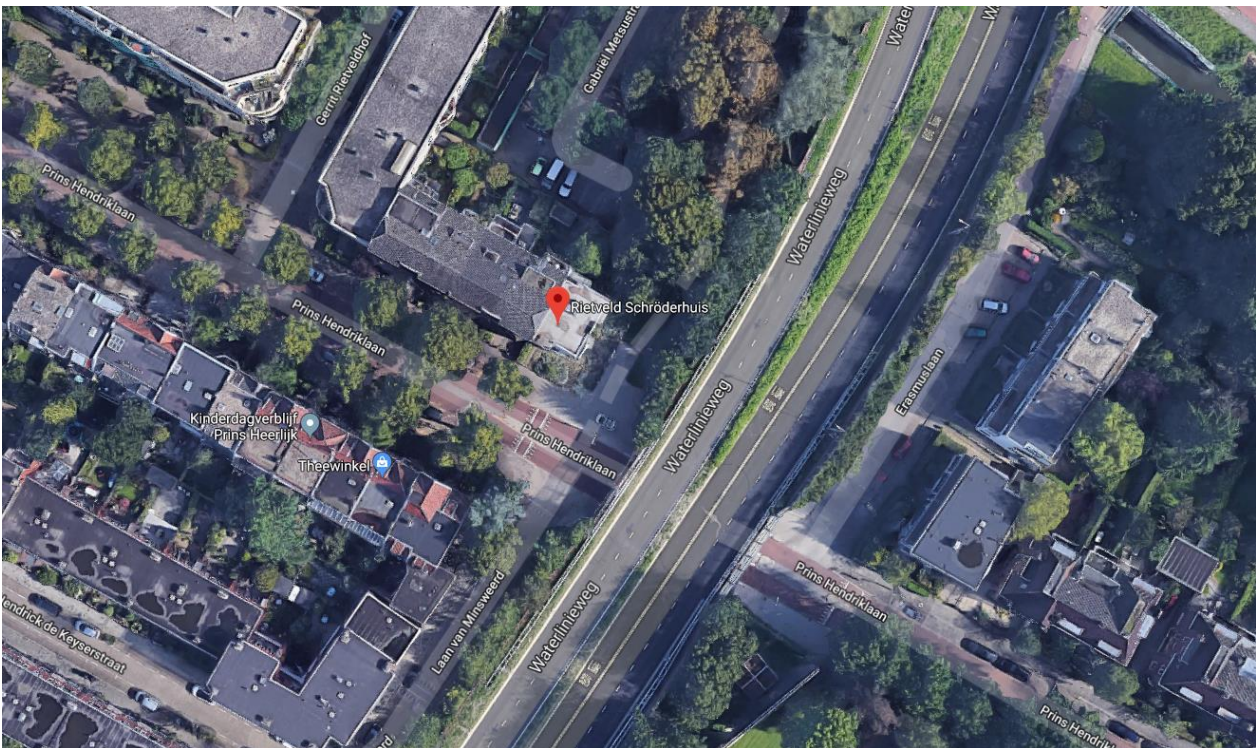


Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Locatiebezoek	4
3	Archiefonderzoek.....	9
4	Constructieve eisen.....	14
	4.1 Historisch	14
	4.2 Eurocode.....	14
5	Analyse.....	15
	5.1 Fundering.....	15
	5.2 Balklagen vloeren.....	15
	5.3 Balkons.....	16
	5.4 Dak.....	16
6	Conclusies en aanbevelingen	16
Bijlage 1 Oprichtingstekeningen		
	Bouwtekeningen	1
	Bestektekst.....	4
Bijlage 2 Berekeningen		
Bijlage 3 Boormonsterprofielen.....		
		18
Bijlage 4 Staalprofielen volgens Eisen im Hochbau (AG 1924)		
		20
Bijlage 5 Literatuurlijst.....		
		22

1 Inleiding

Het Rietveld-Schröderhuis is in 1924 gebouwd aan de Prins Hendrikklaan 50 te Utrecht, als woonhuis voor mw. T. Schröder en haar drie kinderen. Het huis is ontworpen door de architect G. Rietveld volgens een unieke combinatie van de ideeën van De Stijl, de opdrachtgeefster mw. Schröder en de eigen originele inzichten over ruimtelijke vormgeving van de architect. Het huis geniet inmiddels wereldwijde bekendheid. Het is een rijksmonument en staat op de werelderfgoedlijst van Unesco.



Figuur 1 Locatie van het object (bron: Google Maps)

Het huis is in de loop der tijd een aantal malen verbouwd, maar daarbij is de hoofdconstructie behouden. In de jaren 1930 is het huis korte tijd verhuurd geweest aan een montessorischooltje. Er is ook een aantal jaren een extra kamer geweest in een dakopbouw. Deze dakopbouw is later weer verwijderd. Het huis is in 1974 grondig gerenoveerd van binnen en van buiten.

Momenteel is het huis eigendom van de Stichting Rietveld Schröderhuis. Het wordt beheerd door het Centraal Museum. Het gebouw is niet meer in gebruik als woonhuis maar heeft een museumfunctie. Hiertoe is het huis bij de renovatie in 1974 in de oorspronkelijke staat teruggebracht. Door de gewijzigde functie is het gebruik van het huis nu wel intensiever dan direct na de oprichting. Het Centraal Museum wil graag weten of de draagconstructie van het huis in staat is dit veranderde gebruik zonder schade te verdragen, en of hierbij de veiligheid van de bezoekers gegarandeerd is of dat er eventueel beperkingen gesteld moeten

worden aan het gebruik van het huis. In het voorliggende rapport wordt getracht een antwoord te geven op de volgende vragen:

- Hoe was de oorspronkelijke opbouw van de draagconstructie van het gebouw?
- Hoe is de huidige conditie van de draagconstructie?
- Aan welke eisen moet het gebouw voldoen bij gebruik als museum?
- Is het gebouw in staat zonder schade dit gebruik te verdragen?
- Is de veiligheid van de bezoekers gewaarborgd?
- Zijn er eventueel beperkingen aan het gebruik nodig om schade of gevaar te voorkomen?

Om antwoord te geven op deze vragen zijn de volgende stappen ondernomen:

- Op 1 oktober 2015 heeft een visuele inspectie plaatsgevonden van het Rietveld Schröderhuis;
- Er is gezocht in het digitale Utrechts Archief en in het digitale archief van het Centraal Museum te Utrecht naar stukken betreffende de oprichting, onderhoud en eventuele verandering van de draagconstructie;
- Op 14 juni 2018 is de restauratiearchitect Bertus Mulder geïnterviewd, die nauw bij de diverse renovaties en onderhoudsactiviteiten vanaf 1974 betrokken is geweest.

In het voorliggende rapport wordt alleen gekeken naar de draagconstructie. De gevolgen van het gebruik als museum voor de afwerking en het meubilair worden in dit rapport niet beschouwd.

2 Locatiebezoek

Op 1 oktober 2015 is een bezoek gebracht aan het Rietveld Schröderhuis. Het gebouw is aan de buitenzijde en de binnenzijde geïnspecteerd op constructieve gebreken.



Foto 1 Oostgevel



Foto 2 Zuidgevel



Foto 3 Noordgevel

Het gebouw lijkt in een goede staat van onderhoud. Er zijn geen zichtbare scheefstanden of scheurvorming in constructieve onderdelen waargenomen. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het gebouw in het verleden meermaals grondig is gerenoveerd en dat scheuren in dragend metselwerk onder nieuwe pleisterlagen verborgen zijn geraakt. Sinds de laatste renovatie zijn geen nieuwe scheuren ontstaan. De constructie bevindt zich op dit moment kennelijk in een stabiele toestand.

Een belangrijk onderdeel van de constructie zijn de houten balklagen van de begane grond, eerste verdieping en dak. Deze waren door het ontbreken van een kruipluik en door de aanwezige plafonds niet direct inspecteerbaar. Er zijn geen met het oog zichtbare doorbuigingen van de houten balklagen of de stalen balken waargenomen.

Het gebouw bevat veel koudebruggen en is niet geïsoleerd. Dit levert een groot risico op condensvorming op. Bij de inspectie zijn echter geen vochtplekken waargenomen.



Foto 4 Dragende vloerbalken zijn door het plafond niet zichtbaar



Foto 5 ongeïsoleerde pui met enkelglas en ongeïsoleerde staalprofielen. Dragende dakbalken zijn door het plafond niet zichtbaar



Foto 6 Uitkragende dakluifel noordoostzijde



Foto 7 Balkonhek oostzijde



Foto 8 Staalverbindingen exterieur



Foto 9 Kolomvoeten

3 Archiefonderzoek

Het archiefonderzoek heeft bestaan uit drie delen: een onderzoek in het gedigitaliseerde deel van het archief van het Centraal Museum te Utrecht, een literatuuronderzoek in de universiteitsbibliotheek van de TU Delft, een onderzoek naar beschikbare sonderingen uit de omgeving en een interview met renovatiearchitect dhr. B. Mulder die bij alle renovaties sinds 1974 betrokken was.

In het Utrechts archief zijn een aantal relevante tekeningen aangetroffen die door de architect ten tijde van de oprichting gemaakt zijn. Deze zijn opgenomen in bijlage 1.

In de bibliotheek van de TU Delft zijn de volgende boeken aangetroffen:

- The work of G. Rietveld architect; door Theodore M. Brown; Uitgever A.W. Bruna & Zoon, Utrecht, 1958
- Gerrit Thomas Rietveld, Leven, Denken, Werken, door Bertus Mulder; Uitgever SUN, Nijmegen, 1994
- Rietvelds Universum; door Rob Dettingmeijer et al.; Uitgever NAI Uitgevers, Rotterdam, 2010
- Het Rietveld Schröderhuis; door Ida van Zijl et al.; Uitgever Matrijs, Utrecht, 2009

Met name het laatste boek is interessant. Het bevat de bestekstekst uit 1924 (in dit rapport overgenomen in bijlage 1) en tevens een uitgebreide beschrijving van de diverse renovaties sinds 1974.

De fundering bestaat volgens de oprichtingstekening uit een puttenfundering, waarbij betonnen peilers gemaakt worden in in de slappe bovenlaag uitgegraven putten. De peilers rusten op de vaste zandlaag. De kelderwanden zijn volgens deze tekening van steens metselwerk met daaronder gemetselde funderingsvloeren.

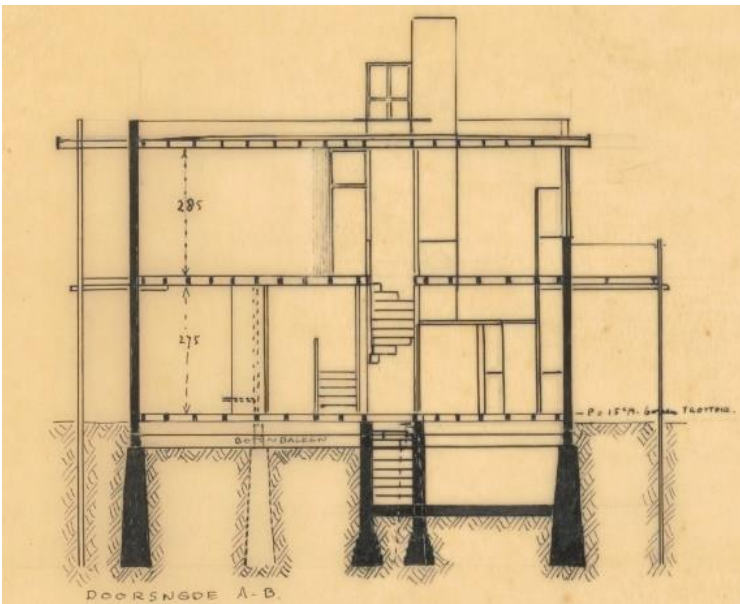
Theodore M. Brown geeft in zijn boek *The work of G. Rietveld, Architect* (Brown 1958) een omschrijving van de opbouw van de draagconstructie:

“The foundation is made up of eight piles carrying beams which support the superstructure. Foundation beams, piles, subterranean walls, horizontal and vertical balcony slabs are made of concrete; but all other vertical, structural slabs are of brick. Horizontal planes, floor and roof, are built up of wooden joists. Lintels, unnecessary in concrete, are steel ‘I’ members (...).

Balconies, the only visible concrete in the building, are supported by brick walls and horizontal ‘I’ beams which are themselves carried by vertical stanchions. The roof overhanging the corner window is supported by two ‘I’ stanchions, visible both inside and out. The horizontal window transoms do not physically penetrate the steel verticals as they appear to do. A block of wood is inserted into the recess of the ‘I’ and painted the same color as the transom in order to create the illusion that it pierces the stanchion.”

Volgens deze omschrijving zouden de kelderwanden (“*subterranean walls*”) dus gemaakt zijn van beton. Gezien de bouwtekening, de bestekstekst (Zijl and Mulder 2009) en de kosten die betonnen wanden met zich mee zouden brengen, is het echter waarschijnlijker dat de kelderwanden toch van metselwerk zijn. Indien gewenst zou hier nader onderzoek op locatie naar gedaan kunnen worden.

Over de betonnen peilers lopen gewapend betonnen funderingsbalkenbalken. De doorsnede-afmetingen en de wapening van deze balken zijn niet bekend. Bij het archiefonderzoek zijn geen wapeningstekeningen of –berekeningen gevonden. Op deze balken rusten de dragende wanden.



Figuur 2 Verticale doorsnede (bouwtekening, fragment)

De vloeren bestaan volgens alle bronnen uit houten balklagen die op de dragende metselwerk wanden rusten. In de dakhloer zitten een aantal stalen liggers, profiel B 18 verwerkt. De bouwtekeningen zijn niet eenduidig. Op de eerste bouwtekening van het dak lopen de stalen liggers in noord-zuidrichting en lijken ze op twee kolommetjes te rusten. Op de definitieve bouwaanvraagtekening lopen de stalen liggers in oost-westrichting en overspannen ze de hele eerste verdieping. Op die tekeningen staat bij de liggers staalprofiel NP 18 aangegeven. Op latere bouwtekeningen is de constructie verder in detail uitgewerkt door Rietveld. Hier is voor de dakliggers profiel B 18 aangegeven. Op een foto van de restauratie (Foto 18) is een breed profiel te zien, wat duidt op een profiel B18 en niet NP18. Ook voor de stalen kolom in de gevel van de eerste verdieping boven het keukenraam is volgens de bouwtekeningen profiel B 18 gebruikt.

In *Het Rietveld Schröderhuis* (Zijl and Mulder 2009) wordt de restauratie van 1974 uitgebreid beschreven. Hierbij is een groot deel van het pleisterwerk verwijderd, waardoor de achterliggende constructie zichtbaar werd.



Foto 10 Restauratie exterieur 1974 (Zijl and Mulder 2009)



Foto 11 Stalen kolom boven het keukenraam gedragen door metselwerk. De doorbuiging van de ondergelegen stalen latei veroorzaakte diagonale scheuren.



Foto 12 De stalen kolom is in 1974 voorzien van corrosiewerende verf en ingepakt in kunststofmortel.

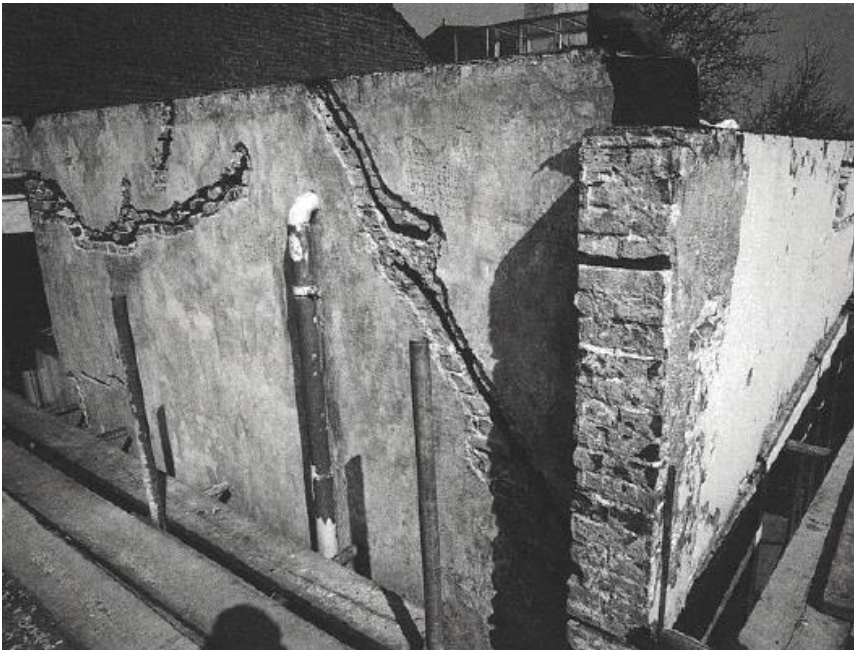


Foto 13 Diagonale scheur in de zuidgevel, ontstaan door het ontploffen van een munitieauto tijdens WWII. De scheur is gerepareerd met 1 m lange ingeboorde en gelijkjnde fiberstaven (Zijl and Mulder 2009).



Foto 14 Verbinding van de staalconstructie van het balkon aan de oostgevel met de houten balklaag (Zijl and Mulder 2009)

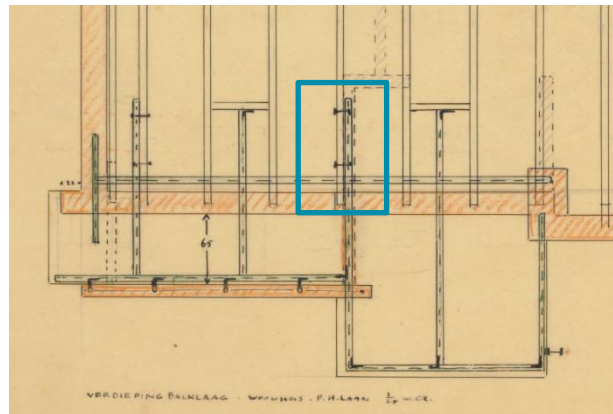


Foto 15 Constructietekening staalconstructie balkon oostgevel (Rietveld 1924)

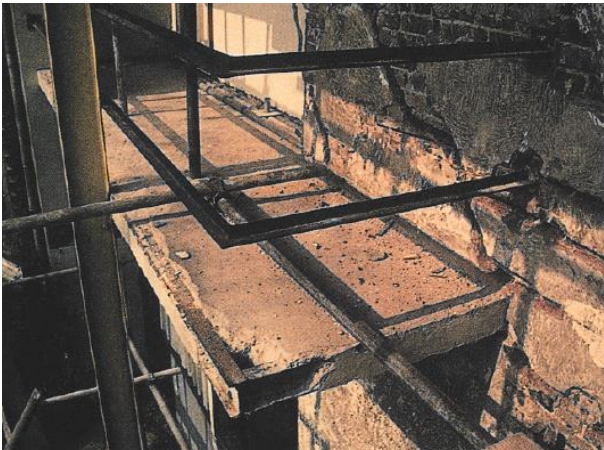


Foto 16 Balkon zuidgevel tijdens restauratie. Staalconstructie zichtbaar. (Zijl and Mulder 2009)

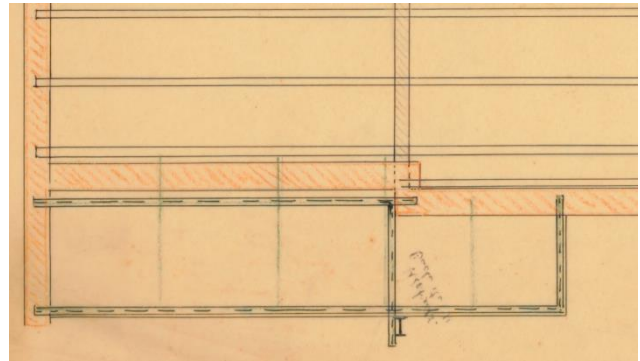


Foto 17 Constructietekening staalconstructie balkon zuidgevel (Rietveld 1924)



Foto 18 Reparatie dakoverstek oostgevel (Zijl and Mulder 2009)

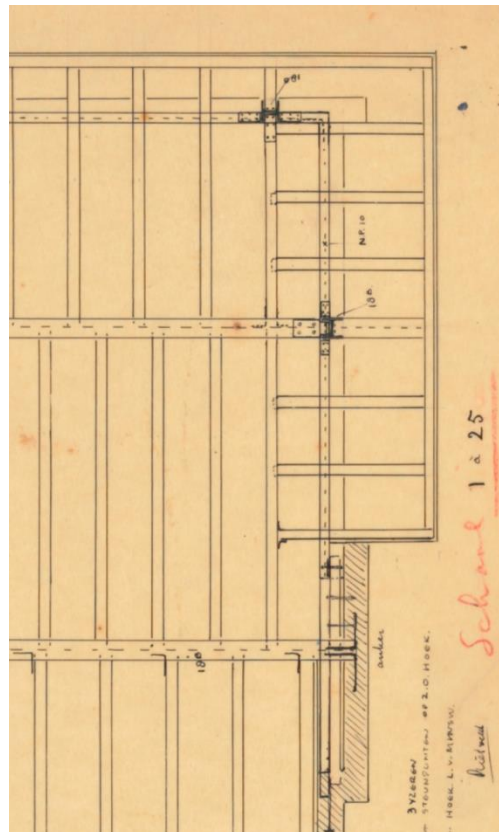


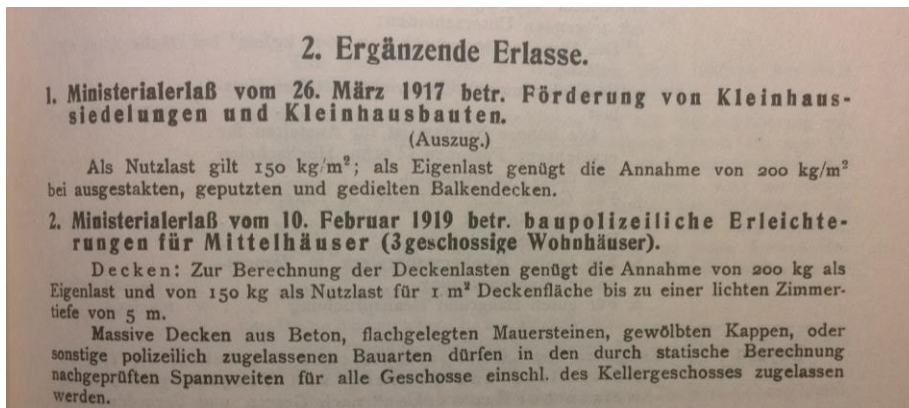
Foto 19 Constructietekening dakoverstek (Rietveld 1924)

4 Constructieve eisen

4.1 Historisch

In het bestek en de bouwtekeningen zijn geen eisen aan de opneembare belastingen opgenomen. Het bestek stelt wel enkele eisen aan de toe te passen materialen en materiaalaftmetingen. Het gebouw stamt uit 1924, wat betekent dat de ondergrondse betonnen funderingsconstructies waarschijnlijk ontworpen zijn volgens de norm GBV 1918. Ook hierin waren geen belastingeisen opgenomen.

Bouwregelgeving werd ten tijde van de bouw gegeven in de gemeentelijke bouwverordening. Voor het tot stand komen van Nederlandse bouwregels werd in Nederland vaak gebruik gemaakt van Duitse normen. Volgens deze normen werd voor kleine woonhuizen een nuttige belasting van 1,50 kN/m² aangehouden.



Figuur 3 Nuttige belastingen voor woningen in 1924 (AG 1924)

De eerste Nederlandse belastingnorm N 789 stamt uit 1933 en geeft dezelfde nuttige belastingen.

Tabel 1 Belastingen op vloeren van woningen volgens N 789

	Belasting op vloeren [kN/m ²]
kleine eengezinshuizen	1,50
overige woonhuizen (met inbegrip van zoldervloeren)	2,00

4.2 Eurocode

Bestaande constructies moeten op dit moment voldoen aan de normen uit de NEN 8700-serie. Voor de toe te passen gevolgklasse wordt hierin verwezen naar NEN-EN 1990 en voor de vloerbelastingen naar NEN-EN 1991-1-1.

Tabel 2 Belastingen op gebouwen volgens de Eurocode

	Gevolgklasse	Belasting op vloeren	Belasting op balkons	Puntlast	Belasting op afscheidingen

		[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN]	bij een hoog- teverschil
Woning	1	1,75	2,50	3	0,3 kN/m 1,0 kN
Museum	2	5,00	5,00	7	3,0 kN/m 1,0 kN

Het is duidelijk dat de verandering van bestemming van woning naar museum potentieel verstrekkende gevolgen heeft voor het vereiste draagvermogen van de vloeren en balustrades.

5 Analyse

5.1 Fundering

Volgens boringen in de directe omgeving (bijlage 3) ligt de draagkrachtige zandlaag op 1,0 m – NAP tot 2,0 m – NAP. Het aanlegniveau van de fundering ligt volgens de tekeningen op 3,0 m – MV als op schaal gemeenten wordt, wat ongeveer 1,0 m – NAP moet zijn geweest. Het aanlegniveau staat op geen enkel archiefstuk numeriek aangegeven. De overgang van klei/veen naar zand en moest volgens het bestek in het werk worden bepaald. Aangezien geen verzakkingen zijn geconstateerd heeft de fundering kennelijk voldoende geotechnische sterkte.

5.2 Balklagen vloeren

Van de balklaag van de begane grond en eerste verdieping is een berekening gemaakt (bijlage 2). Volgens de bestekstukken heeft deze vloer de volgende eigenschappen:

B x H [mm]: 80 x 200
 H.o.h. afstand [mm]: 570
 Overspanning[mm]: 4700 (keukenvloer)
 Vloerhout: 22 mm
 Houtsoort: Vuren

Aaname:
 Sterkteklasse: C18

De berekening toont aan dat deze balklaag sterk genoeg is om de belasting te dragen die hoort bij een woonfunctie. De doorbuigingseis wordt met 20% overschreden. Dit is echter geen “Bouwbesluit-eis” en heeft geen invloed op de veiligheid.

De Eurocode vraagt van een vloer in een museum genoeg sterkte en stijfheid voor het dragen van een opgelegde belasting van 5,00 kN/m² (500 kg/m²) of een puntlast van 7 kN (700 kg). De berekening toont aan

dat de balklaag niet in staat is om die belasting te dragen. Het is echter niet waarschijnlijk dat de vloer, gezien de kleinschaligheid van het gebouw, deze belasting ooit echt zal dragen. De maximaal opneembare belasting van de balklagen is $3,00 \text{ kN/m}^2$ (300 kg/m^2). Bij het huidige gebruik (rondleidingen onder begeleiding van een gids) wordt deze niet overschreden.

5.3 Balkons

De constructieve opbouw van de balkons is naar hedendaagse maatstaven ongebruikelijk. De balkons bestaan volgens de archiefstukken uit staalprofielen, gevuld en omkleed met beton. Op de bestekstukken is geen wapening aangegeven, en ook op foto's van de restauratie is geen wapening zichtbaar. Mogelijk zijn de betonvloeren van deze balkons dus ongewapend. Het draagvermogen is hierdoor ook niet exact te bepalen, De balkons hebben door hun leeftijd en gebruik in het verleden wel een bewezen sterkte, maar het is verstandig grotere belastingen op deze balkons te vermijden.

De balustrades van de balkons bestaan uit slanke horizontale hoeklijnen die slechts ter plaatse van de muren en kolommen ondersteund worden. Deze zijn niet in staat de benodigde horizontale en verticale steun te verlenen aan er tegen leunende personen. Hierom is het verstandig de toegang tot het balkon af te sluiten.

5.4 Dak

Van de balklaag van het dak is een berekening gemaakt (bijlage 2). Volgens de bestekstukken heeft deze vloer de volgende eigenschappen:

B x H [mm]:	80 x 180
H.o.h. afstand [mm]:	400
Overspanning[mm]:	3000
Vloerhout:	22 mm
Houtsoort:	Vuren

Aaname:	
Sterkteklasse:	C18

De berekening toont aan dat de houten balklaag sterk genoeg is om de belasting te dragen die hoort bij een dak.

De houten balklaag rust op stalen liggers B 18 met een overspanning van 7,00 m. Van deze stalen liggers is een berekening gemaakt. De berekening toont aan dat de stalen liggers in staat zijn om met voldoende veiligheid volgens de Eurocode in rekening te brengen sneeuwbelasting van $0,56 \text{ kN/m}^2$ te dragen.

6 Conclusies en aanbevelingen

Bij de visuele inspectie zijn geen constructieve gebreken zichtbaar. Het Rietveld Schröderhuis verkeert in goede staat. Van verzakkingen is geen sprake.

De toestand van de betonnen fundering is onbekend. Geadviseerd wordt om een inspectieput te graven naast de oostgevel. Doel is inzicht krijgen in de kwaliteit van de steenachtige onderdelen van de fundering onder het maaiveld: het metselwerk, de funderingsbalken en de betonnen pijlers. Een bijzonder aandachtspunt hierbij is mogelijke wapeningscorrosie.

De kelder is waarschijnlijk opgebouwd uit metselwerk, maar er is op basis van het archiefonderzoek een kleine kans dat deze uit beton bestaat (Brown 1958). Een eenvoudige visuele inspectie kan hier waarschijnlijk uitsluitel over geven.

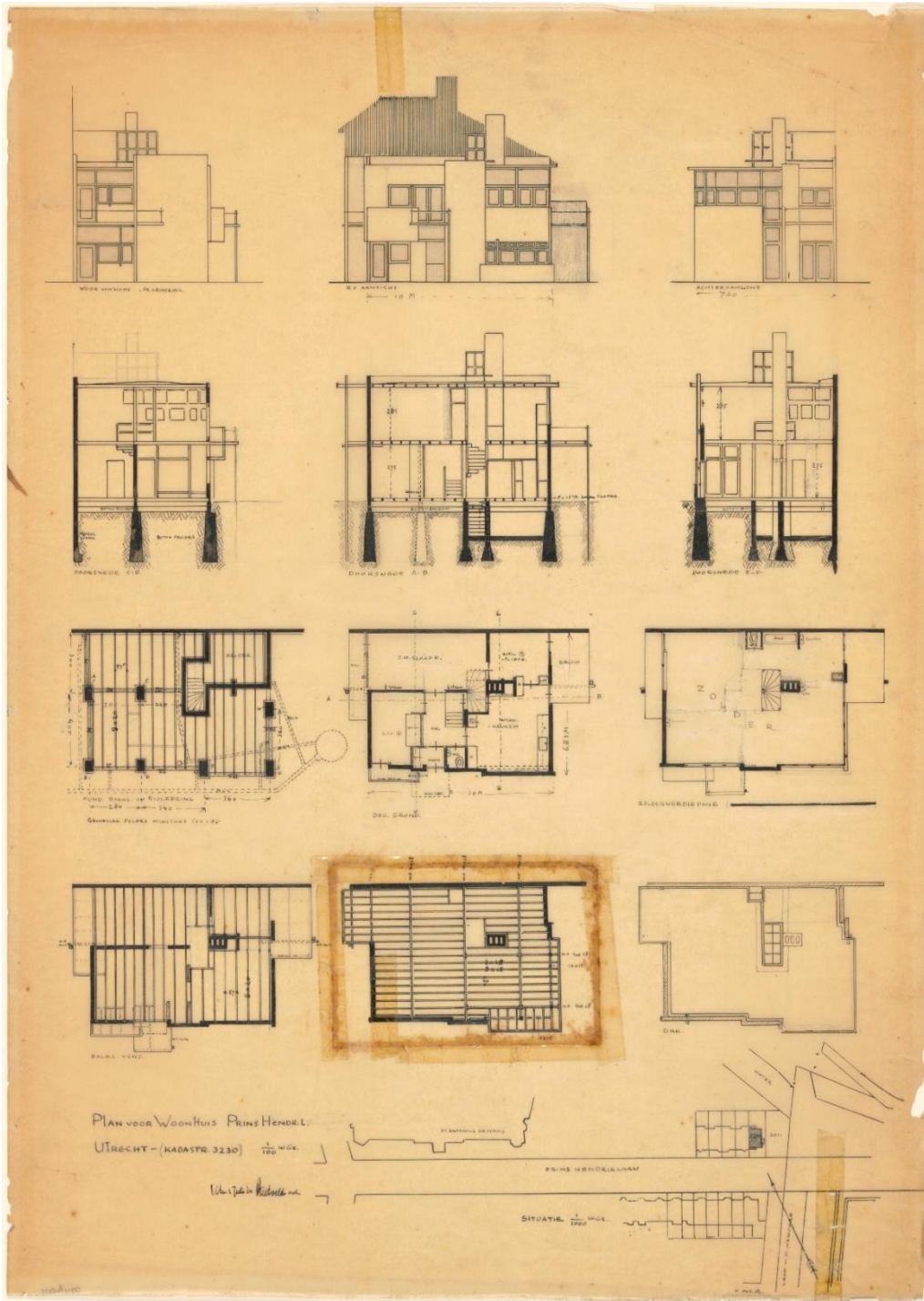
De houten balklagen van de begane grond en de eerste verdieping kunnen gebruikt worden voor een museumfunctie als de belasting beperkt blijft tot $3,00 \text{ kN/m}^2$. Dit zal bij normaal gebruik geen praktische bezwaren geven.

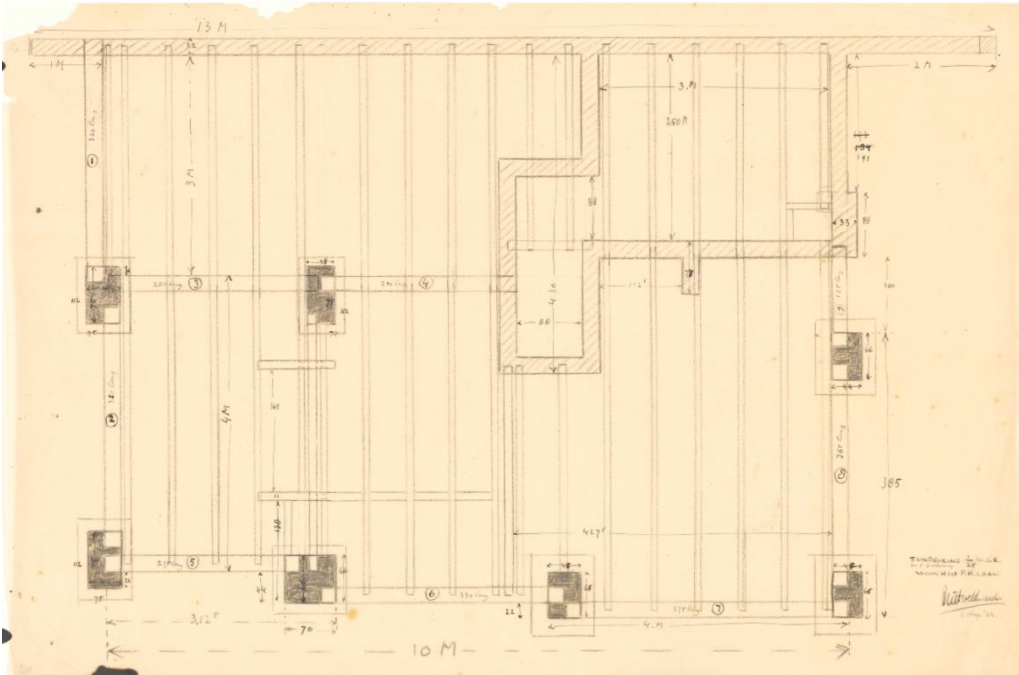
De wapening van het beton van de balkons is onbepaald, maar zal vermoedelijk onvoldoende zijn voor een belasting die uitstijgt boven het gebruik als balkon van een woning. De balustrades van de balkons zijn zeker onvoldoende sterk. De balkons zouden moeten worden afgesloten voor bezoekers.

De houten en stalen balken van het dak hebben rekenkundig voldoende sterkte voor het met voldoende veiligheid opnemen van de in de Eurocode voorgeschreven sneeuwbelasting. Het dak bevat wel te weinig afschot. Het dak heeft sinds de bouw geen schade opgelopen door wind of sneeuw. Er is wel regelmatig sprake van lekkage. Het is van belang dat het dak en de hemelwaterafvoer regelmatig geïnspecteerd en onderhouden worden.

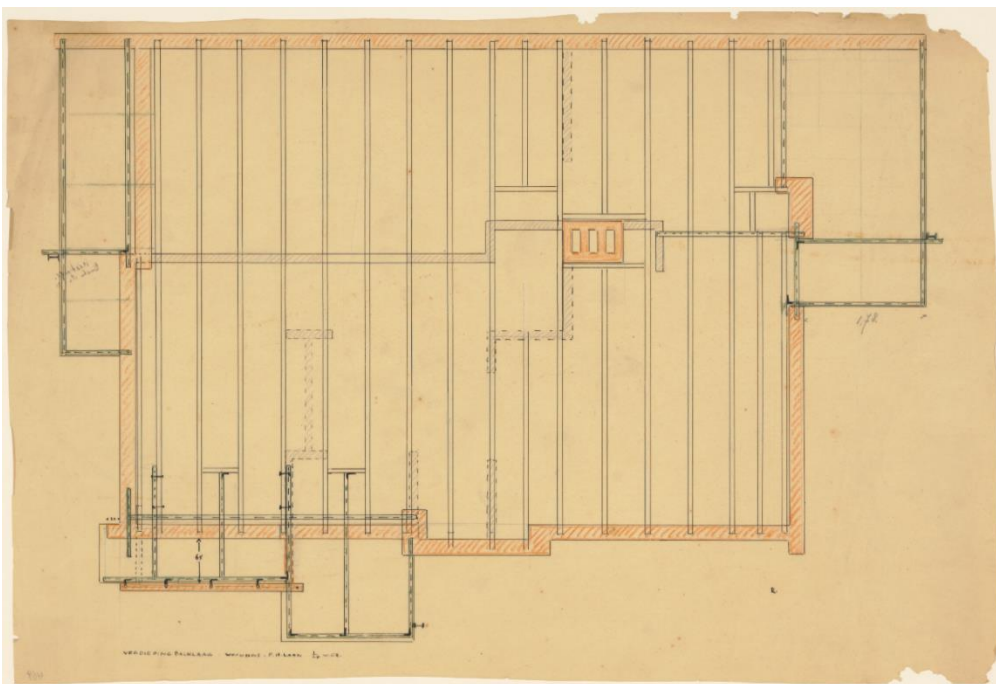
Bijlage 1 Oprichtingstekeningen

Bouwtekeningen

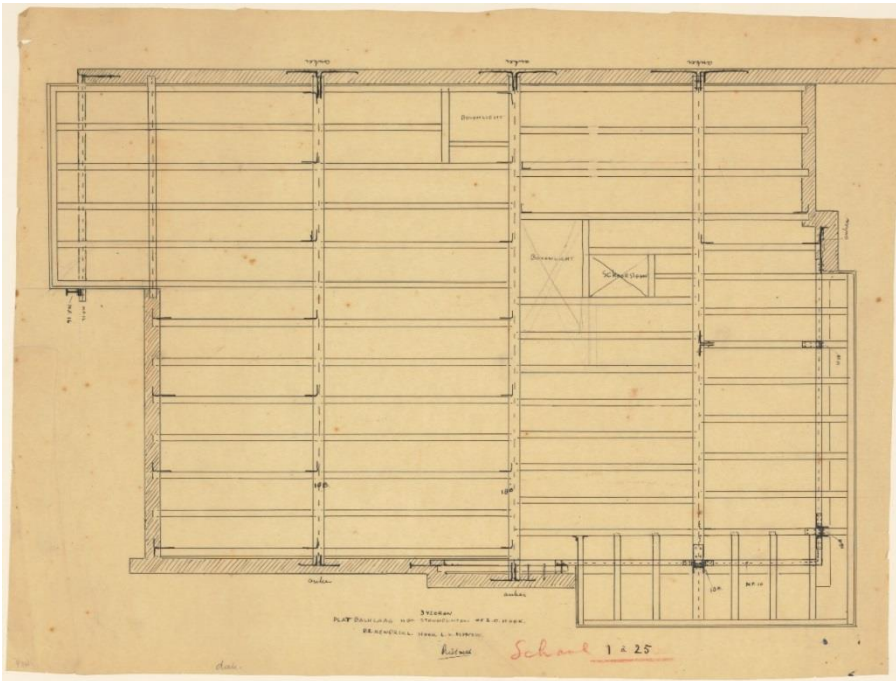




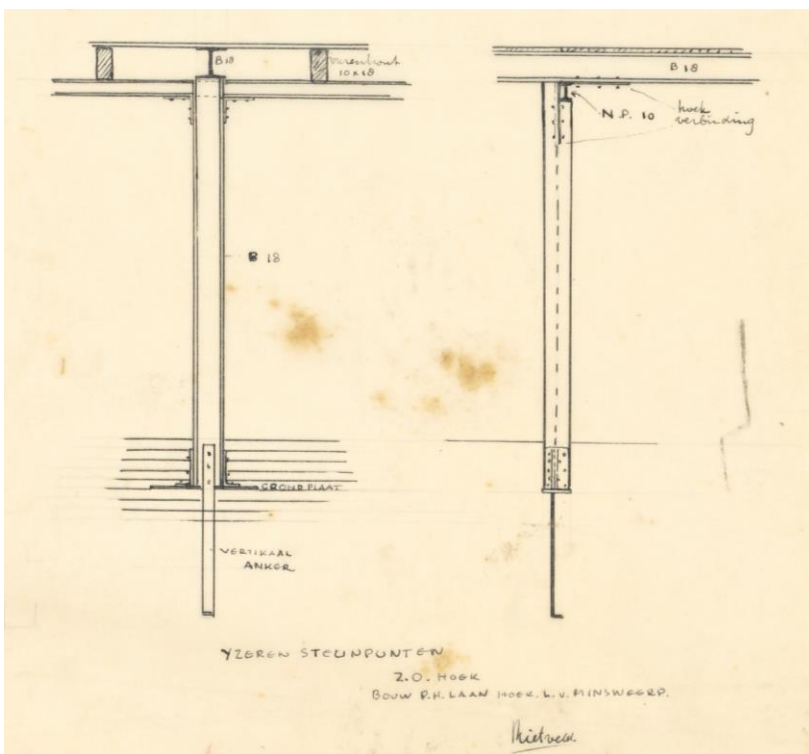
Figuur 4 Constructie fundering (Rietveld 1924)



Figuur 5 Constructie verdiepingvloer (Rietveld 1924)



Figuur 6 constructie dakvloer (Rietveld 1924)



Figuur 7 Constructiedetail aansluiting staalkolom op dakligger, beide profiel B18 *Rietveld, 1924)

Bestektekst

Bron: (Zijl and Mulder 2009)

Bestek en voorwaarden, waarnaar zal worden besteed: het bouwen van een woonhuis aan de Prins Hendriklaan - hoek Laan van Minsweerd te Utrecht

Het bouwen zal geschieden (volgens vervaardigde tekening met omschrijving en navolgende detailteekeningen en aanwijzingen van den architect) met bijlevering van alle daartoe benodigde materialen, transporten, gereedschappen, arbeidsloonen enz.

P- bovenkant vloer beg.grond -15 c.M. boven trottoirband. De zwarte grond onder houten vloeren uitgraven en aanhoogen tot 40 c.M. beneden P- met zuiverzand. De fundeeringsleuven en putten uitgraven tot op 't vaste zand. De grond die voor put en riooleering moet worden uitgegraven, wordt gebr. tot oph. van terrein.

Het terrein moet geheel worden geegaliseerd en aangevuld tot 0,10 -P, waterpas tot 2 M achter 't huis en glooiend tot best. hek bij 't water. De benodigde grond moet worden aangevoerd.

Loodsje voor berging van teek. monsters, cement, kalk, hout enz. op aan te geven plaats te zetten is voor rekening v.d. aannemer.

Fundering Steensmuur en uit te voeren in goed doorbakken steenen P.C., zoodat de keldermuren bestand zijn tegen drangwater, keldervloer 4 lagen platte steen, waterdicht te metselen. [rekenen op pompen]

Betonbalken op de betonsteunpunten uit te voeren in de vereischte, volgens nadere berekening op te geven zwaarte en bewapening. Op de betonbalken lagen vlakke klinkers in sterke cement tot 15 cm +P. De opgaande muren ruig metselwerk, van buiten geschuurd in 3 verschillende kleuren specie geschuurd [lichter en donkerder grijs]

Bovenkant opgaande muuren, voor zoover ze niet worden afgedekt te asfalteren tegen in wateren. De niet balkdragende binnenmuren in drijfsteen te metselen. De balken vloeren in gewapend beton uit te voeren volgens nader op te geven details en netjes vlak in P.C. te schuren. Van de rooilijn tot 2 M achter 't huis, een goed verhard pad maken, 1½ M breed; ook achter 't huis verhard 2 M breed.

De rioolleidingen te maken, met inbegrip van aansluiting op gemeente riool. De Put met stankafsluiting, met overstort te maken volgens gemeente voorschrift. Van de verd. 4 en van de begane grond 2 water afvoerbuizen te verbinden met de riooleering.

Te leveren en te plaatsen 2 stuks waterclosets, 5 kl. vierk. aarden gootsteentjes en granieten keukengootsteen met aanrichtplaat. De schoorsteen zal worden gemetseld halve steen dik op draaglatei, vierkant afgewerkt en dienstdoende als wasemkap. Op de verdieping gelegenheid tot het plaatsen van een haard

[zonder Schoorsteenmantel) witte tegels in de keuken boven gootsteenplaat en boven enkele schoorsteen-tjes.

Het platte dak eenigzins afwaterend te maken, met spie stukken, en af te dekken met mastiek cement, asfalt of rubber[roid] alles goed verzorgd, zoodat tien jaar schriftelijke garantie hierop kan worden verstrekt.

Alle binne muren te berapen onder de rijen en de specie fijn te schuren. Onder tegen de 2 balklagen vuren schroten, droog riet, gegl. koperdraad verst. spijkers (geen roest.) berapen en schuren als de wanden geen gips alles vlak zonder plint of lambr. hoeken vierkant.

De balklagen met noodige vloerliggers en onderslag b[in]ten en raveelingen voor trapgaten en schoorsteen, in verband met ijzeren balkjes voor uitbouw-tjes (balcons). De vloer schroten minstens 22 m.M. dik en 15 c.M. goed regelmatig te spijkeren (niet kraken) (op de verd. blijft de vloer blank). De vloerliggers en onderkant vloer beg.grond voor zij verwerkt worden te bestrijken met warme carbonileum. De onder en dikte kant der dakoverstekken vlak vierkant te beschroten. De deuren en raamkozijnen met openslaande ramen volgens nader op te geven details (vierkant zonder profieleeringen) alle in vurenhout, behalve de ramen op de verdieping waarop de O wind staat, deze speciaal te verzorgen in droog greenen.

De binnendeuren vlak raamwerk, aan weerszijde bespijkerd met vlak elzen triplex 6 m.M. De buiten deuren (waar geen glas) te beschr. met occ. triplex 1.c.M. dik. De voordeur = onder en bovendeur eiken drempels binnen en buiten hardsteen. Binnendeuren met eenvoudig slot en knop. De 5 buitendeuren met lipssluiting en soliede grendels. Voor beneden glasramen en deuren luiken te maken. -Liftje tot in de kelder-.

De kozijnen eenvoudig in het metselwerk (geen platstukjes of lijsten - geen plinten). In het portaal (Hal) een trapje tot 1 M hoog waaronder bergruimte met deur. Schuifdeur naar trap (trap gewoon) keldertrapje zonder stootborden.

Op de verdieping schuif en draaiende schotten duimshout versterkt met T of U ijzers en bespijkerd met kurkplaat en bespannen en beplakt (lichte schermen tot 2 M dicht daarboven glas). 1 Bank in vestibule en 1 bank in zitkamer beneden. Van Hal naar zitkamer en keuken en van keuken naar kl. zitk. vaste glas bovenlichten. De noodige ijzeren balkjes voor steun en bewapening van balkonvloeren verankeren, doken, kop-ijzers, schroeven dr. w. enz. Eenvoudig hekje van 5/ 4 buis of T ijzer op de balkons. Enkele muisdichte lichtroosters.

zink en voegloodwerk voor dakafdekking en gooten en de noodige roostertjes - 4 zinken afvoerbuizen op het riool aangesloten de noodige dekstrookjes - zinkputje voor keukengootsteen - Het zinkwerk voor lichtkast (met deur) op het dak en lichtraam boven W.C. - afvoerbuizen voor alle gootsteentjes en bad -.

Aanleg van waterleiding met stop en aftapkraan. 1 Kraan boven gootsteen keuken, 1 kraantje in zitk. Beneden ruime aanvoer gijzer en 1 kraan voor bad 3 kraantjes boven gootsteentjes (verdieping) 35 a 40 c.M. er

boven. Alle aangesloten op de hoofdbuis der Utr.W.M. De buizen met noodige ondersteuning voorstrij te leggen.

Het aanleggen van gas -2 kranen in de keuken 1 ben. zitk. 2 woonkamer –

Aanleg electriciteit: 1 lichtpunt en 1 stopcontact in iedere ruimte ook in hal en kelder (1 stopc. op de trap) te rekenen op wegwerken van leidingen en gaten voor leidingen en het maken van klosjes voor meters en schakelaars 1 lichtpunt buiten bij voordeur licht en krachtmeter.

Buiten het ijzer en houtwerk goed te voorzien (houtw. met loodwit in elkaar) gronden, stoppen plam. in de kleur en overgr. in de aanteg. kleuren afschilderen. Zoonoodig ged. de buiten muren sauzen b.v. witte ged. met kalk. (alles binnen enkel - buiten dubbel).

Binnen voorloopig niet rekenen op schilder werk - alleen schuifschotten met grond papier behangen - verder geen beschoten of behang - Eenvoudig houten afsluithekje (met ingang) hoogstens 1 M. hoog aan de P.H.laan, verder afrastering paaltjes met draad tot slotje.

Voor buitenwerk te gebruiken miskleurige klinkers. Voor binnenwerk boerengrauw.

Sterke portland specie: 1 portland 3 zand 1 Kalkmelk

Basterd portland „ : ½ portland 4 „ 1 „

Slappe portland „ : ½ „ 5 „ 1 „

Portland cement specie voor bepleistering 1 portland cem.

5 zand ½ schelpkalk kalkmelk te verv. uit deel luiksche steenkalk en 1½ deel water.

Balklagen vuren hout maten als tekening.

binnenwerk 1e Soort koperwijn sch vuren

buitenwerk greene hout.

afdekking: ½ laag hennippapier 3 lagen asfalt wegende 3 K.G. per M² - 10 jaar schriftelijke garantie.

te gebruiken zink no. 14 afvoorzink no. 12 - slabbenlood 18 K.G. M²

glas: 1e soort wit Fransch dubbeldik vensterglas buiten en enkel binnen - alle buitenruiten in de weeke stopverf te zetten. Het lichtkastje op het dak van ijzer en glas te construeeren.

De aannemer is verantwoordelijk voor de Soliditeit en de goede regel en voortgang van het werk kan iets op eenvoudiger wijze gebeuren, dan op tekening of details is aangegeven en is het werk daardoor min-

stens even goed kan dit worden overlegd - veranderingen alleen na overleg en toestemming van den architect. Voor meer of minder werk word een dagboekje aangelegd.

Wat niet in dit bestek genoemd wordt geschiedt op gewone wijze - het huis geheel bewoonbaar worden afgeleverd.

Tijd: 3 maanden na verg. van Ben W - schilderwerk binnen 3 weken hierna.

Betaling nader over een te komen.

Utrecht 9 juli 1924

Gesigneerd A. de Koff

Bijlage 2 Berekeningen

Technosoft Construct release 6.04
18 sep 2018

Project : Rietveld Schröderhuis
 Onderdeel : vloerbalken
 Datum : 18/09/2018
 Eenheden : kN/m/rad
 Bestand : C:\Users\spasterkamp.PIETERS\Desktop\RSH\
 vloerberekening RSH.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011 (nl)
Hout	NEN-EN 1995-1-1:2005	A1:2011, C1:2006	NB:2013 (nl)
	NEN-EN 14080:2013		

Balklaag keuken woning

Algemene gegevens

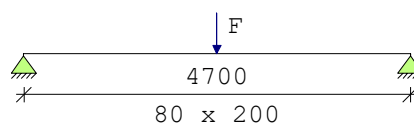
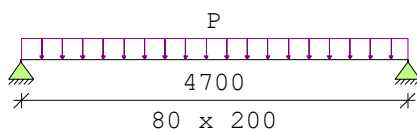
B x H	[mm] : 80 x 200	Sterkteklasse	: C18
Overspanning	[mm] : 4700	Klimaatklasse	: I
Oplegglengte	[mm] : 100	Referentie periode [j]	: 50
H.o.h. afstand	[mm] : 570	Min. eigenfreq. [Hz]	: 3
Beschot sterkteklasse:	C18		
Dikte beschot [mm] :	22	$E_{0,mean} \times I$ [Nm ² /m] :	7986

Permanente belastingen G_{rep}

EG balklaag	: 0.11
Extra belasting	: 0.20
Totaal [kN/m ²]	: 0.31

Veranderlijke belastingen

$P_{rep} + P_{wanden}$ [kN/m ²]	: 1.75 = 1.75 + 0.00
Ψ_0 [-]	: 0.40
Ψ_2 [-]	: 0.30
F_{rep} [kN]	: 3.00
F_{rep} oppervlak [m ²]	: 0.10 x 0.10
Reductiefactor	: 0.67



Belastingfactoren (NEN-EN 1990)

Formule 6.10a:	γ_G : 1.22	γ_Q : 1.35
Formule 6.10b:	$\xi\gamma_G$: 1.08	γ_Q : 1.35

Partiële factor (Tabel 2.3 NEN-EN 1995-1-1)

$\gamma_M [-]$: 1.30

Meegenomen combinaties in de berekening :		$k_{mod} [-]$	$b_{ef} [mm]$	$k_{c,90,q}$	
$k_{c,90,F}$					
* Perm. + q-last (6.10a)	$(G_{rep} + P_{rep})$	0.80	80	1.00	
* Perm. + q-last (6.10b)	$(G_{rep} + P_{rep})$	0.80	80	1.00	
* Perm. + puntlast (6.10a)	$(G_{rep} + F_{rep})$	0.80	80	1.00	1.00
* Perm. + puntlast (6.10b)	$(G_{rep} + F_{rep})$	0.80	80	1.00	1.00

Tussenresultaten (per combinatie)

			eis	u.c.
Perm + qlast(6.10a)	frm(6.11)	$\sigma_{m,y,d} = 3.90 < 11.08 [N/mm^2]$		0.35
	frm(6.13)	$\sigma_{v,d} = 0.15 < 2.09 [N/mm^2]$		0.07
	frm(6.3)	$\sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) +$ $\sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00$ $= 0.22 / 1.35 + 0.00 / 1.35 = 0.16$		
Perm + qlast(6.10b)	frm(6.11)	$\sigma_{m,y,d} = 7.95 < 11.08 [N/mm^2]$		0.72
	frm(6.13)	$\sigma_{v,d} = 0.30 < 2.09 [N/mm^2]$		0.15
	frm(6.3)	$\sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) +$ $\sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00$ $= 0.45 / 1.35 + 0.00 / 1.35 = 0.33$		
Perm + plast(6.10a)	frm(6.11)	$\sigma_{m,y,d} = 3.46 < 11.08 [N/mm^2]$		0.31
	frm(6.13)	$\sigma_{v,d} = 0.18 < 2.09 [N/mm^2]$		0.09
	frm(6.3)	$\sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) +$ $\sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00$ $= 0.06 / 1.35 + 0.20 / 1.35 = 0.19$		
Perm + plast(6.10b)	frm(6.11)	$\sigma_{m,y,d} = 6.86 < 11.08 [N/mm^2]$		0.62
	frm(6.13)	$\sigma_{v,d} = 0.38 < 2.09 [N/mm^2]$		0.18
	frm(6.3)	$\sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) +$ $\sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00$ $= 0.06 / 1.35 + 0.50 / 1.35 = 0.41$		

Tussenresultaten m.b.t. doorbuiging

Traagheidsmom. Y [mm ⁴]	: 5333.33e4	Traagheidsmom. Z [mm ⁴]	: 853.33e4
$E_{0,mean}$ [N/mm ²]	: 9000	Ψ_2 [-]	: 0.30
$u_{perm,ogenbl.}$ [mm]	: 2.32	k_{def} [-]	: 0.60
u_c (zeeg) [mm]	: 0.00		

Doorbuigingen [mm]

Belastingcombinatie	u_{inst}	u_{creep}	u_{bij}	$u_{net,fin}$
Permanent	: 2.32	1.39	1.39	3.72
Permanent + verdeeld	: 15.52	3.77	16.97	19.29
Permanent + geconc.	: 11.33	3.01	12.02	14.34

De doorbuiging is als volgt bepaald (art. 2.2.3(5) van NEN-EN 1995-1-1:2004):
doorbuiging m.b.t. belastingscombinatie permanent

$$\begin{aligned}
 u_{inst} &= u_{perm, ogenblikkelijk} \\
 u_{net, fin} &= u_{inst} (1 + k_{def}) \\
 u_{creep} &= w_{net, fin} - u_{inst} \\
 u_{bij} &= u_{creep} \\
 \text{doorbuiging m.b.t. belastingscombinatie veranderlijk} \\
 u_{inst} &= u_{perm, ogenblikkelijk} + u_{ver, ogenblikkelijk} \\
 u_{net, fin} &= u_{inst, G} (1 + k_{def}) + u_{inst, Q} (1 + \Psi_2 k_{def}) \\
 u_{creep} &= u_{net, fin} - u_{inst} \\
 u_{bij} &= u_{net, fin} - u_{inst, G}
 \end{aligned}$$

Te toetsen combinatie:

Mtg. doorbuiging : Permanent + verdeeld

Resultaten (maatgevende combinaties)	eis	u.c.
Perm + qlast(6.10b) frm(6.11) $\sigma_{m, y, d}$	$= 7.95 < 11.08$ [N/mm ²]	0.72
Perm + plast(6.10b) frm(6.13) $\sigma_{v, d}$	$= 0.38 < 2.09$ [N/mm ²]	0.18
Perm + plast(6.10b) frm(6.3) $\sigma_{c, 90, q, d} / (k_{c, 90, q} * f_{c, 90, d}) +$ $\sigma_{c, 90, F, d} / (k_{c, 90, F} * f_{c, 90, d}) < 1.00$	$= 0.06 / 1.35 + 0.50 / 1.35 = 0.41$	
Verdeelde belasting u_{bij}	$= 16.97 < 14.10$ [mm]	<u>1.20</u>
Verdeelde belasting $u_{net, fin}$	$= 19.29 < 18.80$ [mm]	<u>1.03</u>
Resonantie : eerste eigen frequentie	$= 6.44 > 3.00$ [Hz]	0.47

Balklaag keuken museum

Algemene gegevens

B x H [mm]	: 80 x 200	Sterkteklasse	:	C18
Overspanning [mm]	: 4700	Klimaatklasse	:	I
Opleglengte [mm]	: 100	Referentie periode [j]	:	50
H.o.h. afstand [mm]	: 570	Min. eigenfreq. [Hz]	:	3
Beschoot sterkteklasse:	C18			
Dikte beschoot [mm]	: 22	$E_{0,mean} \times I$ [Nm ² /m]	:	7986

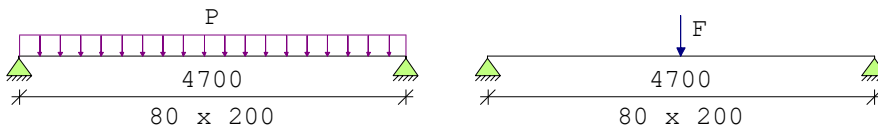
Permanente belastingen

G_{rep}

EG balklaag	:	0.11
Extra belasting	:	0.20
Totaal [kN/m ²]	:	0.31

Veranderlijke belastingen

$P_{rep} + P_{wanden}$ [kN/m ²]	:	3.00 = 3.00 + 0.00
Ψ_0 [-]	:	0.40
Ψ_2 [-]	:	0.60
F_{rep} [kN]	:	6.00
F_{rep} oppervlak [m ²]	:	0.10 x 0.10
Reductiefactor	:	0.67



Belastingfactoren (NEN-EN 1990)

Formule 6.10a: $\gamma_G : 1.20$ $\gamma_Q : 1.15$

Formule 6.10b: $\xi\gamma_G : 1.10$ $\gamma_Q : 1.15$

Partiële factor (Tabel 2.3 NEN-EN 1995-1-1)

$\gamma_M [-] : 1.30$

Meegenomen combinaties in de berekening :	$k_{mod} [-]$	b_{ef} [mm]	$k_{c,90,q}$
$k_{c,90,F}$			
* Perm. + q-last (6.10a) ($G_{rep} + P_{rep}$)	0.80	80	1.00
* Perm. + q-last (6.10b) ($G_{rep} + P_{rep}$)	0.80	80	1.00
* Perm. + puntlast (6.10a) ($G_{rep} + F_{rep}$)	0.80	80	1.00
* Perm. + puntlast (6.10b) ($G_{rep} + F_{rep}$)	0.80	80	1.00

Tussenresultaten (per combinatie)

eis

u.c.

Perm + qlast(6.10a) frm(6.11)	$\sigma_{m,y,d} = 5.16 < 11.08$ [N/mm ²]	0.47
frm(6.13)	$\sigma_{v,d} = 0.20 < 2.09$ [N/mm ²]	0.09
frm(6.3)	$\sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) +$ $\sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00$ $= 0.29 / 1.35 + 0.00 / 1.35 = 0.21$	
Perm + qlast(6.10b) frm(6.11)	$\sigma_{m,y,d} = 11.18 < 11.08$ [N/mm ²]	<u>1.01</u>

$$\begin{aligned} \text{frm(6.13)} \quad \sigma_{v,d} &= 0.43 < 2.09 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad 0.20 \\ \text{frm(6.3)} \quad \sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) + \\ &\quad \sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00 \\ &= 0.63 / 1.35 + 0.00 / 1.35 = 0.46 \end{aligned}$$

Perm + plast(6.10a)

$$\begin{aligned} \text{frm(6.11)} \quad \sigma_{m,y,d} &= 5.10 < 11.08 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad 0.46 \\ \text{frm(6.13)} \quad \sigma_{v,d} &= 0.27 < 2.09 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad 0.13 \\ \text{frm(6.3)} \quad \sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) + \\ &\quad \sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00 \\ &= 0.06 / 1.35 + 0.34 / 1.35 = 0.30 \end{aligned}$$

Perm + plast(6.10b)

$$\begin{aligned} \text{frm(6.11)} \quad \sigma_{m,y,d} &= 11.02 < 11.08 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad 0.99 \\ \text{frm(6.13)} \quad \sigma_{v,d} &= 0.62 < 2.09 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad 0.30 \\ \text{frm(6.3)} \quad \sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) + \\ &\quad \sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00 \\ &= 0.06 / 1.35 + 0.85 / 1.35 = 0.67 \end{aligned}$$

Tussenresultaten m.b.t. doorbuiging

Traagheidsmom. Y [mm ⁴]	: 5333.33e4	Traagheidsmom. Z [mm ⁴]	: 853.33e4
E _{0,mean} [N/mm ²]	: 9000	Ψ ₂ [-]	: 0.60
U _{perm,ogenbl.} [mm]	: 2.32	k _{def} [-]	: 0.60
U _{c (zeeg)} [mm]	: 0.00		

Doorbuigingen [mm]

Belastingcombinatie	U _{inst}	U _{creep}	U _{bij}	U _{net,fin}
Permanent	: 2.32	1.39	1.39	3.72
Permanent + verdeeld	: 24.95	9.54	32.17	34.49
Permanent + geconc.	: 20.33	7.88	25.89	28.21

De doorbuiging is als volgt bepaald (art. 2.2.3(5) van NEN-EN 1995-1-1:2004):
 doorbuiging m.b.t. belastingscombinatie permanent

$$\begin{aligned} U_{inst} &= U_{perm,ogenblikkelijk} \\ U_{net,fin} &= U_{inst} (1 + k_{def}) \\ U_{creep} &= W_{net,fin} - U_{inst} \\ U_{bij} &= U_{creep} \end{aligned}$$

doorbuiging m.b.t. belastingscombinatie veranderlijk

$$\begin{aligned} U_{inst} &= U_{perm,ogenblikkelijk} + U_{ver,ogenblikkelijk} \\ U_{net,fin} &= U_{inst,G} (1 + k_{def}) + U_{inst,Q} (1 + \Psi_2 k_{def}) \\ U_{creep} &= U_{net,fin} - U_{inst} \\ U_{bij} &= U_{net,fin} - U_{inst,G} \end{aligned}$$

Te toetsen combinatie:

Mtg. doorbuiging : Permanent + verdeeld

Resultaten (maatgevende combinaties)

	eis	u.c.
Perm + qlast(6.10b) frm(6.11) $\sigma_{m,y,d} = 11.18 < 11.08$ [N/mm ²]		<u>1.01</u>
Perm + plast(6.10b) frm(6.13) $\sigma_{v,d} = 0.62 < 2.09$ [N/mm ²]		0.30
Perm + plast(6.10b) frm(6.3) $\sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) +$ $\sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00$		

$$= 0.06 / 1.35 + 0.85 / 1.35 = 0.67$$

Verdeelde belasting $u_{b i j}$ = 32.17 < 14.10 [mm] 2.28

Verdeelde belasting $u_{n e t, f i n}$ = 34.49 < 18.80 [mm] 1.83

Resonantie : eerste eigen frequentie = 5.26 > 3.00 [Hz] 0.57

Balklaag dak

Algemene gegevens

B x H	[mm]	: 80 x 180	Sterkteklasse	:	C18
Overspanning	[mm]	: 3000	Klimaatklasse	:	I
Opleglengte	[mm]	: 40	Referentie periode [j]	:	50
H.o.h. afstand	[mm]	: 570	Min. eigenfreq. [Hz]	:	3
Beschot sterkteklasse:		C18			
Dikte beschot	[mm]	: 22	$E_{0,mean} \times I$	[Nm ² /m]	: 7986

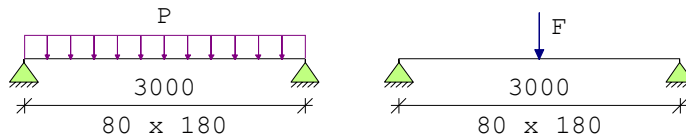
Permanente belastingen

G_{rep}

EG balklaag	:	0.10
Extra belasting	:	0.20
Totaal [kN/m ²]	:	0.30

Veranderlijke belastingen

$P_{rep} + P_{wanden}$	[kN/m ²]	:	1.00 = 1.00 + 0.00
Ψ_0	[-]	:	0.40
Ψ_2	[-]	:	0.60
F_{rep}	[kN]	:	1.50
F_{rep} oppervlak	[m ²]	:	0.10 x 0.10
Reductiefactor	:		0.67



Belastingfactoren (NEN-EN 1990)

Formule 6.10a: $\gamma_G : 1.20$ $\gamma_Q : 1.15$

Formule 6.10b: $\xi\gamma_G : 1.10$ $\gamma_Q : 1.15$

Partiële factor (Tabel 2.3 NEN-EN 1995-1-1)

$\gamma_M [-] : 1.30$

Meegenomen combinaties in de berekening :	$k_{mod} [-]$	$b_{ef} [mm]$	$k_{c,90,q}$
$k_{c,90,F}$			
* Perm. + q-last (6.10a) ($G_{rep} + P_{rep}$)	0.80	80	1.00
* Perm. + q-last (6.10b) ($G_{rep} + P_{rep}$)	0.80	80	1.00
* Perm. + puntlast (6.10a) ($G_{rep} + F_{rep}$)	0.80	80	1.00
* Perm. + puntlast (6.10b) ($G_{rep} + F_{rep}$)	0.80	80	1.00

Tussenresultaten (per combinatie)

eis

u.c.

Perm + qlast(6.10a) frm(6.11)	$\sigma_{m,y,d} = 1.21 < 11.08$ [N/mm ²]	0.11
frm(6.13)	$\sigma_{v,d} = 0.06 < 2.09$ [N/mm ²]	0.03
frm(6.3)	$\sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) +$ $\sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00$ $= 0.22 / 1.35 + 0.00 / 1.35 = 0.16$	
Perm + qlast(6.10b) frm(6.11)	$\sigma_{m,y,d} = 2.19 < 11.08$ [N/mm ²]	0.20

$$\begin{aligned}
 \text{frm(6.13)} \quad \sigma_{v,d} &= 0.11 < 2.09 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad 0.05 \\
 \text{frm(6.3)} \quad \sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) + \\
 &\quad \sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00 \\
 &= 0.39 / 1.35 + 0.00 / 1.35 = 0.29
 \end{aligned}$$

Perm + plast(6.10a)

$$\begin{aligned}
 \text{frm(6.11)} \quad \sigma_{m,y,d} &= 1.31 < 11.08 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad 0.12 \\
 \text{frm(6.13)} \quad \sigma_{v,d} &= 0.09 < 2.09 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad 0.04 \\
 \text{frm(6.3)} \quad \sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) + \\
 &\quad \sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00 \\
 &= 0.10 / 1.35 + 0.21 / 1.35 = 0.23
 \end{aligned}$$

Perm + plast(6.10b)

$$\begin{aligned}
 \text{frm(6.11)} \quad \sigma_{m,y,d} &= 2.45 < 11.08 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad 0.22 \\
 \text{frm(6.13)} \quad \sigma_{v,d} &= 0.18 < 2.09 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad 0.09 \\
 \text{frm(6.3)} \quad \sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) + \\
 &\quad \sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00 \\
 &= 0.09 / 1.35 + 0.53 / 1.35 = 0.45
 \end{aligned}$$

Tussenresultaten m.b.t. doorbuiging

Traagheidsmom. Y [mm ⁴]	: 3888.00e4	Traagheidsmom. Z [mm ⁴]	: 768.00e4
E _{0,mean} [N/mm ²]	: 9000	Ψ ₂ [-]	: 0.60
U _{perm,ogenbl.} [mm]	: 0.51	k _{def} [-]	: 0.60
U _{c (zeeg)} [mm]	: 0.00		

Doorbuigingen [mm]

Belastingcombinatie	U _{inst}	U _{creep}	U _{bij}	U _{net,fin}
Permanent	: 0.51	0.31	0.31	0.82
Permanent + verdeeld	: 2.23	0.92	2.64	3.15
Permanent + geconc.	: 2.12	0.88	2.49	3.00

De doorbuiging is als volgt bepaald (art. 2.2.3(5) van NEN-EN 1995-1-1:2004):
 doorbuiging m.b.t. belastingscombinatie permanent

$$\begin{aligned}
 U_{inst} &= U_{perm,ogenblikkelijk} \\
 U_{net,fin} &= U_{inst} (1 + k_{def}) \\
 U_{creep} &= W_{net,fin} - U_{inst} \\
 U_{bij} &= U_{creep}
 \end{aligned}$$

doorbuiging m.b.t. belastingscombinatie veranderlijk

$$\begin{aligned}
 U_{inst} &= U_{perm,ogenblikkelijk} + U_{ver,ogenblikkelijk} \\
 U_{net,fin} &= U_{inst,G} (1 + k_{def}) + U_{inst,Q} (1 + \Psi_2 k_{def}) \\
 U_{creep} &= U_{net,fin} - U_{inst} \\
 U_{bij} &= U_{net,fin} - U_{inst,G}
 \end{aligned}$$

Te toetsen combinatie:

Mtg. doorbuiging : Permanent + verdeeld

Resultaten (maatgevende combinaties)

	eis	u.c.
Perm + plast(6.10b) frm(6.11) $\sigma_{m,y,d} = 2.45 < 11.08 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	0.22	
Perm + plast(6.10b) frm(6.13) $\sigma_{v,d} = 0.18 < 2.09 \text{ [N/mm}^2\text{]}$	0.09	
Perm + plast(6.10b) frm(6.3) $\sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) +$ $\sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00$		

$$= 0.09 / 1.35 + 0.53 / 1.35 = 0.45$$

Verdeelde belasting $u_{b i j}$ = 2.64 < 12.00 [mm] 0.22

Verdeelde belasting $u_{n e t, f i n}$ = 3.15 < 12.00 [mm] 0.26

Resonantie : eerste eigen frequentie = 16.22 > 3.00 [Hz] 0.18

Berekening stalen ligger

Gevolgklasse 2 (huis in gebruik als museum)
Belastingfactoren volgens NEN 8700:2011, afkeurniveau

Staalprofiel: B18
Profiel eigenschappen volgens Eisen im Hochbau (AG 1924)
Eigen gewicht: 0,47 kN/m
W: $390 * 10^3 \text{ mm}^3$
I: $3512 * 10^4 \text{ mm}^4$
Lengte: 7,00 m
Hart-op-hartafstand: 3,00 m
Staalsoort: St. 37, $f_{yd} = 191 \text{ N/mm}^2$ (Rijkswaterstaat 2013)

Belasting

Houten balklaag + dakbeschoot:	0,3 kN/m ²
Dakbedekking:	0,1 kN/m ²
Plafond:	0,2 kN/m ²
Totaal:	0,6 kN/m²

Sneeuwbelasting: 0,56 kN/m²

Totaal permanente belasting: $3,00 * 0,6 + 0,47 = 2,27 \text{ kN/m}$
Totaal veranderlijke belasting: $3,00 * 0,56 = 1,68 \text{ kN/m}$

Toetsing uiterste grenstoestand:

$Q = 1,1 * 2,27 + 1,15 * 1,68 = 4,43 \text{ kN/m}$
 $M = 1/8 Q l^2 = 1/8 * 4,43 * 7,00^2 = 27,1 \text{ kNm}$
 $\sigma = M / W = 27,1 * 10^6 / 390 * 10^3 = 69,5 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} \rightarrow \text{akkoord}$

Toetsing bruikbaarheidsgrenstoestand:

$Q = 2,27 + 1,68 = 3,95 \text{ kN/m}$
 $u = \frac{5 Q l^4}{384 EI} = \frac{5 * 3,95 * 7000^4}{384 * 210000 * 3512 * 10^4} = 16,7 \text{ mm}$

$u_{\max} = 7000 * 0,004 = 28 \text{ mm} \rightarrow \text{akkoord}$

Bijlage 3 Boormonsterprofielen

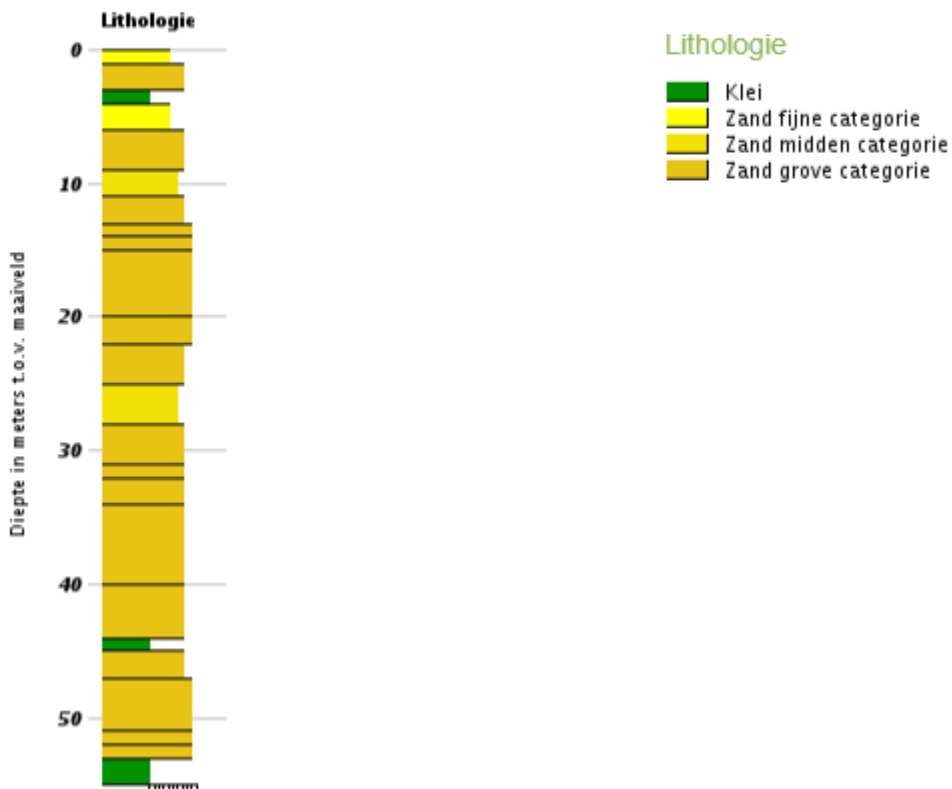
Boormonster genomen in de Prins Hendriklaan ter hoogte van nummer 54.

Bron: DINOLOket.
 Dieptetraject t.o.v. maaiveld: 55,00 m
 Datum van boren: 15-07-2009
 Boormethode(n): Luchtliftboring

Van 3,00 m – MV tot 4,00 m – MV (2,00 m – NAP) wordt een kleilaag aangetroffen, daarboven en onder bevindt zich zand.

Boormonsterprofiel

Identificatie: B31H2573
 Coördinaten: 138539, 455256 (RD)
 Maaiveld: Onbekend
 Dieptetraject t.o.v. Maaiveld: 0.00 m - 55.00 m



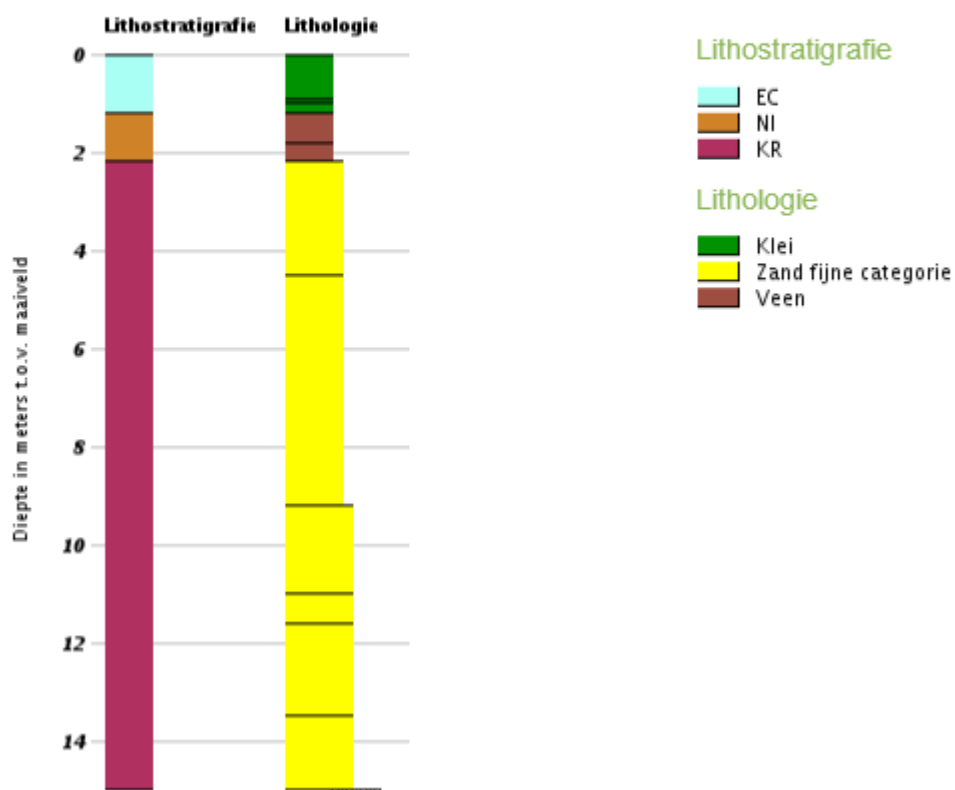
Boormonster genomen in het Gerrit Rietveldhof ter hoogte van nummer 61.

Bron: DINOloket.
 Dieptetraject t.o.v. Maaiveld: 15,00 m
 Datum van boren: 01-01-1936
 Boormethode(n): Pulsboring

Van MV tot 1,20 m – MV wordt klei aangetroffen, van 1,20 tot 2,15 m – MV (1,05 m – NAP) wordt veen aangetroffen, daaronder zand. NB: het maaiveld ter plaatse ligt hier tegenwoordig op 2,20 m + NAP, dus 1,1 m hoger dan ten tijde van de boring.

Boormonsterprofiel

Identificatie: B31H0244
 Coördinaten: 138530, 455280 (RD)
 Maaiveld: 1.10 m t.o.v. NAP
 Dieptetraject t.o.v. Maaiveld: 0.00 m - 15.00 m



Bijlage 4 Staalprofielen volgens Eisen im Hochbau (AG 1924)

32

Breitflanschige

Diese Eisen werden z. Zt. in Deutschland nur im Profil von Nr. 18 bis 30 gewalzt.

Angaben für zusammengesetzte

I D. Nr.	Abmessungen						Voller Quer- schnitt P	Ge- wicht G	Wurzel- maße		Größter Niet- loch- durchm. d1	Quer- schnitt Fn	Angaben x - x	
	h	b	t1	t2	d	h1			c	c1			Jx	Wx
	mm	mm	mm	mm	mm	mm			mm	mm			cm ⁴	cm ³
14	140	140	8,0	13,00	7,4	90	39,8	31,2	40	—	20	31,0	1 388	198
16	160	160	8,5	15,40	8,0	110	49,6	34,9	45	—	20	40,0	2 278	285
18	180	180	9,0	16,72	8,5	130	59,9	47,0	50	—	23	48,3	3 512	390
20	200	200	9,5	18,12	8,5	140	70,4	54,8	55	—	23	58,0	5 171	517
22	220	220	10,0	19,30	9,0	160	82,6	64,8	60	—	23	69,3	7 379	671
24	240	240	10,5	20,35	10,0	180	95,8	76,0	65	30	23	81,4	10 200	885
26	250	250	10,9	21,70	10,5	180	105,1	82,8	65	35	23	88,8	12 066	1005
28	260	260	11,7	22,9	11,0	190	115,6	90,7	65	40	26	95,9	14 352	1 104
29	270	270	11,95	23,6	11,25	200	123,2	96,7	65	45	26	102,7	16 529	1 224
30	280	280	12,35	24,4	11,5	210	131,3	103,4	65	45	26	111,0	19 052	1 361
32	290	290	12,7	25,2	12,0	210	141,1	110,8	60	45	26	120,0	21 866	1 509
34	300	300	13,25	26,25	12,5	220	152,1	119,4	60	50	26	129,8	23 201	1 639
36	320	300	14,1	27,0	13,0	240	160,7	126,2	60	50	26	137,6	30 119	1 882
38	340	300	14,6	27,5	13,4	250	167,4	131,4	60	50	26	143,8	35 241	2 073
40	360	300	16,15	29,0	14,2	270	181,5	142,5	60	50	26	156,3	42 479	2 300
42	380	300	17,0	29,8	14,8	290	191,2	150,1	60	50	26	165,1	49 406	2 506
44	400	300	18,2	31,0	15,5	300	203,6	159,8	60	50	26	176,3	57 834	2 802
46	425	300	19,0	31,75	16,0	330	213,9	167,9	60	50	26	185,7	68 249	3 212
48	450	300	20,3	33,0	17,0	350	229,3	180,9	60	50	26	199,8	80 837	3 696
50	475	300	21,35	34,0	17,6	370	245,0	190,0	60	50	26	211,4	94 811	4 092
52	500	300	22,6	35,2	19,4	390	261,8	205,5	60	50	26	229,9	111 283	4 451
54	550	300	24,5	37,0	20,6	430	288,0	220,1	60	50	26	254,2	145 957	5 308
56	600	300	24,7	37,2	20,8	480	300,6	230,0	65	45	26	267,0	179 393	6 077
58	650	300	25,0	37,5	21,1	520	314,5	246,9	65	45	26	280,6	217 408	6 900
60	700	300	25,0	37,5	21,1	580	325,2	255,2	65	45	26	291,3	258 106	7 724
62	750	300	25,0	37,5	21,1	630	335,2	263,4	65	45	26	301,8	302 560	8 608
64	800	300	26,0	38,5	21,5	680	354,9	278,6	70	40	26	320,4	360 486	9 612
66	850	300	26,0	38,5	21,5	720	365,6	287,0	70	40	26	331,1	414 887	10 762
68	900	300	26,0	38,5	21,5	780	376,4	295,5	70	40	26	341,6	473 954	12 036
70	950	300	27,0	39,5	21,9	820	396,2	311,0	70	40	26	360,6	550 074	13 440
72	1000	300	27,0	39,5	21,9	880	407,2	319,7	70	40	26	371,7	621 287	14 925

Nietenordnung in den Stegen siehe Seite 36.
h₁ sind die abgerundeten Höhenmaße.
Lieferwerke siehe Sonderdruck

I-D-Eisen.

Diese Sonder-I-Eisen werden nach dem Verfahren Grey (Differdingen), einzelne niedere Eisen auch nach anderem Verfahren gewalzt.

Regellängen = 4 bis einschließlich 12 m.

Lagerlängen mit Abstufungen von 500 mm zwischen 4 ÷ 15 m.

a = Abstand der Mittellinien zweier I, für den die beiden Hauptträgheitsmomente gleich groß werden und = 2 J_x.

S_x = Statisches Moment des halben Querschnittes für die Biegungsachse x - x.

$$s = \frac{J_x}{S_x} = \text{Abstand der Zug- und Druck-Mittelpunkte.}$$

$$R = d.$$

Bis einschl. I D 30 ist b = h.

Von 32 ÷ 100 ist


$$b = 300 \text{ mm.}$$

- F_n = Querschnitt
 - J_{xn} = Trägheitsmoment
 - W_{xn} = Widerstandsmoment
 - J_{yn} = Trägheitsmoment
 - W_{yn} = Widerstandsmoment
- berechnet unter Abzug von 4 inneren Nietlöchern im Abstände c;
- berechnet unter Abzug von 4 äußeren Nietlöchern im Abstände c + c₁.

h₁ = abgerundetes Maß der Steghöhe zwischen den Ausrundungen R.

Für die zusammengesetzte I D 14 ÷ 38 einschl., mit einem kleinst ausführbaren a = 14 ÷ 30 cm, ist das Trägheitsmoment bezogen auf die y - y Achse stets größer als für die x - x Achse.

II-D-Eisen siehe Seite 114.

für die Biegungsachse										Grenzknicklänge n, Tetmajer	Zug- u. Druck-Mittelpunkt-abstand s	 Trägheitsmoment J = 2 J _x bei a in cm =	I D Nr.
x - x				y - y					l ₀ = 105 i _y				
J _{xn} cm ⁴	W _{xn} cm ³	i _x cm	S _x cm ³	J _y cm ⁴	W _y cm ³	J _{yn} cm ⁴	W _{yn} cm ³	i _y cm					
1 021	145	5,90	112	438	63	294	42,0	3,31	348	12,4	—	14	
1 751	219	6,78	160	705	88	507	63,3	3,77	396	14,2	—	16	
2 700	300	7,56	220	1 073	119	728	86,4	4,23	444	16,0	—	18	
4 090	409	8,57	290	1 568	157	1 188	119	4,72	496	17,8	—	20	
5 971	543	9,45	376	2 216	201	1 731	157	5,18	544	19,6	—	22	
8 313	693	10,30	479	3 043	254	2 413	184	5,61	589	21,4	—	24	
9 865	789	10,71	540	3 375	286	2 524	210	5,83	612	22,3	—	25	
11 485	884	11,14	619	4 261	328	2 920	225	6,07	637	23,2	—	26	
13 312	985	11,58	685	4 920	365	3 409	253	6,32	654	24,1	—	27	
15 530	1 109	12,02	762	5 671	405	3 908	286	6,56	689	25,0	—	28	
18 019	1 243	12,45	844	6 417	443	4 538	313	6,74	708	25,9	—	29	
20 868	1 391	12,87	941	7 494	500	5 364	358	7,02	737	26,8	—	30	
24 988	1 562	13,69	1 055	7 867	544	5 529	375	7,00	735	26,5	—	32	
29 302	1 724	14,51	1 162	8 097	540	5 700	386	6,95	730	30,3	—	34	
33 395	1 866	15,30	1 227	8 793	586	6 290	419	6,96	731	32,0	—	36	
41 217	2 169	16,09	1 468	9 175	612	6 546	436	6,93	728	33,7	—	38	
48 284	2 414	16,85	1 630	9 721	648	6 940	463	6,91	726	35,4	30,75	40	
57 065	2 685	17,86	1 815	10 078	672	7 221	481	6,85	719	37,6	32,98	42 1/2	
67 752	3 011	18,78	2 044	10 668	712	7 572	511	6,82	716	39,6	35,00	45	
79 599	3 352	19,70	2 264	11 142	743	8 070	538	6,79	713	41,9	37,19	47 1/2	
93 686	3 747	20,62	2 542	11 718	781	8 131	562	6,69	702	43,8	39,00	50	
123 300	4 484	22,51	3 060	12 582	830	9 042	603	6,61	694	47,7	42,99	55	
152 212	5 074	24,42	3 432	12 672	845	9 107	607	6,49	681	52,2	47,67	60	
185 067	5 694	26,20	3 844	12 814	854	9 173	612	6,38	670	56,6	51,01	65	
220 319	6 295	28,17	4 254	12 818	854	9 177	612	6,28	659	60,7	54,93	70	
258 012	6 905	30,02	4 664	12 823	855	9 182	612	6,18	649	64,9	58,79	75	
309 740	7 744	31,90	5 223	13 269	885	9 527	635	6,10	641	69,0	62,56	80	
357 312	8 407	33,70	5 673	13 274	885	9 532	635	6,00	630	73,1	66,28	85	
409 129	9 092	35,50	6 137	13 279	885	9 537	636	5,90	620	77,2	69,97	90	
476 296	10 027	37,30	6 779	13 727	915	9 609	661	5,90	620	81,3	73,62	95	
538 469	10 769	39,10	7 281	13 732	915	9 914	661	5,80	609	85,3	77,25	100	

Angaben über I-D-Eisen mit Gurtplatten siehe Seite 279.

und Bemerkung Seite 583.

Eisen im Hochbau, 6. Aufl.

Bijlage 5 Literatuurlijst

AG, S.-V. (1924). Eisen im hochbau. ein taschenbuch mit zeichnungen, zusammenstellungen, techn. vorschriften und angaben über die verwendung von eisen im hochbau. hrsg. von stahlwerks-verband a.g. 6te, umgearb. u. erw. aufl. Berlin, [s.n.].

Brown, T. M. (1958). The work of G. Rietveld, architect. Utrecht, A.W. Bruna & Zoon.

Rijkswaterstaat (2013). Richtlijnen Beoordeling Kunstwerken, Rijkswaterstaat.

Zijl, I. v. and B. Mulder (2009). Het Rietveld Schröderhuis : de voorgeschiedenis, het huis als woning, het huis als monument. Utrecht, Matrijs.

This document comprises the contents of two TNO-reports as background information by the book *Colour, form and space. Rietveld Schröder house challenging the future* (M.T. van Thoor, 2019):

2017-R-10902 'Petrografisch onderzoek pleister Rietveld-Schröderhuis te Utrecht' – T.G. Nijland

2018-R-10510 'Petrographic investigation of plasters & renders from the Rietveld-Schröderhuis, Utrecht' – T.G. Nijland

TNO-report 2017-R-10902 'Petrografisch onderzoek pleister Rietveld-Schröderhuis te Utrecht' – T.G Nijland

Inleiding

In opdracht van de TU Delft is door TNO een polarisatie-en-fluorescentiemicroscopisch onderzoek (PFM) uitgevoerd aan een monster pleister afkomstig uit het interieur van het Rietveld-Schröderhuis te Utrecht. De werkzaamheden zijn door TNO aangeboden per e-mail d.d. 24 april 2017, waarop namens de TU Delft opdracht is verleend door mevrouw M.T. van Thoor per e-mail d.d. 24 april 2017.

Monster

Ten behoeve van het onderzoek is een monster pleister aangeleverd, met daarop een coating (Fig. 1).



Fig. 1. Stereomicroscopische opname van de dwarsdoorsnede van de aangeleverde pleister.

Per e-mail d.d. 25 april 2017 is door mevrouw B. Lubelli van de TU Delft de volgende achtergrondinformatie verstrekt:

Waarschijnlijk gaat het om een restauratiepleister. De binnenpleister is (waarschijnlijk) door de firma Geerken samengesteld en aangebracht. De heer H. Geerken geeft op basis van een visuele beoordeling de volgende samenstelling:

- *Zand uit Buslo. scherpkorrelig, grof (uit jaren '70)*
- *Bindmiddel: putty lime en cement*
- *Putty lime:zand 1:6 in volumedelen; dan 40 liter van de gekregen mortel mengen met 10 liter cement*
- *Afwerklaag van putty lime en gips (2:1 in volume)*
- *Verf: waarschijnlijk Alfatex IQ (latex) van dezelfde periode.*

Onderzoeks methode

Van de pleister zijn twee deelmonsters gezaagd, die samen zijn gevoegd tot één slijpplaatje met een grondvlak van ca. 3 x 5 cm. Deze deelmonsters zijn vervolgens gedroogd en onder vacuüm geïmpregneerd met een UV-fluorescerende hars. Hierdoor zijn holtes, scheurtjes, en, door de UV-fluorescentie, variaties in capillaire porositeit zichtbaar. Vervolgens is het blokje planparallel gezaagd

en geslepen en gepolijst tot een dikte van 25 à 30 µm. Daardoor is het geschikt voor doorvallend licht microscopie. Met behulp van polarisatie-en-fluorescentie-microscopie (PFM) kunnen vervolgens samenstelling, microstructuur en eventuele verandering daarin c.q. aantastingen van het materiaal bestudeerd worden. Voor nadere toelichting op deze techniek, zie Nijland & Larbi (2010). De slijpplaat is door TNO gecodeerd als TNO 01840.

Resultaten

Het monster is als volgt opgebouwd (Fig. 2, 3, 4; de nummering hieronder correpondeert op met de nummering op de foto's):

1. Coating (Fig. 5)
2. Coating, optisch iets verschillend van coating onder nummer 1. Hierin zijn drie lagen / zones delen te onderscheiden: twee lagen (2a en 2b), die identiek zijn maar van elkaar gescheiden worden door hetzij een grensvlak (wat zou betekenen dat deze coating in twee lagen is aangebracht) hetzij een blaas in de coating, en daaronder een zone waarin de coating (2c) in de bovenste afwerklaag (3) gedrongen is (Fig. 5).
3. Afwerklaag, met kalk als bindmiddel.
4. Afwerklaag, met kalk als bindmiddel en mogelijk wat gips; in de mortel is wat kalksteenmeel aanwezig.
5. Afwerklaag met kalk als bindmiddel; in de mortel is wat kalksteenmeel aanwezig.
6. Afwerklaag met kalk als bindmiddel. In de afwerklaag is zeer sporadisch een blauw pigment aanwezig (Fig. 6).
7. Mortel met kalk als bindmiddel, enkele kalkklompjes en zand met een typische korrelgrootte van 0,15-0,3 mm.
8. Mortel met kalk als bindmiddel, enkele kalkklompjes en schelprestanten en zand met een typische korrelgrootte van 0,2-0,4 mm, maximaal ca. 0,7 mm.

Mortels nummer 7 en 8 zijn, gelet de huid die ontstaan is op het oppervlak van mortel 8 (Fig. 2), met een geringe tussentijd aangebracht, niet nat-in-nat. Dat geldt ook voor afwerklaag 6 op mortel 7 (Fig. 6).

Noch in het bindmiddel van de afwerklaagen (3 t/m 6), noch in het bindmiddel van de onderliggende lagen (7 en 8) zijn hydraulische componenten zoals C_2S (karakteristiek voor hydraulische kalk) of de combinatie van C_2S en C_3S (karakteristiek voor Portland klinker) aangetroffen; tras is evenmin aangetroffen (Fig. 7, 8). In de mortel zijn geen aanwijzingen aangetroffen voor aantasting.

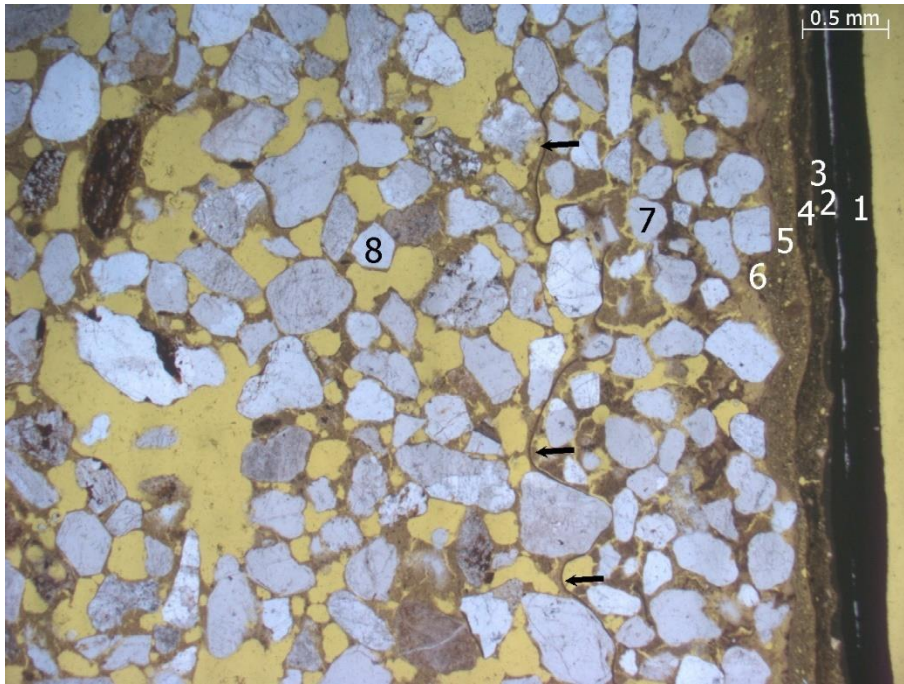


Fig. 2. Microfoto met overzicht van de laagopbouw (zichtvlak naar rechts; parallel gepolariseerd licht).

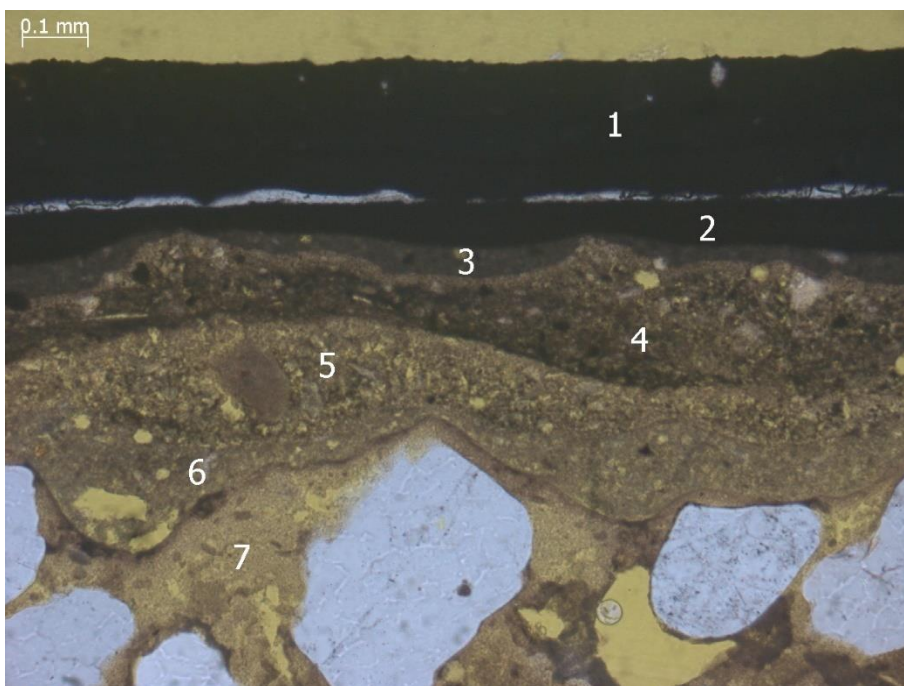


Fig. 3. Microfoto met overzicht van de laagopbouw (zichtvlak naar boven; parallel gepolariseerd licht).

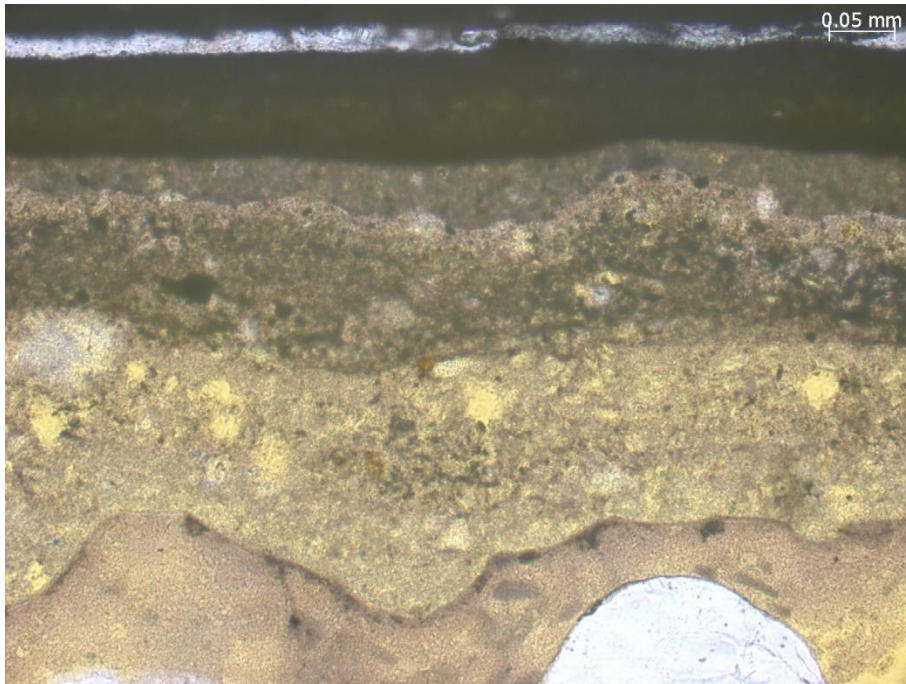


Fig. 4. Overzicht opbouw afwerkklagen en coating (zichtvlak naar boven; boven parallel, onder kruislings gepolariseerd licht).

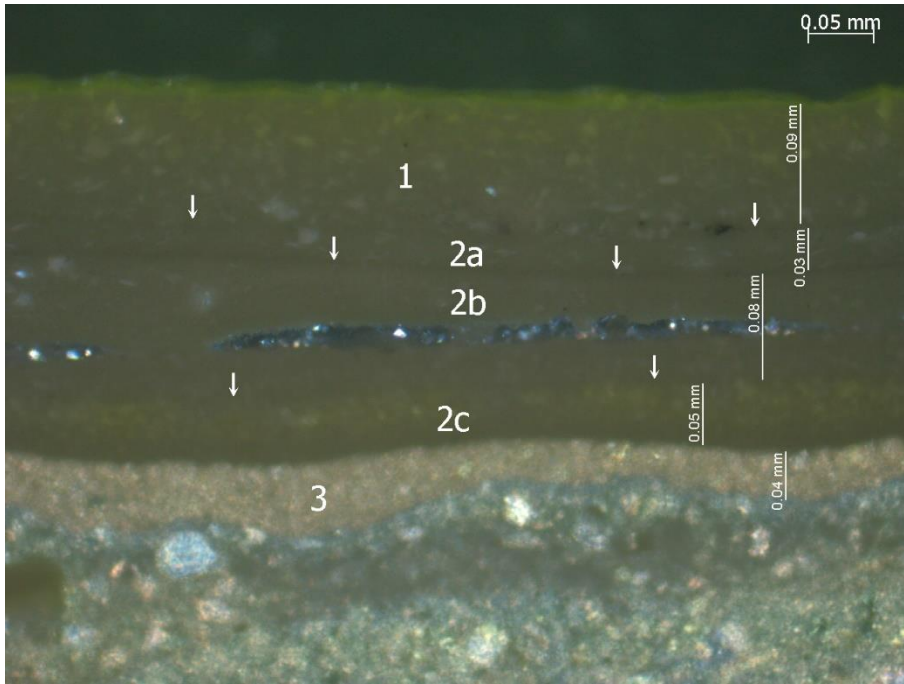


Fig. 5. Microfoto met overzicht van de laagopbouw van de coating met diktes en interne grensvlakken aangegeven (zichtvlak naar boven; kruislings gepolariseerd licht).

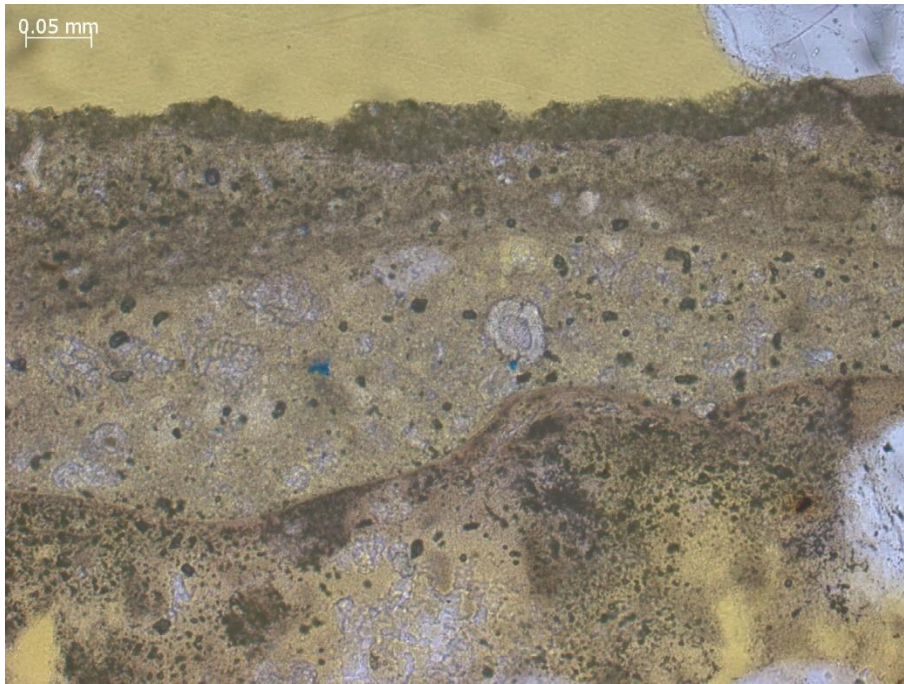


Fig. 6. Microfoto's van blauw pigment in de onderste afwerklaag (6) en de huid (zichtbaar aan de scherpe begrenzing) op de bovenste mortel (7, onder op de foto) (zichtvlak naar boven; parallel gepolariseerd licht).

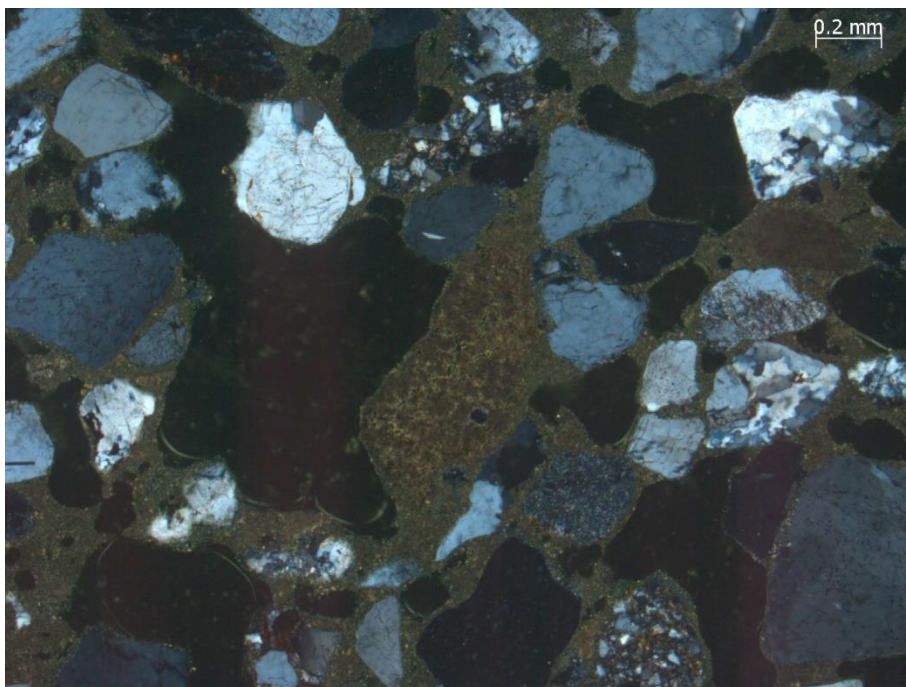
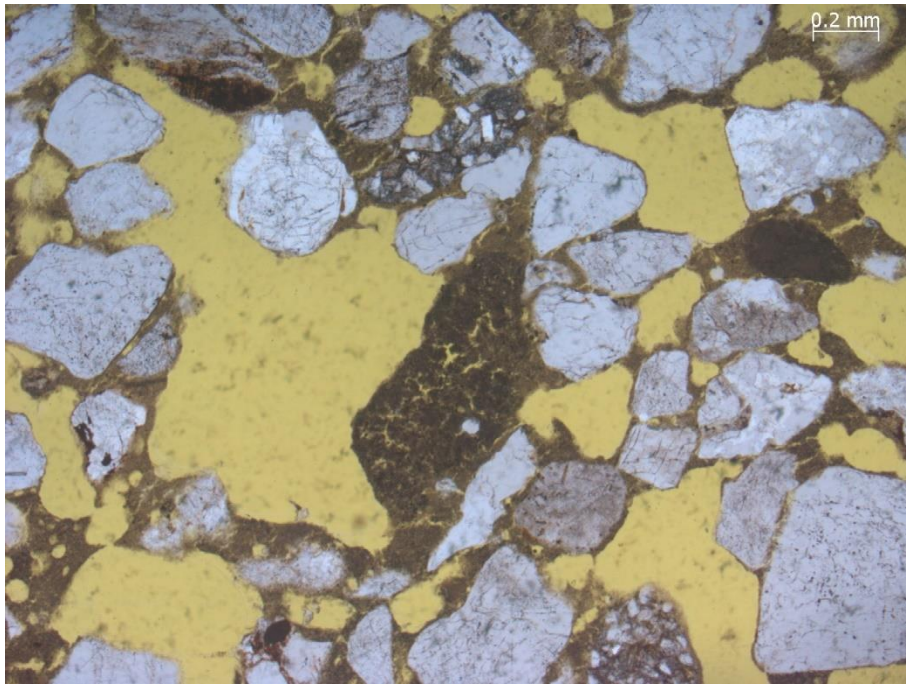


Fig. 7. Microfoto's met overzicht van de onderste mortel (7) (boven parallel, onder kruislings gepolariseerd licht).

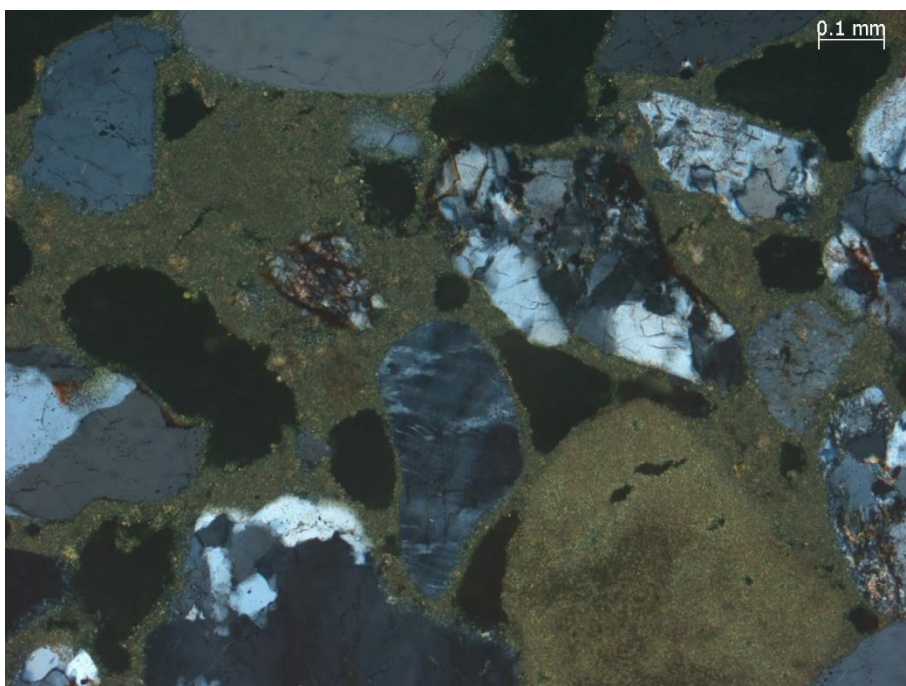
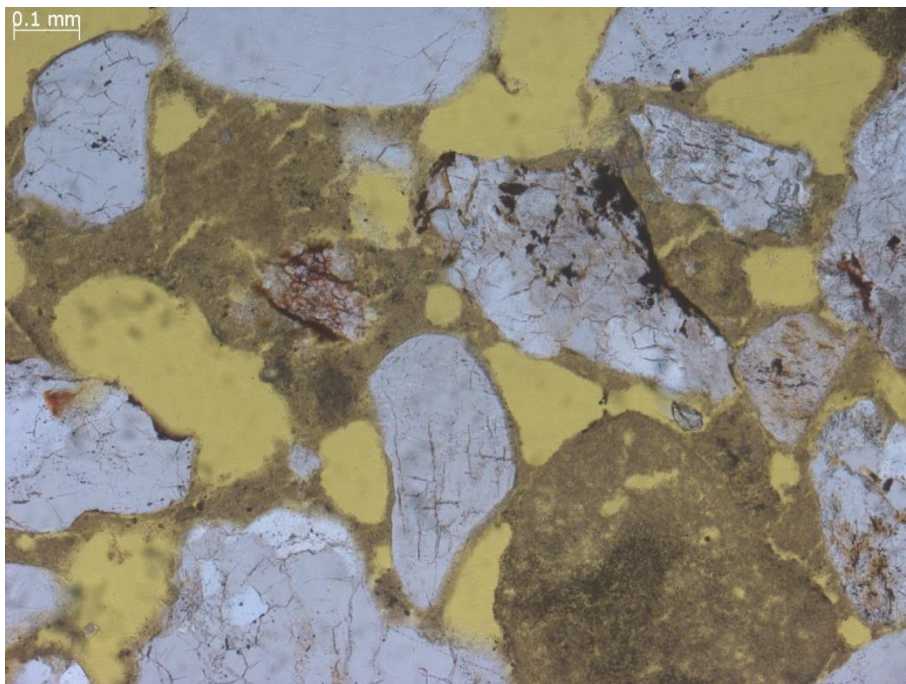


Fig. 8. Microfoto's met overzicht van de onderste mortel (8) (boven parallel, onder kruislings gepolariseerd licht).

Conclusie

De binnenpleister van het Rietveld-Schröderhuis te Utrecht is vanaf het muuroppervlak opgebouwd uit twee kalkgebonden mortellagen en vier kalkgebonden afwerkklagen, met daarop twee coatings.

De samenstelling komt niet overeen met de door de TU Delft opgegeven samenstelling van de restauratiepleister. Mogelijk betreft het monster een restant van de oorspronkelijke pleister.

Referenties

Nijland, T.G. & Larbi, J.A., 2010. Microscopic examination of deteriorated concrete. In: Maierhofer, C., Reinhardt, H.W. & Dobmann, G., red., Non-destructive evaluation of reinforced concrete structures. Vol. 1: Deterioration processes and standard test methods. Woodhead, Oxford, 137-179.

TNO-report 2018-R-10510 'Petrographic investigation of plasters & renders from the Rietveld-Schröderhuis, Utrecht' – T.G. Nijland

1 Introduction

Within the framework of the Getty project Rietveld-Schröderhuis of Delft University of Technology (TU Delft), TNO has performed a petrographic investigation of four plaster and renders from the Rietveld-Schröderhuis in Utrecht, The Netherlands. The project was offered by TNO in her quotation 0100312037/ndt/hns d.d. February 1, 2018, and granted by the TU Delft in her order nr. P1811020191 d.d. February 13, 2018.

2 Sample description

Sample locations have been selected by the TU Delft. Five samples have been drilled by SRAL under supervision of the TU Delft on February 14, 2018, and have been delivered to TNO together with relevant information. Four samples have been selected for petrographic investigation by Dr. B. Lubelli of TU Delft. The following samples have been selected:

RSH 18/1 - Southern interior wall of the study of the ground floor (Fig. 1). This is the same wall from which a sample of plaster has been investigated previously (Nijland 2017). The current sample has been collected from the black painted lower part of the wall, below the book shelves. The plaster is supposed to be original.



Fig. 1. Location sample RSH 18/1 (pictures M.T.A. van Thoor, TU Delft).

A thin core of mortar broken into three pieces (Fig. 2). The plaster is composed by two layers of mortar and finished with a greyish black coating (Fig. 3). The outer mortar layer of ca. 2 mm thickness is white, the inner mortar layer less bright white. Both mortars contain quartz sand.

The thin section has been coded as TNO 01864.



Fig. 2. Sample RSH 18/1, surface (left) and wall side (right).

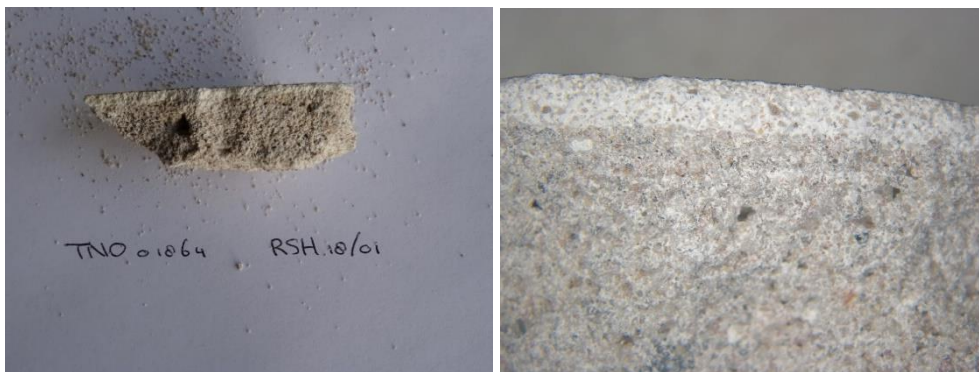


Fig. 3. Sample RSH 18/1, cross section (surface to the top); right detail by stereomicroscope.

RSH 18/3 - Southern interior wall of the girls chamber facing the Prins Hendriklaan on the first floor, below the washing basin (Fig. 4). The sample is supposed to be a renovation plaster.

The sample consists of fragments of mortar and some powder (Fig. 5) and is to some extent comparable to sample RSH 18/1, i.e. it is also made up by two layers of mortar and finished by a coating (Fig. 6). However, the outer mortar in this sample appears to contain less aggregate than the outer mortar in sample RSH 18/1.

The thin section has been coded TNO 01865.



Fig. 4. Location sample RSH 18/3 (picture M.T.A. van Thoor, TU Delft).



Fig. 5. Sample RSH 18/3, overview.



Fig. 6. Sample RSH 18/3, cross section of one of the fragments

RSH 18/4 - Outside on the balcony at the eastern wall of the son's room situated above the entrance; the sample has been taken at the bottom of the white (very light grey) wall (Fig. 7). The sample is supposed to be a renovation render.

The sample consists of powdered mortar with a single separate slice of coating (Fig. 8). The sample is darker and more greyish than samples RSH 18/1 and 18/3; the powder seems to represent one mortar only. In order to make a thin section, the powder has been embedded in epoxy first. The thin section has been coded TNO 01866.



Fig. 7. Location sample RSH 18/4 (pictures M.T.A. van Thoor, TU Delft).



Fig. 8. Sample RSH 18/4, overview.

RSH 18/5 - Outside, from the wall below the window of the atelier on the ground floor facing the Prins Hendriklaan. The sample has been taken from the right corner direct beneath the window (Fig. 9). The render is considered to possibly be original.

The sample consists of tiny fragments and powder of mortar (Fig. 10), partly covered by various coating(s). The fragments represent a grey, sandy mortar.

The thin section has been coded TNO 01867.



Fig. 9. Location sample RSH 18/5 (picture M.T.A. van Thoor, TU Delft).



Fig. 10. Sample RSH 18/5, overview.

3 Analytical method

Samples have been vacuum impregnated and imbedded with an epoxy containing an UV-fluorescent dye; subsequently, petrographic thin sections at a base plate of 3 x 5 cm have been produced and investigated according to procedures outlined in Nijland & Larbi (2010).

4 Results

4.1 RSH 18/1

The thin section contains one single mortar (Fig. 11), corresponding to the inner mortar seen on Figure 2. The outer mortar and coating are not continuous, and not present in the thin section.

The mortar has hydraulic lime as a binder (Fig. 12), containing relatively abundant belite (C_2S) (Fig. 13) and has completely been carbonated. No evidence for additional binder components, such as trass, gypsum or Portland clinker has been found. The aggregate is quartz sand, with D_{max} ca. 1 mm, and a typical grain size of about 0.5 mm.

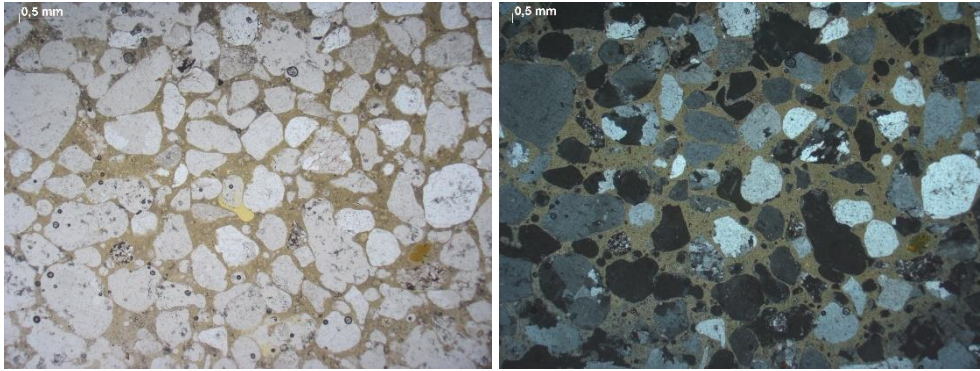


Fig. 11. Microphotographs showing an overview of the microstructure of the inner mortar in sample RSH 18/1 (TNO 01864, left plane, right cross polarized light).

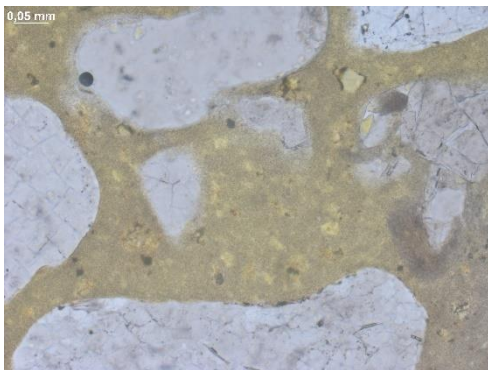


Fig. 12. Microphotograph showing detail of the binder matrix of the inner mortar in sample RSH 18/1 (TNO 01864, plane polarized light).

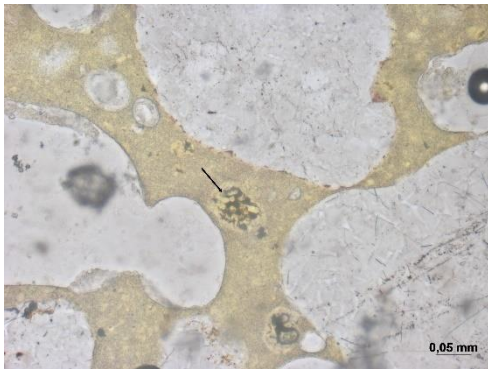


Fig. 13. Microphotograph illustrating the presence of some belite (C2S) in the binder of the inner mortar in sample RSH 18/1 (TNO 01864, plane polarized light).

4.2 RSH 18/3

The thin section contains a stratigraphical sequence of two mortars with a coating on top (Fig. 14). The inner mortar is made up by two layers (Fig. 15); this inner mortar has apparently been applied in two layers. On top of the outer part of the inner mortar, a very thin skin is present, indicating some gap in time between the application of the inner and outer mortars.

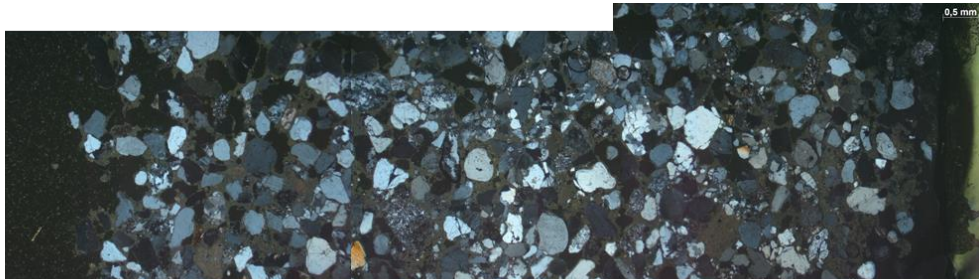
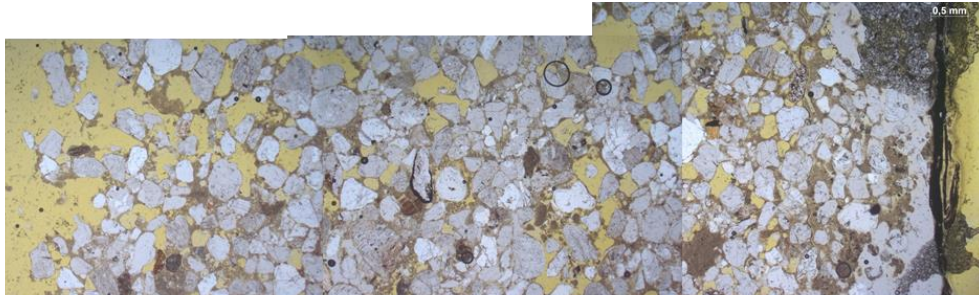


Fig. 14. Microphotographs of a cross section through the stratigraphy in sample RSH 18/3 with right the outer face, covered by a coating (TNO 01865, above plane, below cross polarized light).

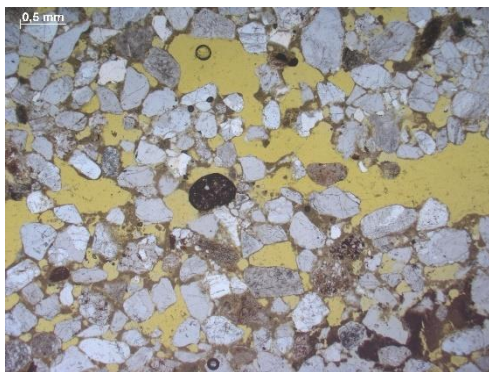


Fig. 15. Microphotograph showing the internal boundary in the inner mortar of sample RSH 18/3, manifest by the series of elongate voids (TNO 01865, plane polarized light).

The inner mortar has been made with a hydraulic lime as a binder (Fig. 16). However, belite (C_2S), typical for hydraulic limes, is scarce. Its content appears to be less than in sample RSH 18/1 (Fig. 17). Rare shell fragments occur. No indications for other binder components has been found. The aggregate is rounded quartz sand with D_{max} of ca. 1 mm and a typical grain size of 0.2 – 0.4 mm.

The outer mortar has a binder based on lime and gypsum (Fig. 18, 19); no belite or trass have been found. The aggregate is also rounded quartz sand, but the typical grain size is slightly finer than in the inner mortar, i.e. 0.2 – 0.3 mm.

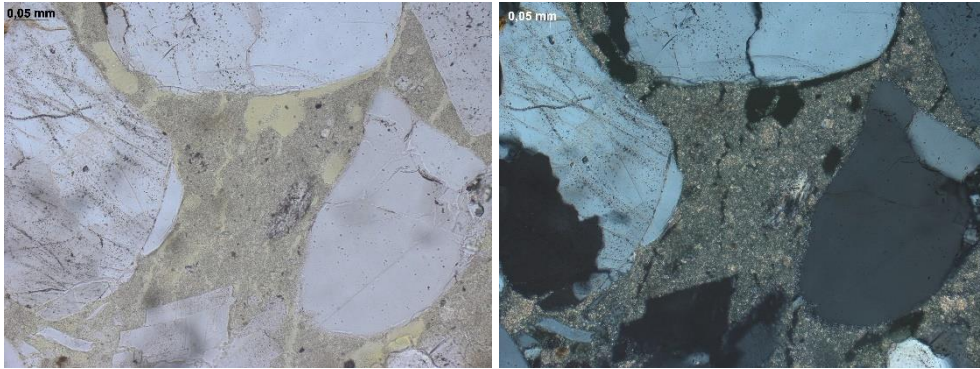


Fig. 16. Microphotographs showing a detail of the binder matrix of the inner mortar in sample RSH 18/3 (TNO 01865, left plane, right cross polarized light).



Fig. 17. Microphotograph showing one of the scarce, iron-bearing, belites (indicated by a small arrow) in the binder matrix of the inner mortar in sample RSH 18/3 (TNO 01865, plane polarized light).

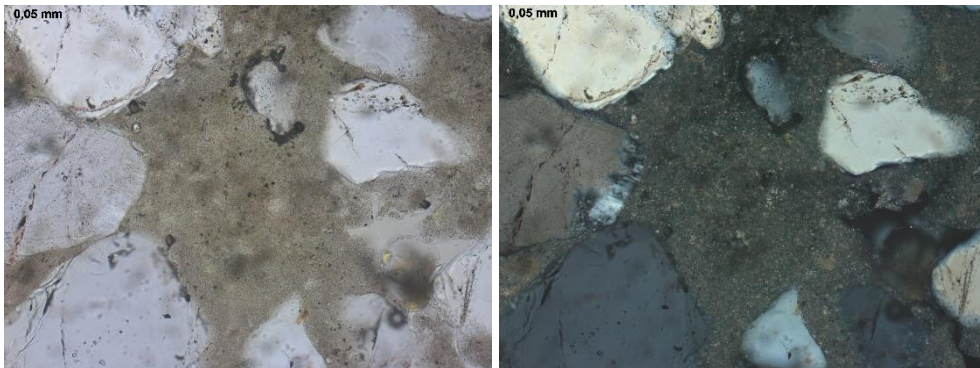


Fig. 18. Microphotographs showing a detail of the binder matrix of the outer mortar in sample RSH 18/3 (TNO 01865, left plane, right cross polarized light).

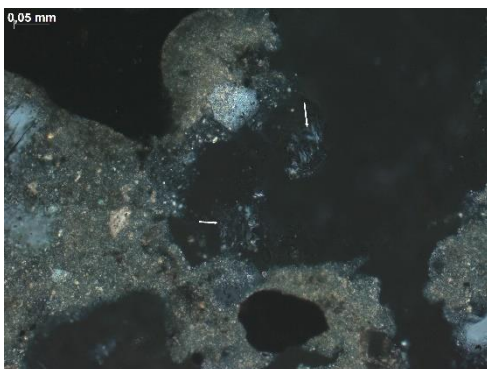


Fig. 19. Microphotographs illustrating the presence of gypsum (indicated by small arrows) in the binder of the outer mortar in sample RSH 18/3 (TNO 01865, cross polarized light).

4.3 RSH 18/4

The thin section contains powder embedded in epoxy. No stratigraphical details can be deduced, nor any observations can be made on the overall microstructure. The powder seems to represent one single mortar.

The binder of the mortar has completely been carbonated. Besides lime, clinker components such as alite (C_3S), belite (C_2S) and ferrite (C_4AF) are present (Fig. 20). Clinker components are relatively abundant. The binder has probably been made by a mixture of Portland cement and lime. The aggregate is quartz sand. Some of the larger fragments contain abundant air voids in the mortar (Fig. 21), suggesting the use of an air entraining agent.

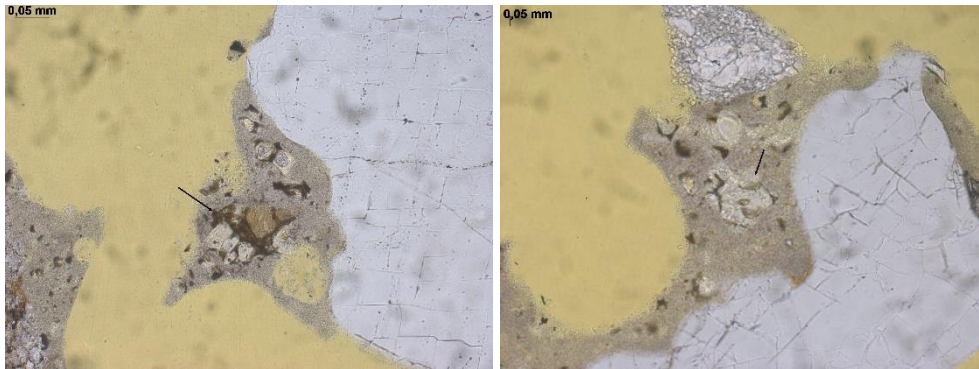


Fig. 20. Microphotographs illustrating the presence of alite, C_3S (left) and belite, C_2S (right; both indicated by small arrows) in the binder of sample RSH 18/4 (TNO 01866, plane polarized light).

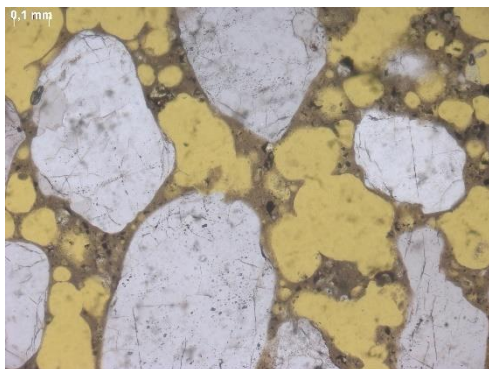


Fig. 21. Microphotograph showing the abundant air voids in the mortar in sample RSH 18/4 (TNO 01866, plane polarized light).

4.4 RSH 18/5

The thin section contains several fragments of one and the same mortar, some of them covered by a series of coatings (Fig. 22).

The mortar itself has rounded quartz sand as an aggregate. The binder contains very abundant coarse belite, C_2S , but no other clinker components (Fig. 23). It is most probably a strongly hydraulic lime (or perhaps an early Portland cement).

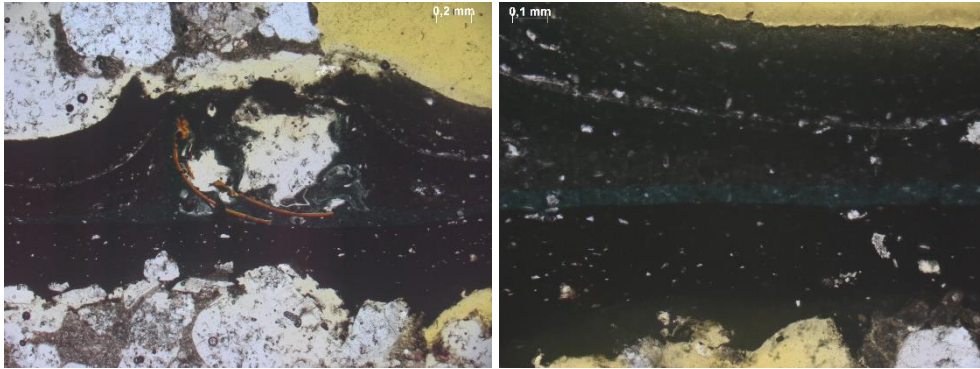


Fig. 22. Microphotographs showing details of the coating series on top of one of the mortar fragments in sample RSH 18/5 (TNO 01867, plane polarized light).

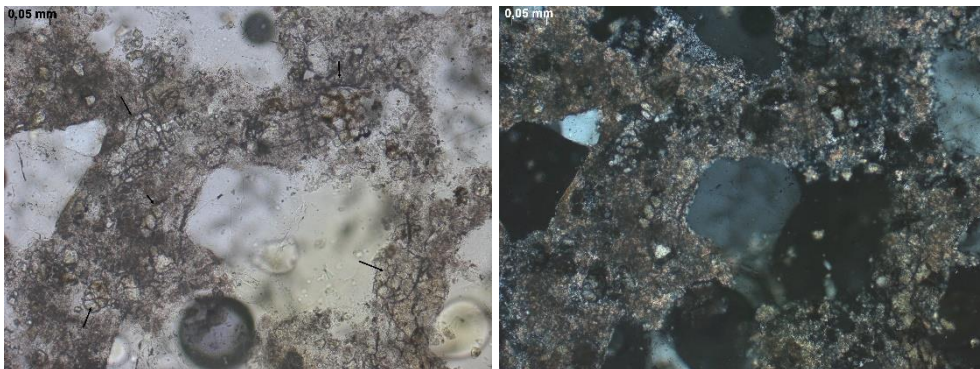


Fig. 23. Microphotographs showing a detail of the belite-rich binder (indicated by small arrows on the left picture) in sample RSH 18/5 (TNO 01867, left plane, right parallel polarized light).

5 Additional SEM investigation

In addition to the investigation by polarization-and-fluorescent microscopy (PFM) reported in chapter 4, a piece of the white outer mortar in sample RSH 18/1 has been investigated by scanning electron microscopy (SEM).

Investigations have been performed using a using a FEI Nova NanoSEM 650, operating at an accelerating voltage of 8 kV, the GAD detector for imaging and a Thermo NSS eFS microanalysis system with Si drift detector.

SEM clearly shows that the binder in the outer mortars is made up by gypsum and calcium carbonate (Fig. 24). This is confirmed by EDS analysis (Fig. 25).

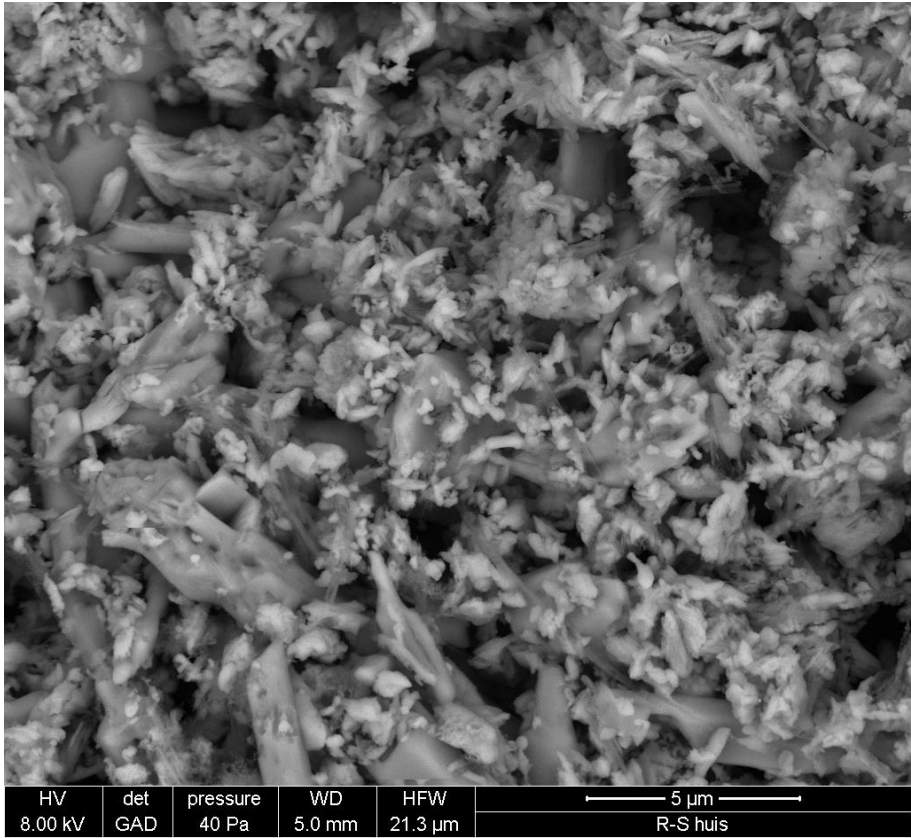


Fig. 24. Scanning electron microphotograph showing detail of the binder in sample RSH 18/1, made up by gypsum and calcium carbonate.

R-S-Huis(9)

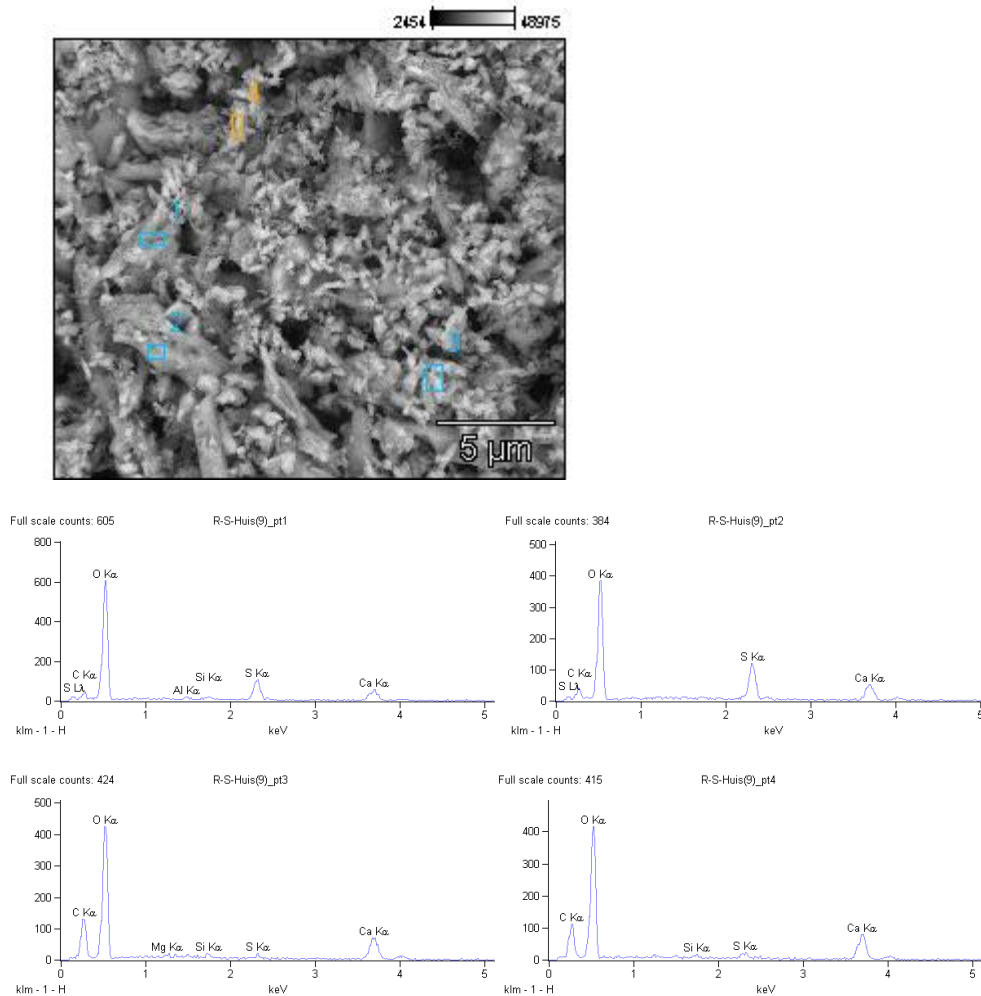


Fig. 25. EDS spectra of selected spots on the binder shown in figure 21.

6 Discussion and conclusion

Samples RSH 18/1 and 18/3 possibly represent the same stratigraphy with a coating covering an outer finishing plaster and an inner plaster made up by two layers. The outer finishing plaster based on lime and gypsum present in sample RSH 18/3 is not present in the thin section of sample RSH 18/1, but macroscopically visible (Fig. 3). Additional SEM investigations (§ 5) show the presence of lime and gypsum here. The hydraulic lime based inner mortar is present in both samples.

If RSH 18/1 and 18/3 are the same indeed, this would imply that RSH 18/1 is not an original plaster, but, likewise RSH 18/3, a renovation plaster. This is unexpected, as the sample investigated in 2017 (Nijland 2017) came from the same wall as RSH 18/1. In this sample, a lime-gypsum based mortar is also present. However, the stratigraphy in the 2017 sample is much more complex than current RSH 18/1 (RSH 18/3): it contains more finishing layers (one lime based one on top of the lime-gypsum mortar and two below), whereas the base (inner) mortar is made up by two layers. Taking the lime-gypsum mortar as starting point, differences between current RSH 18/1, RSH 18/3 and the 2017 sample are illustrated below:

RSH 18/1	RSH 18/3	Sample 2017
Coating	Coating	Coating
		Coating in 3 layers
		Lime
Lime-gypsum	Lime-gypsum	Lime-gypsum
		Lime
		Lime
Hydraulic lime	Hydraulic lime	Lime
	Hydraulic lime	Lime

* Combined stereomicroscopic, PFM and SEM observations.

Both outside renders (samples RSH 18/4 and 18/5) have compositions different from the indoor plasters in terms of binders, the former being a cement-lime mixture, the latter a very belite rich hydraulic lime (or perhaps an early Portland cement).

7 References

Nijland, T.G., 2017. Petrografisch onderzoek pleister Rietveld-Schröderhuis te Utrecht. TNO-report 2017 R10902, 10 pp.

Nijland, T.G. & Larbi, J.A., 2010. Microscopic examination of deteriorated concrete. In: Maierhofer, C., Reinhardt, H.W. & Dobmann, G., eds., Non-destructive evaluation of reinforced concrete structures. Vol. 1: Deterioration processes and standard test methods. Woodhead, Oxford, 137-179.

Onderzoek naar het pleisterwerk van het Rietveld Schroder Huis

Auteurs

Dr. Barbara Lubelli

Prof. ir. Rob P.J. van Hees

1. Inleiding

Het pleisterwerk in de studeerkamer op de begane grond van het Rietveld Schröder Huis is recent gedeeltelijk losgelaten (figuur 1). Om het pleisterwerk op een compatibele en duurzame manier te kunnen herstellen, is het nodig om:

- de aanwezigheid van eventuele vochtbronnen vast te stellen;
- de aanwezigheid van oplosbare zouten en hun verdeling in het pleisterwerk en in de achterliggende muur te bepalen;
- de samenstelling van het pleisterwerk te vast te stellen (o.a. type bindmiddel en toeslag);
- het gedrag van het pleisterwerk m.b.t. vochttransport te bepalen.

Om de bovengenoemde doelen te bereiken, is het volgende onderzoek uitgevoerd:

1. Inspectie van de schade en de mogelijke vochtbronnen.
2. Bemonsteren van gruismonsters uit het pleisterwerk en het onderliggende metselwerk.
3. Meten van het actuele (MC) en hygroscopische vochtgehalte (HMC) van de gruismonsters.
4. Petrografisch onderzoek naar de opbouw (verschillende lagen), type bindmiddel en toeslag.
5. Meten van de capillaire waterabsorptie en porositeit van het pleisterwerk.

De resultaten van het onderzoek zijn in dit rapport samengevat.



Figuur 1. Schade in de vorm van loslaten van het pleisterwerk in de studeerkamer van het Rietveld Schroder Huis.

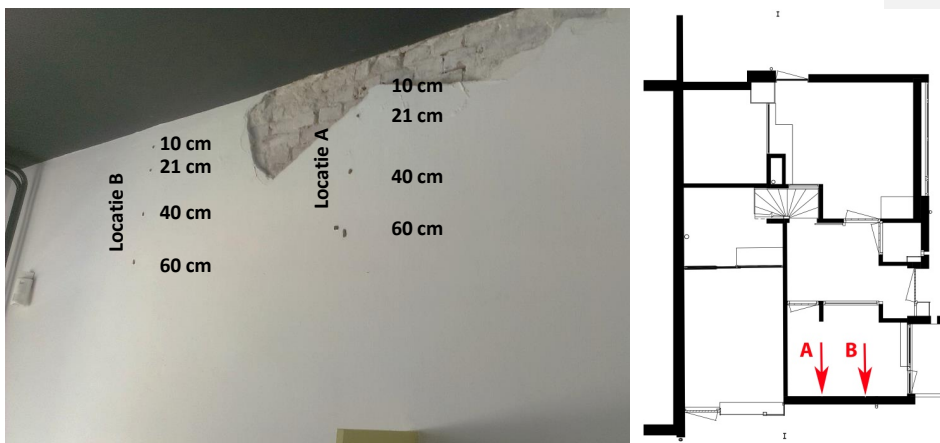
2. Inspectie en bemonstering

Het pleisterwerk in de studeerkamer op de begane grond van het Rietveld Schröder Huis is recent gedeeltelijk losgekomen (figuur 1). Bij het kloppen op de muur, wordt duidelijk dat het pleisterwerk van deze wand op meerdere locaties los van de ondergrond zit.

De schade bevindt zich in het gebied onder het balkon van het slaapgedeelte van de 1^{ste} verdieping. Het is bekend dat de aansluiting tussen de muur op de 1^{ste} verdieping en de vloer van het balkon recent is gerepareerd. De vraag is of bij voorbeeld regenwaterpenetratie via het balkon van invloed is geweest op het loskomen van het pleisterwerk en of de reparatie effectief is geweest.

Voor een duurzaam herstel van de pleisterwerklaag is het dus van belang om te weten of de onderliggende muur droog is en of zouten in de muur en/of in het pleisterwerk aanwezig zijn.

Om de aanwezigheid van vocht en/of hygroscopische zouten vast te stellen zijn gruismonsters uit de pleisterlaag en het achterliggende baksteen metselwerk genomen; deze zijn geboord op verschillende hoogten (10, 21, 40 en 60 cm vanaf het plafond) en diepten (0-2, 2-5, 5-12 cm) in het metselwerk, langs twee verticale profielen: een op de beschadigde (locatie A) en een daarnaastgelegen niet beschadigde locatie (locatie B) (figuur 2). In totaal zijn 23 gruismonsters genomen. Volledige informatie over de monsters is in bijlage A te vinden.



Figuur 2. Locaties van de bemonstering van gruismonsters

3. Bepalen van actuele (MC) en hygroscopische vochtgehalte (HMC) van de monsters

De gruismonsters zijn in luchtdichte zakjes naar het laboratorium vervoerd flesjes overgebracht, gewogen en in een oven bij 40 °C gedroogd gedurende 2 dagen. Daarna is hun gewicht opnieuw gemeten. Het actuele vochtgehalte (MC) van de monsters is als volgt bepaald:

$$MC [\%] = 100 * (\text{initiëleel gewicht} - \text{droog gewicht}) / \text{droog gewicht}$$

Vervolgens zijn de monsters in een klimaatkast gezet bij 20°C / 95% RV. Na een periode van 4 weken zijn de monsters weer gewogen en is hun hygroscopisch vochtgehalte (HMC) bepaald als volgt:

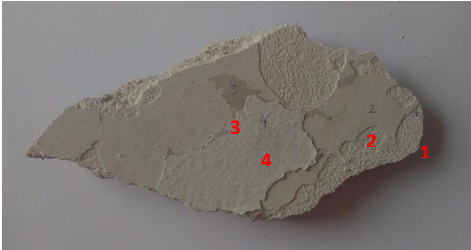
$$HMC_{95} [\%] = 100 * (\text{gewicht na 4 weken bij 95\%RV} - \text{droog gewicht}) / \text{droog gewicht}$$

Het HMC geeft een indicatie van de aanwezigheid van hygroscopische zouten [1].

4. Karakteriseren van de pleisterlaag

Op basis van archiefonderzoek is bekend dat het Rietveld Schöder Huis in de jaren '70 is gerenoveerd en dat daarbij het pleisterwerk (gedeeltelijk) is vervangen. Uit de documenten blijkt dat stukadoorsbedrijf Geerken betrokken is geweest bij de renovatiewerkzaamheden. De heer Hans Geerken heeft, na visuele beoordeling van het losgekomen pleisterwerk met behulp van een loep, aangegeven dat het lijkt dat het pleisterwerk volgens hun receptuur, gebruikelijk in de jaren '70, is gemaakt en dus dat het pleisterwerk uit die periode zou kunnen zijn en niet origineel. De binnenste laag van het pleisterwerk bestaat volgens hem uit scherpkorrelig zand uit Buslo en een mengsel van kalk (*putty lime*) en cement als bindmiddel. De afwerkplaat van het pleisterwerk bestaat volgens hem uit kalk en gips.

Uit de archiefdocumenten is helaas niet vast te stellen of het pleisterwerkwerk van de studeerkamer (volledig) vervangen is. Daarnaast is het type van de verschillende verflagen die op het pleisterwerk zichtbaar zijn (figuur 3) ook onbekend..

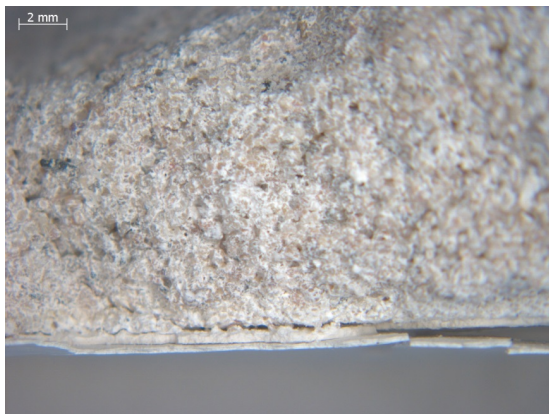


Figuur 3. Stuk van het pleisterwerk dat losgekomen is van de wand: er zijn 4 lagen verf visueel te onderscheiden

4.1 PFM onderzoek

Om de samenstelling van het pleisterwerk en het type verflagen te bepalen is onderzoek door middel van polarisatie-en-fluorescentie-microscopie uitgevoerd. Dit deel van het onderzoek is door dr. Timo Nijland van TNO uitgevoerd en gerapporteerd [2]. Hier wordt de inhoud van het TNO rapport letterlijk opgenomen. Het rapport is in zijn geheel als bijlage B toegevoegd.

Ten behoeve van het onderzoek is aan TNO een monster pleisterwerk aangeleverd, met daarop een coating (figuur 4).



Figuur 4. Stereomicroscopische opname van de dwarsdoorsnede van het aan TNO aangeleverde monster van het pleisterwerk

Van het pleisterwerk zijn twee deelmonsters gezaagd, die samen zijn gevoegd tot één slijpplaatje met een grondvlak van ca. 3 x 5 cm. Deze deelmonsters zijn vervolgens gedroogd en onder vacuüm geïmpregneerd met een UV-fluorescerende hars. Hierdoor zijn holtes, scheurtjes, en, door de UV-fluorescentie, variaties in capillaire porositeit zichtbaar. Vervolgens is het blokje planparallel gezaagd en geslepen en gepolijst tot een dikte van 25 à 30 µm. Daardoor is het geschikt voor doorvallend licht microscopie. Met behulp van polarisatie-en-fluorescentie-microscopie (PFM) kunnen vervolgens samenstelling, microstructuur en eventuele verandering daarin c.q. aantastingen van het materiaal bestudeerd worden. Voor nadere toelichting op deze techniek, zie [3]. De slijpplaat is door TNO gecodeerd als TNO 01840.

4.2 Capillaire waterabsorptie, dichtheid en porositeit van het pleisterwerk

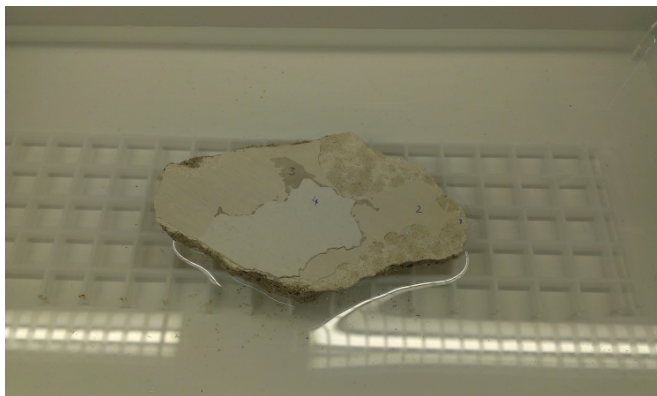
In het geval dat het pleisterwerk in de studeerkamer gedeeltelijk vervangen moet worden, het is van belang dat het nieuwe pleisterwerk ook qua vochttransport compatibel is met het bestaande pleisterwerk. Het is dus nodig om enkele relevante eigenschappen van het pleisterwerk te bepalen.

Als eerste is de capillaire waterabsorptie van het pleisterwerk gemeten. Een stukje pleisterwerk is in een oven bij 40 °C gedroogd en vervolgens met zijn binnenoppervlak (d.w.z. het oppervlak dat oorspronkelijk in contact met het metselwerk was) in contact met water gebracht (figuur 5). Het gewicht van de monster is op verschillende tijdstippen gemeten tot een constant gewicht is bereikt. Door het geabsorbeerde water per eenheid van oppervlak tegen de wortel uit de tijd af te zetten, kan de absorptiecurve worden getekend.

Daarna is het pleisterwerk volledig onder water gedompeld; na verzadiging is het gewicht onder en boven water gemeten. De dichtheid (D) en porositeit (P) van het pleisterwerk is, op basis van een dichtheid van 2650 kg/m³ voor steenachtige bouwmaterialen zonder poriën, als volgt berekend [4]:

$$D \text{ [kg/m}^3\text{]} = \text{gewicht droog} / (\text{verzadigd gewicht buiten water} - \text{verzadigd gewicht in water})$$

$$P \text{ [vol\%]} = 100 * (1 - D / 2650)$$



Figuur 5. Capillaire waterabsorptie metingen aan de pleisterlaag

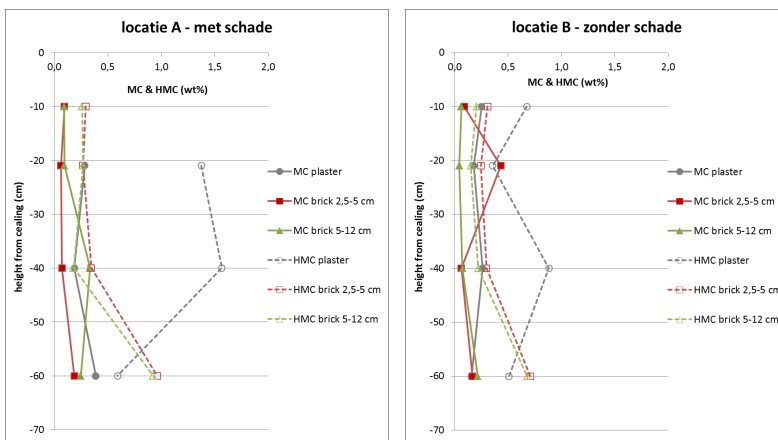
5. Resultaten

5.1 Vocht (MC) en hygroscopische vochtverdeling (HMC) in de muur

Het vocht- (MC) en hygroscopisch vochtgehalte (HMC) van de gruismonsters zijn in figuur 6 en bijlage A gegeven.

Op beide locaties, met en zonder schade, is het aangetroffen vochtgehalte (MC) in het pleisterwerk en in de achterliggende muur laag: het metselwerk was dus, op het moment van de bemonstering, droog. Als in het verleden een lekkage aanwezig is geweest, lijkt deze nu opgelost.

Het hygroscopische vochtgehalte (HMC) is ook laag (voor deze materialen kunnen waarden onder 2 gewicht % als laag beschouwd worden); dit betekent dat geen significante hoeveelheden hygroscopische zouten aanwezig zijn.

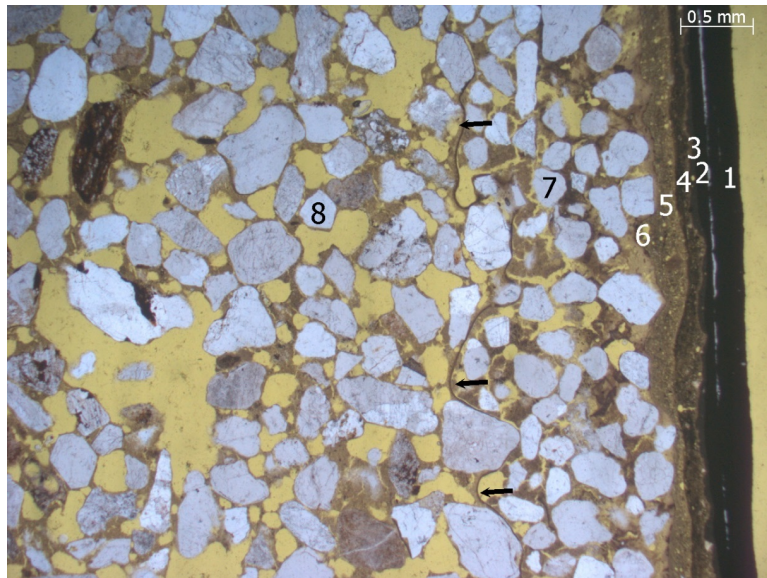


Figuur 6. MC en HMC in het pleisterwerk en achterliggende muur op beschadigde (A, links) en niet beschadigde (B, rechts) locaties

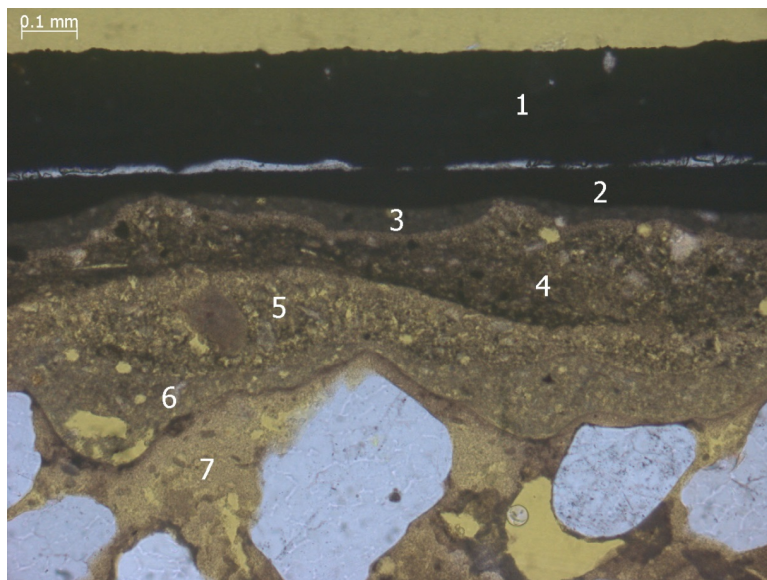
5.2 PFM resultaten

Het monster is als volgt opgebouwd (figuren 7, 8, 9; de nummering hieronder correspondeert op met de nummering op de foto's):

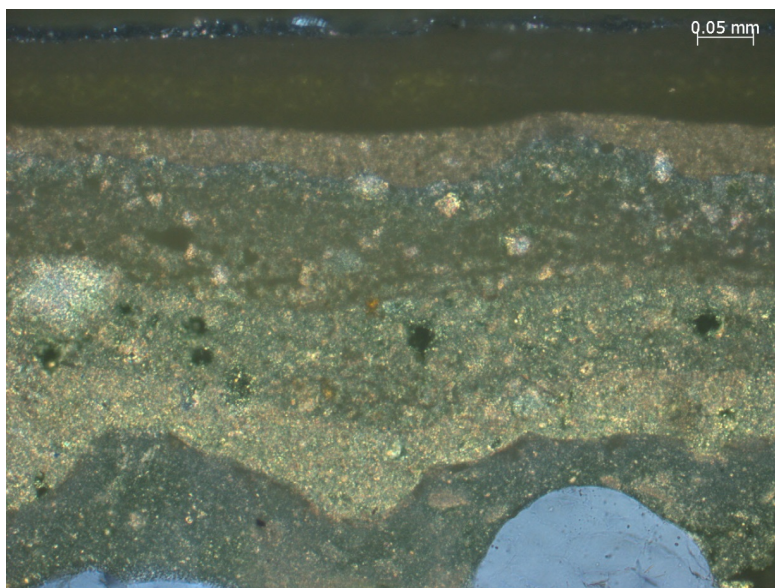
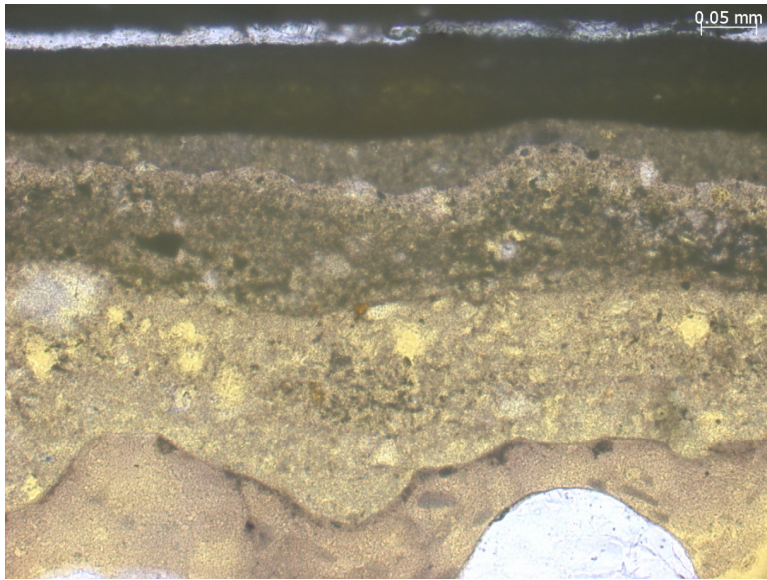
1. Coating (figuur 10)
2. Coating, optisch iets verschillend van coating onder nummer 1. Hierin zijn drie lagen / zones te onderscheiden: twee lagen (2a en 2b), die identiek zijn maar van elkaar gescheiden worden door hetzij een grensvlak (wat zou betekenen dat deze coating in twee lagen is aangebracht) hetzij een blaas in de coating, en daaronder een zone waarin de coating (2c) in de bovenste afwerklaag (3) gedrongen is (figuur 10).
3. Afwerklaag, met kalk als bindmiddel.
4. Afwerklaag, met kalk als bindmiddel en mogelijk wat gips; in de mortel is wat kalksteenmeel aanwezig.
5. Afwerklaag met kalk als bindmiddel; in de mortel is wat kalksteenmeel aanwezig.
6. Afwerklaag met kalk als bindmiddel. In de afwerklaag is zeer sporadisch een blauw pigment aanwezig (figuur 11).
7. Mortel met kalk als bindmiddel, enkele kalkklompjes en zand met een typische korrelgrootte van 0,15-0,3 mm.
8. Mortel met kalk als bindmiddel, enkele kalkklompjes en schelprestanten en zand met een typische korrelgrootte van 0,2-0,4 mm, maximaal ca. 0,7 mm.



Figuur 7. Microfoto met overzicht van de laagopbouw (zichtvlak naar rechts; parallel gepolariseerd licht).



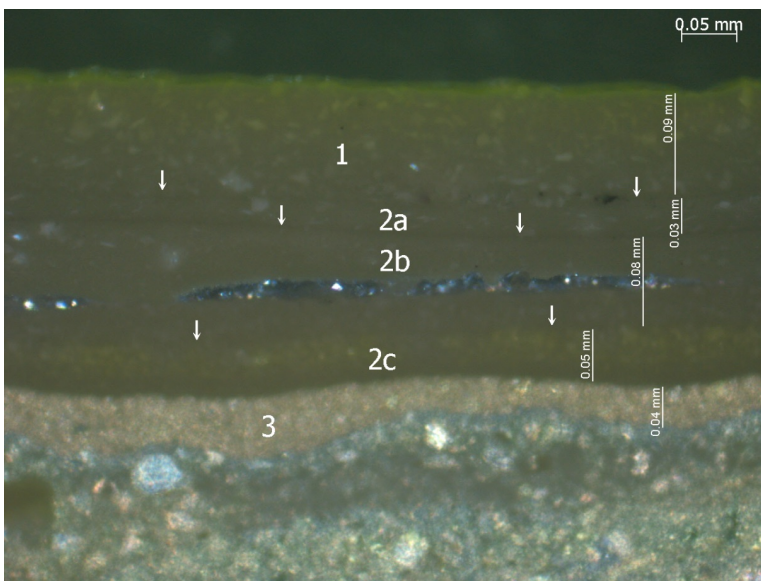
Figuur 8. Microfoto met overzicht van de laagopbouw (zichtvlak naar boven; parallel gepolariseerd licht).



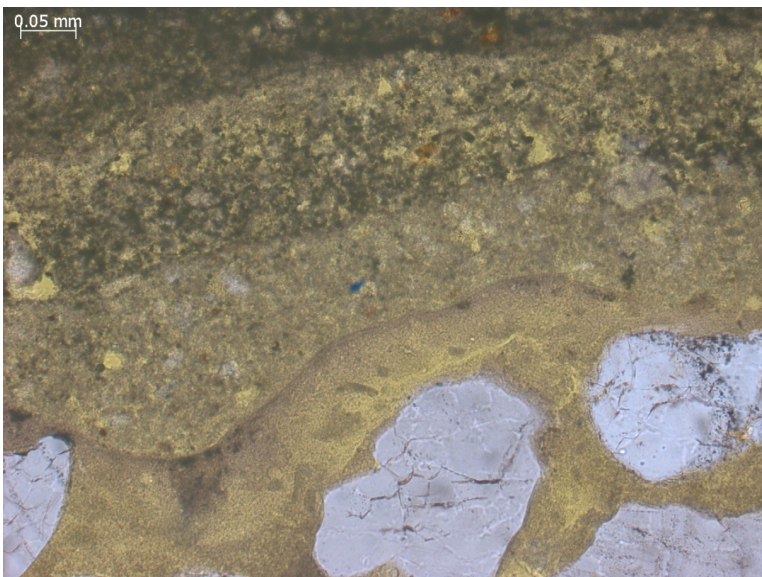
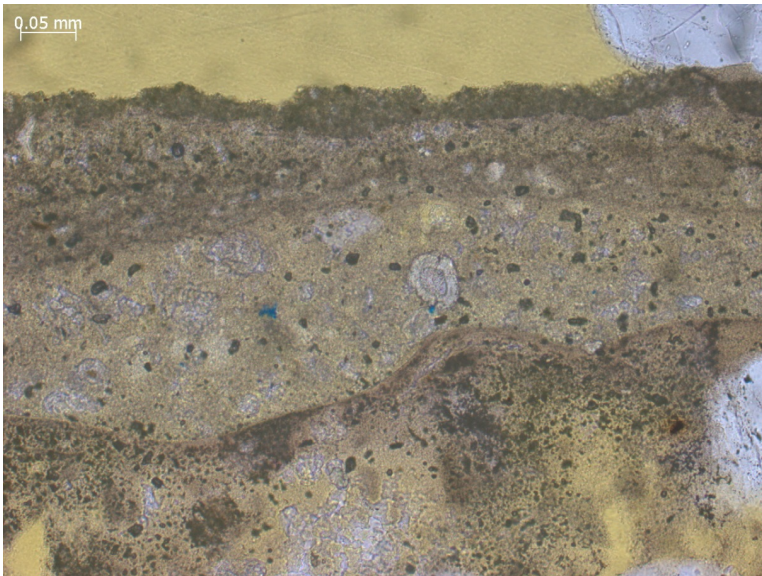
Figuur 9. Overzicht opbouw afwerkklagen en coating (zichtvlak naar boven; boven parallel, onder kruislings gepolariseerd licht).

Mortels nummer 7 en 8 zijn, gelet de huid die ontstaan is op het oppervlak van mortel 8 (figuur 7), met een geringe tussentijd aangebracht, niet nat-in-nat. Dat geldt ook voor afwerklaag 6 op mortel 7 (figuur 11).

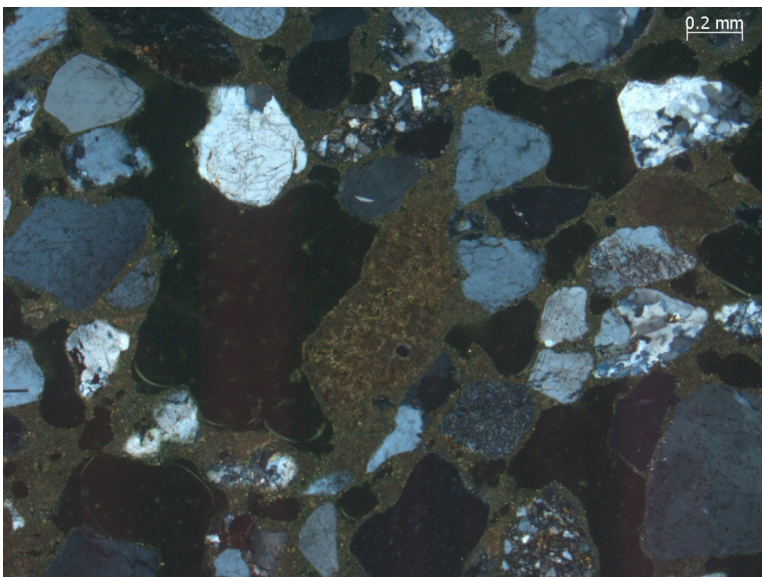
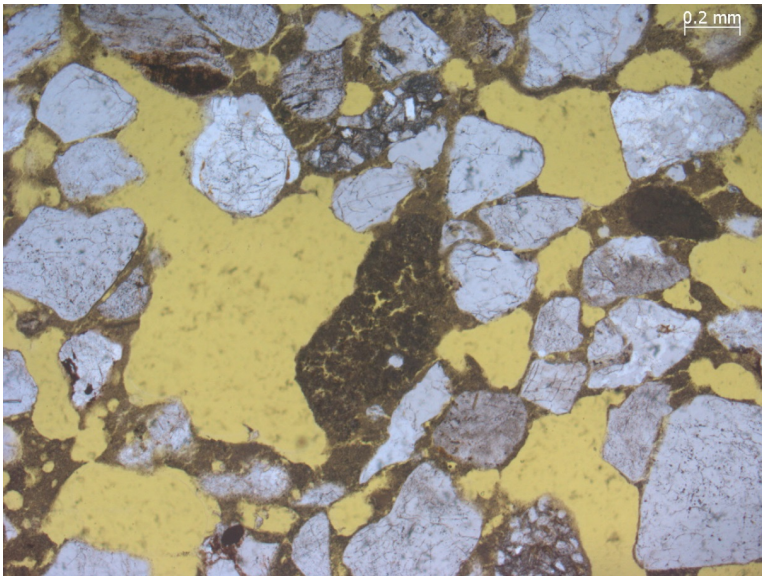
Noch in het bindmiddel van de afwerklagen (3 t/m 6), noch in het bindmiddel van de onderliggende lagen (7 en 8) zijn hydraulische componenten zoals C2S (karakteristiek voor hydraulische kalk) of de combinatie van C2S en C3S (karakteristiek voor Portland klinker) aangetroffen; tras is evenmin aangetroffen (figuren 12, 13). In de mortel zijn geen aanwijzingen aangetroffen voor aantasting.



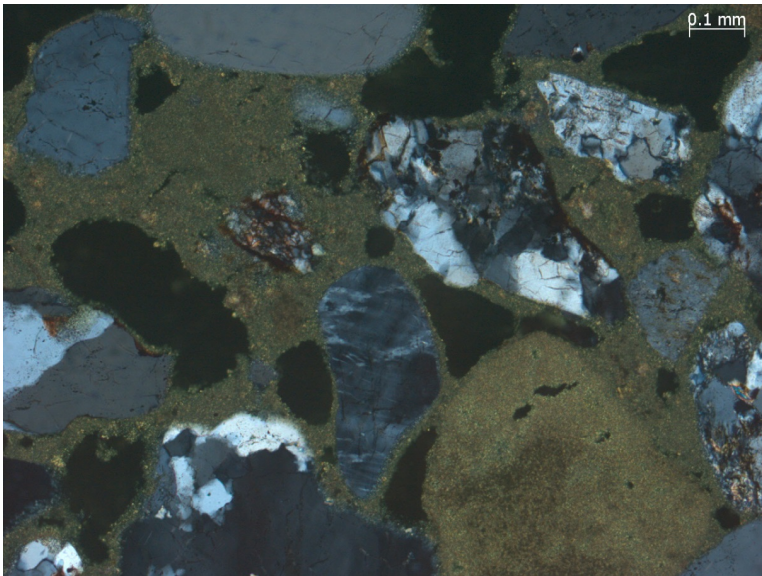
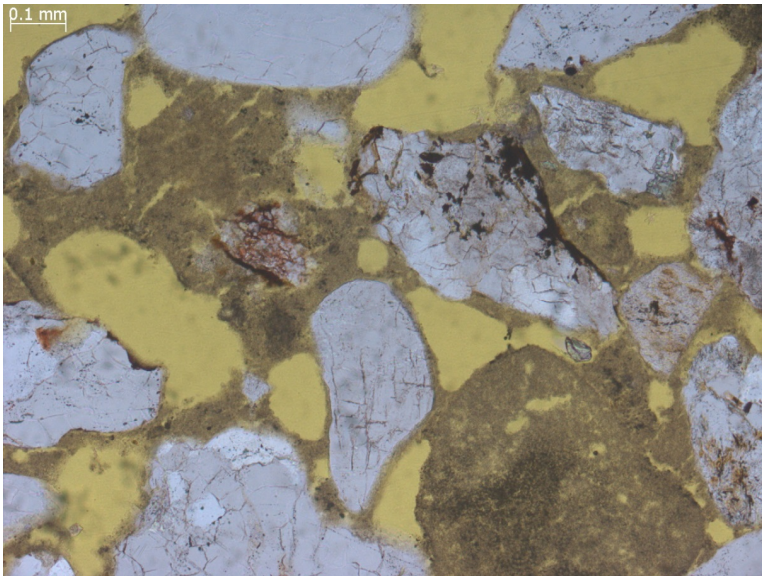
Figuur 10. Microfoto met overzicht van de laagbouw van de coating met diktes en interne grensvlakken aangegeven (zichtvlak naar boven; kruislings gepolariseerd licht).



Figuur 11. Microfoto's van blauw pigment in de onderste afwerklaag (6) en de huid (zichtbaar aan de scherpe begrenzing) op de bovenste mortel (7, onder op de foto) (zichtvlak naar boven; parallel gepolariseerd licht).



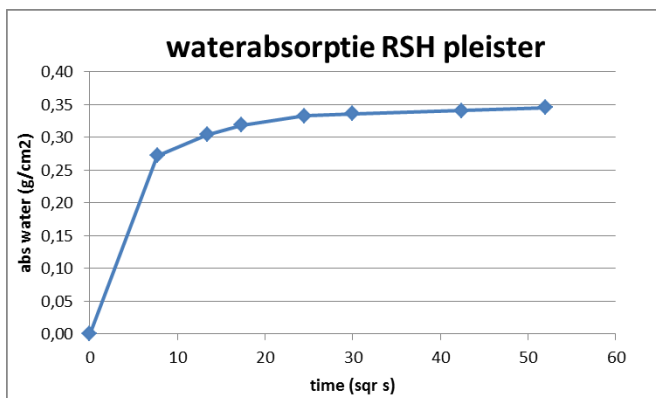
Figuur 12. Microfoto's met overzicht van de onderste mortel (7) (boven parallel, onder kruislings gepolariseerd licht).



Figuur 13. Microfoto's met overzicht van de onderste mortel (8) (boven parallel, onder kruislings gepolariseerd licht).

5.3 Capillaire waterabsorptie, dichtheid en porositeit van het pleisterwerk

Figuur 14 geeft de capillaire absorptie curve van het pleisterwerk. In het begin is de hoeveelheid geabsorbeerd water hoog en de indringing van het vochtfront erg snel: dit geeft aan dat de binnenste laag van het pleisterwerk een hoge en grove porositeit heeft en dus snel veel water absorbeert. De afwerklaag heeft een iets tragere absorptie. Na 30 minuten is de bovenkant van het pleisterwerk nat en na 45 minuten is het pleisterwerk volledig verzadigd.



Figuur 14. Capillaire waterabsorptie van het pleisterwerk

De dichtheid van het pleisterwerk in zijn geheel, gemeten door immersie bij atmosferische druk, is 1666 kg/m^3 ; de porositeit 37 vol%.

6. Discussie en conclusies

Oorzaak van het loslaten van het pleisterwerk

Het vochtgehalte (MC) in het pleisterwerk is laag: dit betekent dat op het moment van de bemonstering geen vochtbron aanwezig was; of ooit een lekkage heeft plaats gevonden is niet vast te stellen. Er is geen significante hoeveelheid zouten aangetroffen in het pleisterwerk en in het achterliggende metselwerk. Er zijn geen relevante verschillen in MC en HMC tussen locaties met en zonder schade.

Dit betekent dat zoutkristallisatie niet de reden is van het loskomen van het pleisterwerk.

Hoewel de muur nu droog is, kan niet worden uitgesloten dat vocht, door bijvoorbeeld lekkage, in de pleisterlaag is gekomen en dat dit het loslaten van het pleisterwerk (dat op meerdere locaties hol klinkt) heeft geïnitieerd. Wellicht is daarnaast ook sprake van een (oorspronkelijk) matige hechting van het pleisterwerk aan de muur.

Samenstelling en eigenschappen van het pleisterwerk

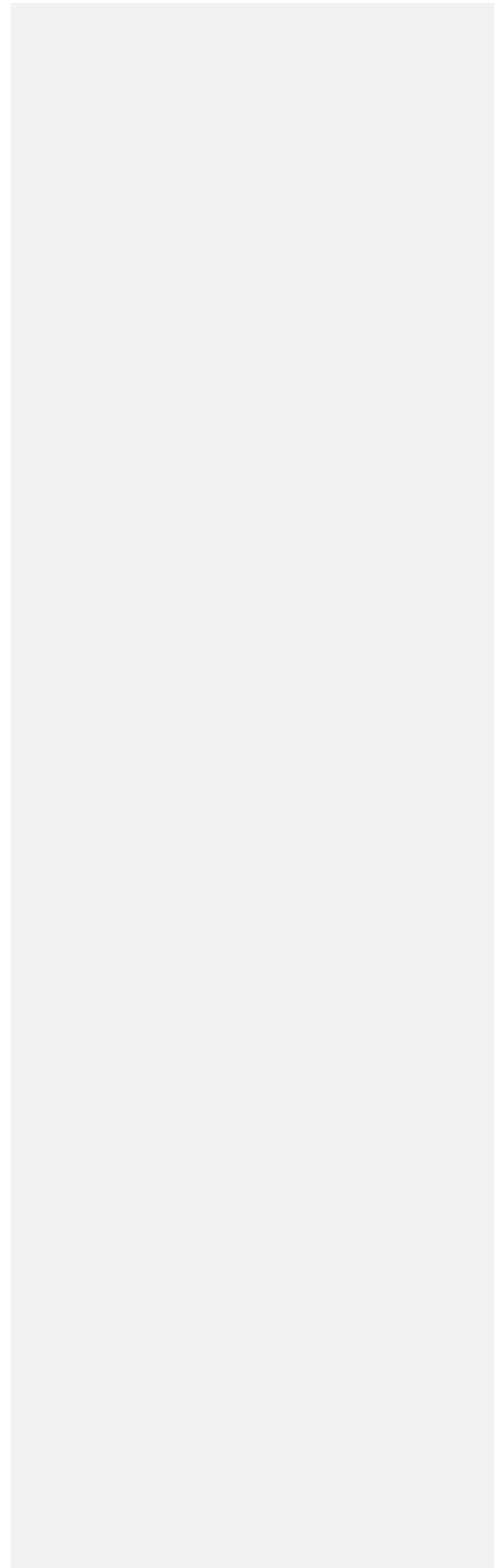
Het binnenpleisterwerk van het Rietveld-Schröderhuis te Utrecht is vanaf het muuroppervlak opgebouwd uit twee kalkgebonden mortellagen en vier kalkgebonden afwerklagen, met daarop twee coatings.

De samenstelling komt niet overeen met de door de heer Hans Geerken veronderstelde samenstelling van het restauratiepleisterwerk. Mogelijk betreft het monster een restant van het oorspronkelijke pleisterwerk.

De pleisterwerk vertoont een hoge porositeit en een snelle waterabsorptie. Bij gedeeltelijke vervanging van de pleisterlaag, wordt geadviseerd om pleisterwerk te kiezen dat vergelijkbare

Commented [Rv1]: Concludeer je dat alleen op basis van het ontbreken van cement of kunnen we ook wat meer zeggen op basis van de korrelverdeling of de vorm van het zand? Eventueel nog eens aan Hans vragen of hem de pfm laten zien...??

eigenschappen heeft. Op cement gebaseerde pleisters en in het algemeen zeer dichte of waterafstotende pleisters zijn af te raden.



7. Literatuur

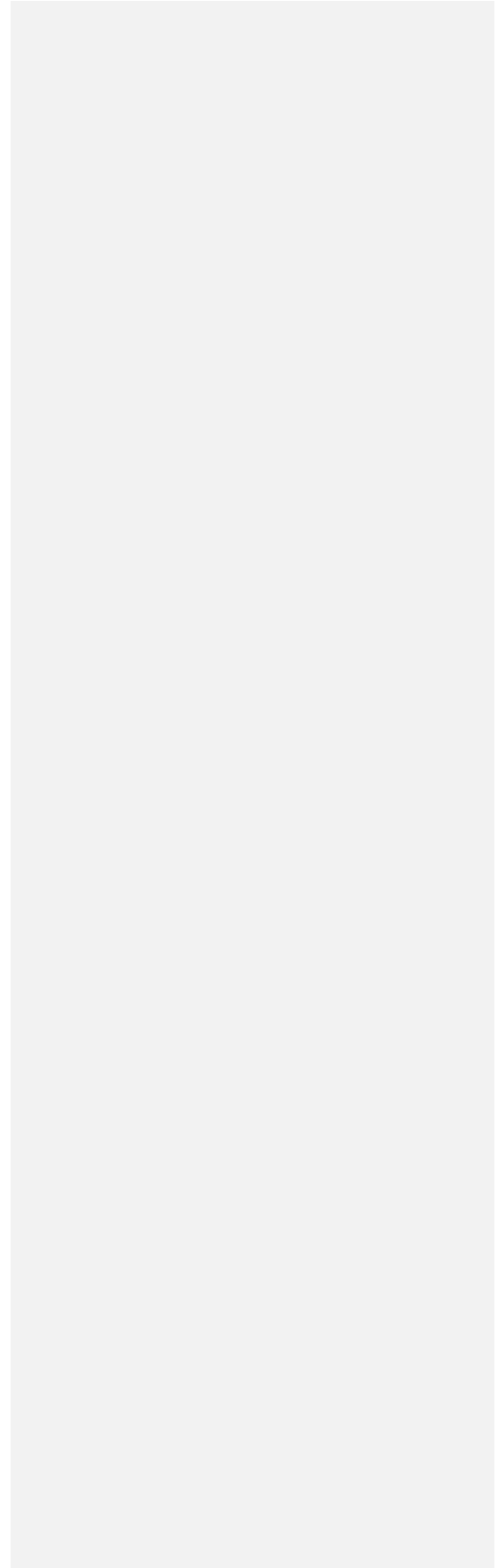
- [1] B. Lubelli, R.P.J. van Hees, H.J.P. Brocken, 2004. Experimental research on hygroscopic behaviour of porous specimens contaminated with salts, *Construction and Building Materials* 18, (5), 339-348.
- [2] Nijland, T.G., 2007. Petrografisch onderzoek pleister Rietveld-Schröderhuis te Utrecht', TNO rapport R10902, 2017, 10 pp.
- [3] Nijland, T.G., Larbi, J.A., 2010. Microscopic examination of deteriorated concrete. In: Maierhofer, C., Reinhardt, H.W. & Dobmann, G., red., *Nondestructive evaluation of reinforced concrete structures*. Vol. 1: Deterioration processes and standard test methods. Woodhead, Oxford, 137-179.
- [4] L.J.A.R. van der Klugt., Koek J.A.G., 1994. De kwaliteit van voegen in metselwerk, SBR-publication 299, 80-81.

Bijlage A – volledige informatie over de bemonsterde gruismonsters

	locatie	hoogte vanaf plafond	diepte	materiaal	MC (gew%)	HMC (gew%)
1	A (met schade)	-10	2,5-5	baksteen	0,09	0,29
2	A (met schade)	-10	5-12	baksteen	0,09	0,26
3	A (met schade)	-21	0-2,5	pleister+ baksteen	0,28	1,37
4	A (met schade)	-21	2,5-5	baksteen	0,06	0,27
5	A (met schade)	-21	5-12	baksteen	0,09	0,27
6	A (met schade)	-40	0-2,5	pleister	0,18	1,57
7	A (met schade)	-40	2,5-5	baksteen	0,07	0,34
8	A (met schade)	-40	5-12	baksteen	0,33	0,18
9	A (met schade)	-60	0-2,5	pleister	0,39	0,59
10	A (met schade)	-60	2,5-5	grijs materiaal (mortel?)	0,18	0,96
11	A (met schade)	-60	5-12	grijs materiaal (mortel?)	0,25	0,92
12	B (zonder schade)	-10	0-2,5	pleister	0,25	0,68
13	B (zonder schade)	-10	2,5-5	baksteen	0,09	0,31
14	B (zonder schade)	-10	5-12	baksteen	0,06	0,21
15	B (zonder schade)	-21	0-2,5	pleister + baksteen	0,18	0,36
16	B (zonder schade)	-21	2,5-5	baksteen	0,43	0,25
17	B (zonder schade)	-21	5-12	baksteen	0,05	0,15
18	B (zonder schade)	-40	0-2,5	pleister	0,26	0,88
19	B (zonder schade)	-40	2,5-5	baksteen	0,06	0,30
20	B (zonder schade)	-40	5-12	baksteen	0,07	0,22
21	B (zonder schade)	-60	0-2,5	pleister	0,16	0,51
22	B (zonder schade)	-60	2,5-5	grijs materiaal (mortel?)	0,17	0,71
23	B (zonder schade)	-60	5-12	grijs materiaal (mortel?)	0,22	0,68

Bijlage B – TNO rapport R10902

Toe te voegen als PDF.





Restauratie, onderzoek en advies

Beperkt kleurhistorisch onderzoek Rietveld-Schröderhuis



Onderzoek: Nico van de Woude, Claudia Junge
Rapportage: Angelique Friedrichs, Claudia Junge

April 2018

Project: Rietveld-Schröderhuis
Prins Hendrikkade 50
3583 EP Utrecht

Opdrachtgever: TU Delft
Faculty of Architecture and the Built Environment
Department Architectural Engineering + Technology
Julianalaan 134
2628 BK Delft

Contactpersoon: Marie-Therese van Thoor

Onderzoek in situ: 14 en 23 februari, 19 maart 2018

Inleiding

In het kader van een door The Getty Foundation gefinancierd onderzoek door TU Delft is onderzoek verricht naar de restauraties van het Rietveld Schröderhuis door Bertus Mulder in 1974 en 1984-87. Stichting Restauratie Atelier Limburg heeft in dat kader een beperkt onderzoek gedaan naar de geschilderde afwerkingen op de pleisterlagen van het in- en exterieur van het huis.

Aanleiding voor het onderzoek vormde schade aan de pleisterlaag in de logeerkamer/werkkamer op de begane grond. Door TNO werd vastgesteld, dat de bepleistering ouder is dan aanvankelijk werd aangenomen; t.t.v. de restauratie door Mulder zijn veel pleisterlagen verwijderd. Omdat op de bepleistering een aantal verflagen aanwezig waren werd aan SRAL gevraagd deze nader te analyseren zodat een beter inzicht ontstaat in de ouderdom, laagopbouw en samenstelling ervan.

Bij de duiding van historische afwerkklagen is het van groot belang om ook historische informatie over de afwerkingsgeschiedenis te betrekken: het bouwbestek, historische foto's en informatie over de restauratie door Bertus Mulder zijn daarom ook bestudeerd. Voorts is het meestal noodzakelijk om afwerkklagen op verschillende locaties en ruimtes aan elkaar te relateren zodat op grond van verschillen en overeenkomsten conclusies mogelijk zijn over de opbouw en (relatieve) datering van afwerkingen. In het interieur van het Rietveld Schroderhuis zijn in vijf ruimtes sonderingen en/of kleurentrappen gemaakt en 10 verfmonsters genomen die tot verdwarsdoorsneden zijn geprepareerd. 6 van deze monsters zijn met SEM/EDX nader geanalyseerd. Bovendien werden door SRAL 5 boormonsters genomen die door TNO zijn onderzocht.

Een belangrijk doel van het onderzoek was het achterhalen of er nog sporen van de oorspronkelijke afwerking op de pleisterlagen aanwezig zijn. Op o.m. de verdieping, maar ook van het exterieur zijn vanwege hechtingsproblemen alle verf- en pleisterlagen verwijderd tijdens de restauraties door Bertus Mulder. In twee bijdragen van Mulder in publicaties over het huis kunnen we lezen dat hij uitgebreid onderzoek heeft gedaan naar de afwerkklagen en dat het vertalen van de vondsten naar nieuwe kleuren en materialen een arbeidsintensief proces is geweest.¹ Voorts verhaald Mulder – die Rietveld persoonlijk heeft gekend – over de kleur aanpassingen die reeds vanaf het begin van de bouw van het huis plaats hebben gevonden. Zo zou een gekleurde pleisterlaag op het exterieur een erg onregelmatig resultaat hebben gehad en werd bij de introductie van modernere verven gekozen voor deze meer stabiele producten. Soms werden er meerdere lagen aangebracht voordat Rietveld tevreden was.

Het onderzoek naar historische afwerkklagen op gebouwd erfgoed heeft de afgelopen 25 jaar een grote ontwikkeling doorgemaakt. Het is daarom interessant om met behulp van de huidige kennis en technieken opnieuw terug te gaan naar de bron van de kleurige afwerking van het huis en deze opnieuw te bestuderen. Het onderhavige onderzoek moet echter met grote nadruk als een eerste aanzet worden gezien. Binnen het tijdsbestek was het niet mogelijk om zeer uitgebreid te onderzoeken. Bovendien was onderzoek enkel mogelijk tussen de rondleidingen door waarbij de zichtbaarheid van de onderzoekslocaties zo beperkt mogelijk moesten blijven. Voorts maakt de hierboven geschetste afwerkingsgeschiedenis van het huis duidelijk dat we te maken hebben met een verstoord lagenpakket en een interessante maar moeilijk te achterhalen applicatie geschiedenis. Dit betekent dat de duiding van de verschillende afwerkklagen en fases een behoorlijke puzzel is die duidelijk nog veel hiaten bevat. Zo is de nummering van de verschillende afwerkfases nog niet helder en deels inconsistent. Met de resultaten en materiaaltechnische data zijn nog meer conclusies mogelijk.

Het onderzoek in het interieur heeft plaatsgevonden in de studeerkamer en het atelier op de begane grond. Op de verdieping werd op een van de wanden van de meidenkamer onderzoek verricht. Om de vondsten uit het interieur nader te duiden werden op het plafond van de hal en de ruimte naast de keuken twee sonderingen gemaakt.

Aan de buitenzijde werden in totaal 5 locaties onderzocht en 5 verfmonsters genomen waarvan er twee met SEM/EDX zijn geanalyseerd.

¹ B. Mulder, 'De restauratie van het Rietveld Schröder Huis' in: Het Rietveld Schröder Huis, Houten 1988; I. Van Zijl, B. Mulder, 'Het Rietveld Schröder Huis', Utrecht 2009, p. 76-77 en 88-89.

Omdat de SEM/EDX analyses een groot bestand vormen zijn ze als apart document samengevoegd.

Tijdslijn Rietveld Schröder Huis

1924-1925	Bouw Rietveld Schröder Huis door Rietveld met inbreng van Truus Schröder
1974	Restauratie exterieur door Bertus Mulder
1979	Tweede restauratie exterieur door Bertus Mulder vanwege problemen met het pleisterwerk
1984-1987	Restauratie interieur door Bertus Mulder

Samenvatting van de onderzoeksresultaten

Op de begane grond zijn op de wanden in meerdere ruimtes resten van de oorspronkelijke verflagen uit 1925 teruggevonden. Het gaat hier om matte afwerkingen met een duidelijk zichtbare kwaststreek waarin hoofdzakelijk calcium aanwezig is (analyse met SEM/EDX). De grijze lagen bevatten naast zwart ook oker; dit werd reeds door Bertus Mulder vastgesteld.² Bij de bestudering van de verfdwarsdoorsnedes onder de microscoop ogen de lagen semi-transparant doordat het geschuurde oppervlak verzadigd wordt met een langzaam verdampend oplosmiddel; de brekingsindex van de kalk ligt dichtbij de brekingsindex van vloeistof waardoor de laag iets doorschijnend wordt. Deze eigenschap duidt op een waterig bindmiddel – hoogstwaarschijnlijk kalk, maar er kan ook lijm als bindmiddel aanwezig zijn (er werd geen bindmiddel analyse uitgevoerd).

De tweede afwerking die in verschillende verfdwarsdoorsnedes werd teruggevonden dateren van vóór de restauratie door Mulder (1987). Nadere duiding van deze lagen was binnen het tijdsbestek van het onderhavige onderzoek nog niet mogelijk. Het is immers mogelijk dat ook deze lagen uit de bouwtijd dateren en vroege aanpassingen van Rietveld zijn.

Vanaf 1987 is het interieur drie keer opnieuw geschilderd met synthetische muurverf. Wanneer de laatste twee schilderbeurten plaatsvonden is nog niet duidelijk. Op meerdere plaatsen kon worden geconstateerd dat de huidige tinten afwijken van zowel de oorspronkelijke tint, als de tint die door Mulder in 1987 met veel zorg is gekozen. Sonderingen bij een lavendelkleurige (plafond hal) en gele afwerking (ruimte naast keuken) maakt bovendien duidelijk dat deze kleuren in 1925 aanzienlijk meer sprankelde. De textuur van de huidige verflagen wijkt af van de oorspronkelijke: het oppervlak oogt bobbelig maar glad door de roller waarmee het is aangebracht terwijl de oorspronkelijke lagen een duidelijk streperige en matte textuur hebben.

Een beperkte inspectie van de afwerkingen op een aantal houten onderdelen in het interieur laat eenzelfde beeld zien: de oudste verflagen hebben intensere kleuren, een geribbelde textuur door de kwast en zijn matter.

Bij het onderzoek van het exterieur is duidelijk geworden dat op meerdere plaatsen hoogst waarschijnlijk nog resten van de gekleurde pleisterlagen - die ook in het bestek beschreven staan - terug zijn gevonden: het gaat om twee tinten grijs. De visuele eigenschappen van de lagen en chemische samenstelling lijken in deze richting te wijzen.³ In de kleine smalle vensteropening in de verticale wand naast de voordeur zijn in een monster witkalklagen gevonden die in het bestek

² Het is voornamelijk niet duidelijk hoe Mulder dit heeft onderzocht.

³ Het is aan te bevelen om dit nog door TNO te laten verifiëren!

staan beschreven. Het is nog niet duidelijk of lagen die daarop aanwezig zijn dateren van vóór of ná de restauratie van Bertus Mulder die in 1974 en 1987 plaatsvond.

De afwerkingen die sedert de restauraties van Mulder zijn aangebracht zijn niet in kaart gebracht. Het loont echter wel de moeite om hier in de toekomst aandacht aan te besteden zodat meer grip ontstaat op het geheel. We zien dat de tinten sinds de fase Mulder subtiel zijn veranderd. Maar hoe ze er in 1974 en 1987 precies uitzagen en met welk type verf ze zijn vervaardigd is niet geheel duidelijk. Mulder heeft ze immers met zorg en veel onderzoek en proefvlakken gekozen; deze kennis mag niet verloren gaan! Ook wordt er gesproken over kleurstalen die nog in het bezit zouden zijn van Mulder; het spreekt voor zich dat ook deze in dit verhaal een belangrijke rol spelen.

Resultaten kleurhistorische verkenning interieur

Boven aan de **zuidwand** van de **studeerkamer** (begane grond) zijn enige tijd geleden door waterschade stukken pleister met verflagen van de bakstenen muur losgekomen. Op een al geborgen fragment werd onder de stereomicroscop een stratigrafie van de verflagen gemaakt en een verfmonster genomen voor een verfdwarsdoorsnede en SEM-EDX onderzoek. In totaal zijn hier 5 afwerkfases aangetroffen (monster **RSH-18 K01**). Als eerste op een kalkpleister en plamuurlaag bevindt zich een **matte lichtbeige kalkverf** waarin de kwaststreep duidelijk zichtbaar is. In de verfdwarsdoorsnede zijn fijne zwarte en okerkleurige pigmenten aanwezig. De tweede afwerking bestaat uit een witte grondering en een dunne grijze afwerking gevolgd door drie grijze modernere verflagen. De huidige tint is duidelijk koeler dan de oorspronkelijke.

Onder de kast van de **zuidwand** is een boormonster voor het pleisteronderzoek genomen. In de nabijheid hiervan werd ook monster **RSH18-K03** geprikt; de dwarsdoorsnede laat hier helaas alleen twee moderne verflagen zien. Oudere lagen bleken wel op een andere plek op deze wand verder links aanwezig. De eerste laag bestaat uit een zwarte afwerking die hoogstwaarschijnlijk in kalkverf⁴ werd uitgevoerd (er werd calcium geanalyseerd) en ook oker (**RSH-18 K10**). Bertus Mulder maakt hier ook melding van; hij schrijft dat door de grijzen in het interieur in de verschillende periodes oker werd vermengt.⁵ Vervolgens zien we nog een aantal lagen in zwart/grijs die in situ moeilijk vrij te leggen waren. Op een bepaald moment is de donkere zone voorzien van een dikke bitumen-laag (nr 4 in de dwarsdoorsnede).

Er is bij een bestaande beschadiging aan de **noordwand** onder het bureau een stratigrafie gemaakt en verfmonster **RSH18-K1** genomen. We zien achtereenvolgens twee kalkachtige lagen waarvan de eerste donkerder van tint is dan de tweede. De derde, vierde en vijfde lagen zijn achtereenvolgens licht groengrijs, donker groengrijs en tot slot blauwgrijs. Het is goed mogelijk dat de tweede grijze kalkachtige laag een aanpassing uit de beginperiode is door Rietveld zelf. De tint in de kleurentrap komt min of meer overeen met de vierde en zesde afwerking. Opmerkelijk is dat de huidige blauwgrijze afwerking (laag 4) sterk afwijkt van de twee lagen eronder. Dit is de eerste interpretatie van Mulder. De huidige tint wijkt duidelijk af van de tint die Mulder in 1987 heeft gereconstrueerd.

In het **atelier op de begane grond** werd op de **westwand** een stratigrafie gemaakt op de grens van het wit en grijs. Het eerste wit op de pleisterlaag was een warm gebroken wit met een horizontale potloodlijn. De verflaag is vrij zacht, zoals een kalk- of lijmverf. Dan volgen drie moderne witte verflagen.

Een stratigrafie (2.4) en verfmonster (**RSH-18 K07**) naast het venster van het atelier laat in grote lijnen een zelfde beeld zien dat we ook in de studeerkamer zagen: twee kalklagen op een witte grond – de eerste lichtgrijs en de tweede donkergrijs – gevolgd door drie fases in moderne verven. Ook hier wijkt de eerste van de drie (donkergrijs) sterk af van de twee daaropvolgende (lichter grijs).

Van de **bovenverdieping** is bekend dat tijdens de restauratie 1986 alle wanden zijn ontdaan van het pleister; dit is ook zichtbaar op foto's. Er is onder de wasbak in de **meidenkamer** (zuidwand) een boorkern genomen, naast dit pleistermonster is verfmonster **RSH18-K05** genomen en een sondering gemaakt. Op de nieuwe pleisterlaag bevinden zich drie grijze verflagen (moderne muurverven). Omdat het hier gaat om eenzelfde verf type en dezelfde grijstinten zijn de lagen niet te onderscheiden in de sondering.

Tot slot zijn op de **begane grond** nog twee sonderingen gemaakt om de bovenstaande resultaten nader te verifiëren: één op het **lavendelblauwe plafond in de hal** en één op de **gele wand in de ruimte naast de keuken**. Van het blauw is bovendien nog een monster genomen (**RSH-18 K16**). Ook dit monster laat weer eenzelfde laagopbouw zien die we ook elders aantreffen: de

⁴ Lagen die veel kalk bevatten zijn in verfdwarsdoorsneden te herkennen doordat ze bij het verzadigen ervan onder de microscoop een semi-transparant uiterlijk krijgen; de brekingsindex van het verzadigingsmiddel komt dicht in de buurt van kalk te liggen waardoor het transparanter wordt.

⁵ Mulder, 1988, p. 115

eerste wordt gevormd door een matte blauwe kalklaag en vervolgens drie moderne blauwe verflagen. Op grond van de intens blauwe kleur van het pigment in de eerste laag en het deels samenklonteren van de fijne deeltjes kunnen we concluderen dat het hoogstwaarschijnlijk gaat om synthetisch ultramarijn. Het is opvallend dat de sondering duidelijk maakt dat het oorspronkelijke blauw intenser van tint is dan de tweede. En vervolgens is het huidige blauw weer fletser dan de tweede overschildering. Mulder schrijft in de publicatie uit 1988 dat het plafond voor de restauratie nooit overschilderd was en de kleur daarom eenvoudig kon worden nagemaakt.⁶

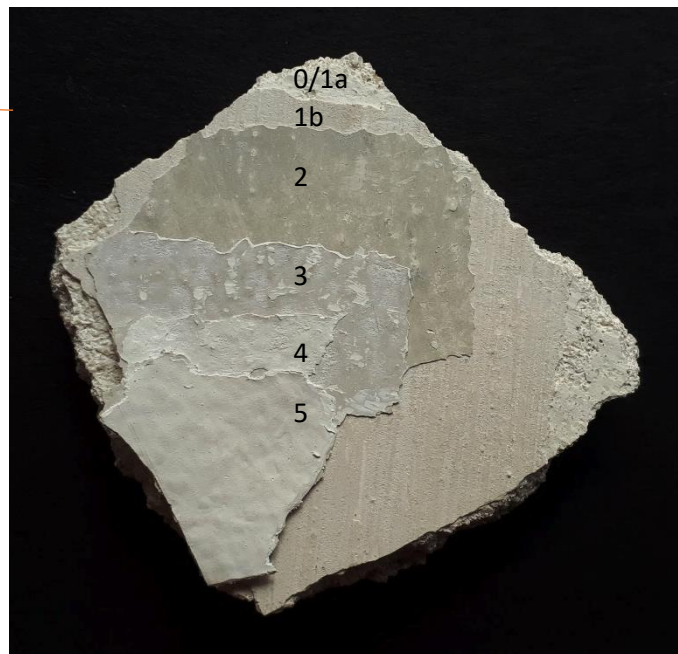
De tweede sondering vond plaats naast de verwarming in de ruimte grenzend aan de keuken; op het pleister zijn resten van een lichtgele verflaag gevonden die wat uitstraling betreft (mat, korrelig en redelijk intens van kleur) sterk doet denken aan een kalk bevattende laag met een waterig bindmiddel. Net als elders volgen er op een witte plamuur 3 lichtgele lagen uitgevoerd in een modern verfsysteem.

Samenvattend kunnen we concluderen dat op de bovenverdieping – waar we zeker weten dat er met name verflagen vanaf de renovatie 1986 kunnen zijn – 3 synthetische verflagen aanwezig zijn (onder de wasbak in de meidenkamer). Ook in de kamer naast de keuken beneden, op het plafond in de hal, in de studeerkamer en het atelier zijn er meestal 3 moderne muurverflagen gevonden op vaak resten van verflagen die uit 1925 dateren of afkomstig zijn uit de lange periode dat Truus Schröder het huis bewoonde. Het is mogelijk dat een deel van de lagen uit deze periode zijn verwijderd t.t.v. de restauratie door Mulder.

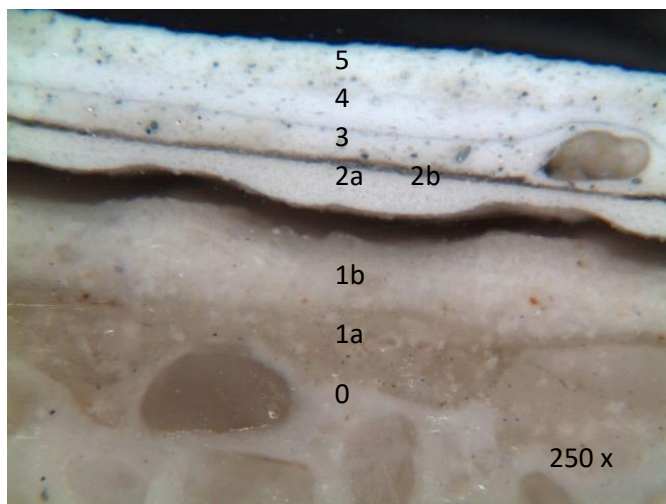
Ook kan worden vastgesteld dat er een duidelijke variatie zit in de tinten van de opeenvolgende verflagen. Zo was het wit meer een warm gebroken wit en ook de grijs tinten waren iets warmer, het blauwe plafond van de hal had een intense kleur en de kalklagen waren streperig met een kwast aangebracht. De huid van de moderne lagen hebben een iets bobbelig, gladder aanzien door de verfröller.

⁶ Mulder 1988, p. 115

Studeerkamer begane grond; stratigrafie 1.1 en monster RSH10-K01 (SEM/EDX)



Op een pleisterfragment zijn met een microscoop de opeenvolgende lagen vrijgelegd. De nummers van de lagen corresponderen met de nummers van de lagen in de verfdwarsdoorsnede hieronder. De eerste afwerking is mat en streperig door de kwast; de huidige en daaraan voorafgaande lagen laten een gebobbelde verfrroller textuur zien.



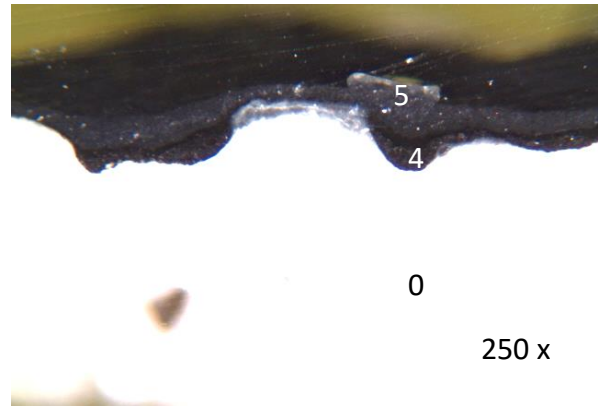
Laagopbouw verfdwarsdoorsnede (SEM/EDX zie bijlage):

- 0 kalkpleister
- 1a gips en kalk houdende plamuur?laag (Ca, Na, Cl, Mg, Si, S)
- 1b lichtbeige kalkverf met kwaststreep, zwarte en okerkleurige partikels herkenbaar, niet te detecteren met SEM/EDX
- 2a wit met krijt (Ca) en titaanwit (Ti) (grondering)
- 2b dun, lichtgrijs toplaag met lampen/roetzwart
- 3 heel licht grijs, met titaanwit (Ti) en kaolien (Al en Si), sporadisch blauw en zwarte pigmenten
- 4/5 wit, titaanwit en kaolien, moderne muurverf, vermoedelijk Sikkens Alfatex

Studeerkamer begane grond; stratigrafie 1.2 en monsters RSH 18-K03 en RSH 18-K10



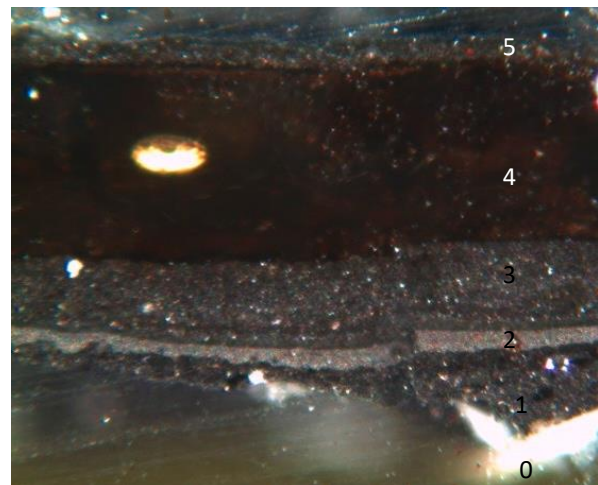
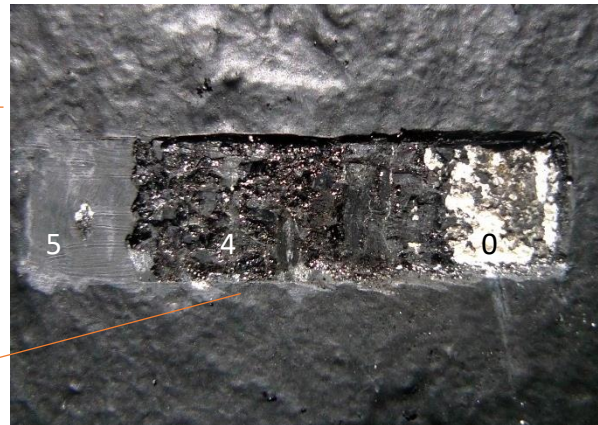
Locatie monsternamen onder de kast, zuidwand



RSH18-K03 (de pleisterlaag is overbelicht om de verflagen zichtbaar te maken; er zijn hier enkel moderne verflagen aanwezig: nr. 5 en 6)



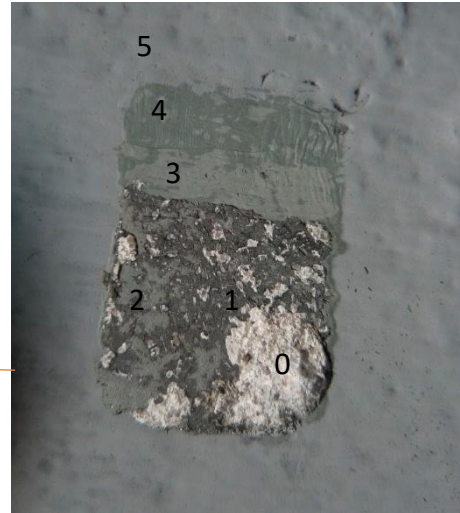
Linker zijde zuidwand studeerkamer



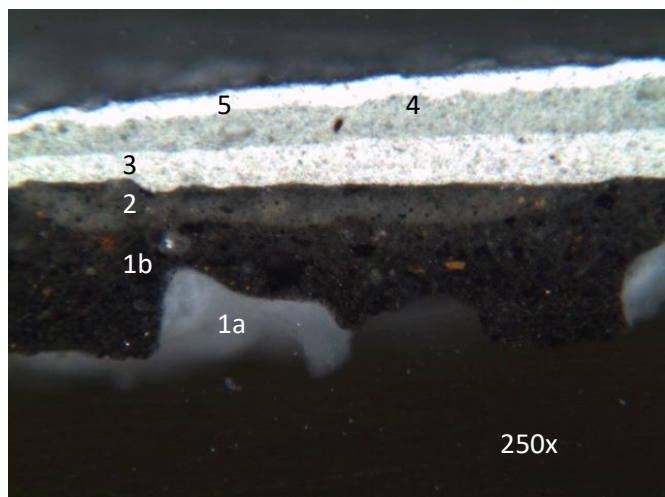
Laagopbouw verfdwarsdoorsnede RSH-18 K10 (SEM/EDX zie bijlage):

- 0 pleisterlaag (o.m. Ca, Mg, Na, Si)
- 1 donkergrijs/zwart met beenderzwart, krijt, aardpigment (oker)
- 2 grijs, zwart (organisch pigment)
- 3 donkergrijs/zwart
- 4 bruin-zwart glinsterend, bitumen (C, S)
- 5 donkergrijs/zwart, moderne muurverf, vermoedelijk Sikkens Alfatex SF

Studeerkamer begane grond; stratigrafie 1.3 en monster RSH18-K11



Locatie noordwand onder het bureau



Laagopbouw verfdwarsdoorsnede:

- 1a witte grondlaag?
- 1b donkergrijs met zwarte en okerkleurige partikels (mogelijk kalkhoudende verf)
- 2 grijs met blauwe, zwarte en okerkleurige partikels (mogelijk kalkhoudende verf)
- 3 groenig lichtgrijs; moderne muurverf
- 4 groenig grijs; moderne muurverf
- 5 lichtgrijs; moderne muurverf

Historische afbeeldingen studeerkamer



1925

De studeerkamer heeft en had ook oorspronkelijk op de zuidwand een horizontale vlakverdeling: aan de bovenzijde gebroken wit en aan de onderzijde zwart. Dit is te zien op de bovenstaande foto links.

Bij de noordwand in de nis van de kast was de grijze kleur donkerder dan in de huidige situatie. De foto rechtsboven uit de beginperiode en lijkt de vondst van een donkerder grijs van tegenwoordig te bevestigen.

Op een foto uit 1974 oogt de afwerking in de nis een stuk lichter grijs.

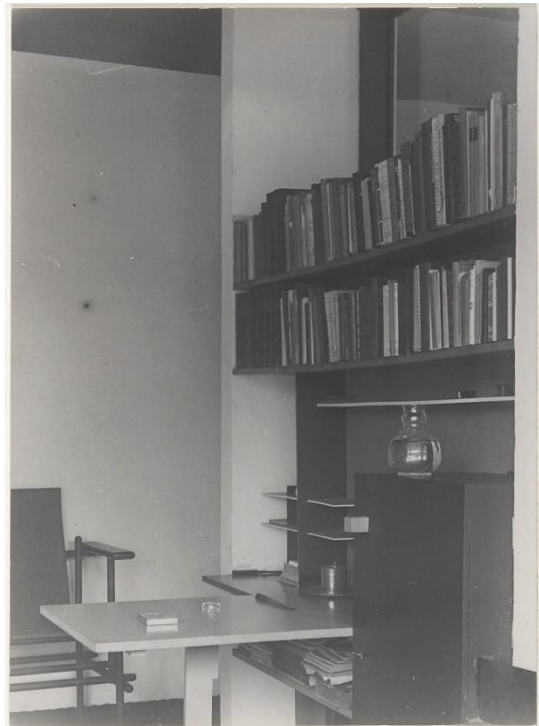
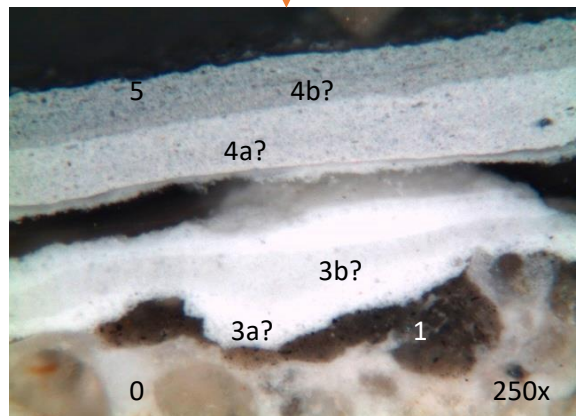
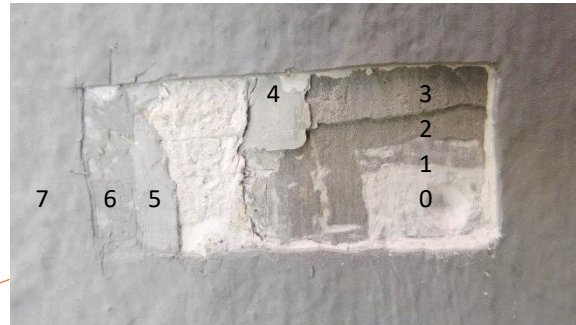


foto uit de beginperiode



1974

Atelier begane grond; stratigrafie 2.1 en 2.2 en verfmonster RSH18-K08



N.B. van stratigrafie 2.1 – waar meer afwerkingen zijn vrijgelegd dan in sondering 2.2, is helaas geen monster genomen. De laagopbouw in monster RSH18-K11 kon nog niet volledig geïdentificeerd worden.

Laagopbouw:

(de nummers van de lagen in stratigrafie 2.1 zijn als uitgangspunt genomen; in de verfdwarsdoorsnede ontbreken lagen 2 en 3)

- 0 pleister
- 1 resten grijs met krijt en lampen/roetzwart (vergelijk laag 1 RSH-18 K11)

lagen verwijderd in 1986-1987?

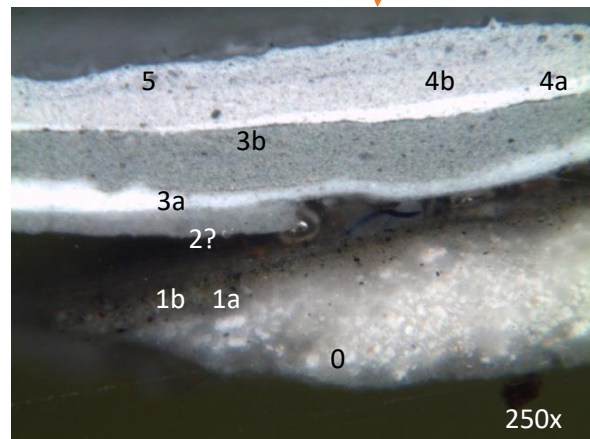
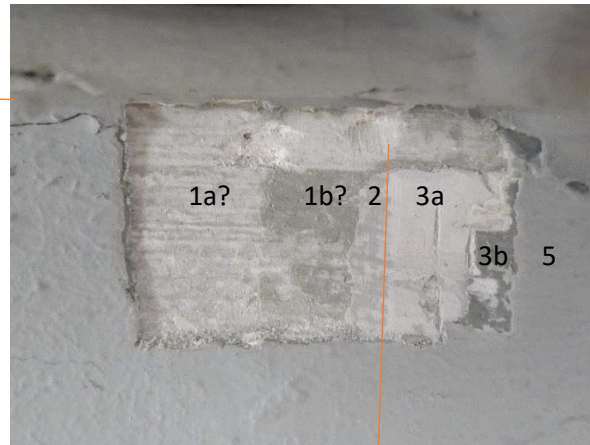
- 3a en b licht grijze laag op een grondering; de lagen bevatten krijt, titaanwit en talk (Mg)
- 4a lichtgrijs met titaanwit en talk; moderne muurverf, vermoedelijk Sikkens Alfatex SF
- 4b grijs met titaanwit en talk; moderne muurverf, vermoedelijk Sikkens Alfatex SF
- 5 grijs met titaanwit en talk; idem

Atelier begane grond; stratigrafie 2.3

Er zijn hier alleen moderne verflagen aangetroffen



Atelier begane grond; stratigrafie 2.4 en verfmonster RSH18-K07



Laagopbouw verfdwarsdoorsnede:

0 pleister of egaliseerlaag

1a en b lichte en donkere grijze laag met zwarte en okerkleurige pigmenten (kalkhoudende verf)

lagen verwijderd in 1987?

2 grijze laag

3a egaliseer en/of grondering

3b grijs; moderne muurverf

4a witte grondering

4b grijs; moderne muurverf

5 grijs; moderne muurverf

Historische afbeeldingen atelier begane grond



De vlakverdeling met het grijze vlak op de westwand was er in 1926 nog niet toen deze foto werd genomen; het vlak zichtbaar door het raam boven de deur is licht van tint.

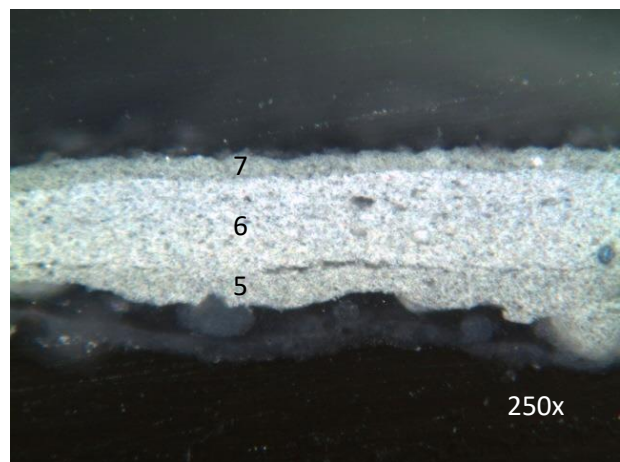
Ook de deur was toen in tegenstelling tot nu licht van kleur aan de binnenkant, (er zijn geen oudere verflagen op de deur meer aanwezig om dit te onderzoeken.)

Vergelijk foto pag. 11

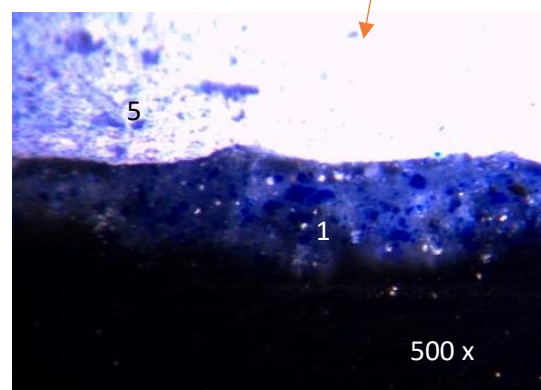
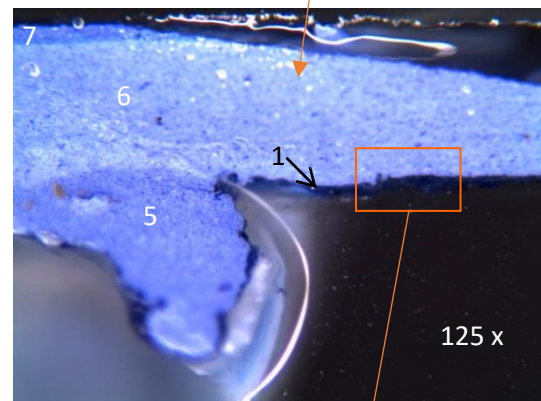
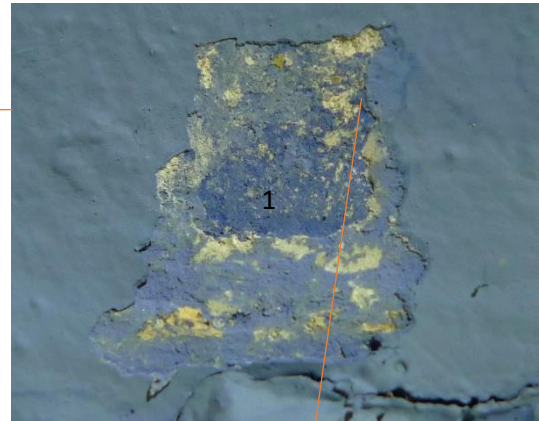
Meidenkamer bovenverdieping; stratigrafie 3.1 en monster RSH18-K08



Er zijn hier enkel drie moderne grijze verflagen aanwezig die vanaf 1987 zijn aangebracht; het pleisterwerk is vervangen.



Plafond hal begane grond; stratigrafie 4.1 en monster RSH18-K16



Laagopbouw verfdwarsdoorsnede:

- 1 blauw afwerking (waarschijnlijk kalkverf met synthetisch ultramarijn)
- in 1987 nog niet overschilderd
- 5, 6 en 7 blauwe moderne verflagen

Gele wand in ruimte naast keuken; stratigrafie 5.1

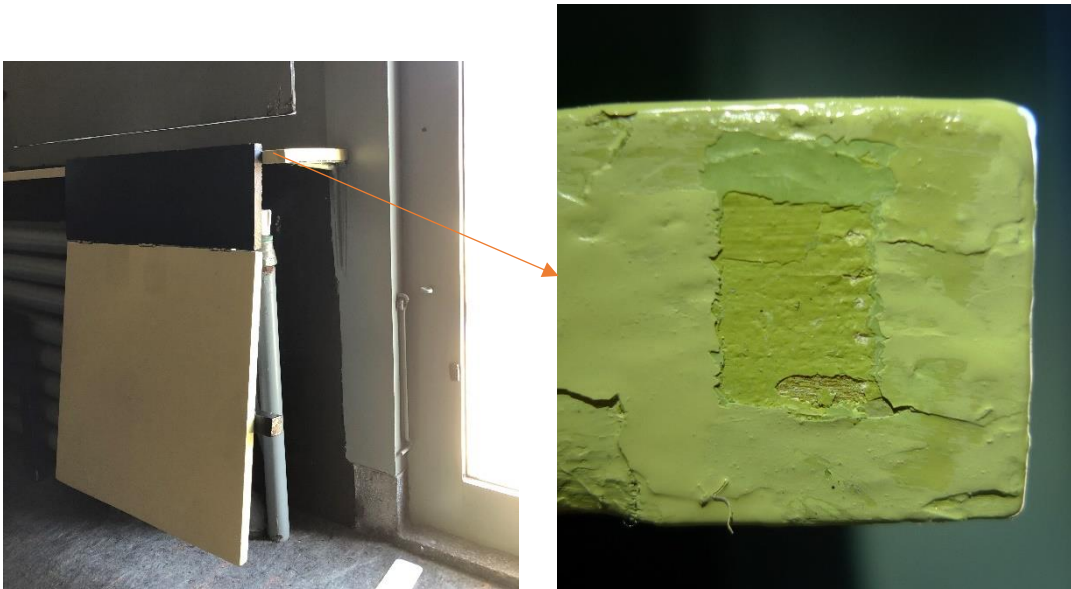


Observaties afwerkklagen op de houten onderdelen van het interieur

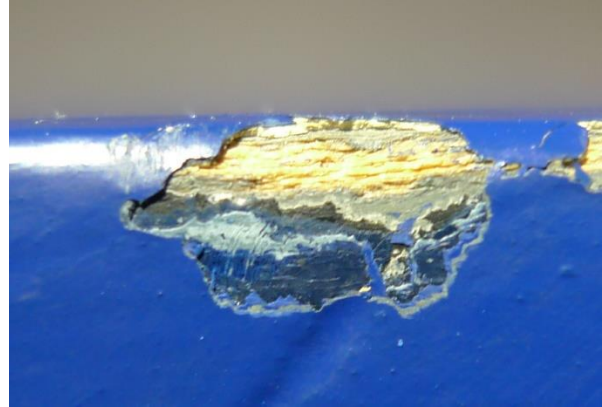
Tijdens het onderzoek van de afwerkklagen op de gepleisterde wanden van het interieur werd ook op een aantal plaatsen observaties gedaan t.a.v. de afwerkklagen op de houten onderdelen. De observaties werden met foto's vastgelegd en voor de volledigheid in dit rapport opgenomen. Ook hier blijken de oudste verflagen intensere kleuren te hebben en was de kwaststreek duidelijk zichtbaar.



In de nis van de bureau en de wandplankjes (studeerkamer) is onder de huidige rode verf een klein stuk van oudere rode verf te zien, die iets bleker is. Aan de onderkant van het plankje zitten gemorste plekjes van nog weer andere roodtinten.



Aan de geel geschilderde vensterbank (studeerkamer) is bij een bestaande beschadiging een sondering gemaakt. Er zijn nog oudere verflagen aanwezig. Mogelijk zijn de oudste twee groengele lagen uit de bouwtijd. Ze zijn intenser van kleur; mogelijk is het olieverf waarvan een lichte kwaststreek nog zichtbaar is.



Aan de rand van het blauwe tafelblad van het bureau (studeerkamer) zit een beschadiging waar een aantal grijze, zwarte en blauwe verflagen te onderscheiden zijn.

Aan de binnenkant van het zwarte kastje ernaast zijn oudere blauwe verflagen te zien. Deze zijn deels zeer fragiel en mat, (mogelijk lijm of tempera verf, waarschijnlijk geen olieverf.)



In de hal bij het trapbordes (hal) is een schuifdeurtje waarvan de achterkant waarschijnlijk niet overschilderd is. De warm grijze olieverflaag is waarschijnlijk vergeelt zonder daglicht, maar de zichtbare kwaststreep is typerend voor olieverf; moderne verven drogen glad en zonder kwaststreep op.

Historische informatie over de afwerking van het exterieur

In het bouwbestek van 9 juli 1924 staat de volgende informatie over het exterieur van het Rietveld Schroder Huis: '*De opgaande muren ruig metselwerk, van buiten geschuurd in 3 verschillende kleuren specie geschuurd (lichter en donkerder grijs)*'. En verderop: '*Zoonoodig ged. de buiten muren sausen b.v. witte ged. met kalk. (alles binnen enkel – buiten dubbel)*'.⁷

In de publicatie uit 1988 schrijft Bertus Mulder over de restauratie (p. 110 en 111):

Nadat alle reparaties waren uitgevoerd, is het schilderwerk grondig vernieuwd: alle verflagen werden verwijderd en het hele huis werd aan de buitenkant opnieuw geschilderd. Dit was het meest spannende deel van het restauratiewerk omdat de kleuren niet alle ondubbelzinnig uit het onderzoek van de bestaande toestand konden worden afgeleid en ik noodgedwongen een aantal kleuren op grond van mijn eigen beoordeling moest bepalen. Het wit en zwart, wat heel veel voorkomt, leverde natuurlijk geen problemen op. Van de kleuren rood, geel en blauw wist ik wat Rietveld gewend was te gebruiken. Rood tenderde naar vermiljoen, geel naar chromaat en blauw was ultramarijn. Dit werd door vroegere, blootgelegde verflagen ook bevestigd. Met de grijstinten van een aantal muurvlakken – vijf gradaties tussen wit en zwart – werd het moeilijk, omdat die niet altijd hetzelfde waren geweest: de rangorde van licht naar donker is wel gelijkgebleven, maar in de toegepaste verf en de tint is sprake van een ontwikkeling in de loop van de tijd. Toen het huis werd gebouwd stelde Rietveld zich voor dat hij de verschillende grijstinten zou kunnen verkrijgen door aan de stucadoor-specie kleurstoffen toe te voegen; zo heeft hij dat ook in het bestek voorgeschreven. Dit is echter niet gelukt. Het lijkt mij ook moeilijk op deze wijze, samen met wit gesausde muurvlakken, een harmonisch resultaat te bereiken. Waarschijnlijk werden daarna de muurvlakken geschilderd met witkalk, waaraan voor de grijze vlakken kleurstof was toegevoegd. Dit viel ook tegen omdat het erg vlekkerig was. Dat is op oude foto's ook duidelijk te zien. Toen de verfindustrie caseïne-emulsieverf had ontwikkeld, die geschikt was voor buitenwerk, werd deze gebruikt en dat zag er veel beter uit. Naderhand

110

⁷ I. Van Zijl, B. Mulder, 2009, p. 44 en 46.

werd kunststof-emulsieverf gebruikt.

Wanneer het huis opnieuw werd geschilderd, bepaalde Rietveld de grijstinten ter plekke. Samen met de schilder mengde hij de verf, liet een stukje opzetten, keek op een afstand of het goed was en kwam nog terug om te kijken wanneer de verf droog was. Wanneer het niet goed was werd het opnieuw geprobeerd. Een schilder die dit vroeger samen met Rietveld heeft gedaan, vertelde dat hij het vlak boven het keukenraam eens zeven maal heeft overschilderd voordat Rietveld tevreden was. Hij kreeg daarna een extra beloning voor zijn geduld.

Na de dood van Rietveld gaf mevrouw Schröder aanwijzingen wanneer er werd geschilderd. De laatste keer dat dit voor de restauratie gebeurde heeft ze de schilders weggestuurd toen ze nog maar net waren begonnen, omdat ze zag dat het helemaal verkeerd ging. Rietveld bepaalde iedere keer de grijstinten opnieuw en steeds iets anders. Uit het onderzoek van verschillende, over elkaar aangebrachte verflagen heb ik vastgesteld dat de verschillen in helderheid in de loop van de tijd geringer werden en dat de grijzen in het begin met oker waren gemengd en later naar blauw tenderden.

Ik heb eerst geprobeerd of ik grijzen zou kunnen gebruiken die voorkomen in de kleurenwaaier van de verffabrikant. Nadat ik deze had laten opzetten was mij duidelijk dat deze methode te grof was. Ook ik moest de verf ter plekke mengen, laten opzetten en zolang corrigeren tot met wit en zwart, rood, geel en blauw een evenwichtig totaalbeeld was ontstaan. Dit moest ter plekke gebeuren omdat de indruk van de kleur en de helderheid ervan sterk wordt bepaald door het licht wat er opvalt en door de invloed van de aangrenzende kleuren.

Ik heb er naar gestreefd grijzen te mengen die niet naar een kleur verwijzen. Het verschil in helderheid is weer als vroeger, waardoor het hele beeld markeranter is geworden dan voor de restauratie het geval was.

Uit het bovenstaande blijkt dat de kleuren tijdens de restauratie van Mulder deels door hem zijn bepaald. De informatie die hij geeft over de wijze waarop de kleuren werden samengesteld door Rietveld zelf en hoe deze in de loop der tijd veranderde maakt duidelijk dat het uiteindelijke uiterlijk door Rietveld bepaald na verschillende proeven moeilijk te achterhalen is. Voorts kunnen we concluderen dat juist de veranderingen die in de loop der tijd hebben plaatsgevonden bij verschillende schilderbeurten onderdeel uitmaken van de omgang van Rietveld en Truus Schröder met het huis. Daarnaast vormen ze een weerslag van veranderende verftypes die op de markt kwamen: kalkverf, caseïne en kunststof emulsieverf.



1925

De donkere kleurvlakken zijn vlekkelig. Het lijkt erop dat Mulder er in zijn geschreven stuk vanuit gaat dat hier de eerste overschildering in kalkverf aanwezig is en niet meer de gekleurde pleisterlagen. Het is echter ook mogelijk dat hier de pleisterlagen nog aanwezig zijn. De voorkanten van de balkonvloeren zijn hier grijs; op alle overige foto's zijn ze wit.



1935/36

De bovenverdieping diende tijdelijk als Montessori school. De vlakken van de gevel zijn gelijkmatiger van kleur. Er zijn zeker 4 gradaties van wit naar grijs te onderscheiden. Zijkant balkonvloer is nu wit.

1955-65



1967



ca.1972

voor de 1^e restauratie exterieur. De verschillen van grijstinten zijn klein, de grijstinten koel.





Tijdens de restauratie exterieur 1974; hierbij werden al veel nog aanwezige verflagen verwijderd, scheuren geopend, roestende en daardoor uitzettende dragers behandeld en met kunstharsmortel worden de scheuren weer gesloten.



1975



2^e ingreep aan het exterieur 1979: de scheuren in de gevelvlakken kwamen relatief snel weer terug. Men heeft het oude pleister van sommige vlakken helemaal verwijderd en vervangen.



1981

Kleurhistorische inventarisatie exterieur

Het onderzoek naar de afwerkklagen op het exterieur van het Rietveld Schroder Huis was hoofdzakelijk gericht op de eerste lagen op het pleisterwerk. De latere lagen zijn vooralsnog niet in kaart gebracht. De gecompliceerde geschiedenis van het afwerkklagen pakket - die hieronder geschetst wordt - maakt duidelijk dat een dergelijk onderzoek niet past binnen de beperkte omvang van de onderhavige studie. Wel worden er veel bouwstenen aangeleverd voor eventueel toekomstig onderzoek waarbij de ontwikkeling van het kleurgebruik door allereerst Rietveld, vervolgens Truus Schröder (als daar lagen van bewaard zijn gebleven) en Bertus Mulder in kaart zou kunnen worden gebracht. En ten slotte blijken ook de afwerkingen die ná de restauratie van Mulder zijn aangebracht nader onderzoek te verdienen aangezien – net als in het interieur – hier de indruk bestaat dat de tinten sedertdien deels subtiel zijn veranderd.

Aan de gevel zijn nauwelijks stratigrafieën gemaakt om de schade zo klein mogelijk te houden. Bovendien zijn de lagen moeilijk vrij te leggen: de laatste moderne verflagen zijn rubberachtig, hechten goed op elkaar en zijn wat betreft kleur bijna hetzelfde. Daarom zijn er vaak alleen sonderingen gemaakt en verfmonsters genomen. In de overzichtsfoto hieronder zijn de 5 monsterlocaties aangegeven. Er is gepoogd zoveel mogelijk plekken te vinden waar nog oudere verflagen van vóór de grote restauratie in 1974 te vinden zijn. Om een referentie te hebben hoe vaak de gevel is geschilderd sinds de restauratie 1986/87 is ook een verfmonster genomen van een vlak dat toen volledig is ontleisterd (Monster **RSH18-K15**).

In 4 van de 5 verfdwarsdoorsneden zijn resten van de afwerkingen van vóór de restauratie door Mulder teruggevonden. In monsters **RSH18-K04, K12 en K13** gaat het hoogstwaarschijnlijk om resten van de grijs gekleurde pleisters die omschreven staan in het bouwbestek (zie hieronder) en volgens Mulder vanwege het vlekkerige resultaat vrij snel zijn overschilderd. In de kleine vensteropening in het grote verticale witte vlak naast de voordeur is een monster (**RSH18-K14**) genomen in de dagkant met het idee dat de kans groot is dat daar nog oude afwerkingen bewaard zijn gebleven. Deze veronderstelling bleek te kloppen want de eerste lagen bestaan – conform het bouwbestek – uit witkalk. De overige lagen konden nog niet worden geïdentificeerd; mogelijk zijn er nog meer resten van vóór Mulder/1987 aanwezig. Om daar duidelijkere uitspraken over te doen is nader onderzoek op meer locaties noodzakelijk. Wel maakt de vondst duidelijk dat er zeker nog historisch materiaal aanwezig is.



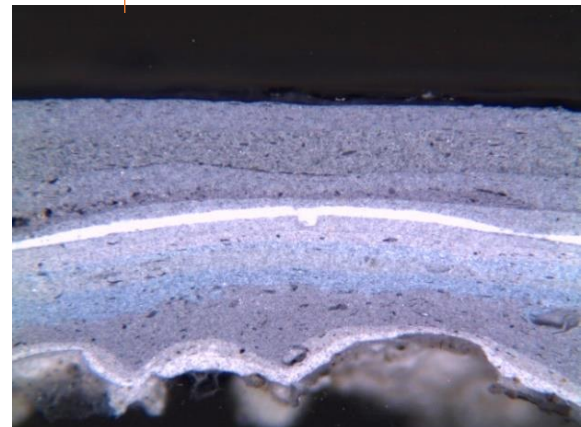
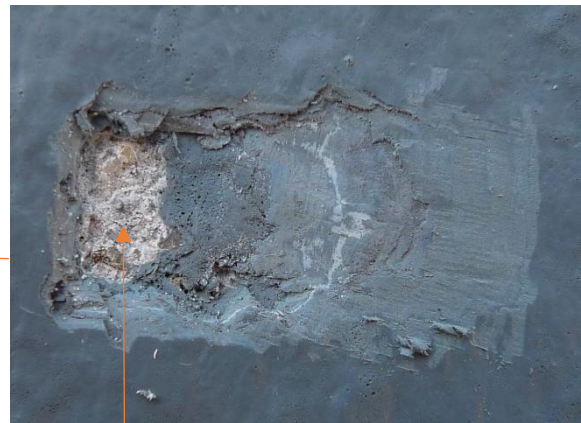
7 RSH18-K13 8 RSH18-K04 6 RSH18-K15 9 RSH18-K12 10 RSH18-K14

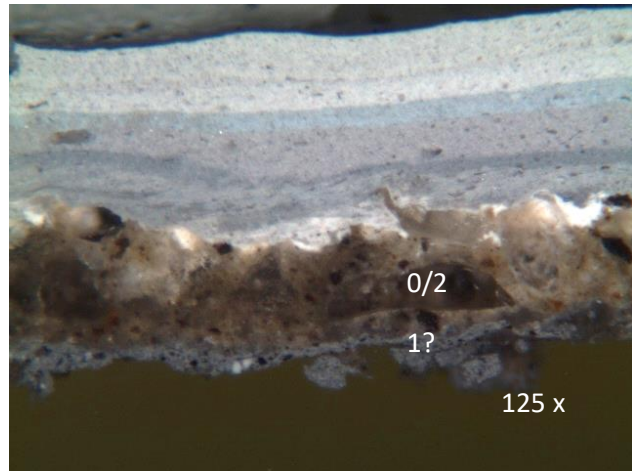
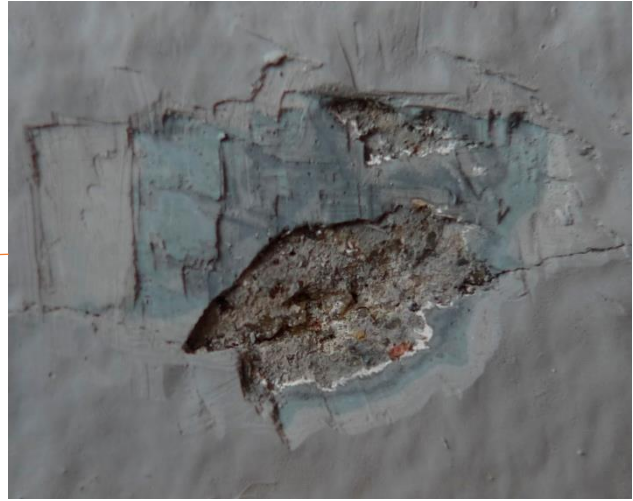
6

Donkergrijs vlak boven bij balkon oostgevel; monster RSH18-K15

Van dit vlak is bekend dat het volledig is ontleisterd tijdens de restauratie 1979. Volgens het onderhoudsplan wordt de buitengevel elke 5 jaar opnieuw geverfd naast de noodzakelijke kleine onderhoudsbeurten. Dit betekent dat er zeker 8 verflagen op het nieuwe pleister aanwezig zullen zijn. Middels een stratigrafie is dit lastig te achterhalen, de lagen hebben meer of minder dezelfde kleur en verfsamenstelling waardoor ze lastig van elkaar te scheiden zijn. In de verfdwarsdoorsnede zijn er 13 verflagen te onderscheiden, de 3 eersten vormen waarschijnlijk samen de 1^e afwerking. De 4^e en 6^e laag zijn relatief koel groenig, die zijn mogelijk afgekeurd en overgedaan. De 9^e laag is wit en zal een vul- of plamuur laag zijn.

Van deze wand is ook een boorkern genomen.



Middengrijs verticaal vlak zuidgevel; monster RSH18-K13 (SEM/EDX)


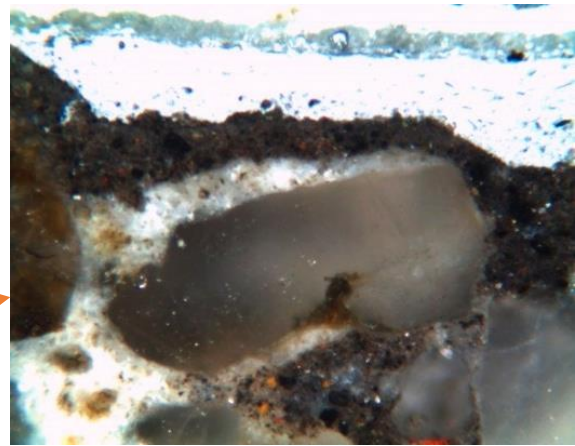
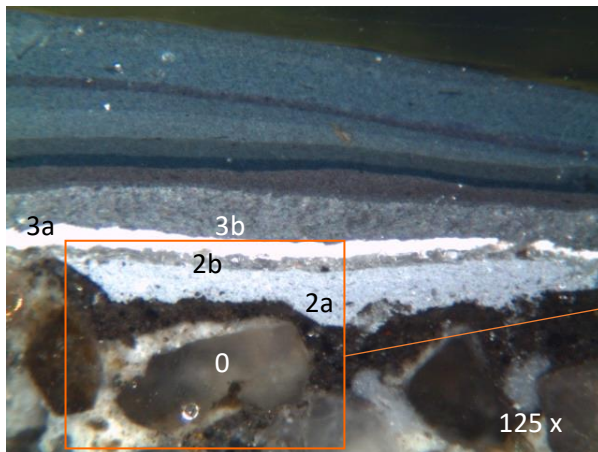
Laagopbouw met samenstelling m.b.v. SEM/EDX: zwart

- 1 grijs met wit (lithopoon; Ba, S, en Zn) en zwart (veel koolstof-houdend pigment); verder aanwezig Ca, Si, Al, Fe)
- 0/2 pleisterlaag (o.m. Ca, Si, Fe) vermoedelijk aangebracht tijdens restauratie 1974 of 1987

Dat er onder de pleisterlaag nog een rest oudere grover gepigmenteerde verf is gevonden komt waarschijnlijk omdat er een scheur gerepareerd is. Alle lagen op de pleisterlaag zijn vanaf de restauratie in 1979 aangebracht.

8

Donkergrijs vlak van borstwering atelier zuidgevel; monster RSH-18 K04 (SEM/EDX)



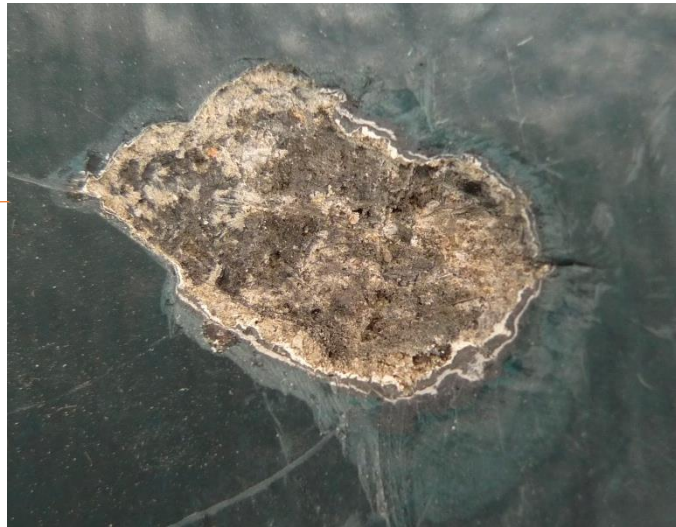
Laagopbouw:

- 0 pleister
 - 1 Donker grijs met zwarte en okerkleurige partikels; duidelijke overeenkomsten met laag 1 in RSH-18 K 13; waarschijnlijk resten van de gekleurde pleister aangebracht direct na de bouw; de laag is vermengd met de pleisterlaag eronder (Ca, Si, S, Zn, Ti, Al, Fe)
 - 2a lichtgrijs, titaanoxide, talk (Mg) als vulmiddel; technische laag
 - 2b middengrijs
 - 3a wit
 - 3b middengrijs
- vanaf 4 donkergrijs in blauwgroene variaties

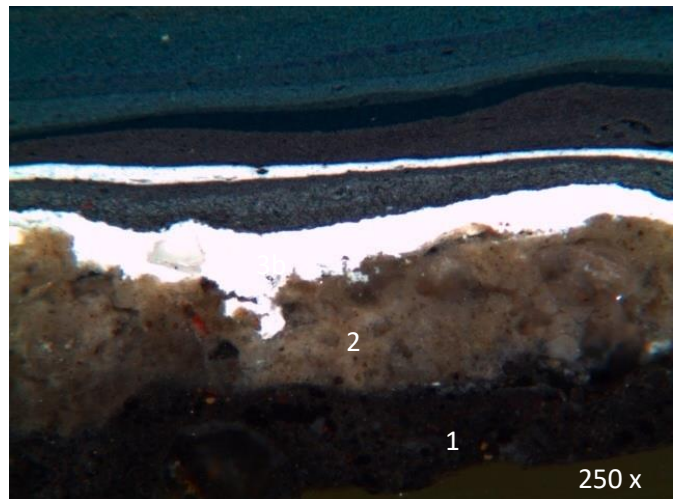
Op deze plek is ook een boorkern genomen, de pleisterlaag was hier bijzonder hard.

9

Donkergrijs klein vlak aan onderkant balkon, zuidgevel; monster RSH18-K12



De Laagopbouw van monster RSH18-K12 komt grotendeels overeen RSH18-K05. Alleen zit de grof gepigmenteerde donkergrijze laag 1 hier onder een reparatiepleisterlaag (nr. 2). De 11 lagen op de reparatiepleisterlaag zijn aangebracht sinds de restauratie van 1979.

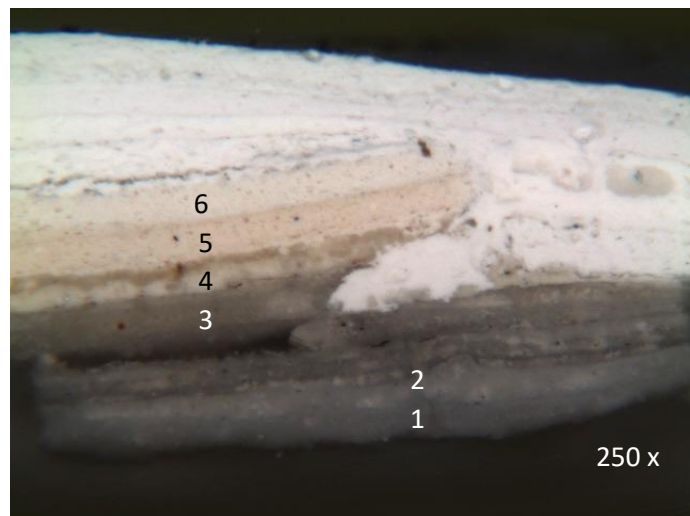


10

Groot wit verticale vlak, oostgevel (dagkant smal raam); RSH-18 K-14



Er is gekeken in de dagkant van het smalle raam omdat de kans groot werd geacht dat daar meer oude afwerkingen bewaard zijn gebleven. En inderdaad zijn er kalklagen teruggevonden die ook in het bestek staan omschreven.



Laagopbouw:

- 0 pleister, zeer hard en grofkorrelig (net als in RSH18-K04); niet op foto
- 1-3 meerdere kalkverflagen zoals ook omschreven in het bestek (er is ook zwavel aanwezig die nog niet nader te verklaard is)
- 4-6 een nadere duiding van deze lagen is vooralsnog niet mogelijk. Het is onduidelijk of nr. 4 een gronderingslaag is en of laag 5 door Mulder aan werd gebracht of van voor 1987 dateert.

Over de huidige grijstinten van het exterieur

In de huidige situatie zijn 6 grijstinten (tussen gebroken wit en heel donker grijs) gebruikt voor de verschillende vlakken van de gevel. In de kelder staan de emmers met Sikkens Alphatex IQ, een muurverf in zijdeglans voor buiten op basis van acryldispersie.

De recepten zijn vastgelegd door Sikkens speciaal voor het Rietveld-Schröderhuis en komen niet uit hun standaardcollectie. Wanneer de kleuren precies zijn vastgelegd is ons niet bekend, er zitten in ieder geval variaties in de kleuren van de moderne afwerkingslagen - te zien in de sonderingen en de verfdwarsdoorsnedes van het onderzoek.



- 1 gebroken wit
- 2 heel lichtgrijs
- 3 lichtgrijs
- 4 midden grijs
- 5 donkergrijs
- 6 heel donkergrijs

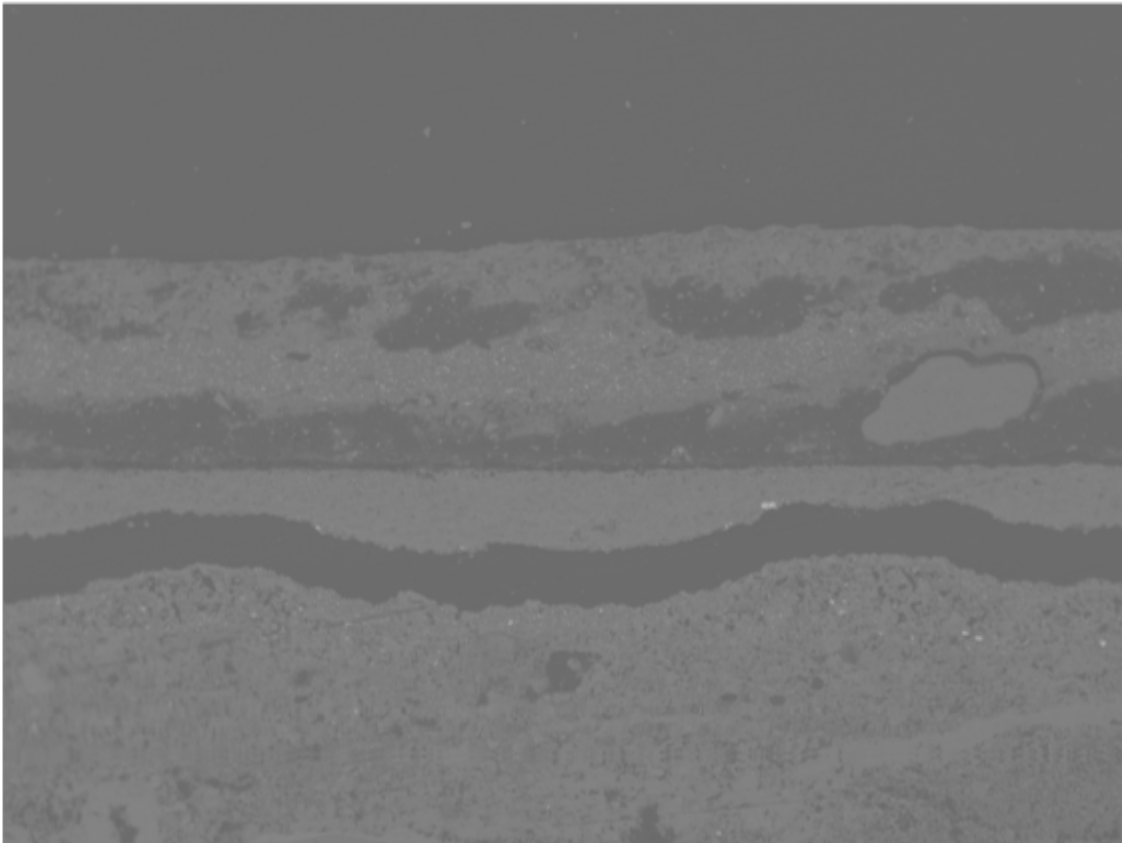


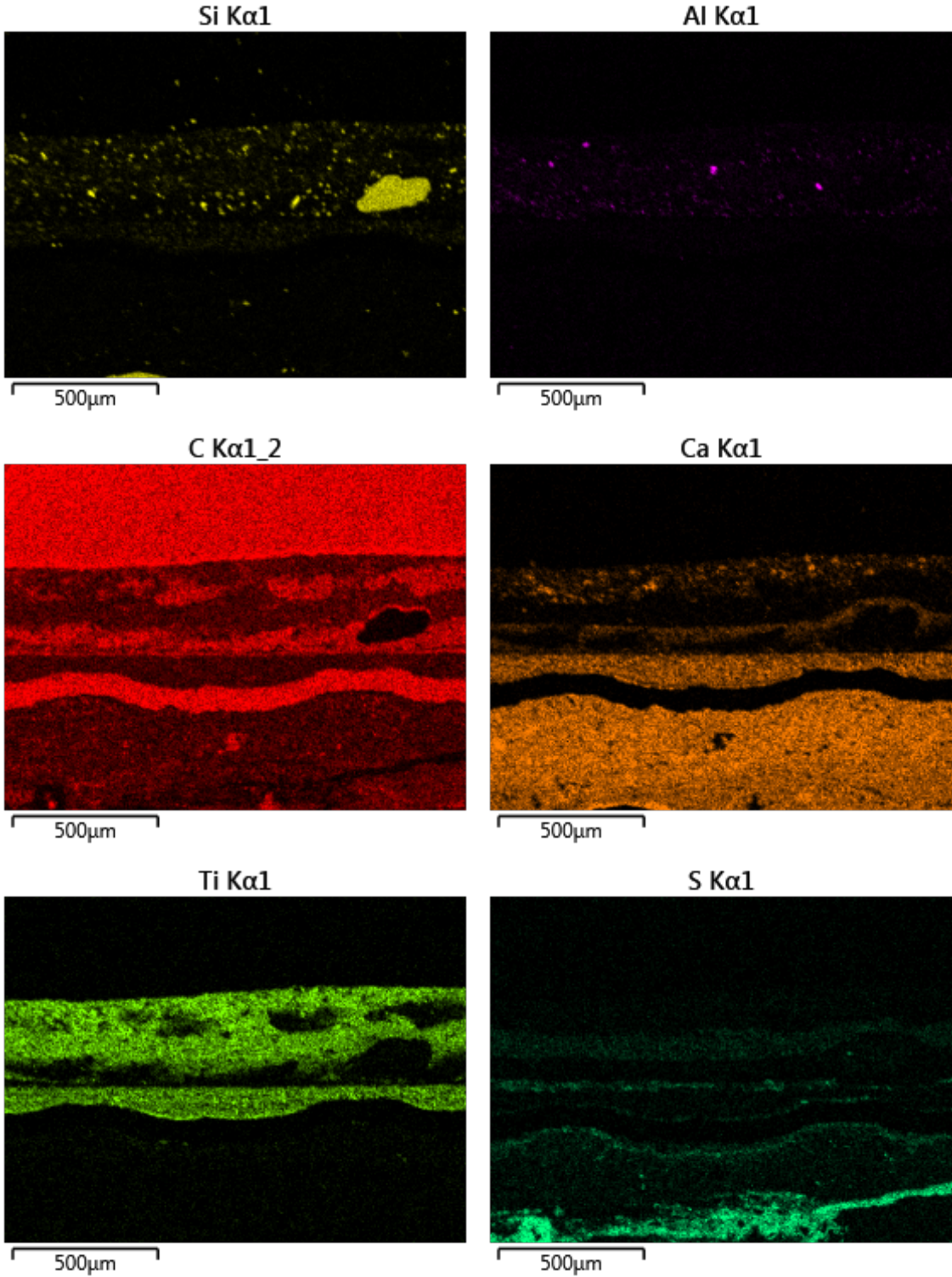
SEM/EDX analyses behorend bij de rapportage: Beperkt
Kleurhistorisch onderzoek Rietveld Schröder Huis

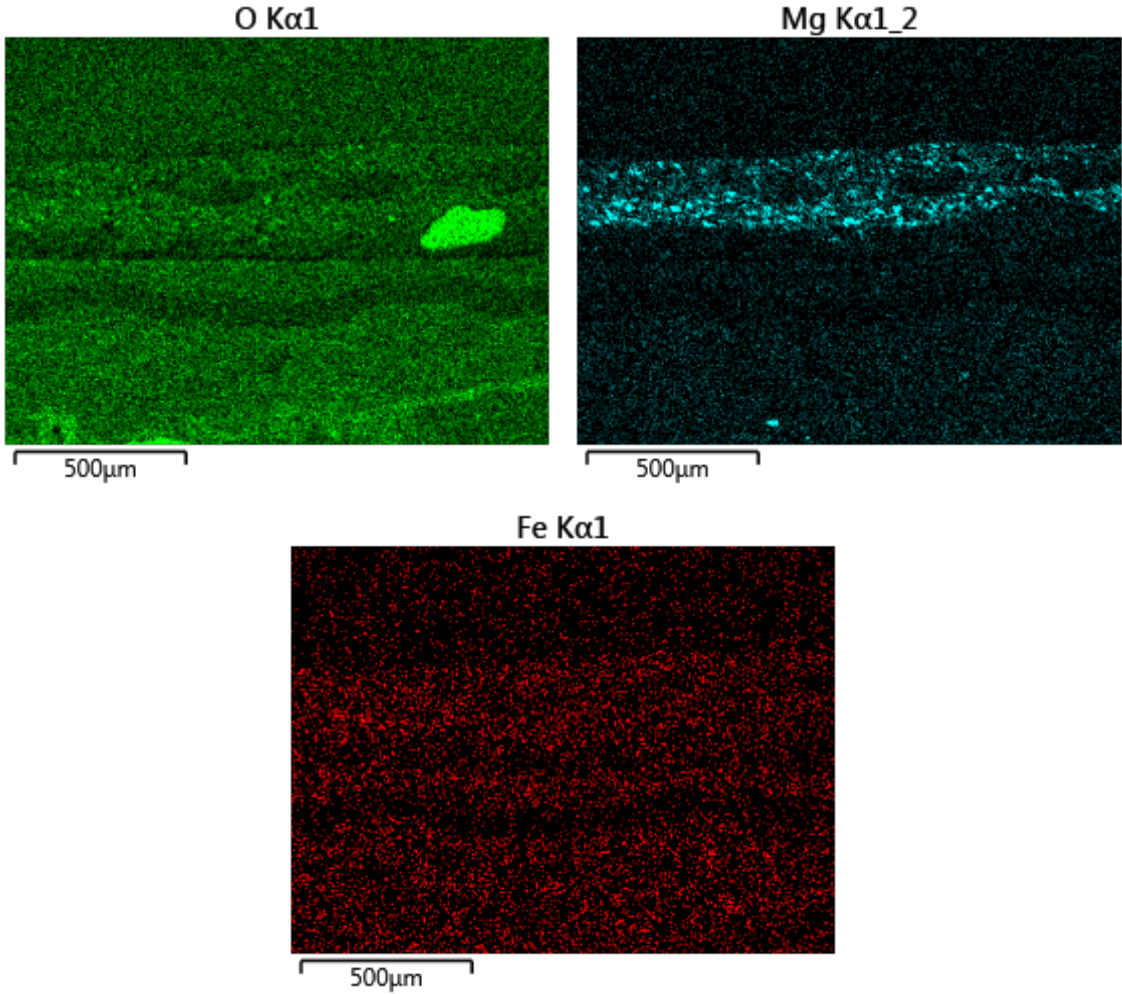
April 2018

Monster RSH-18 K-01

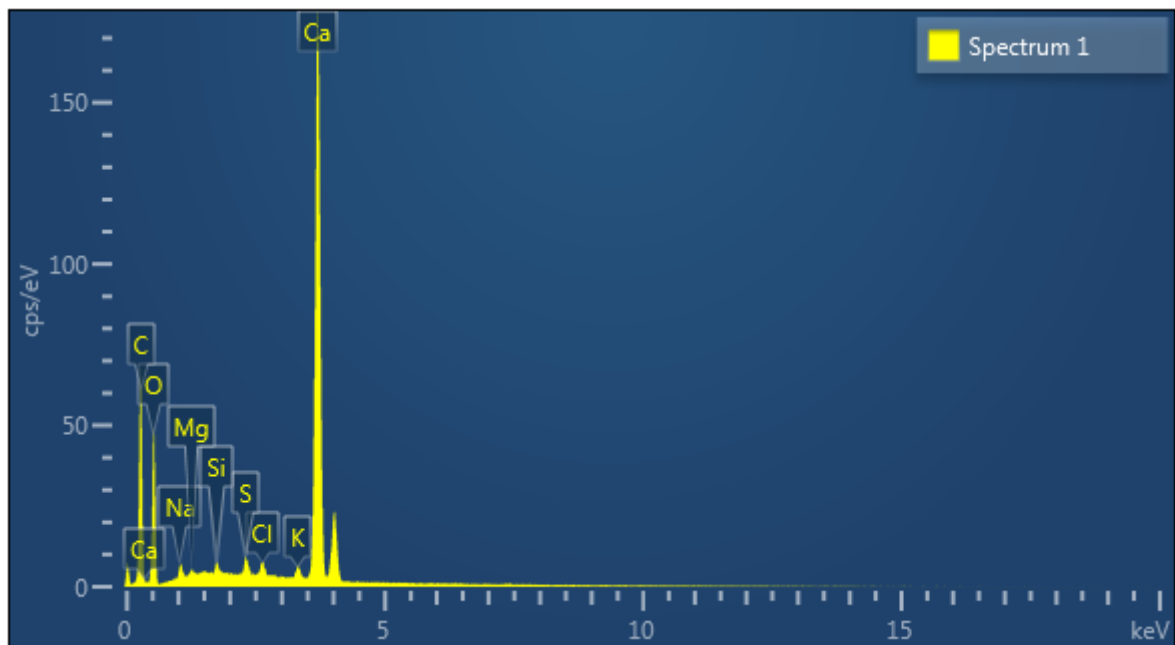
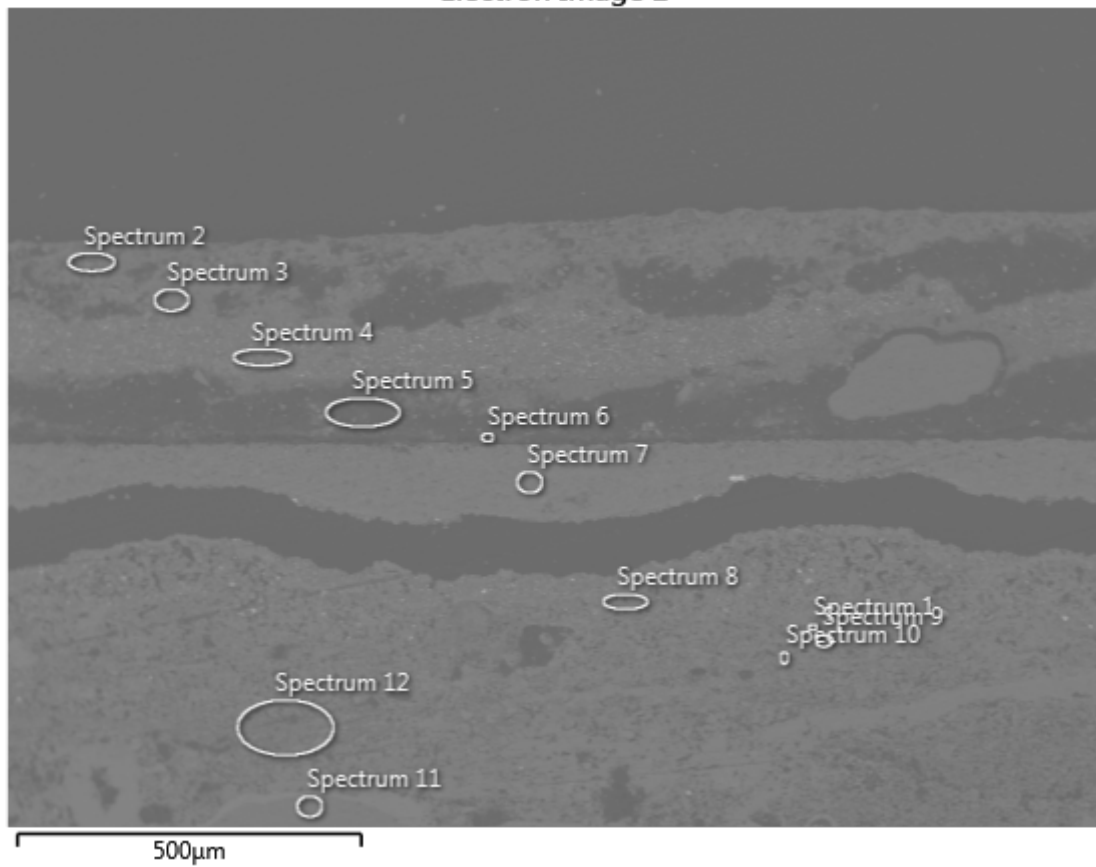
Electron Image 1

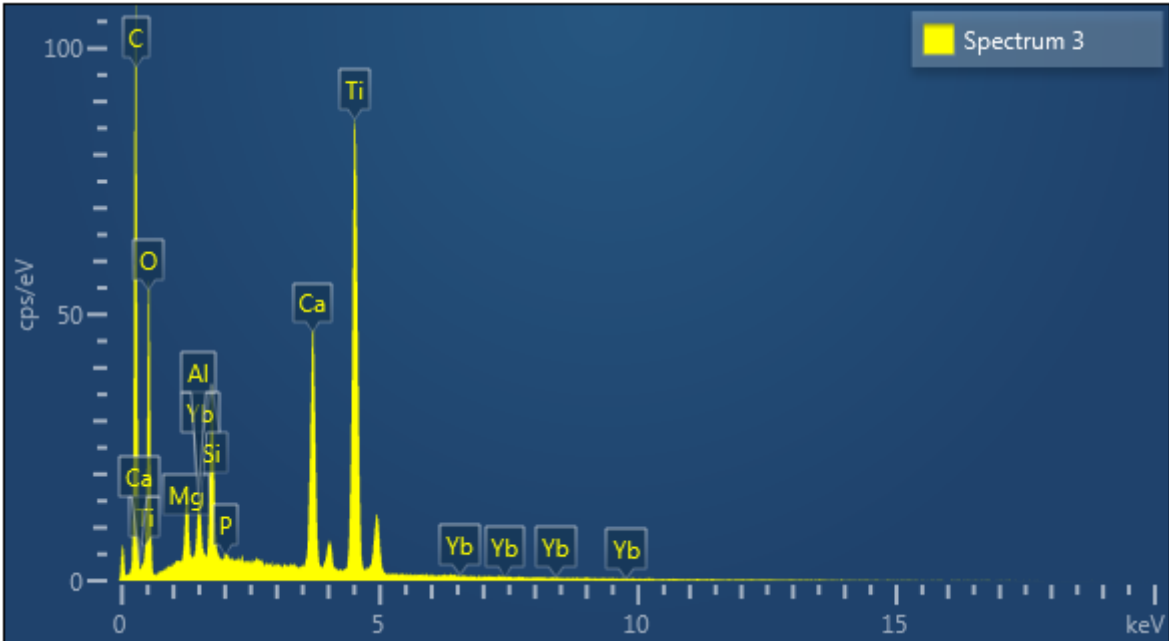
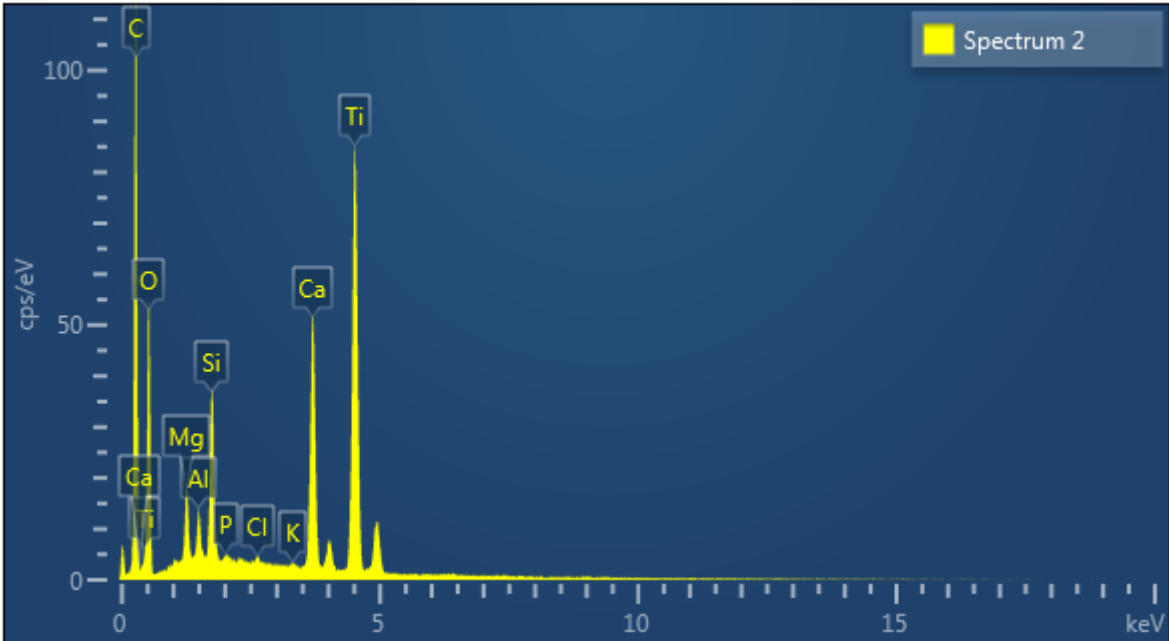


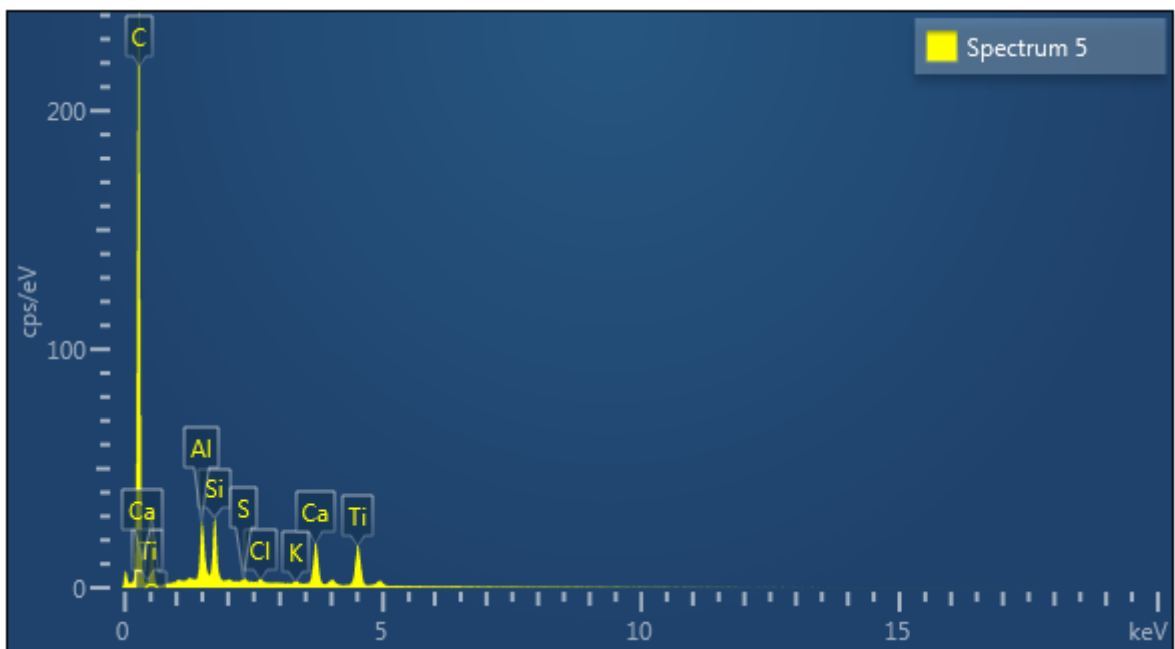
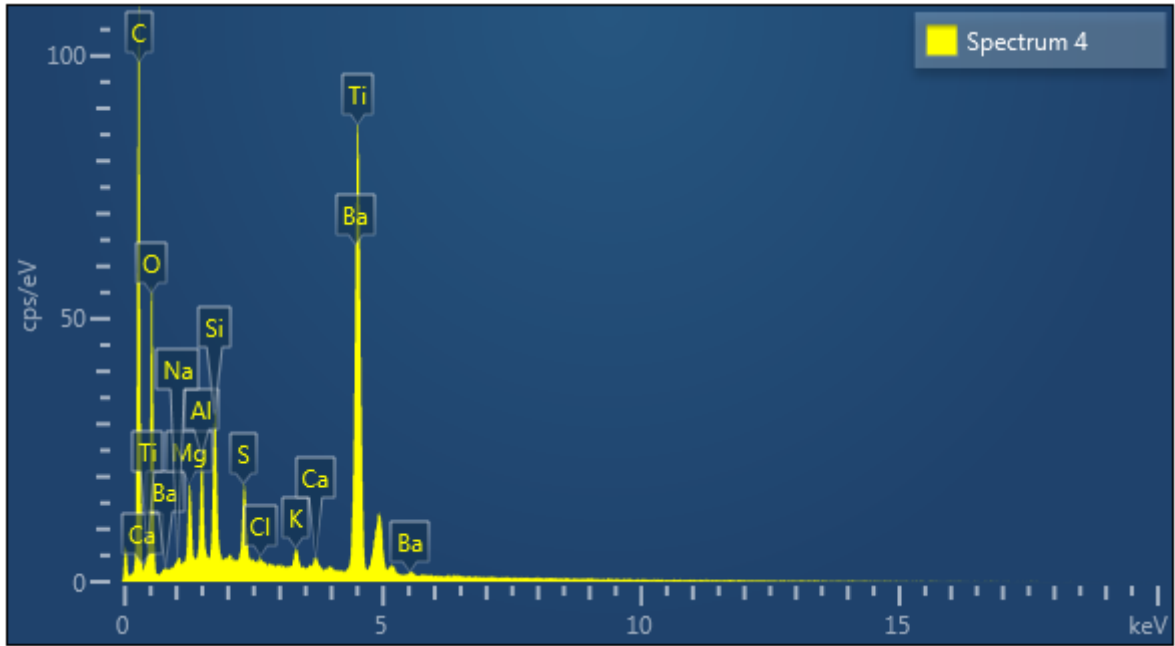


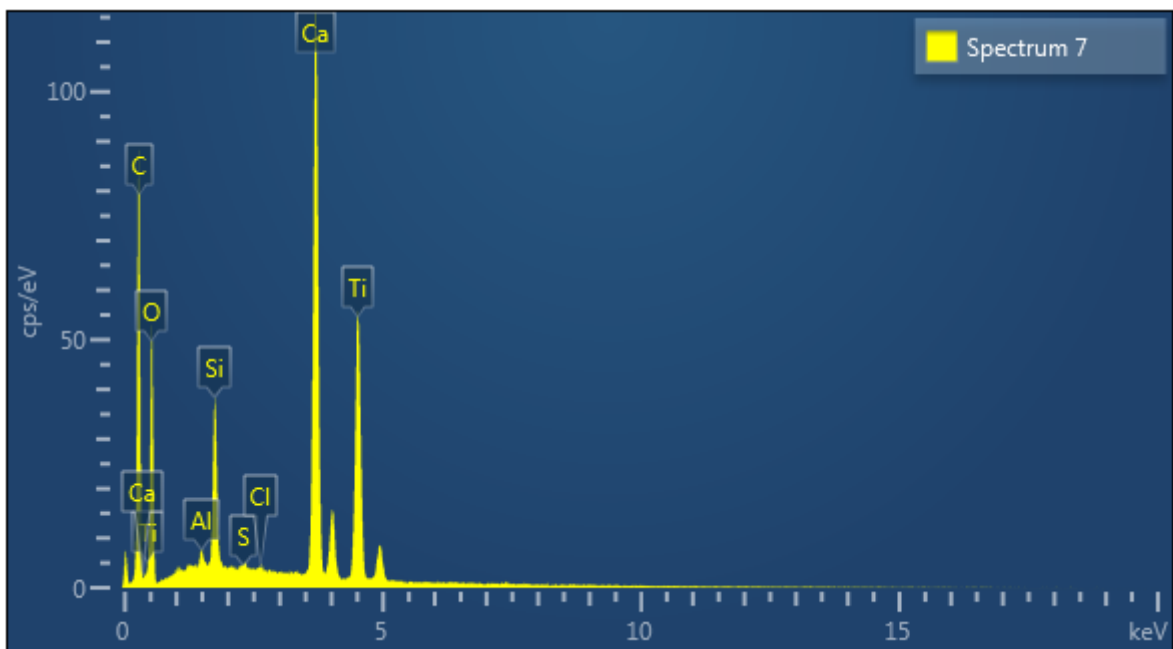
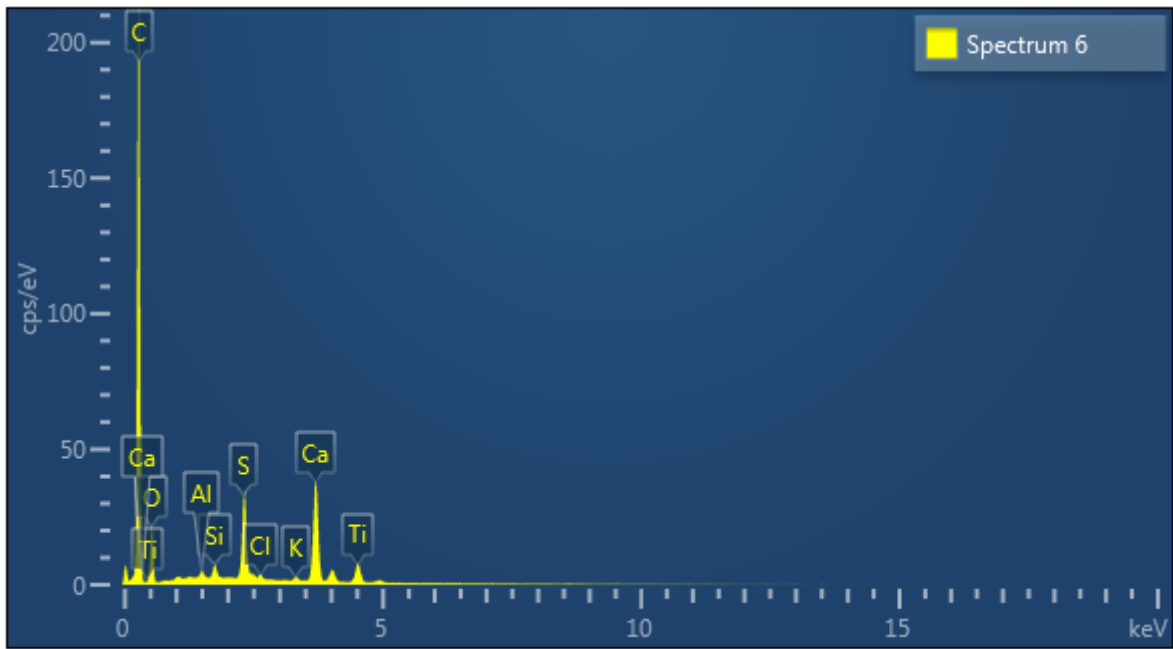


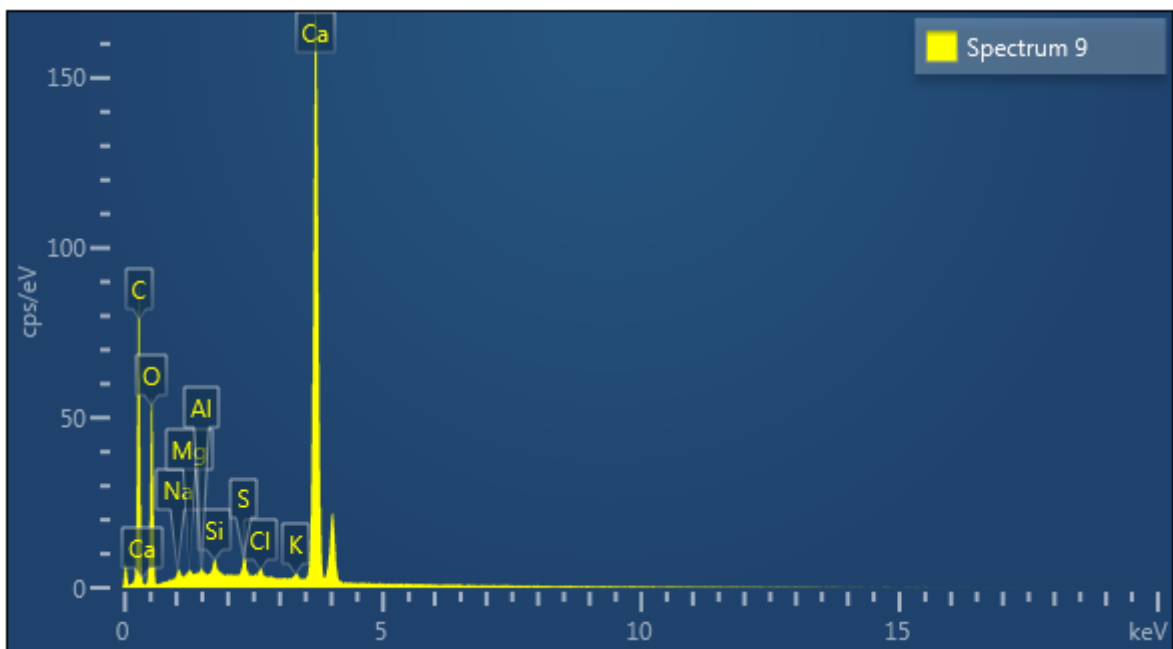
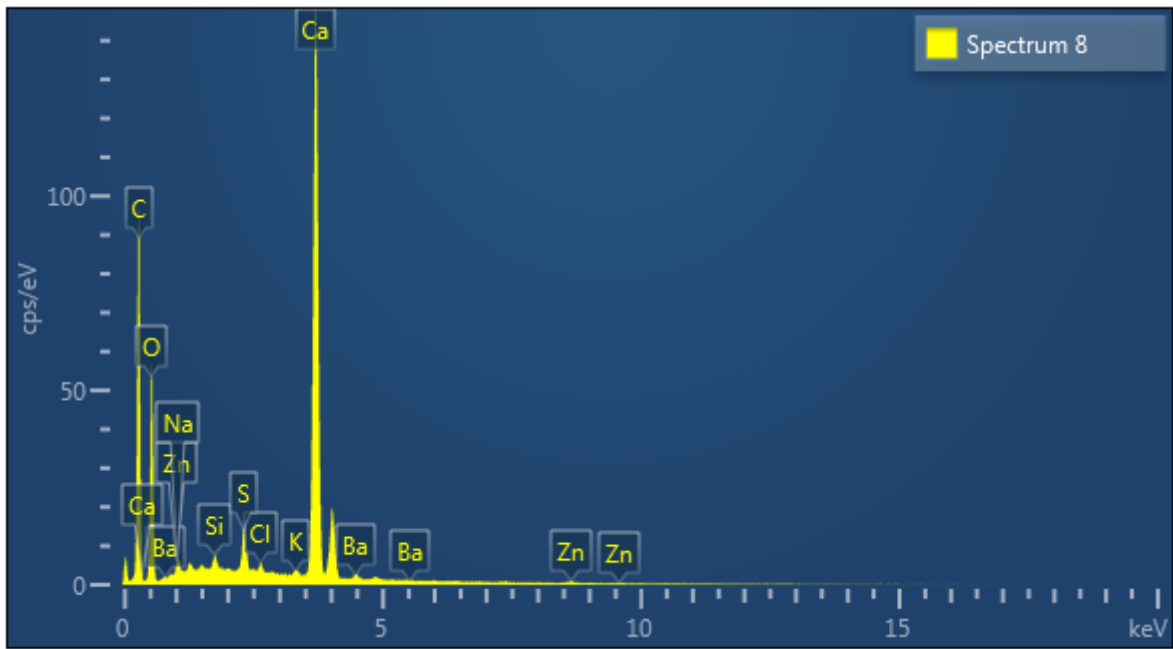
Electron Image 2

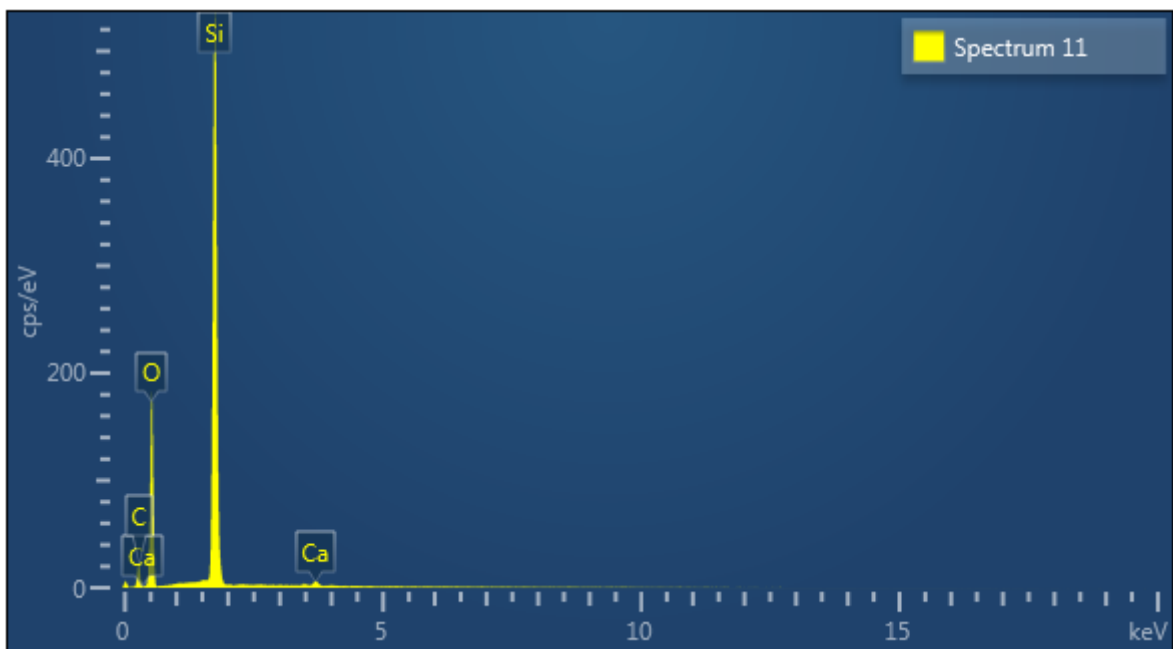
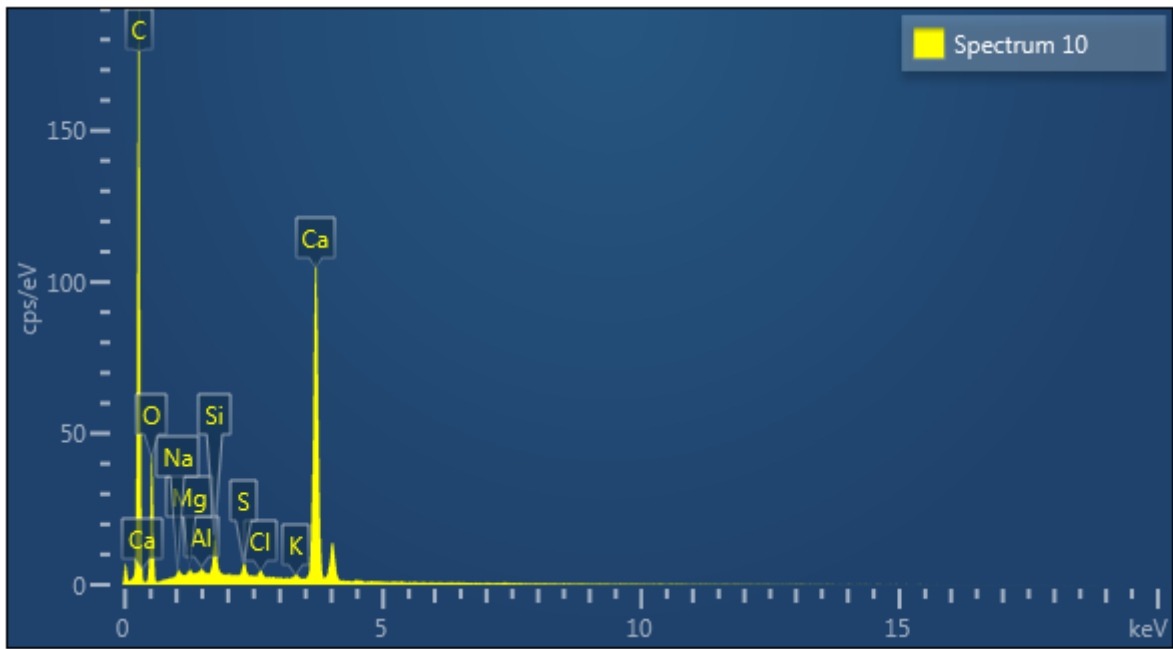


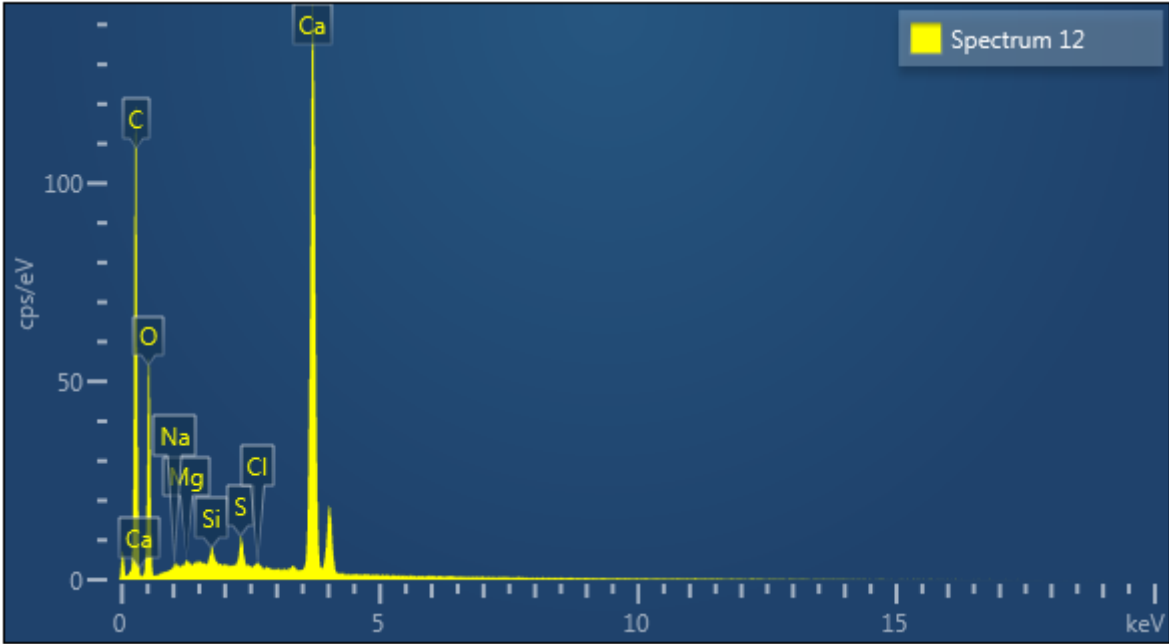




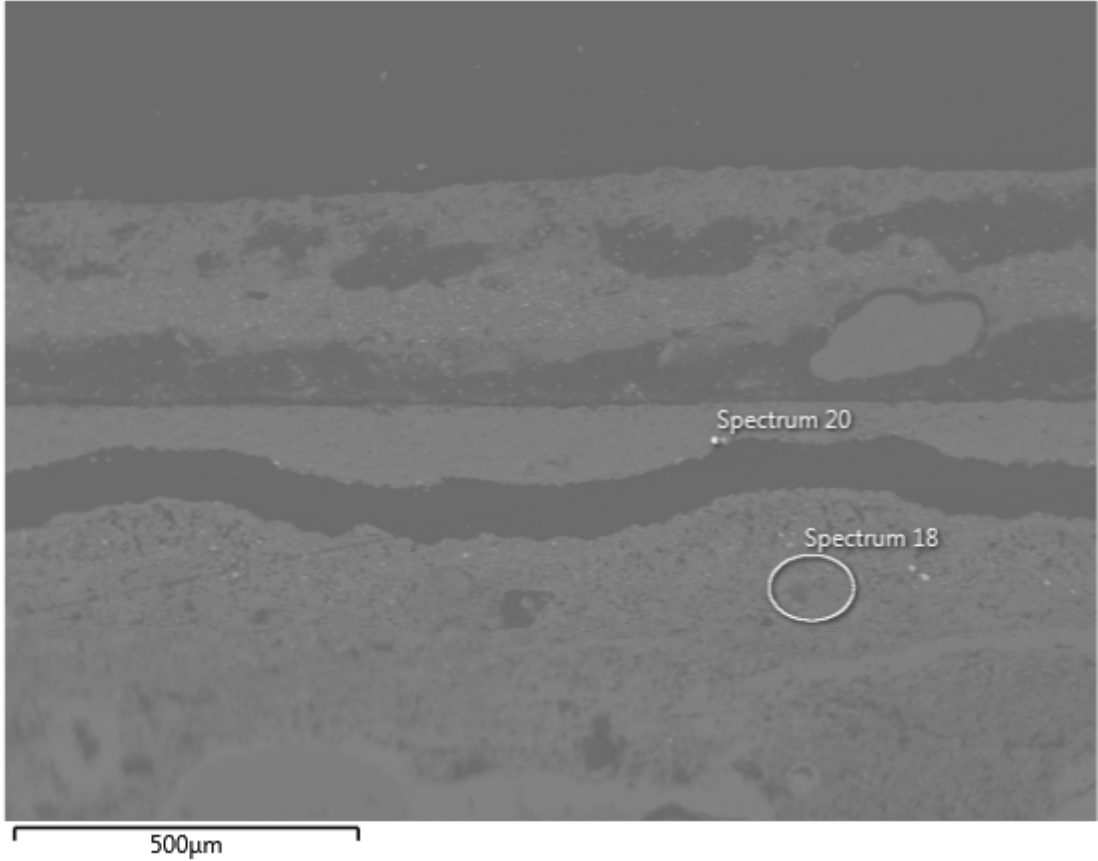


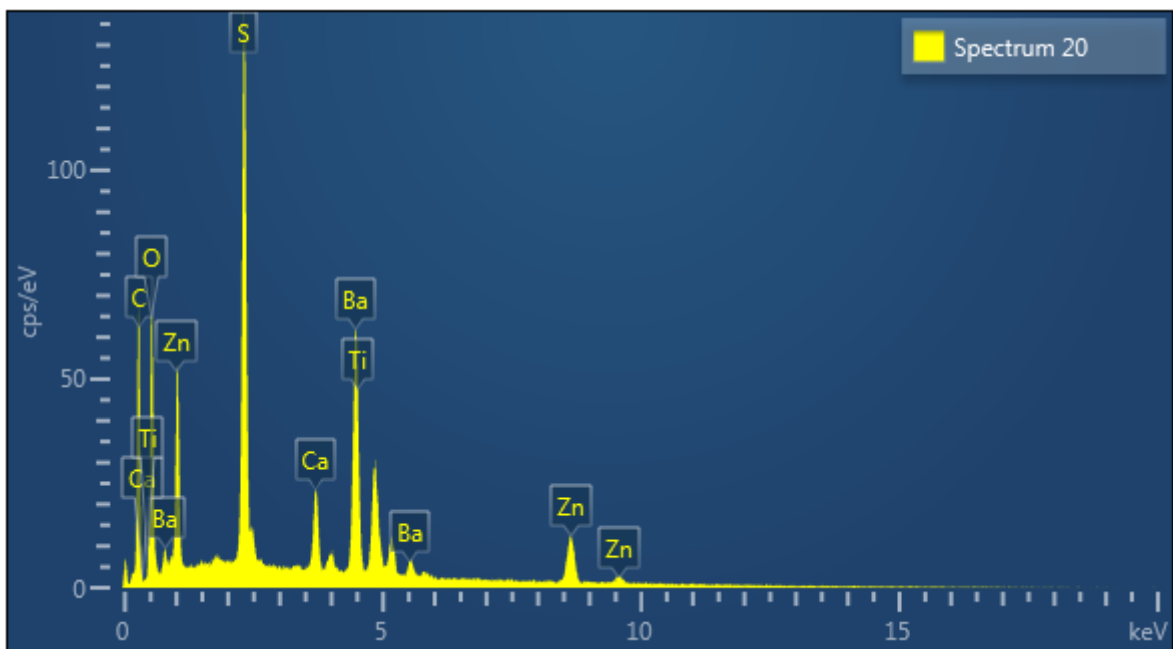
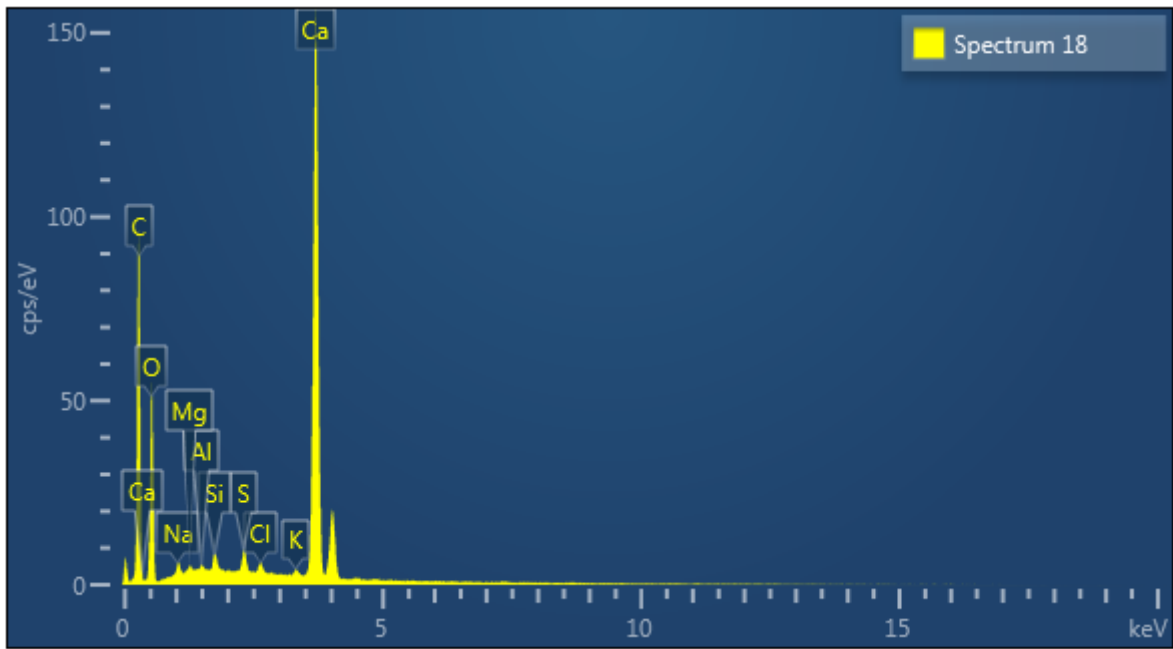






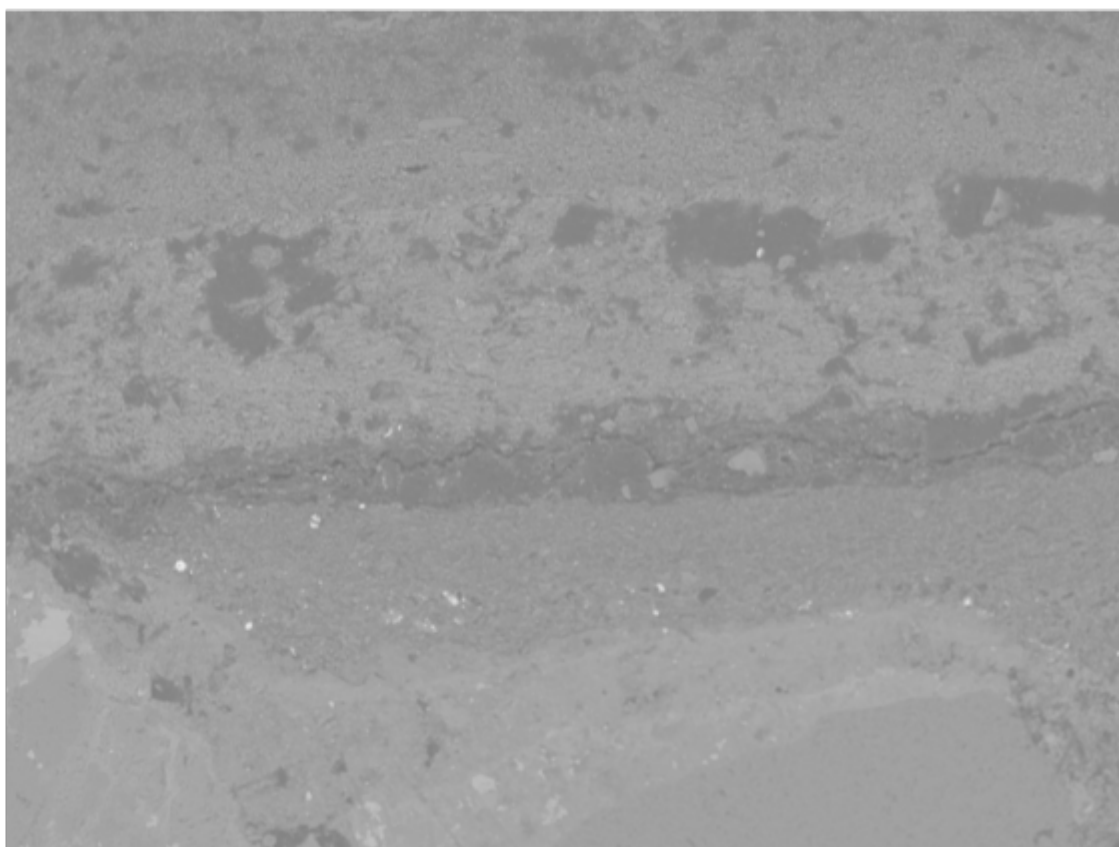
Electron Image 3



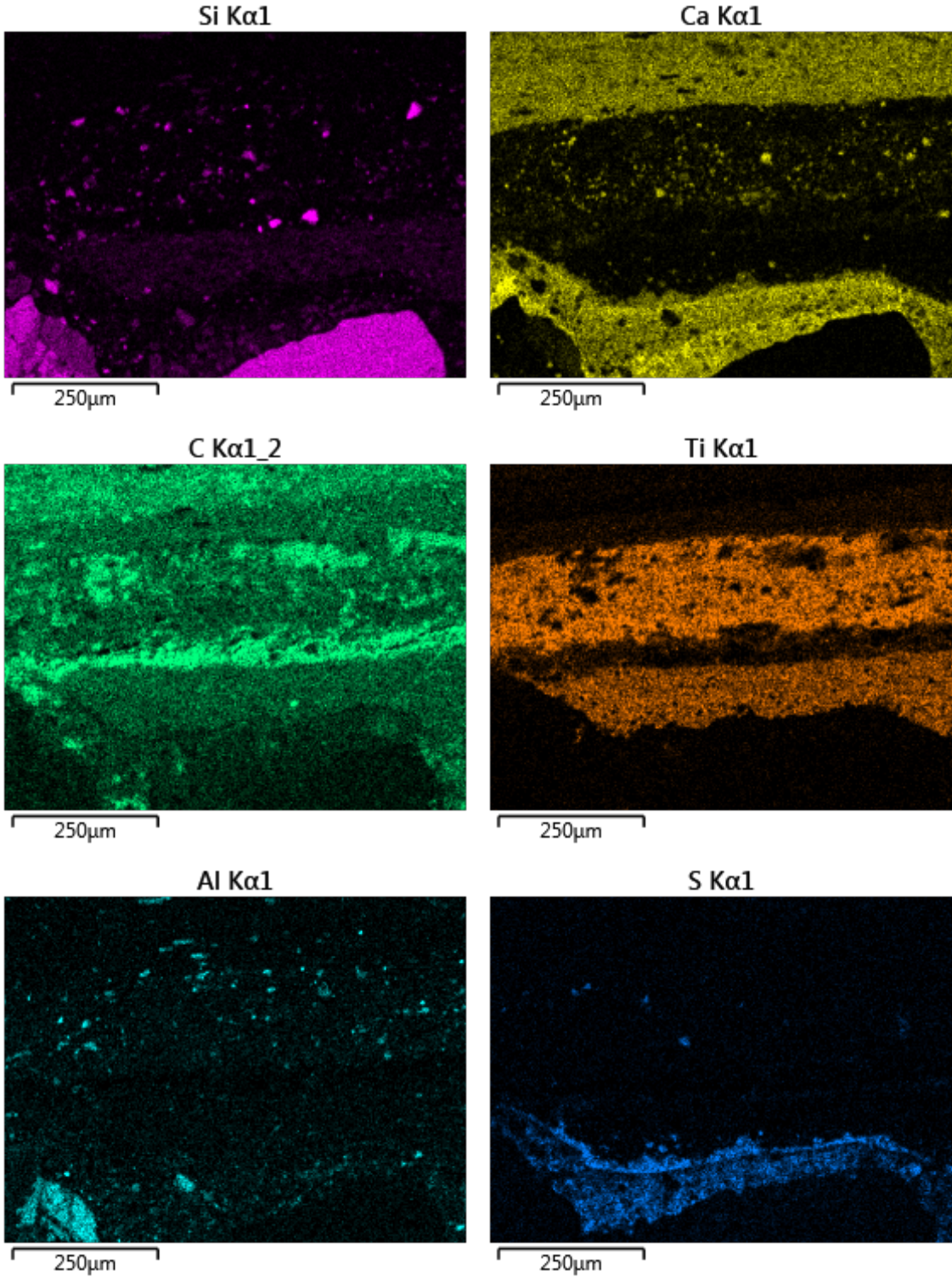


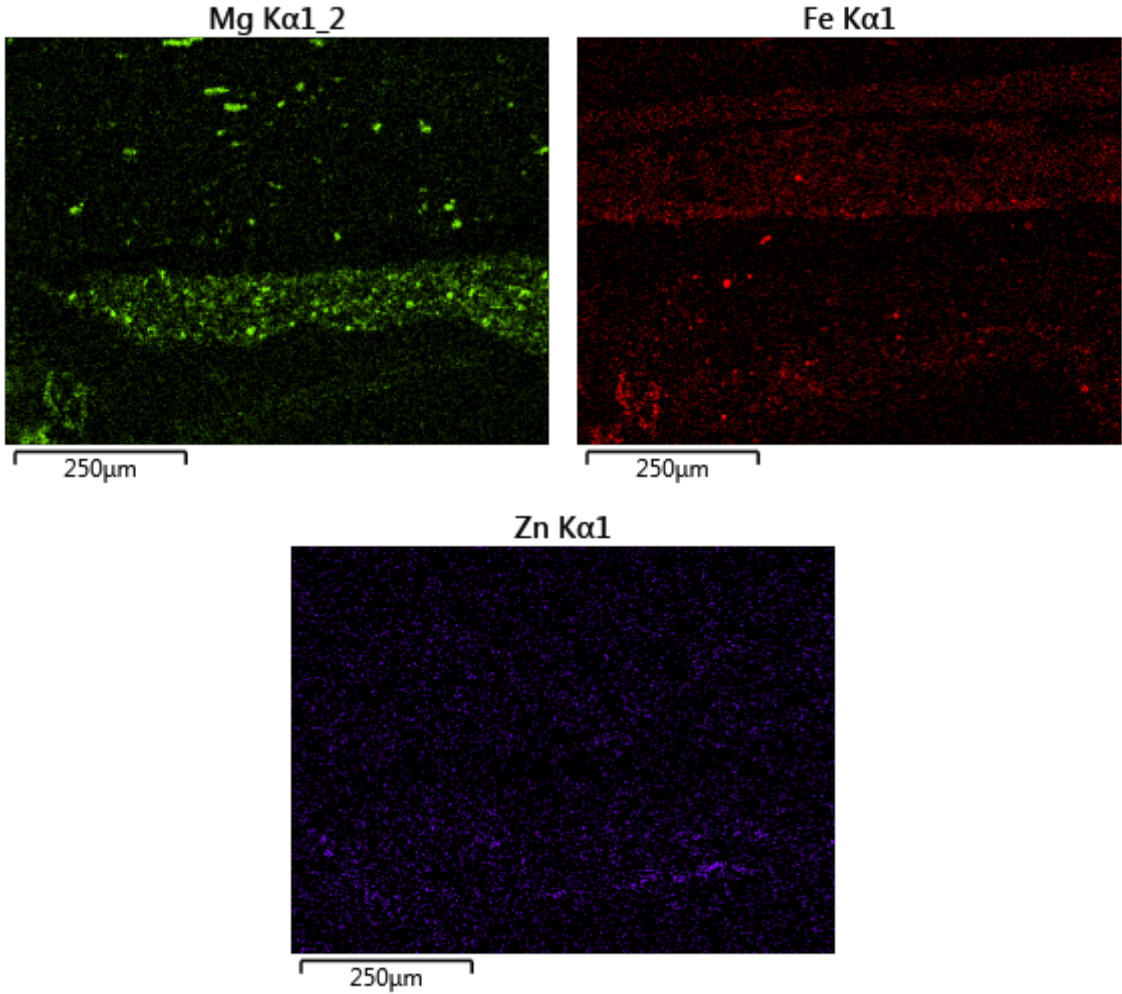
Monster RSH-18 K-4

Electron Image 5

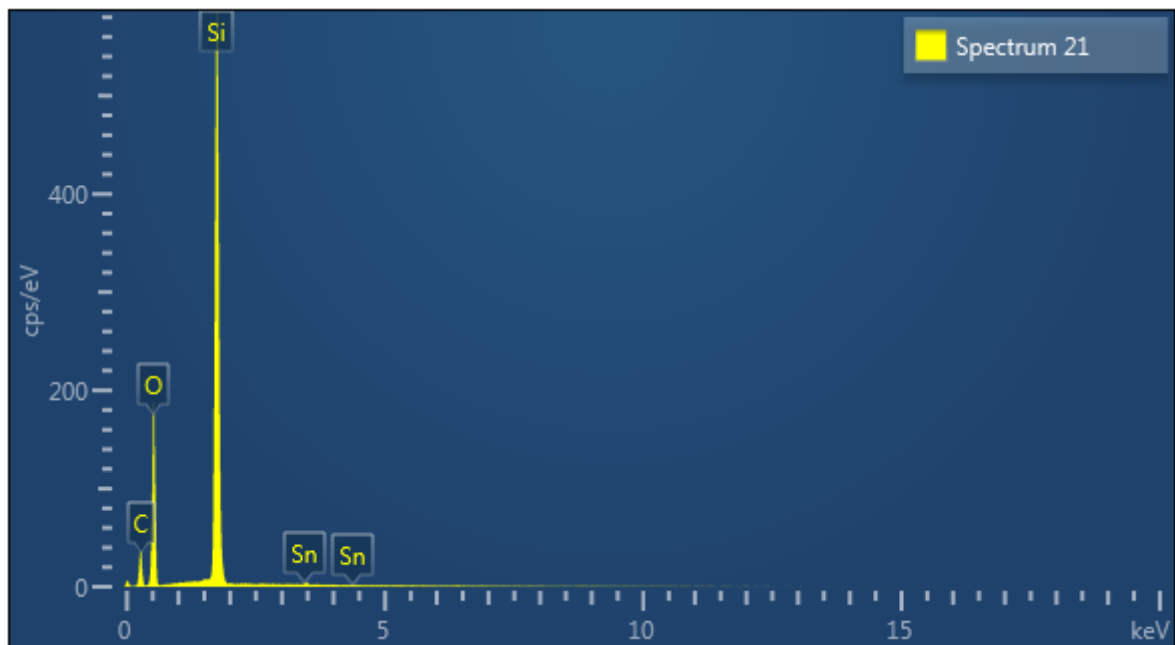
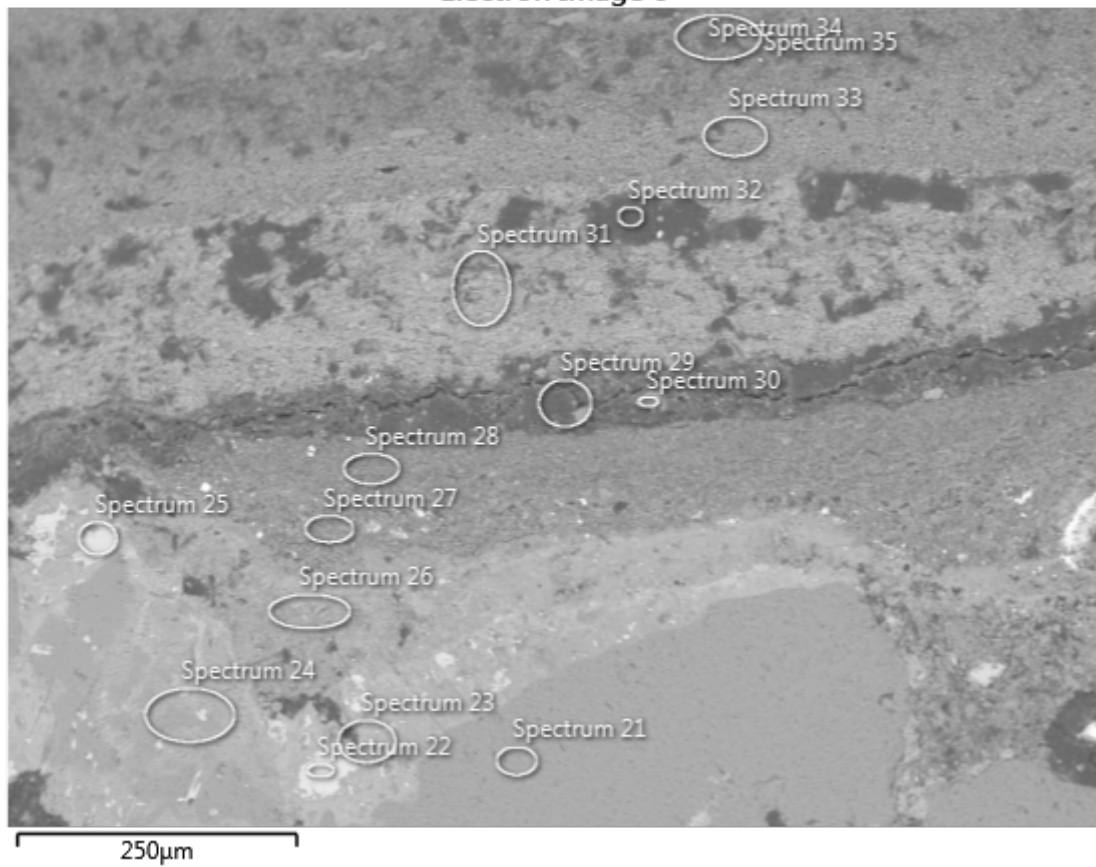


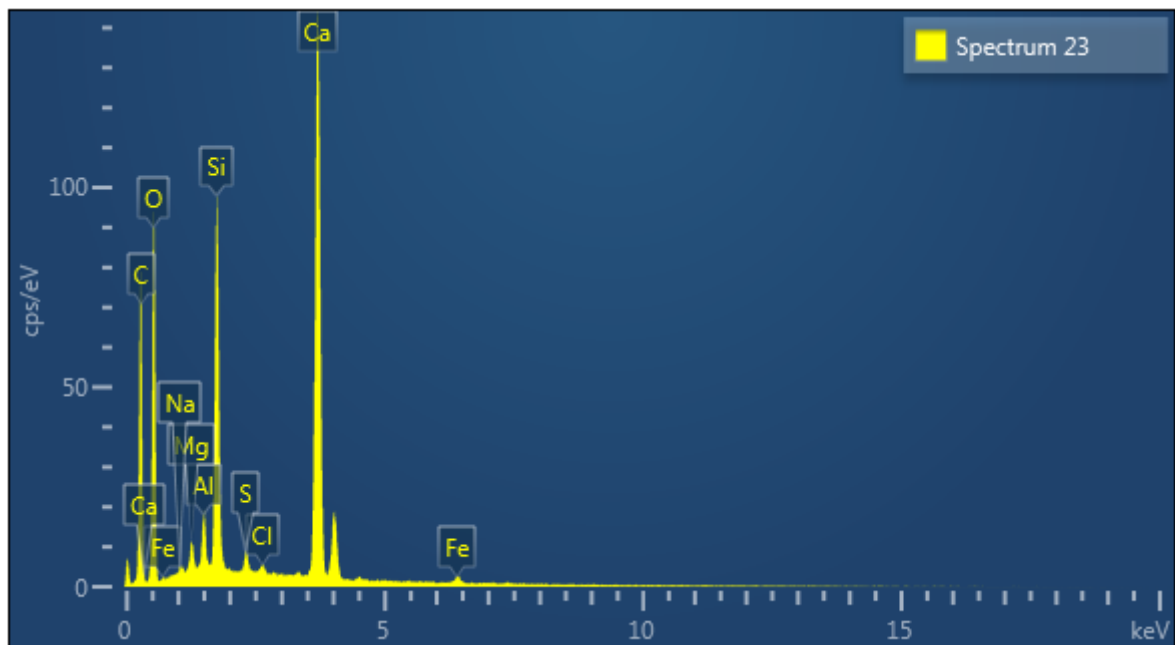
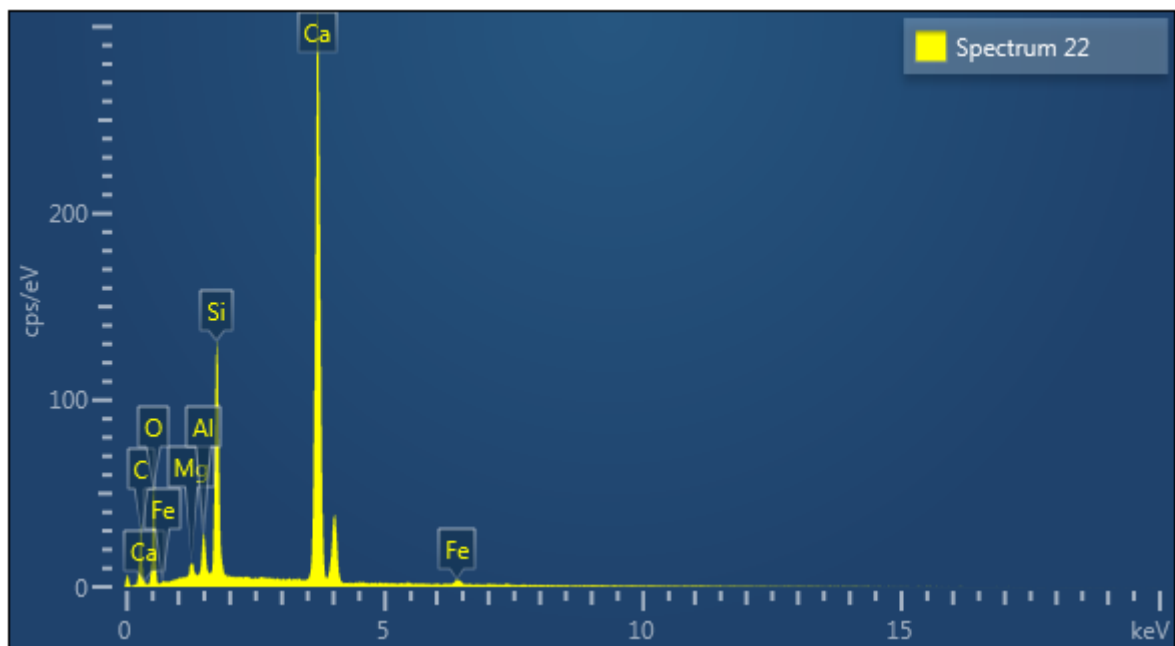
250µm

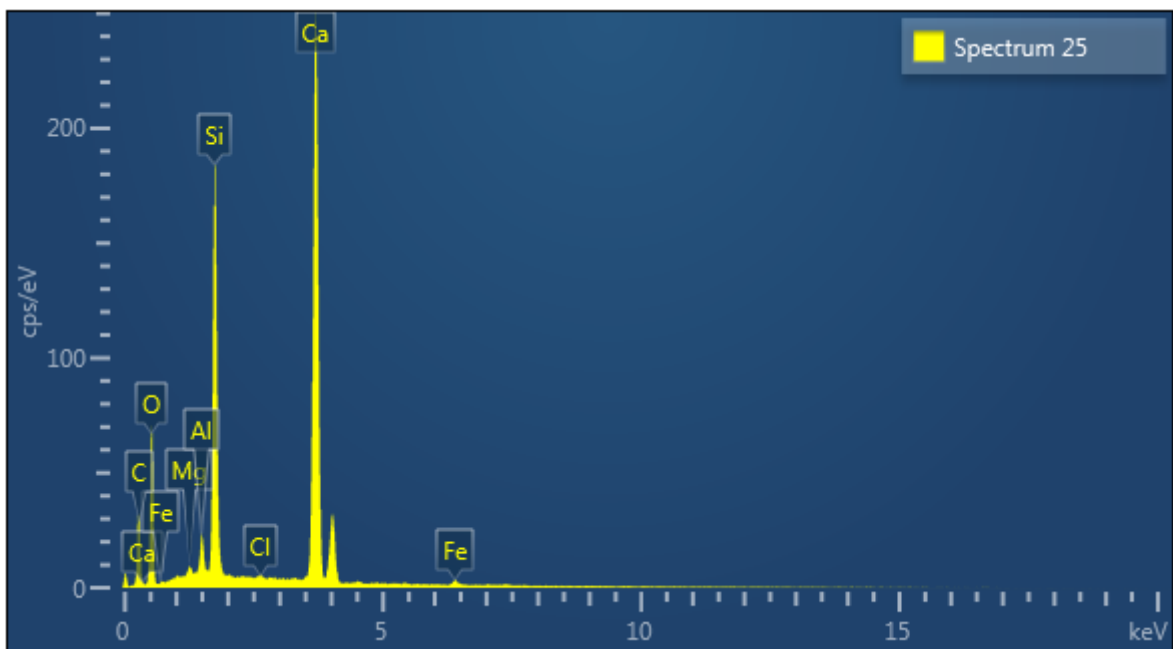
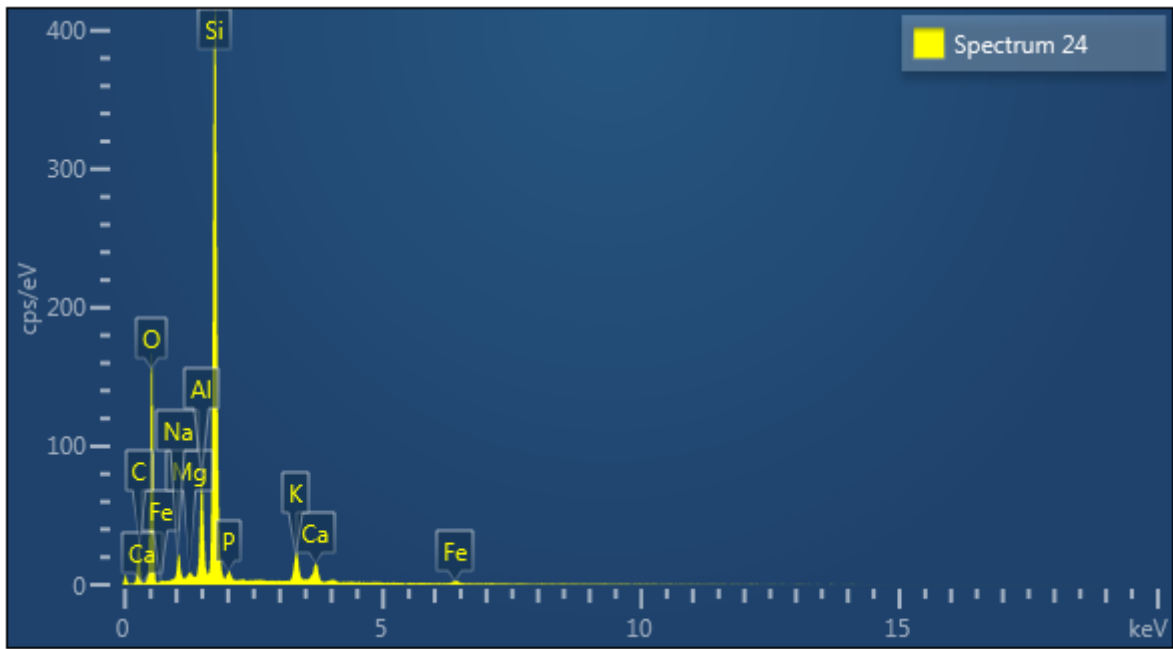


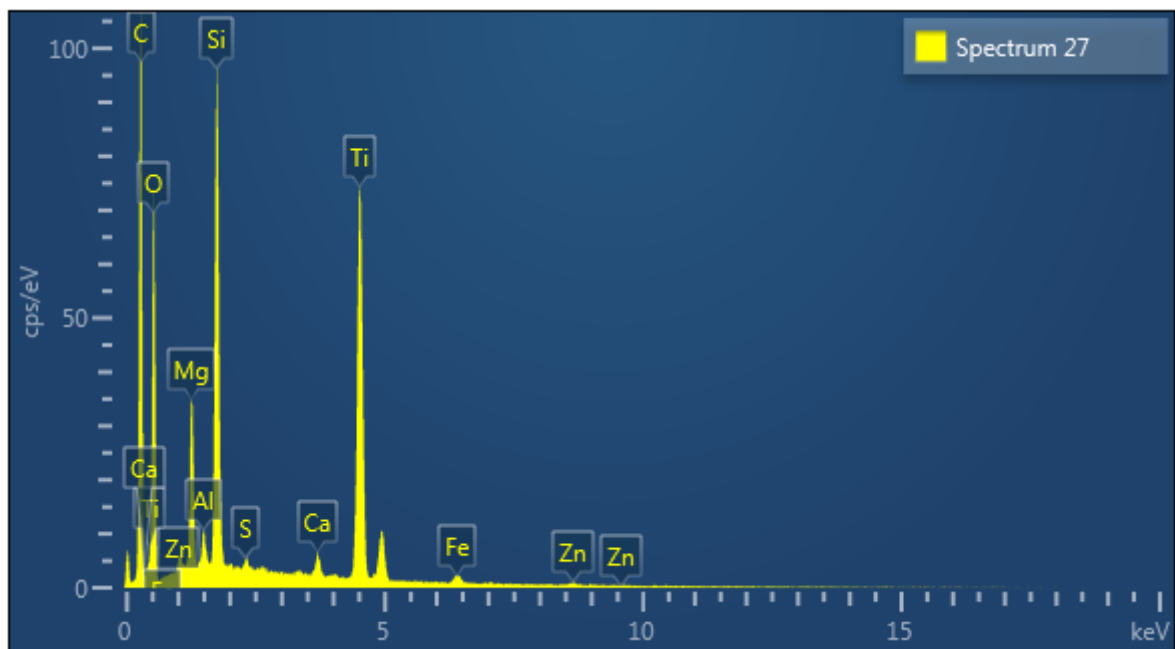
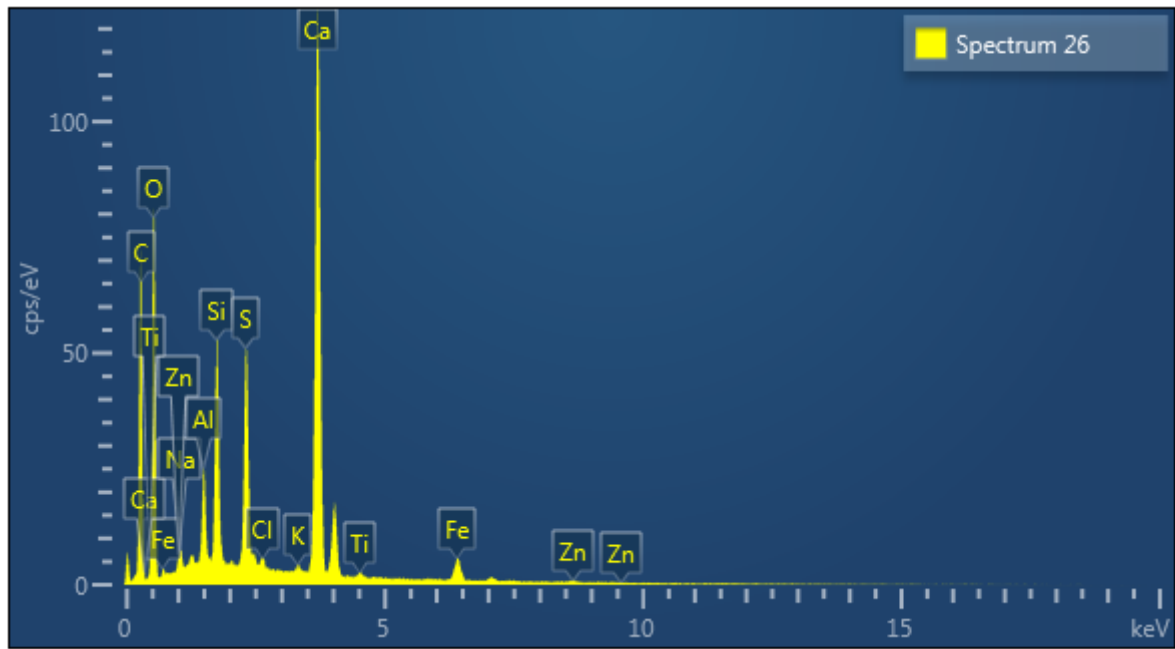


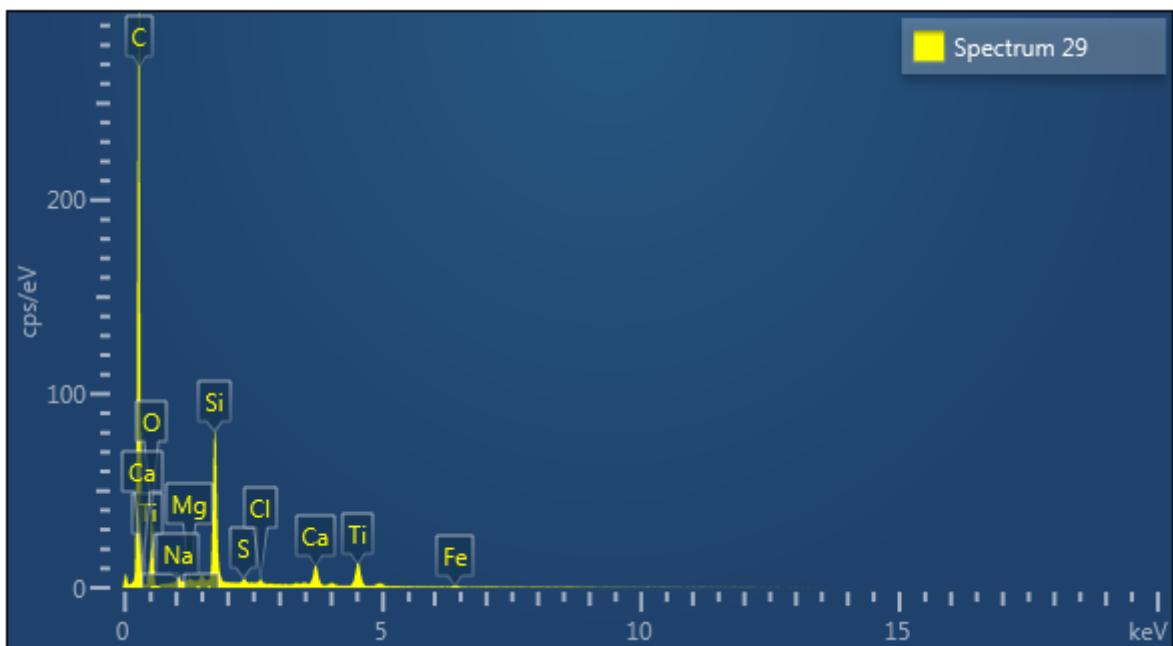
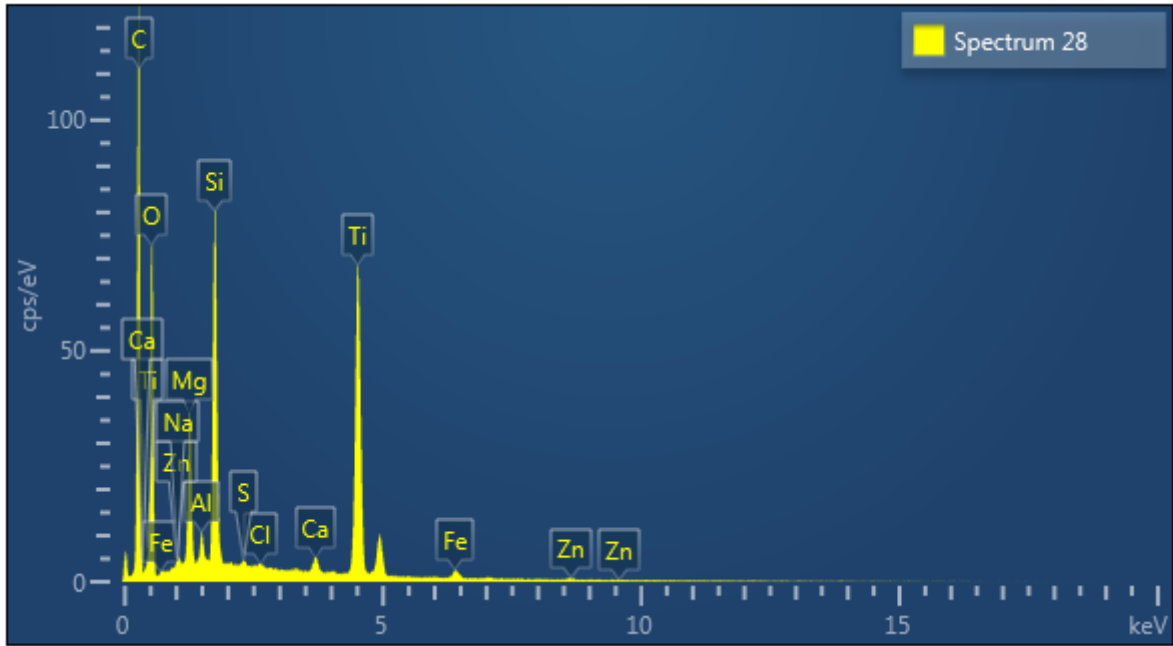
Electron Image 6

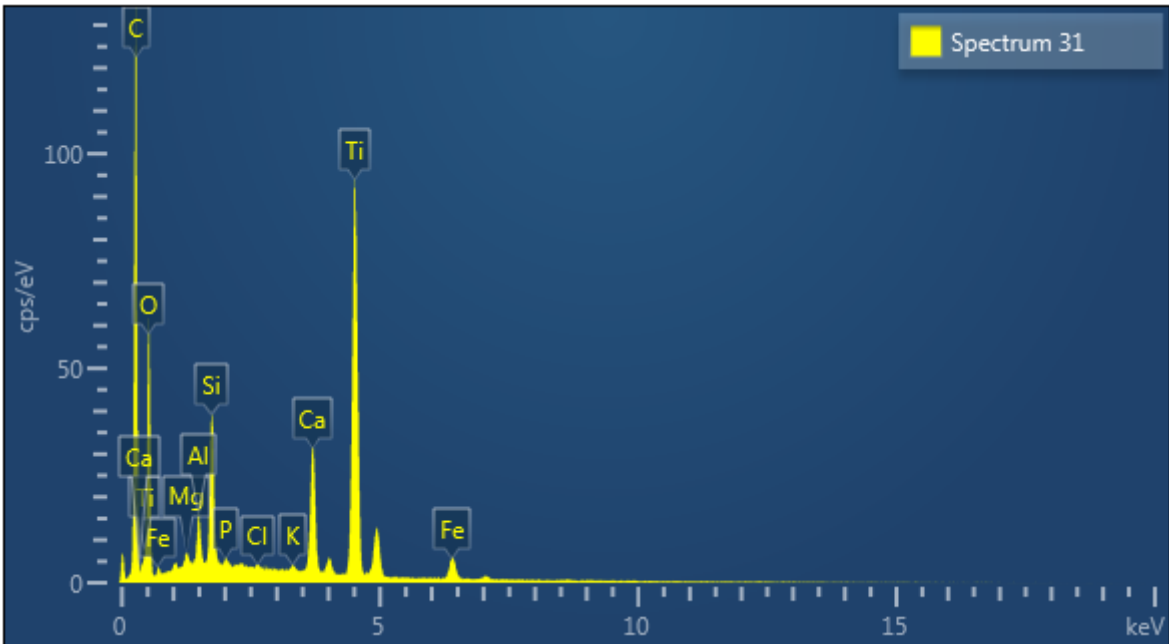
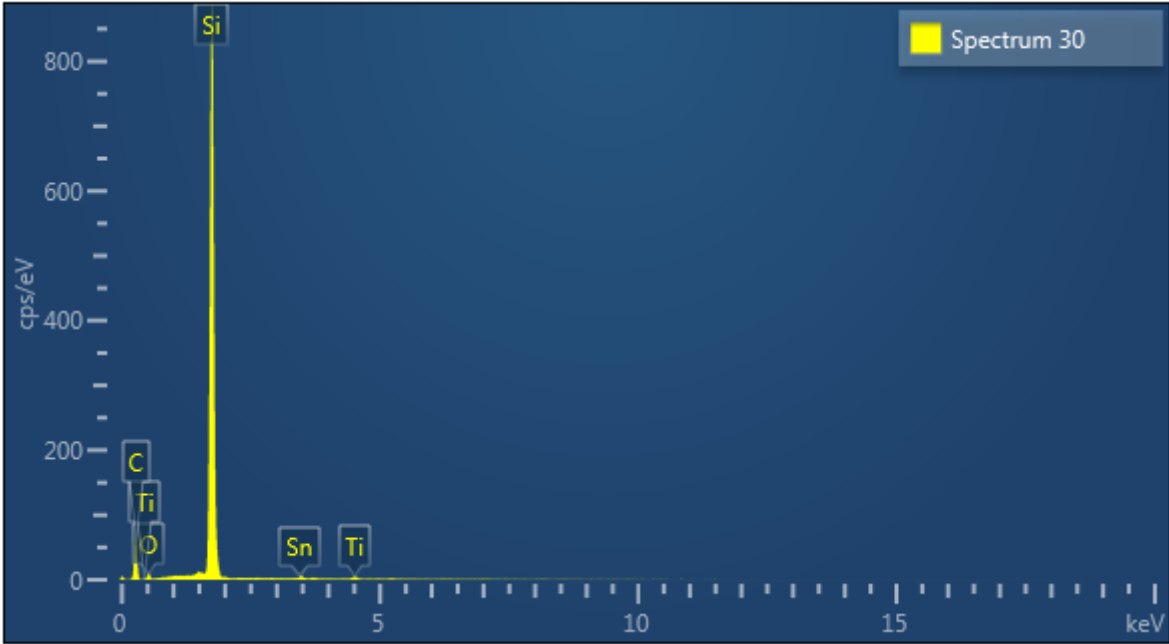


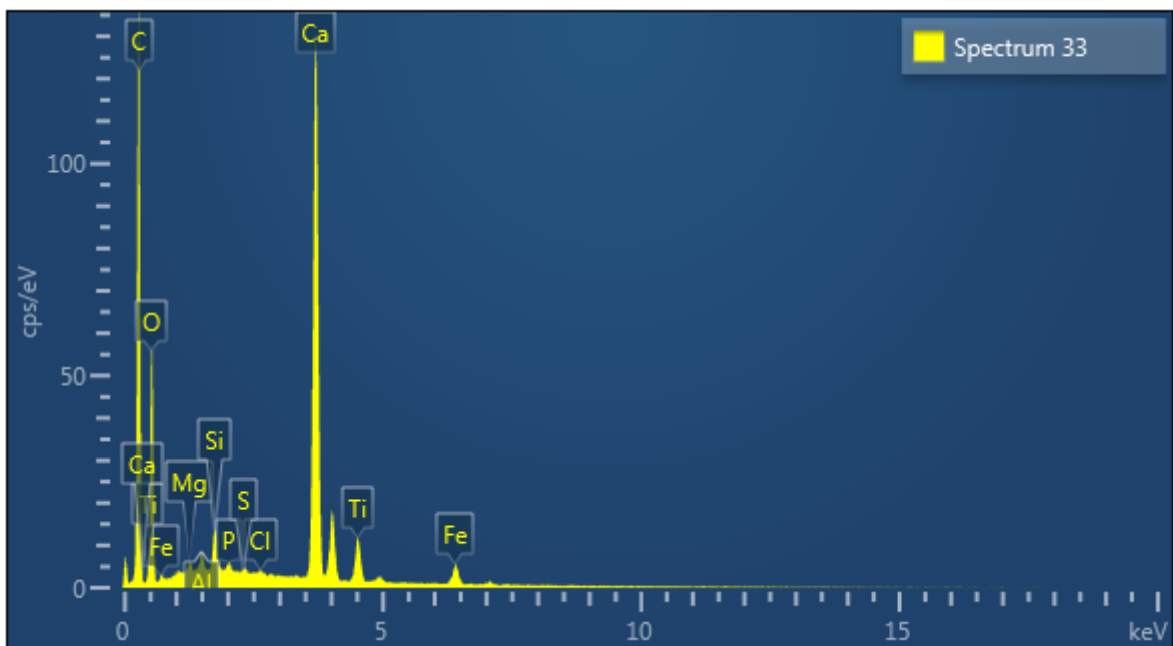
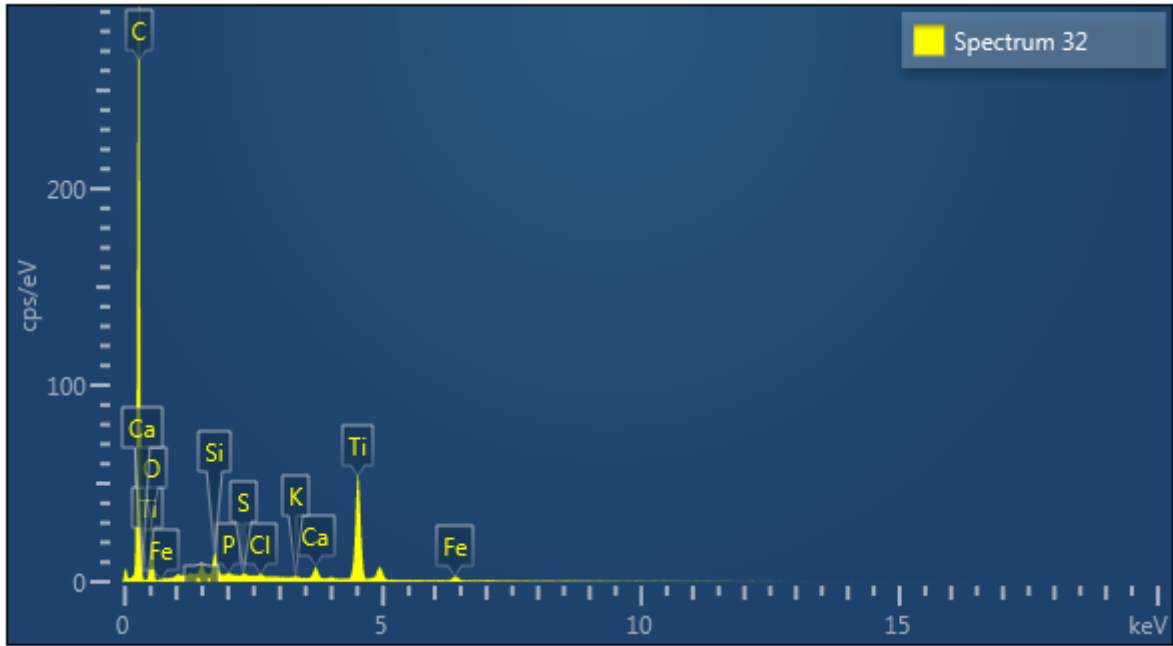


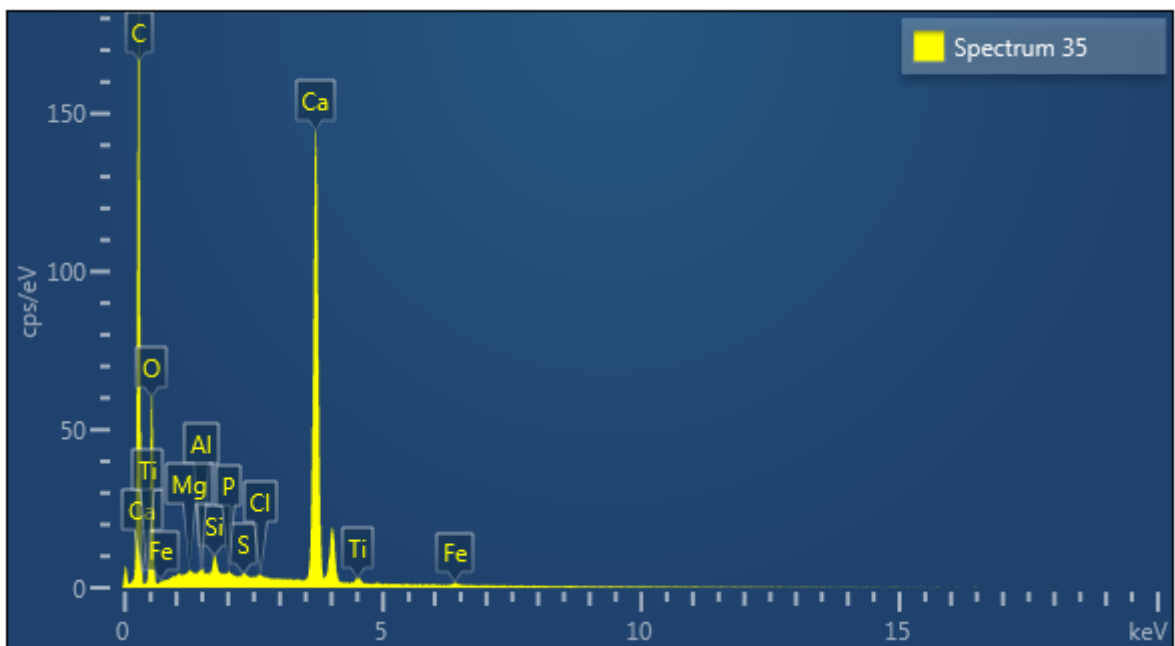
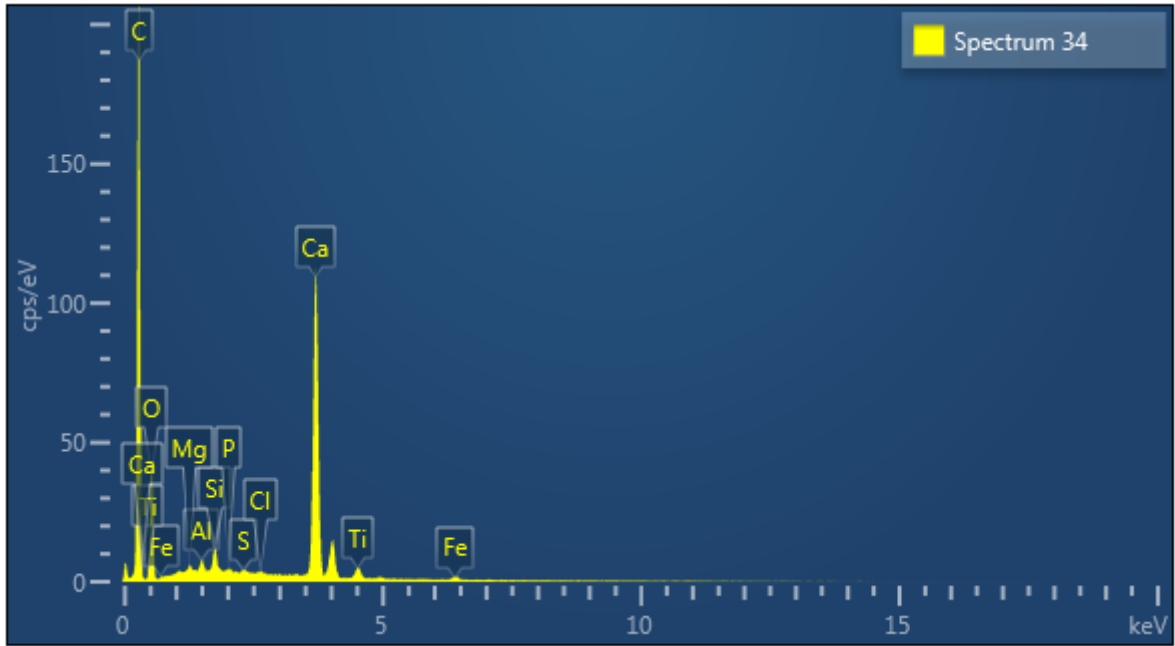




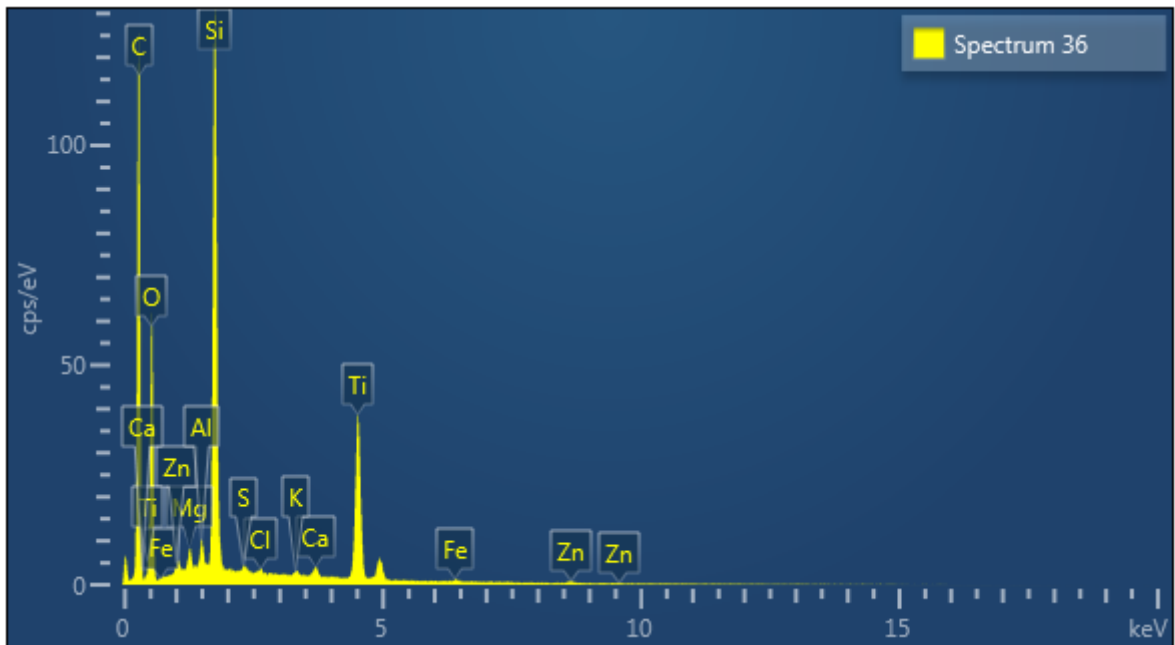
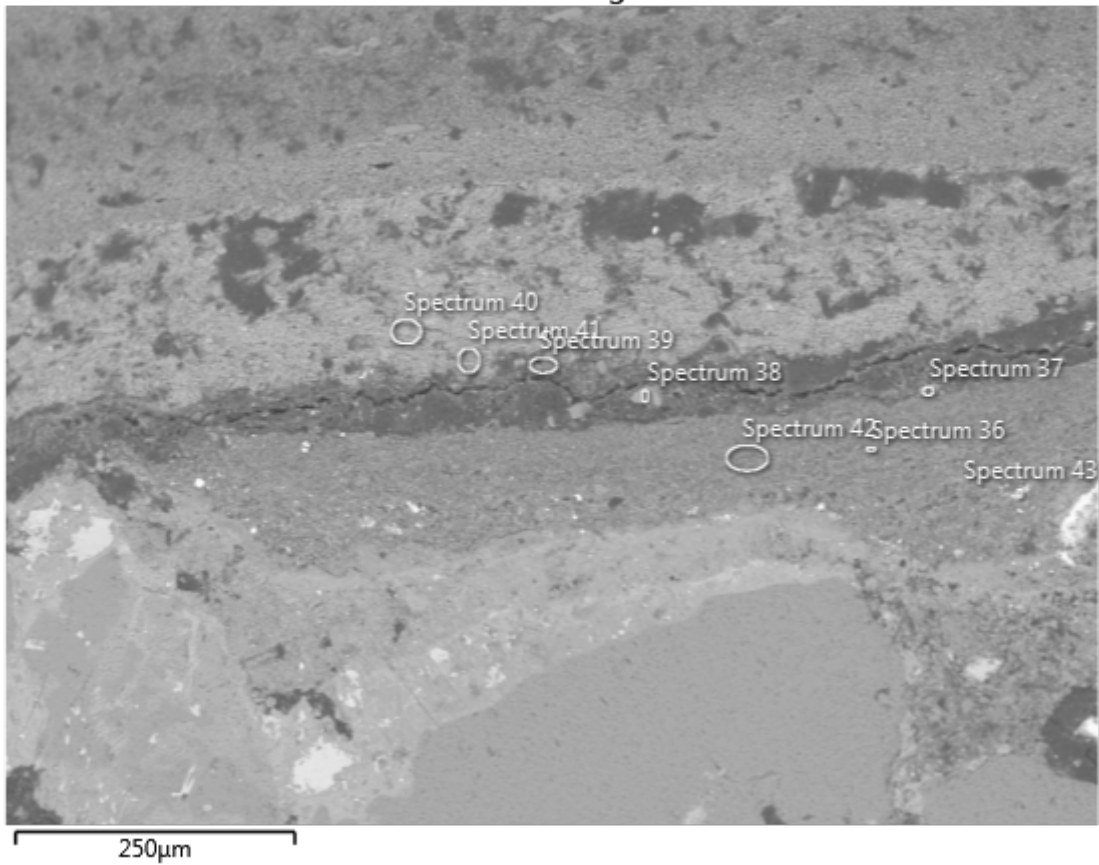


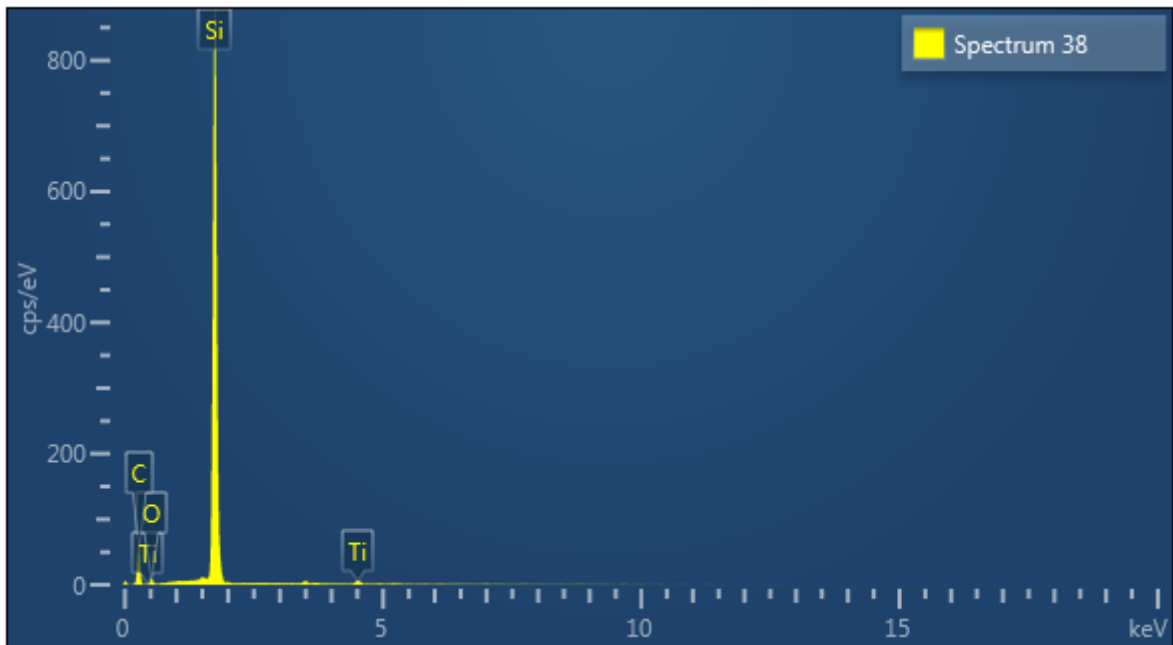
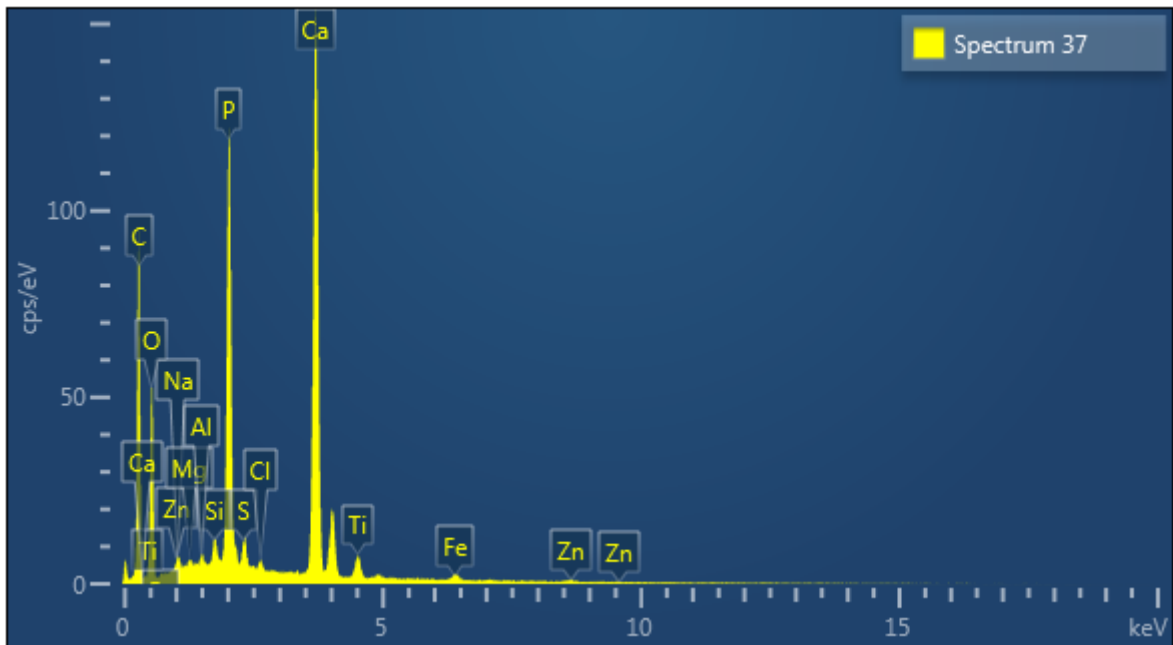


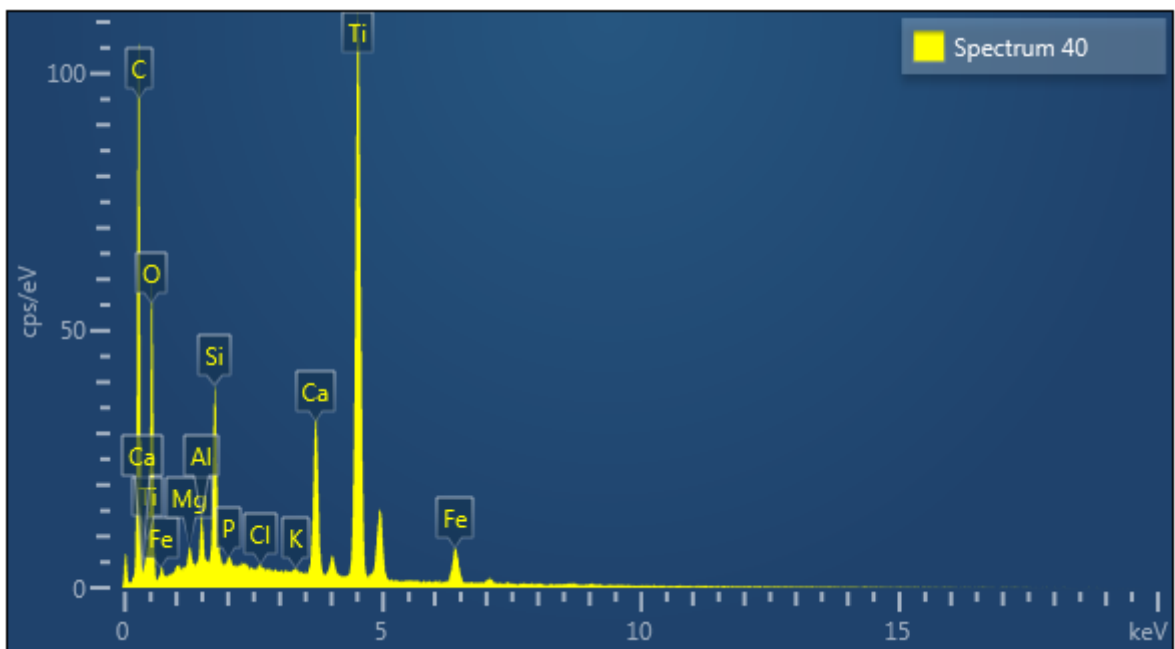
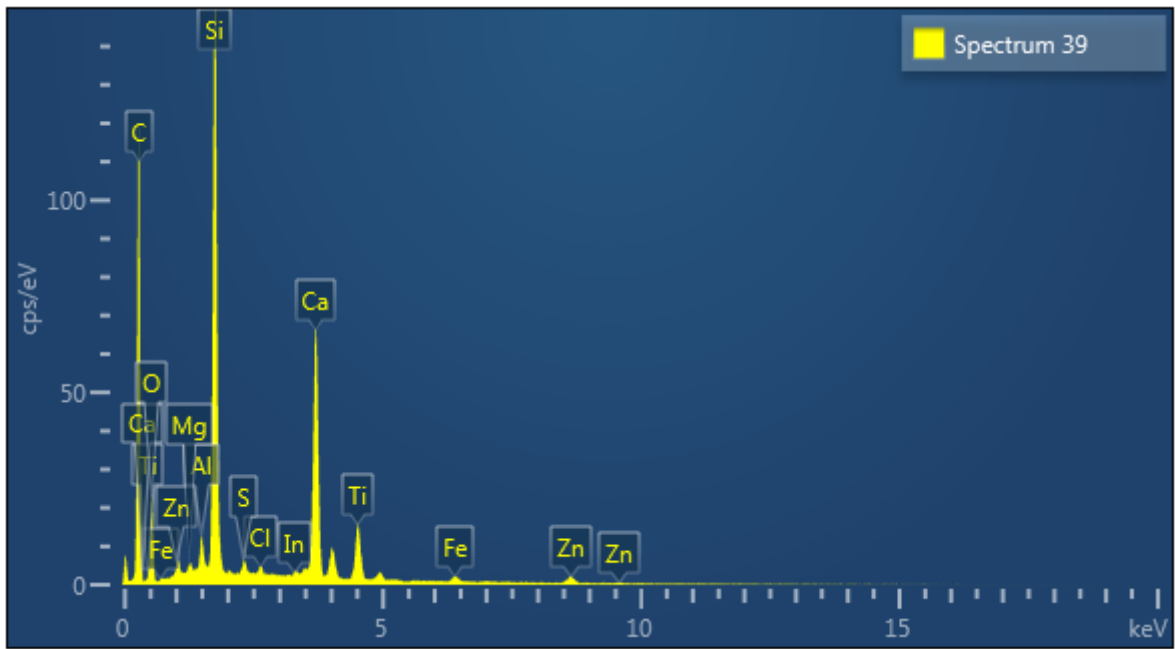


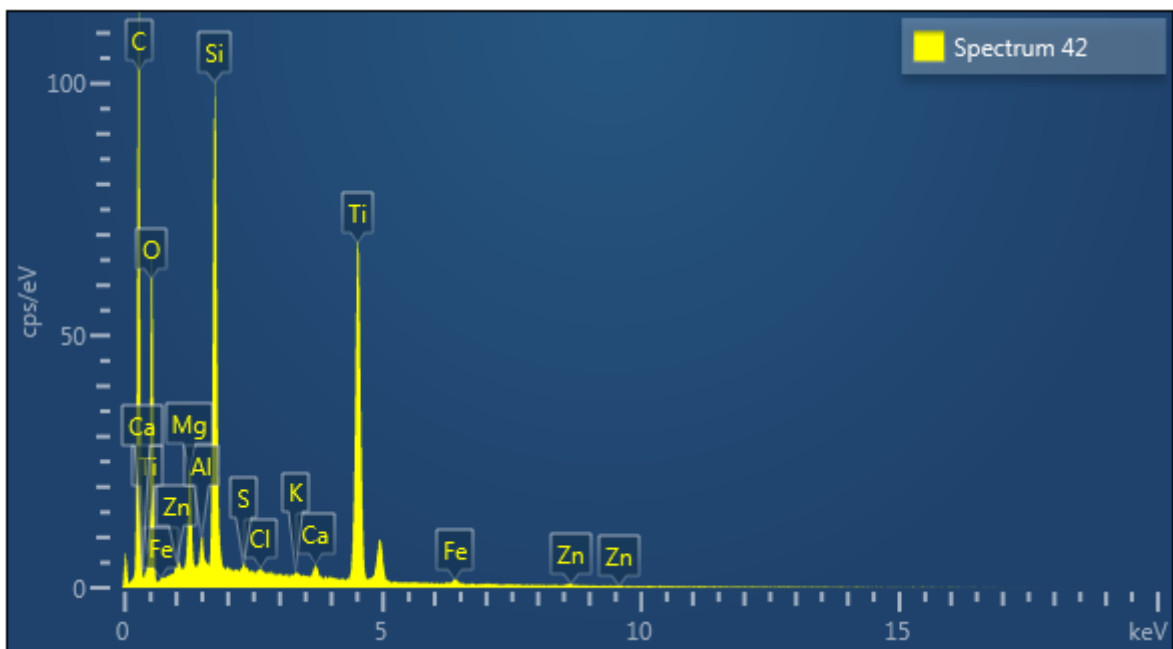
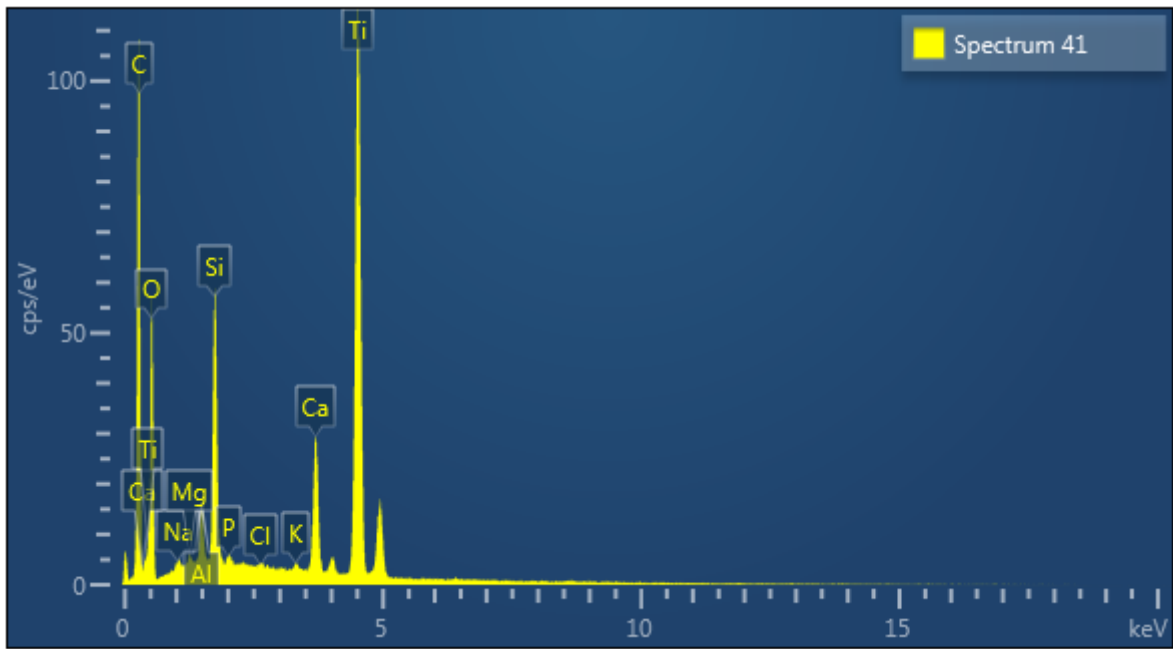


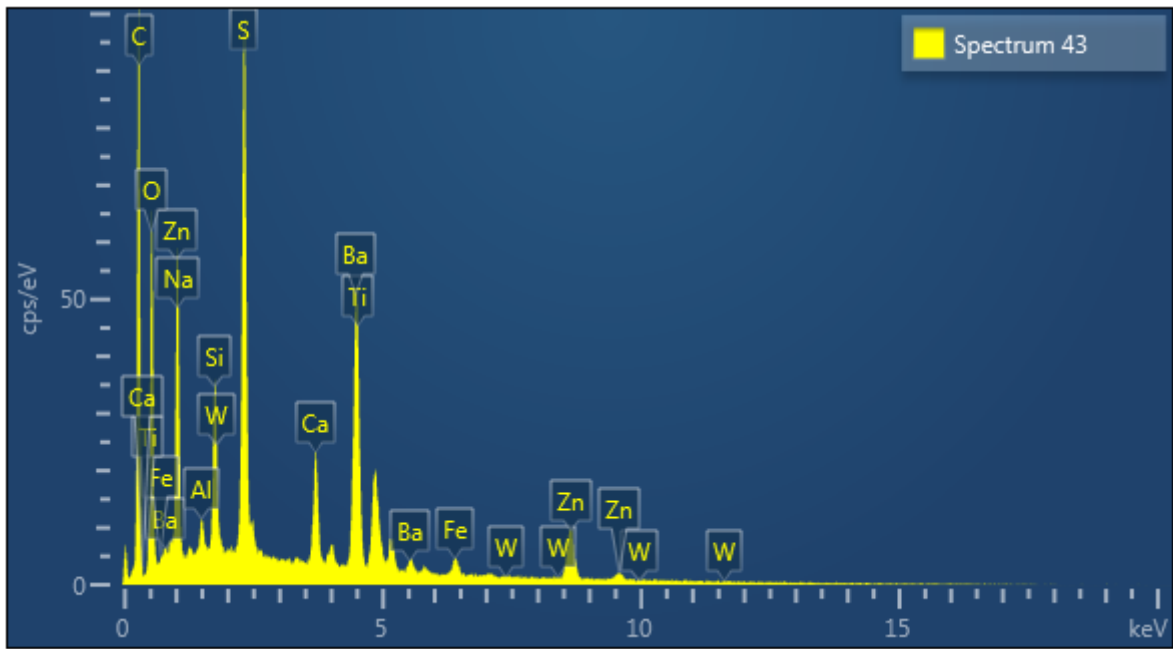
Electron Image 7



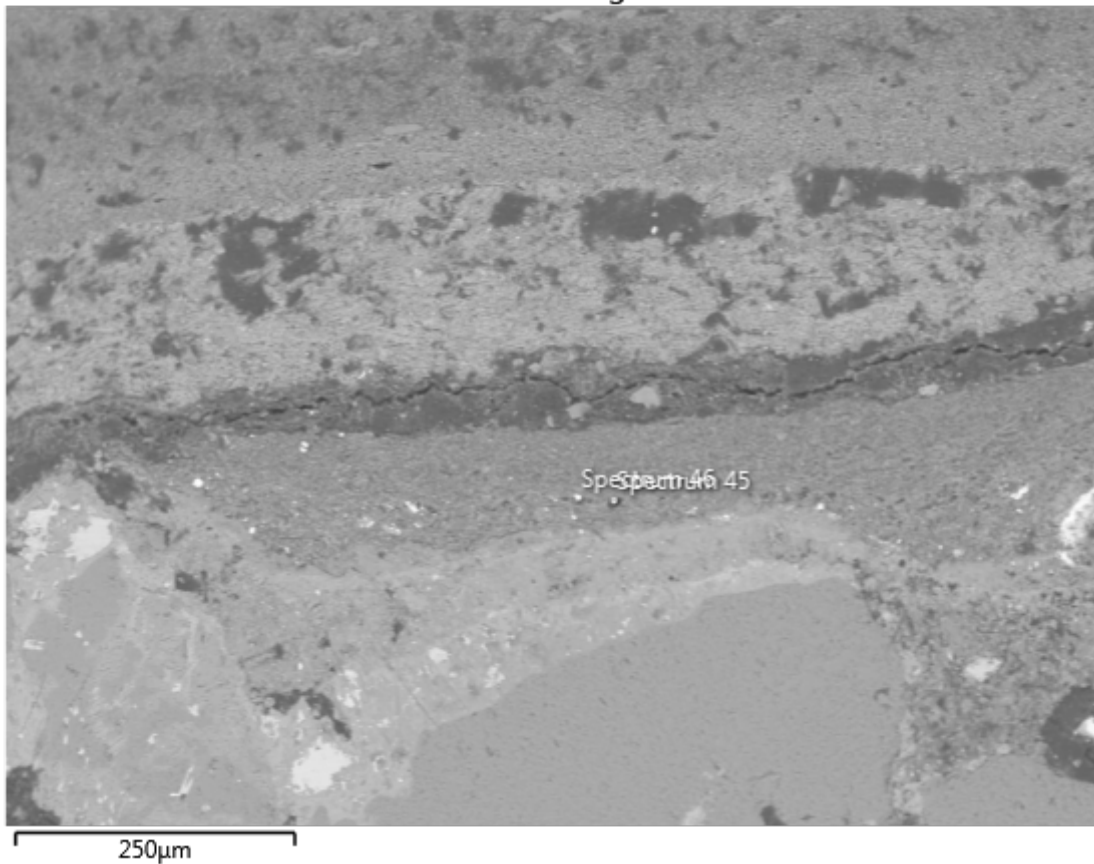


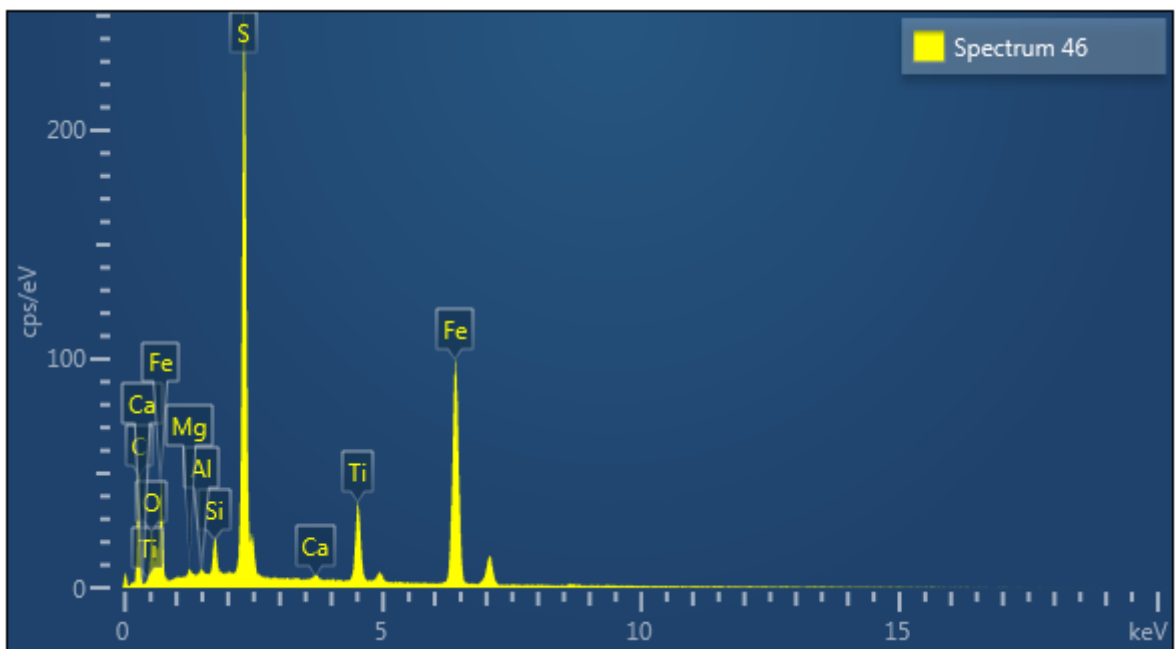
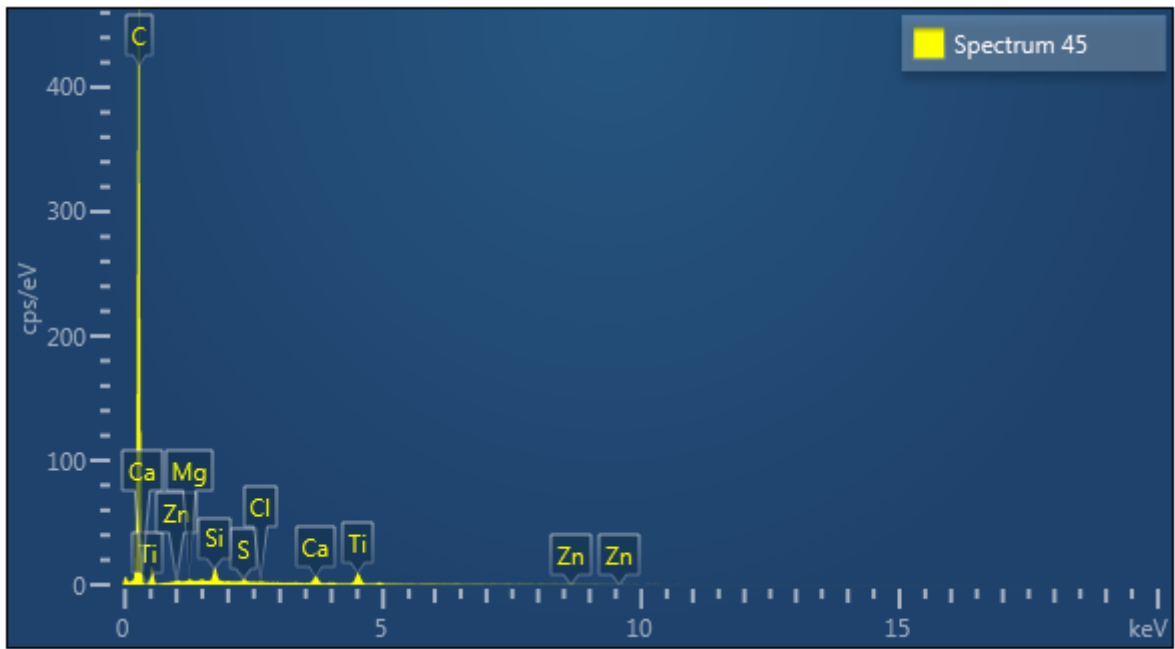






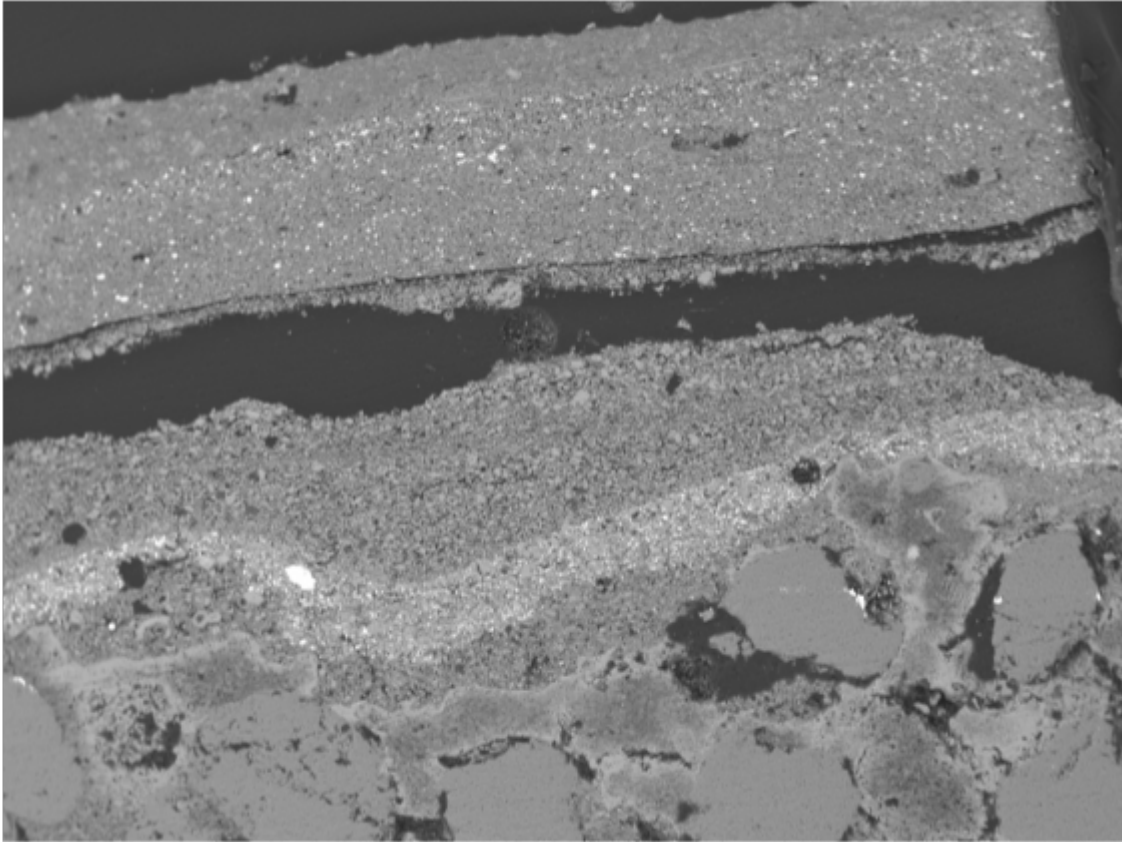
Electron Image 8



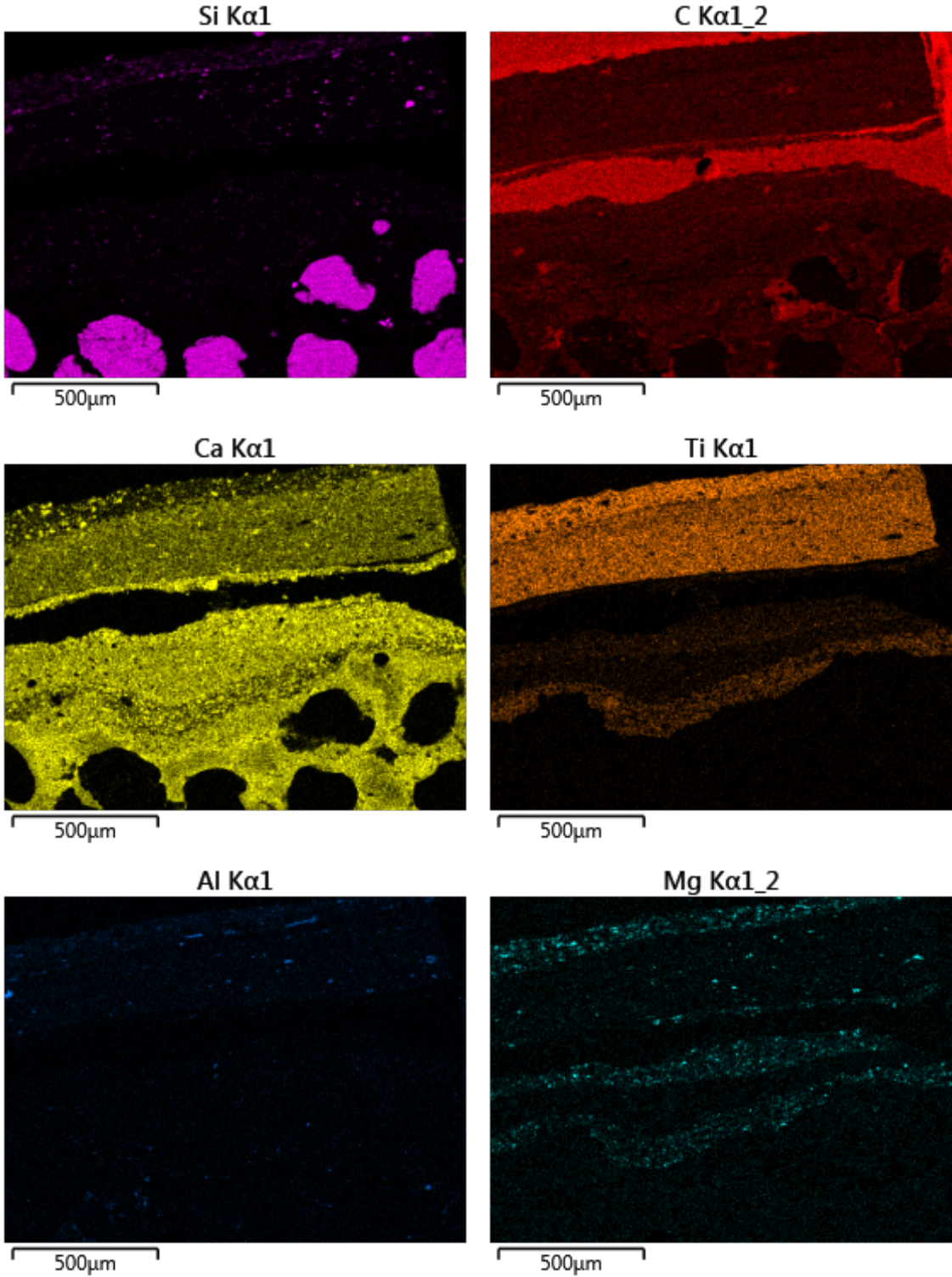


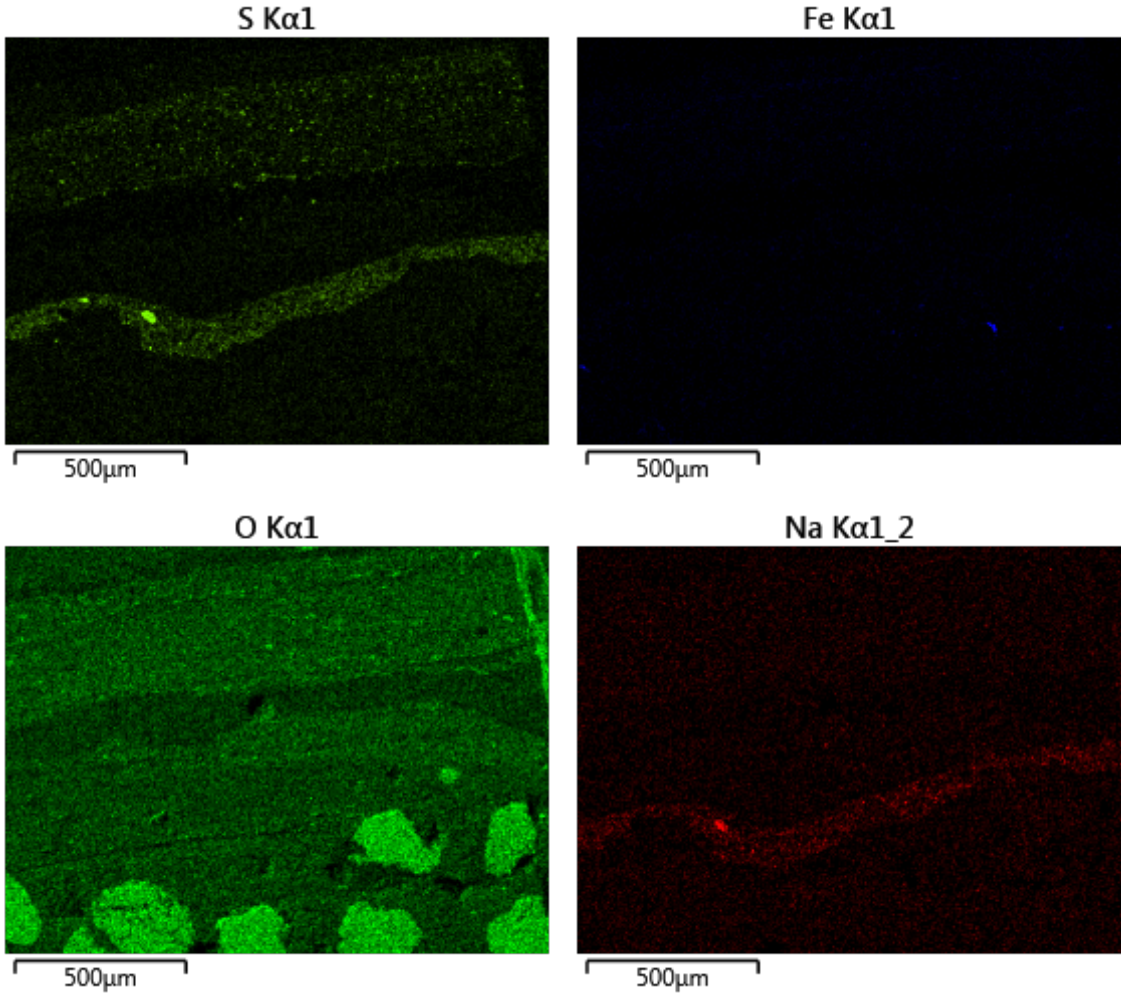
RSH-18 K08

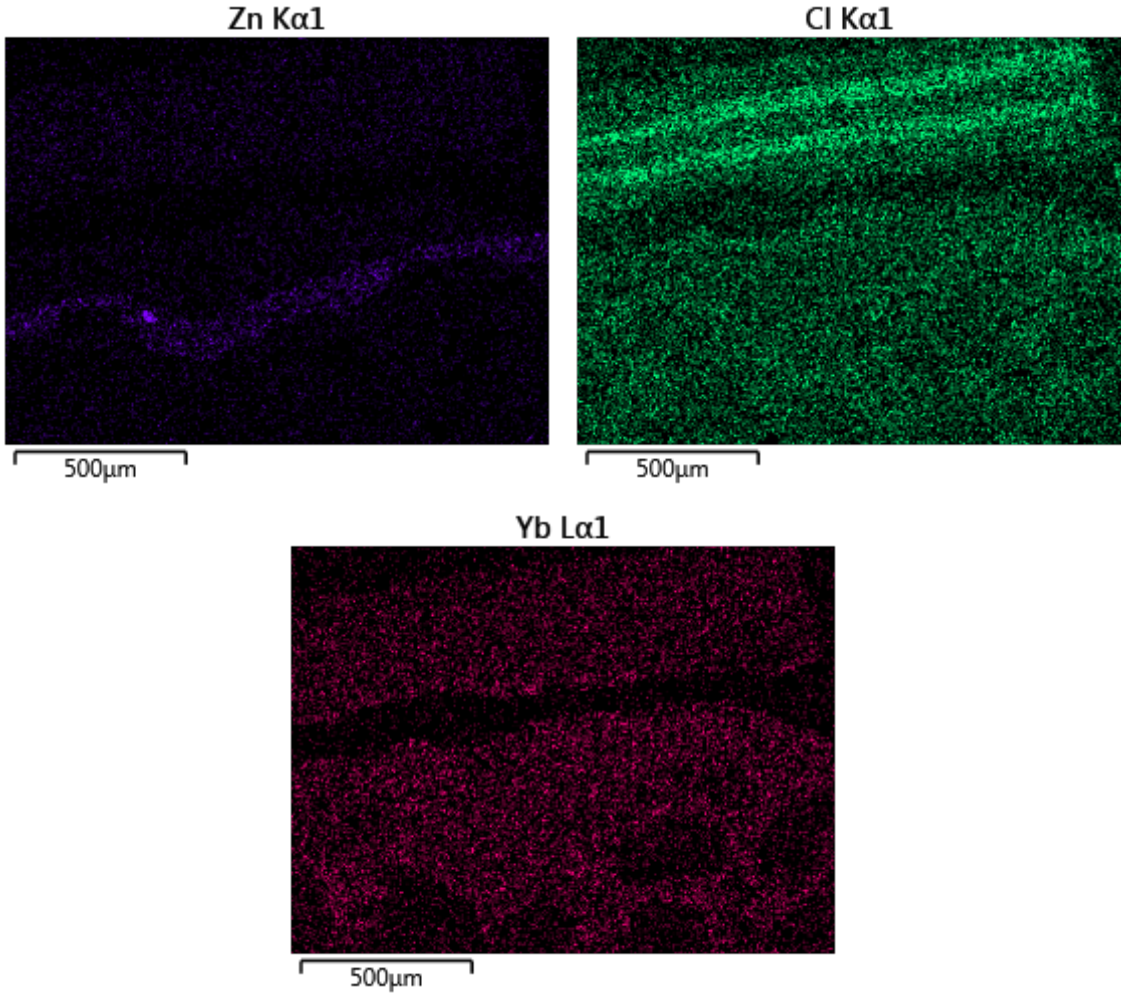
Electron Image 9



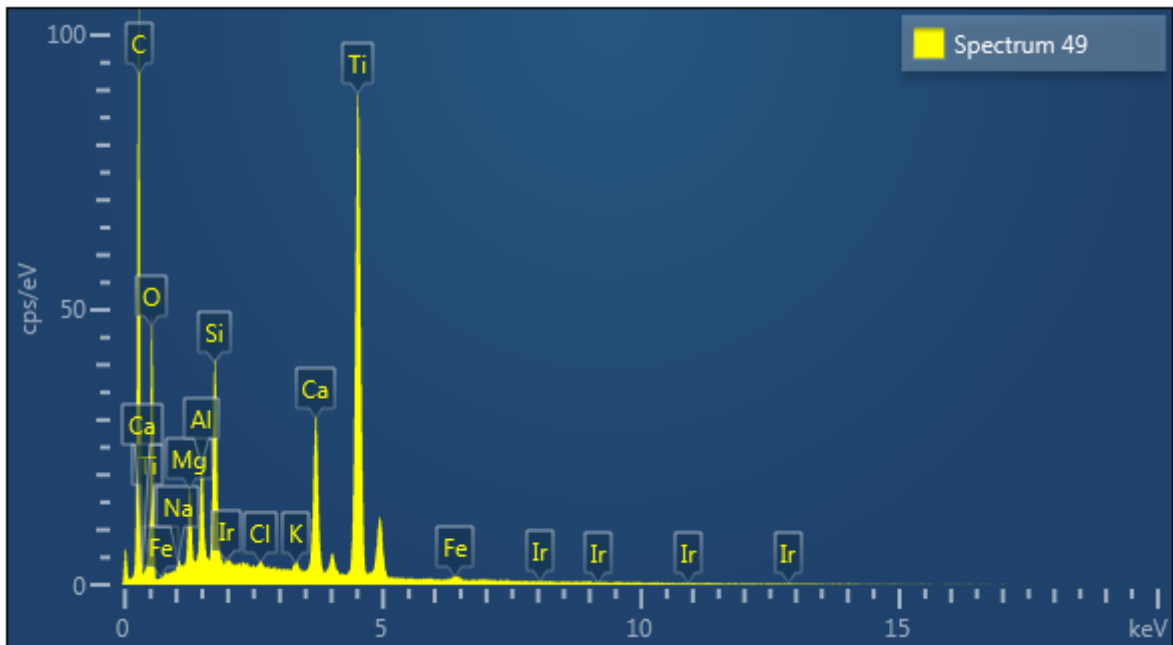
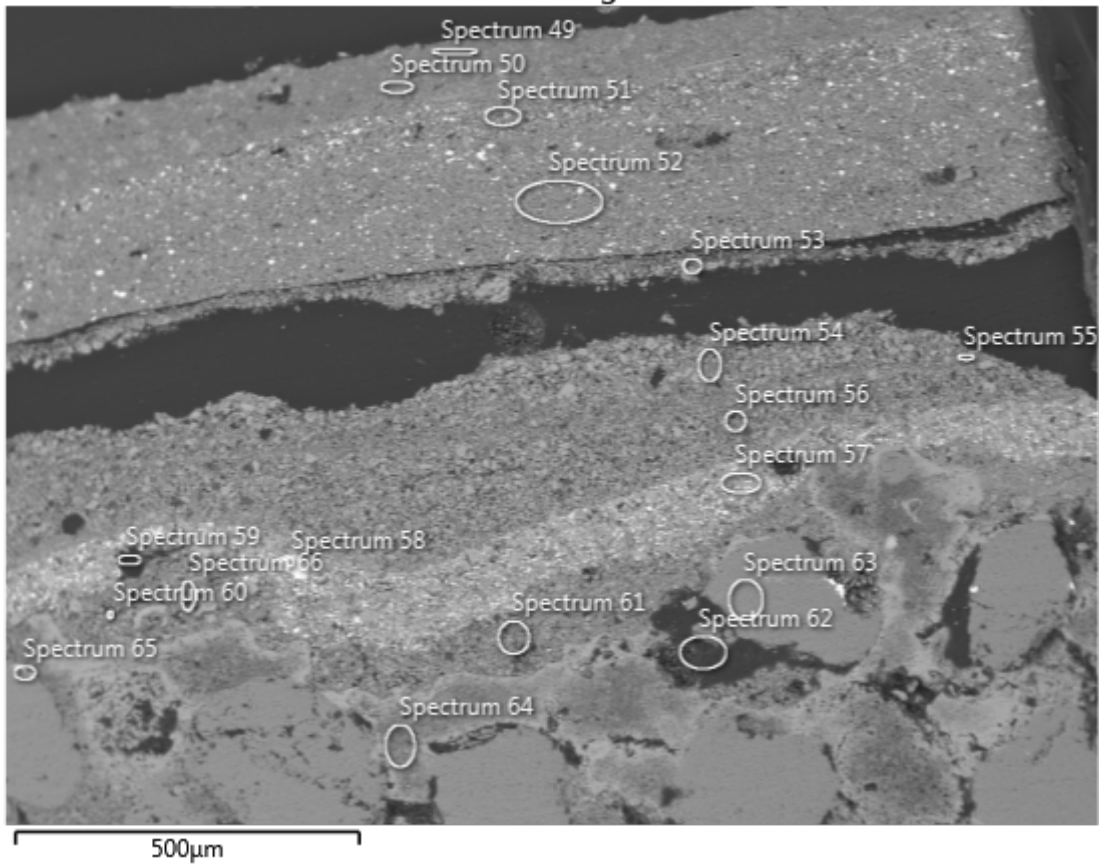
500µm

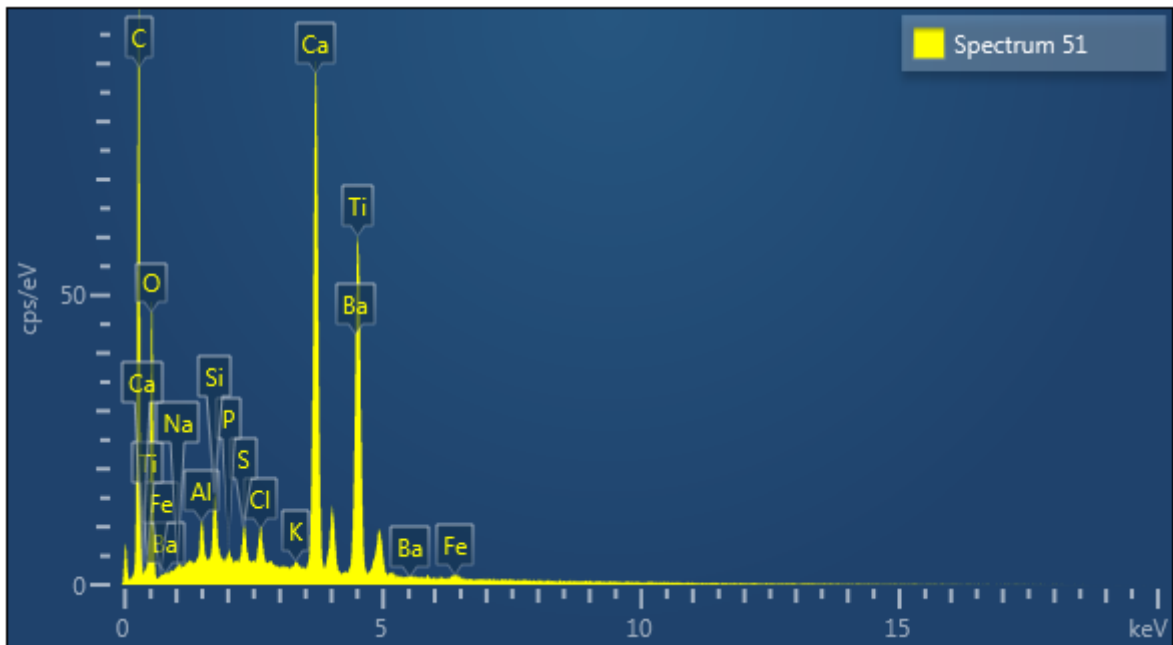
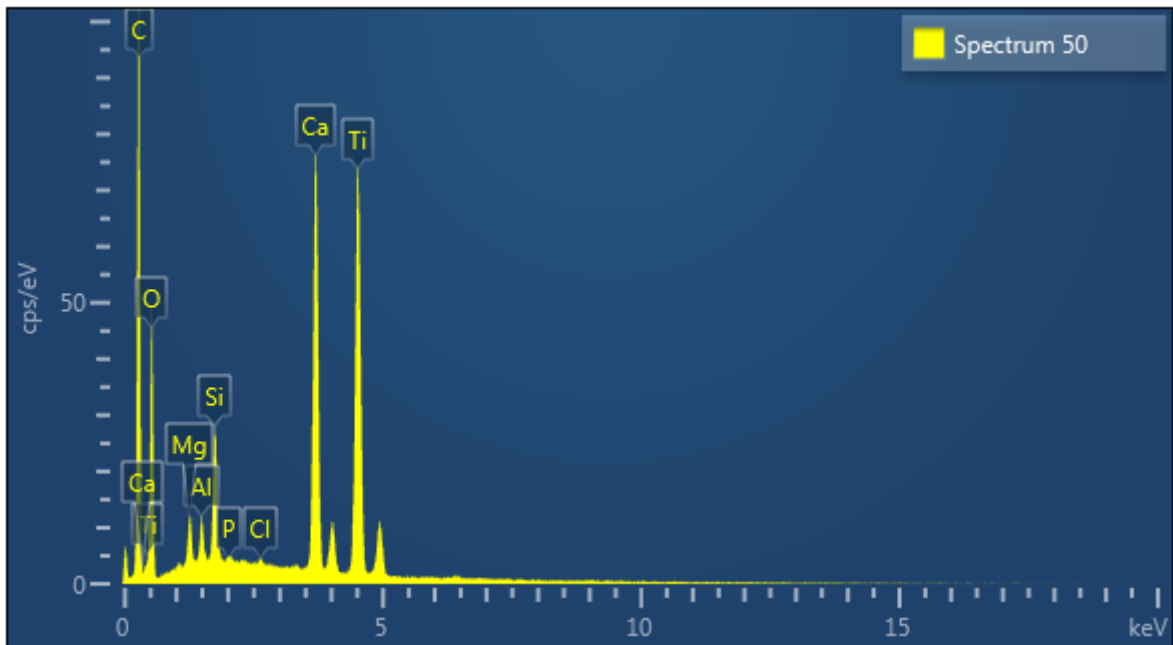


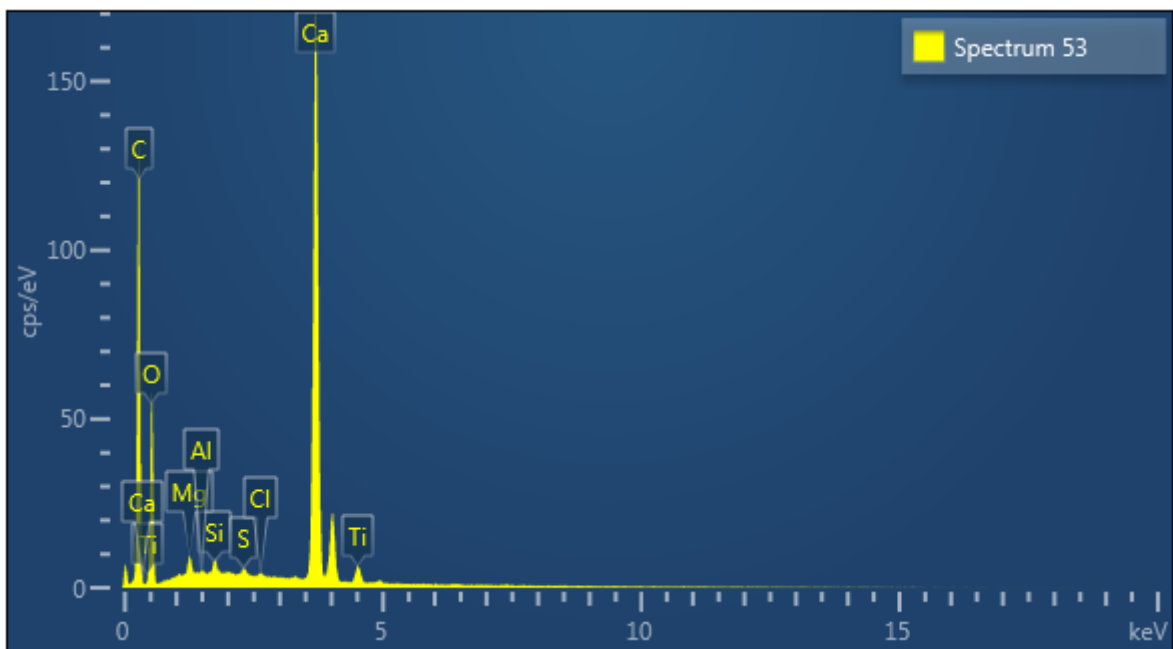
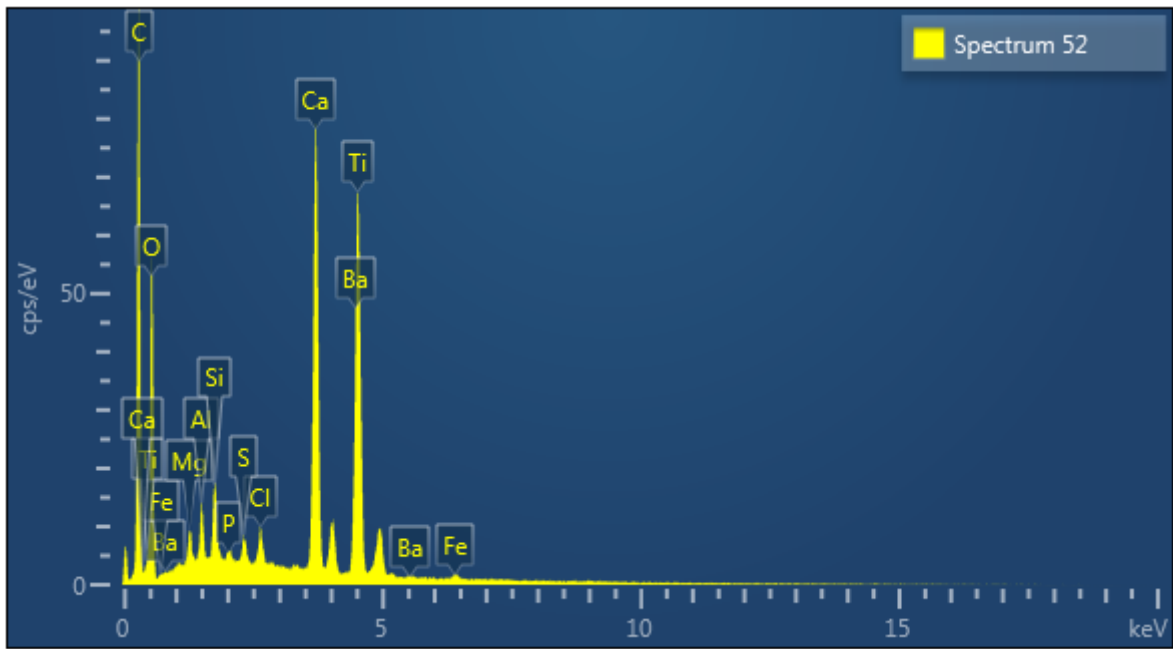


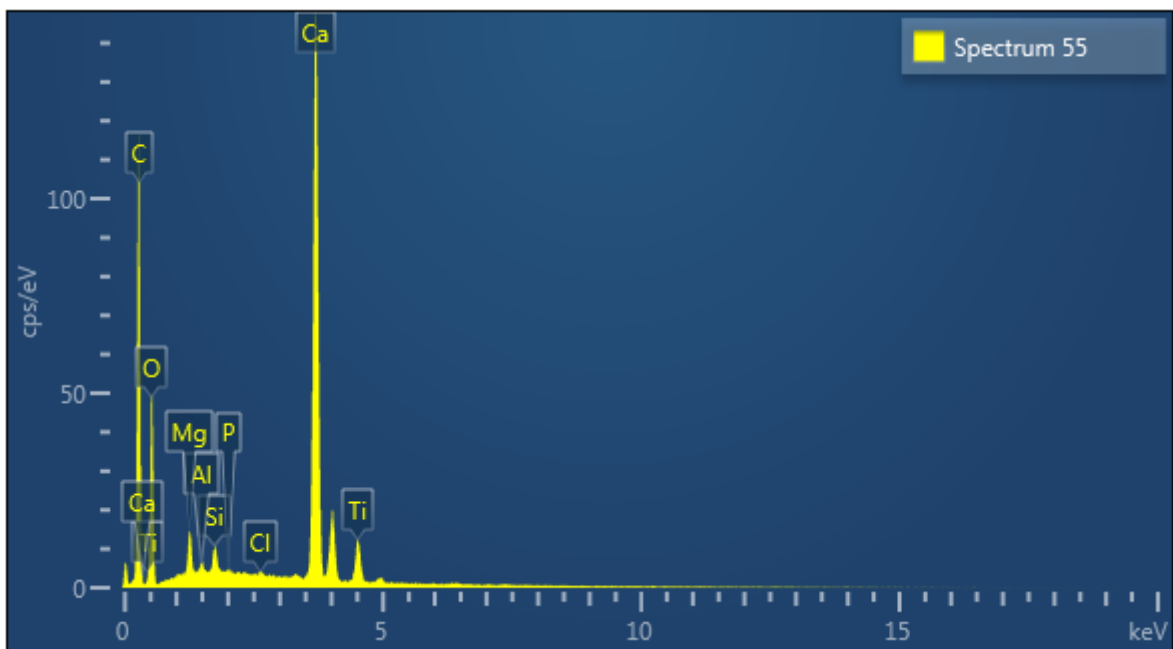
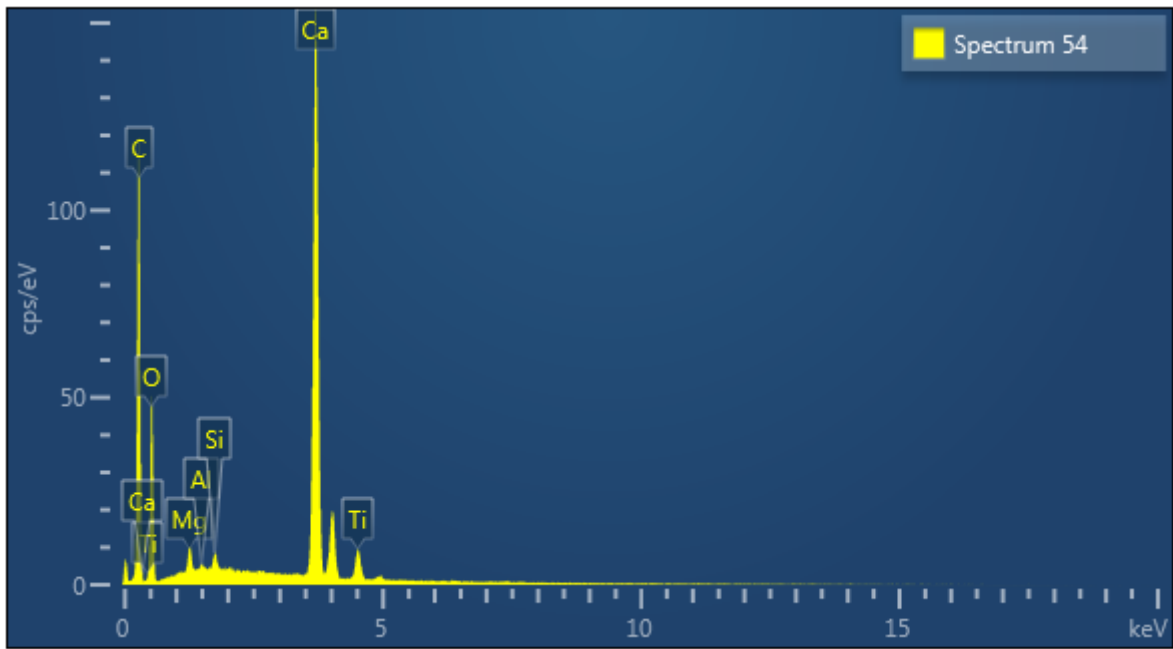


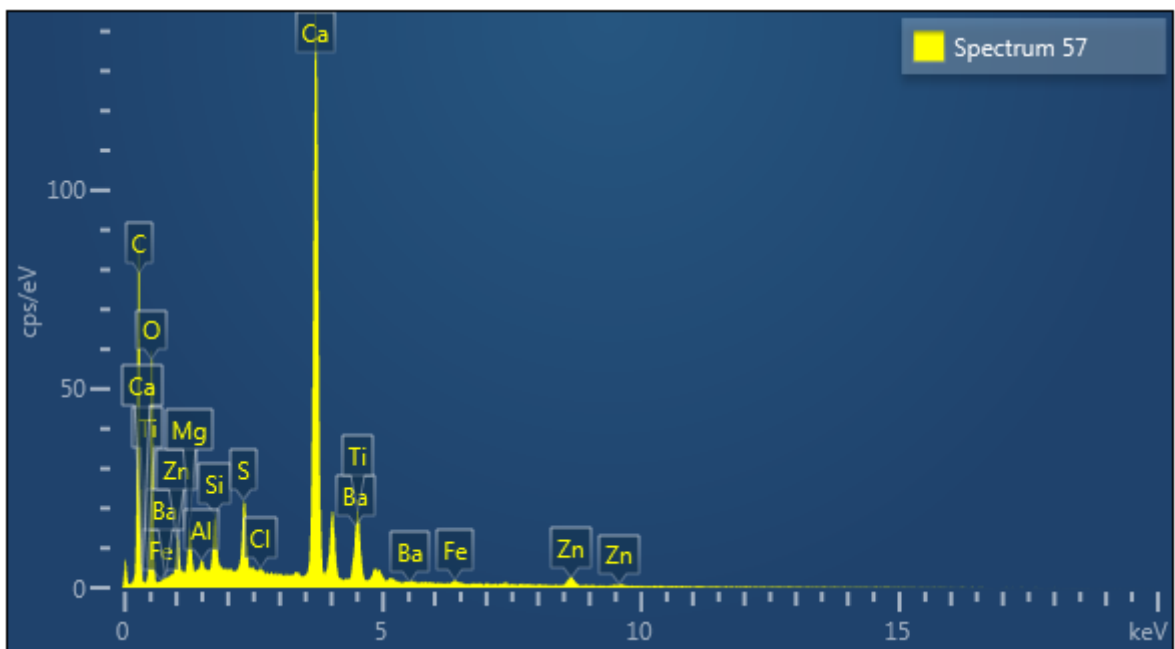
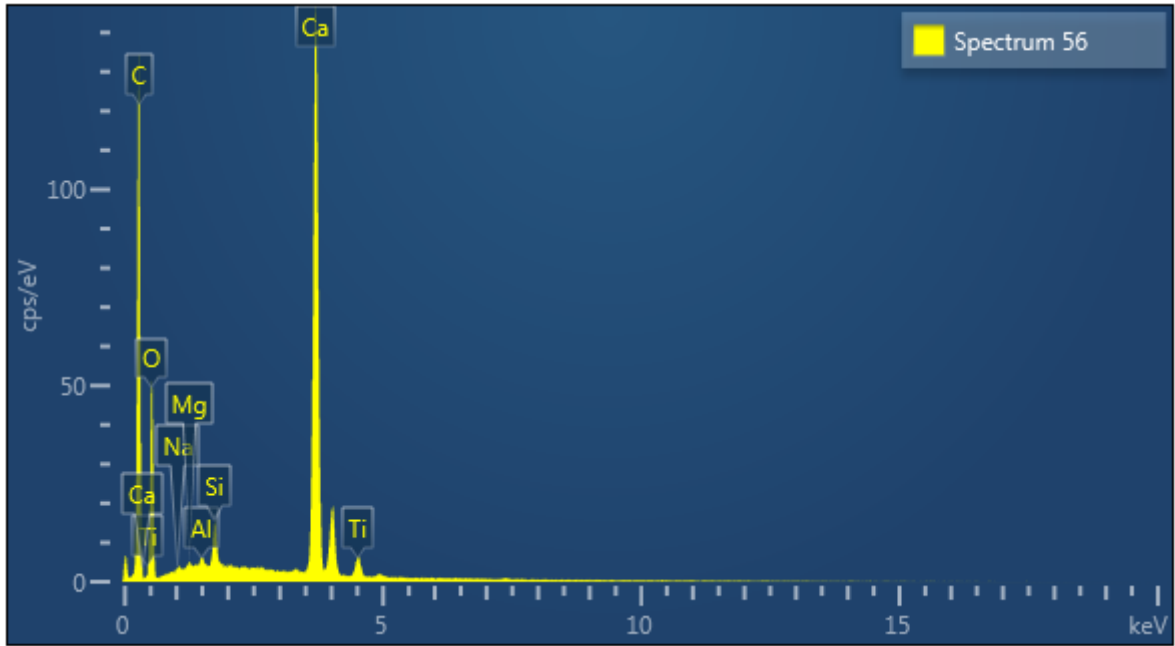
Electron Image 10

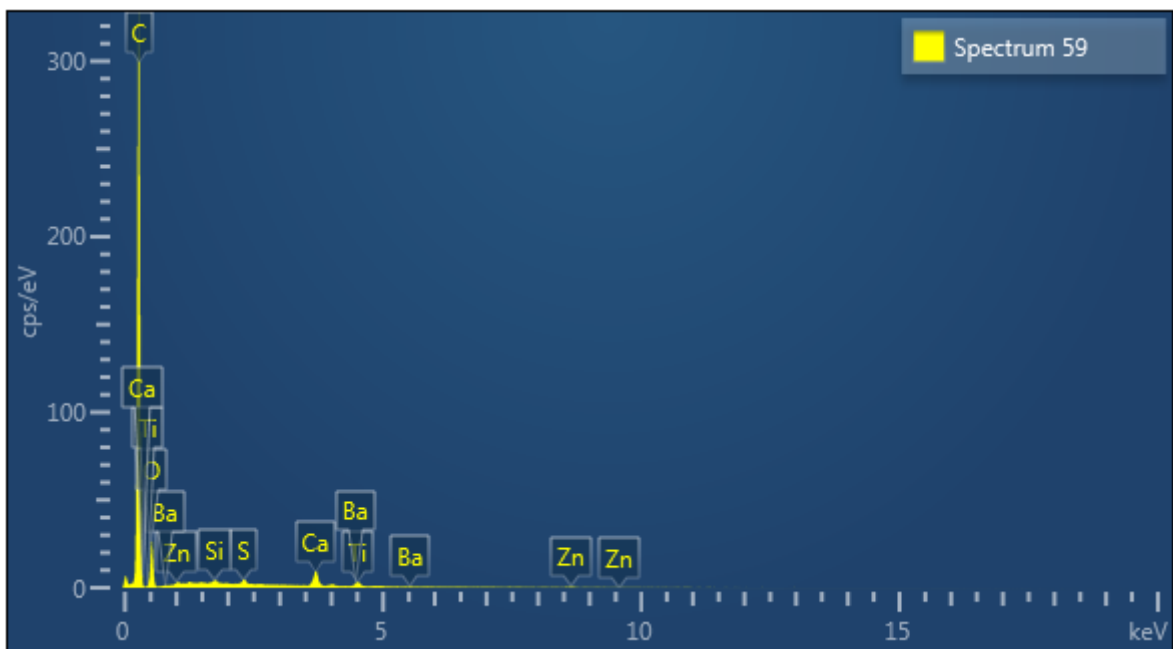
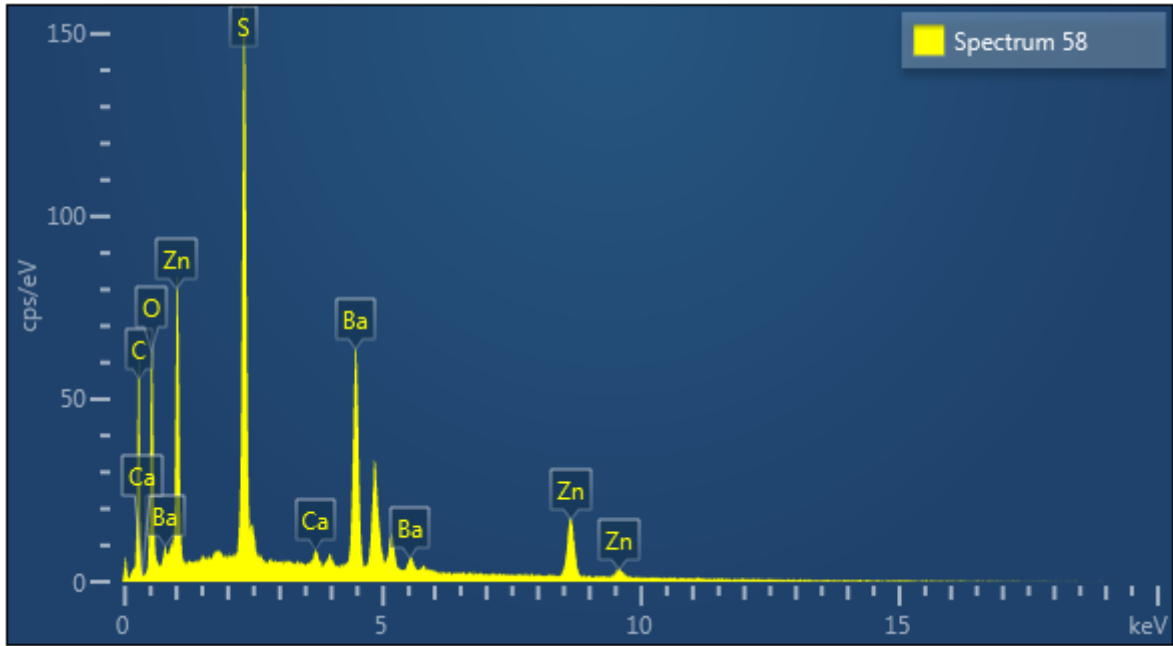


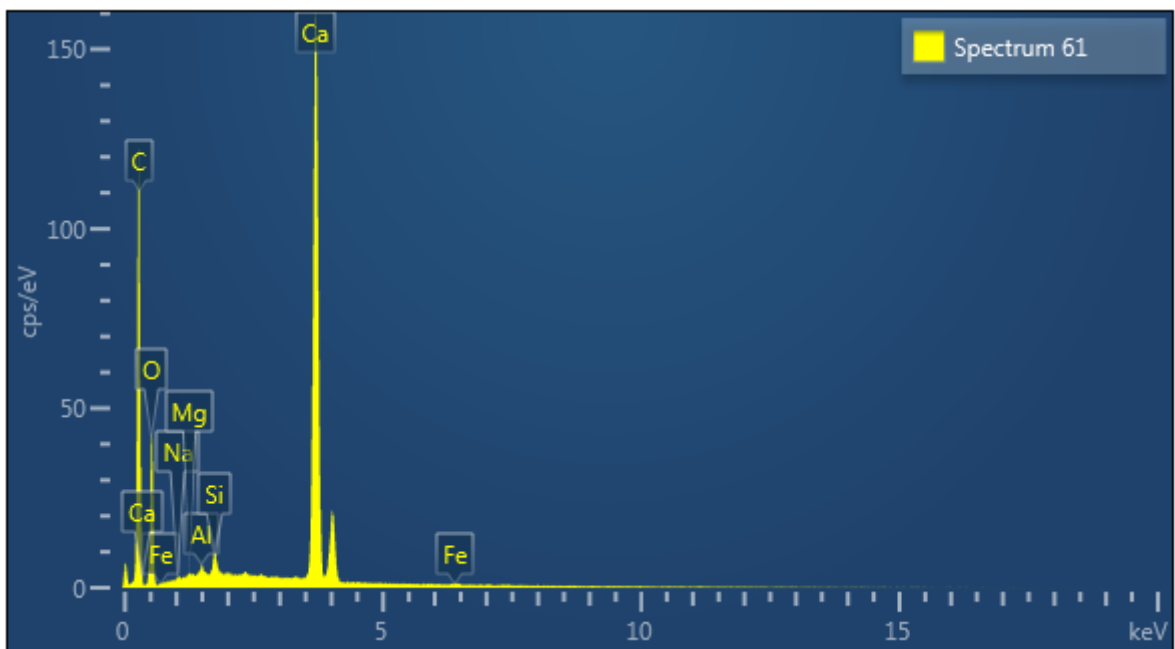
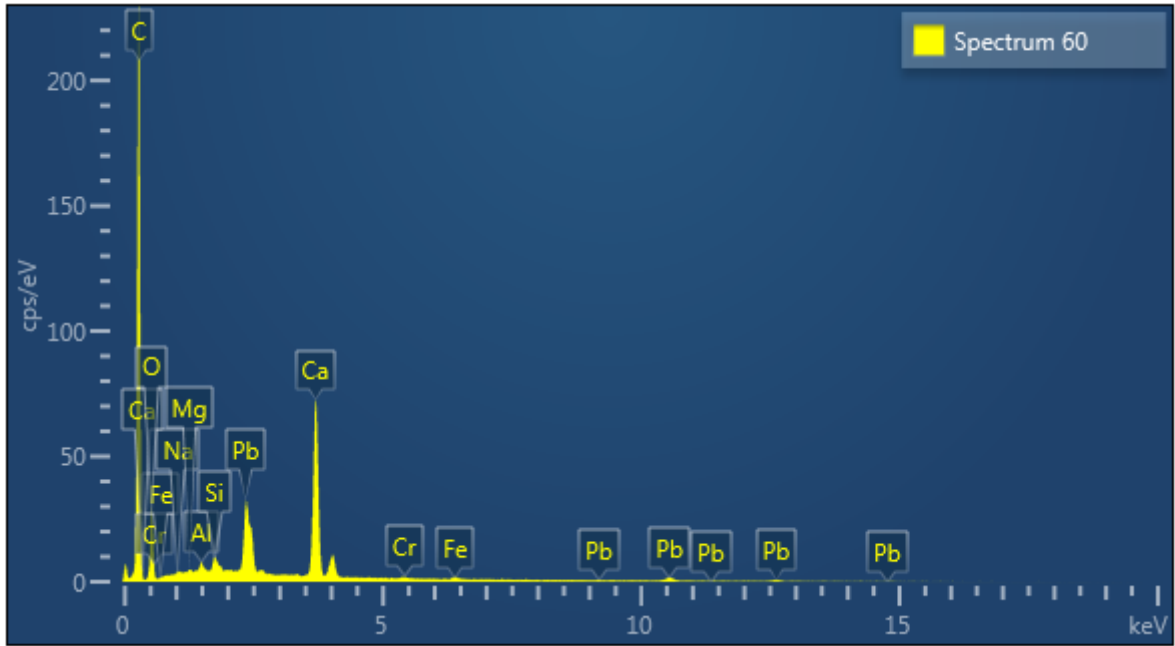


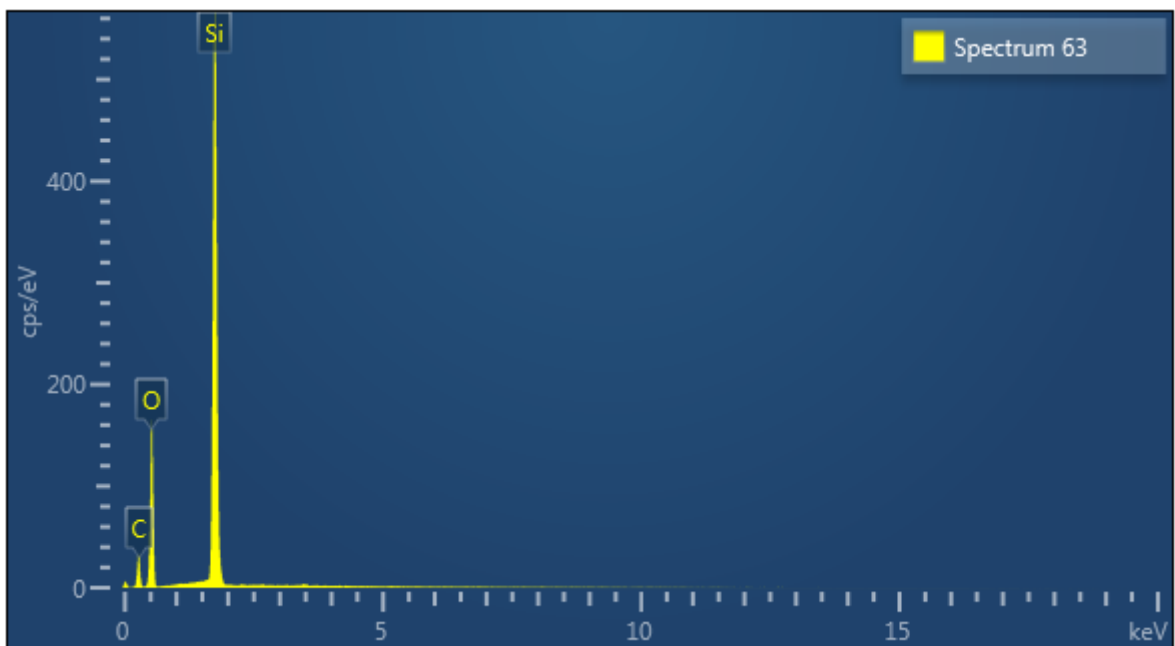
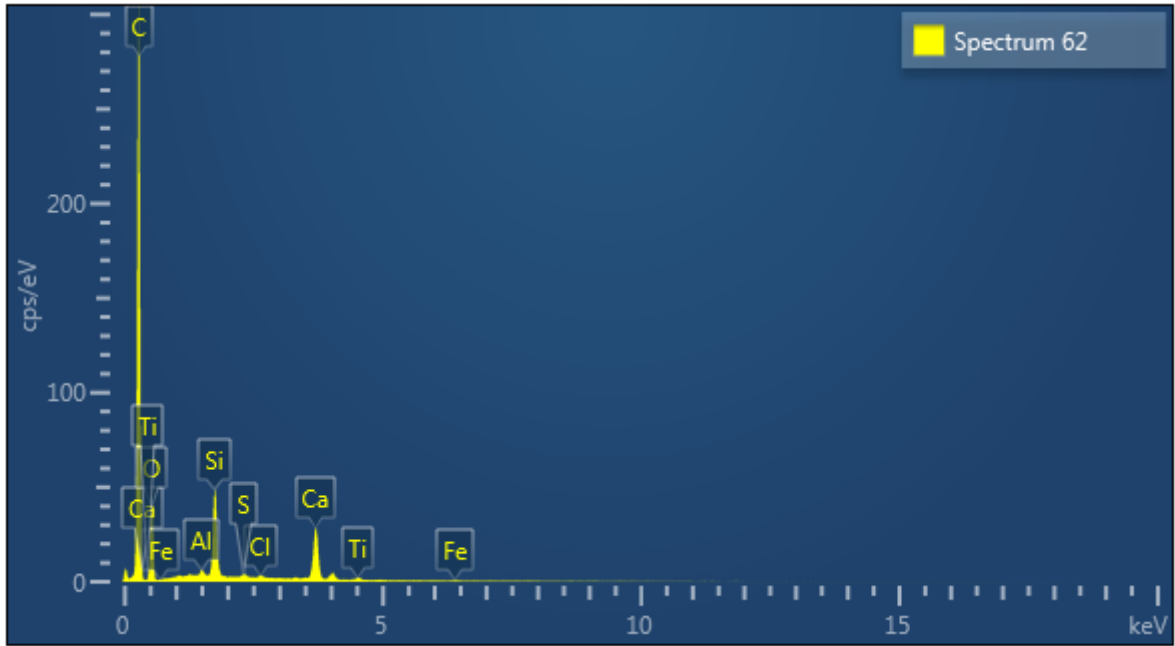


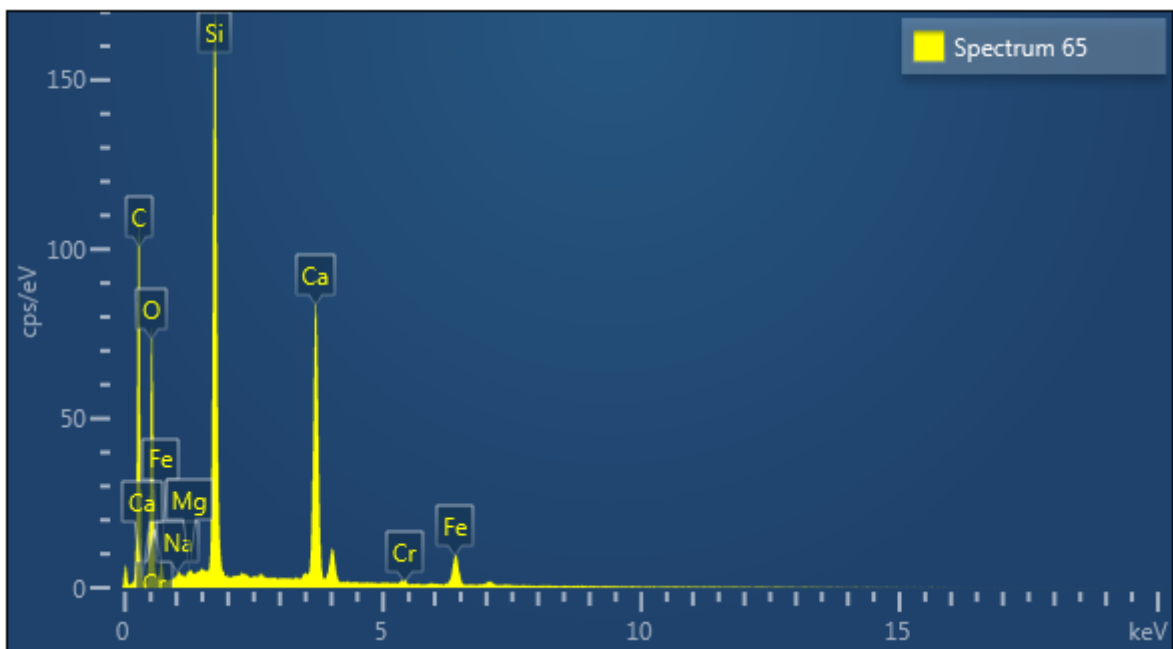
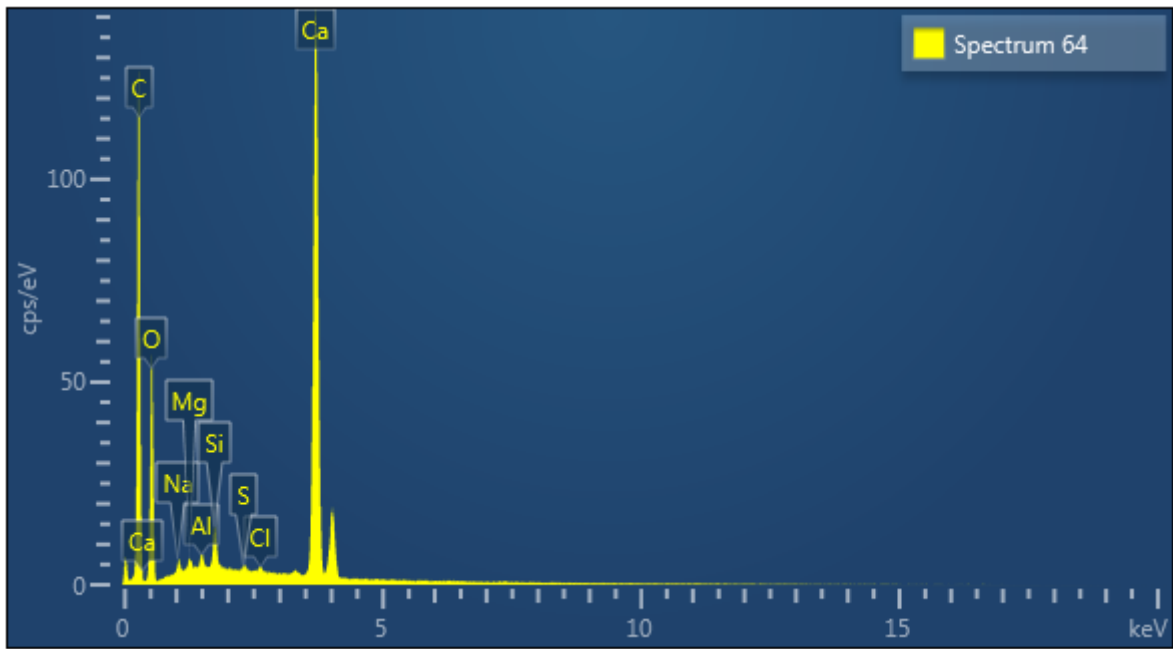


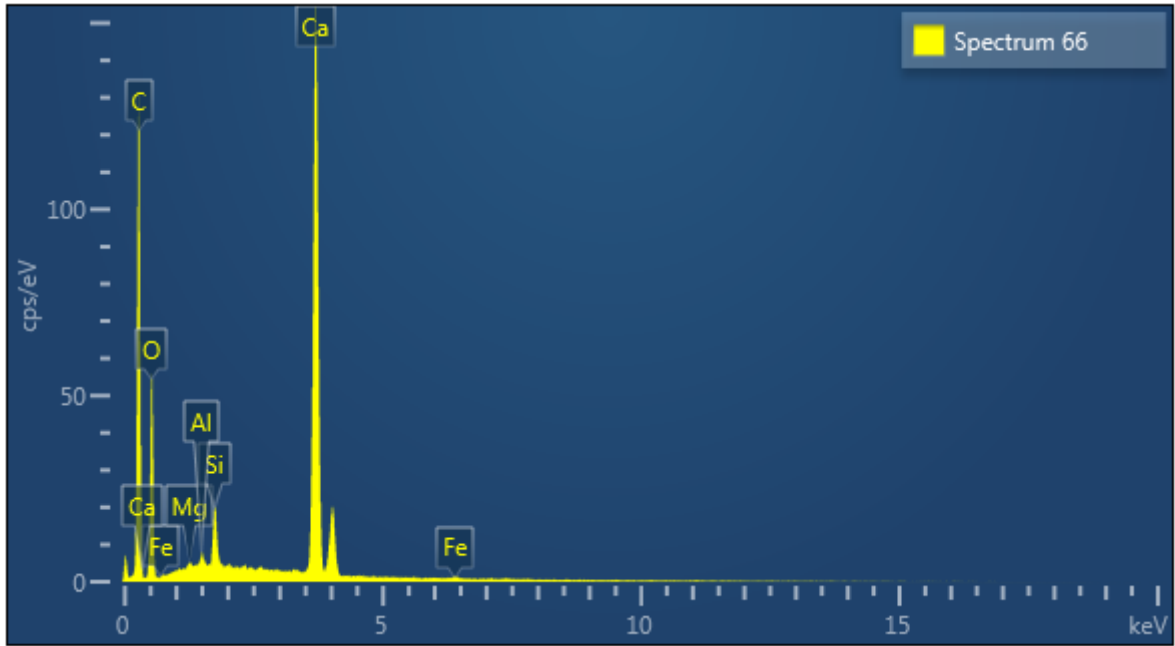




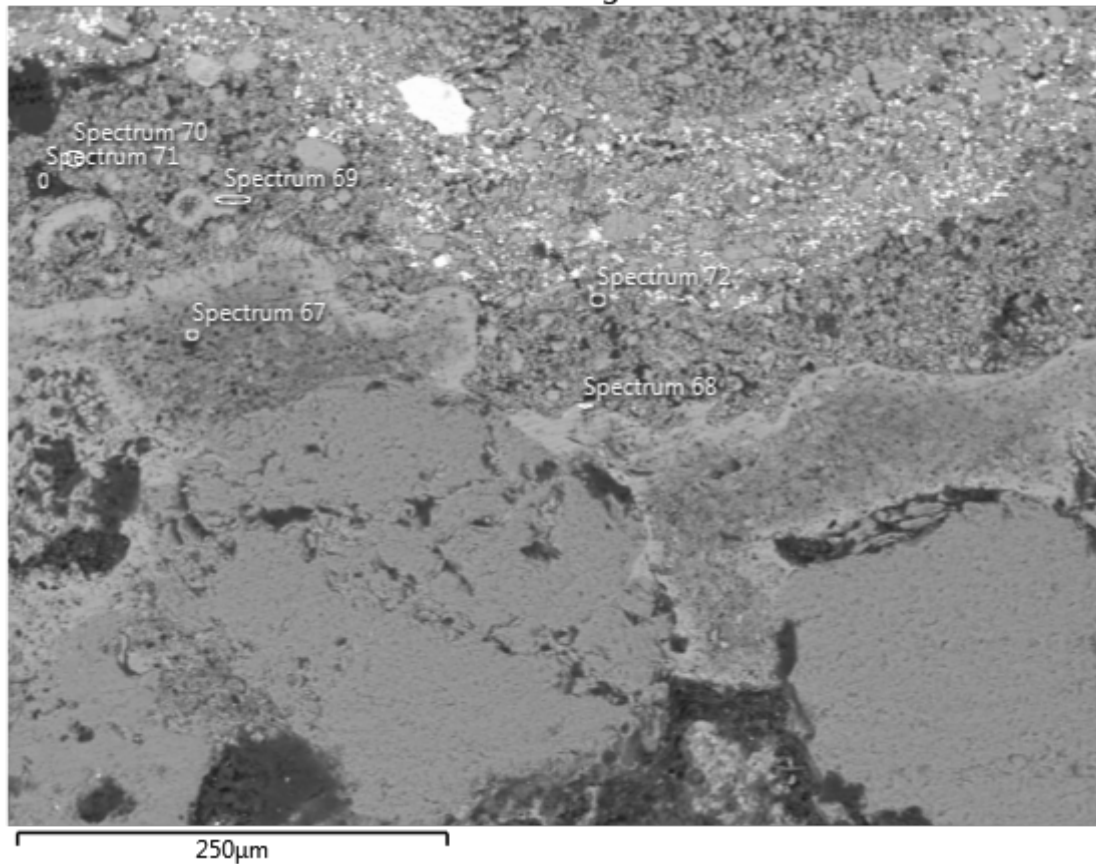


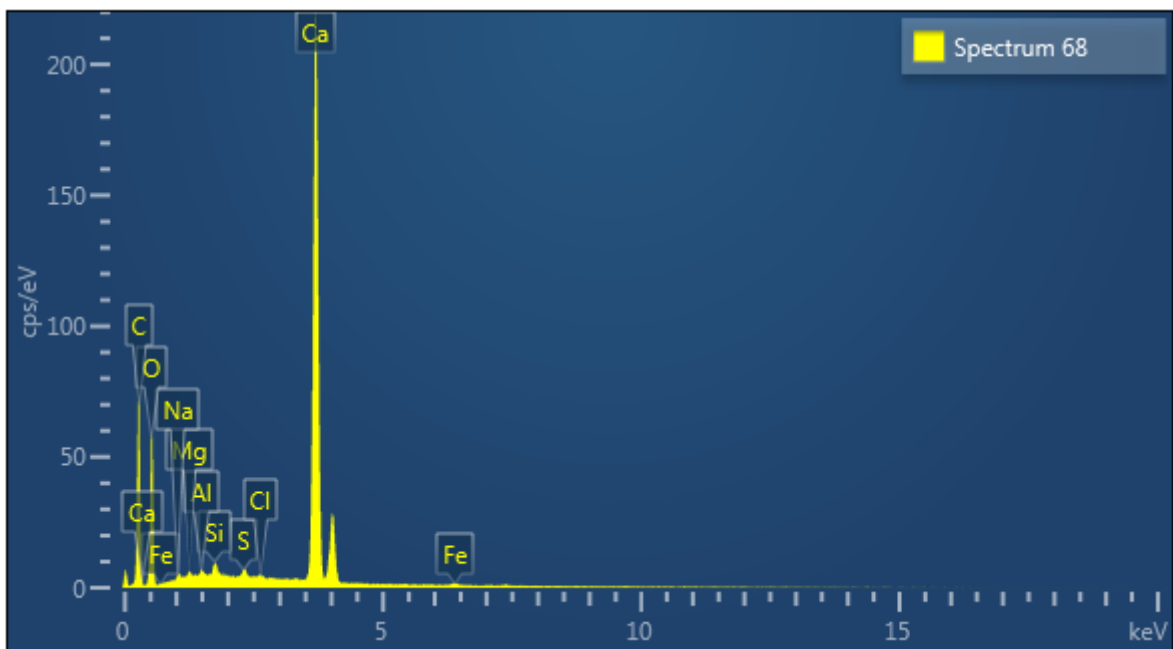
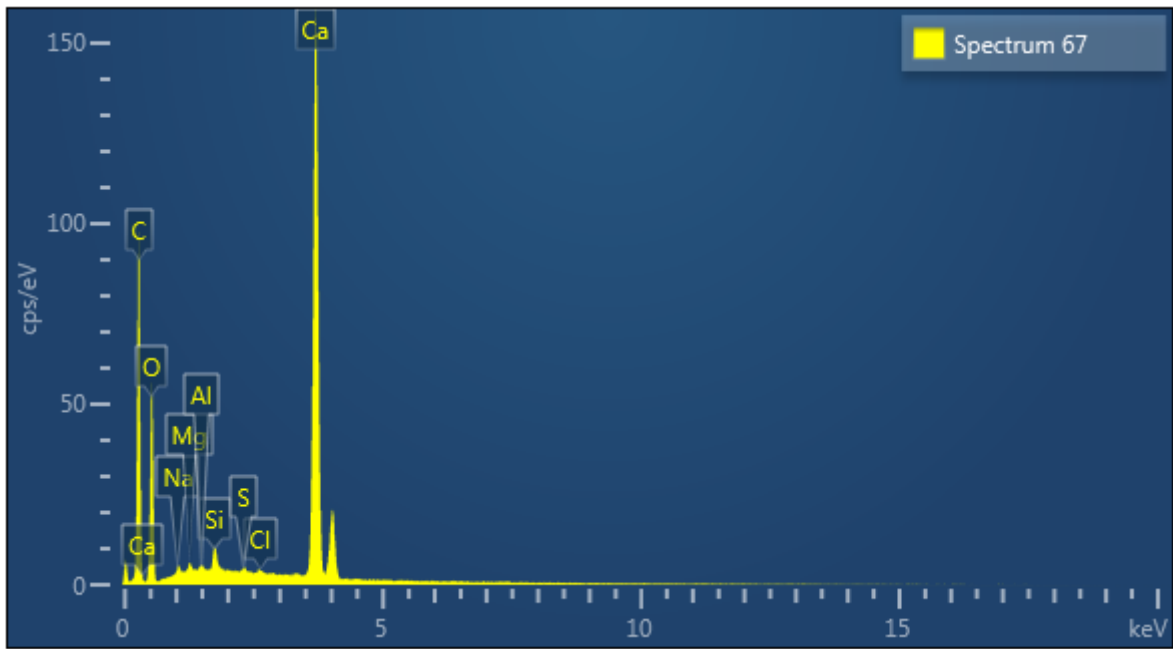


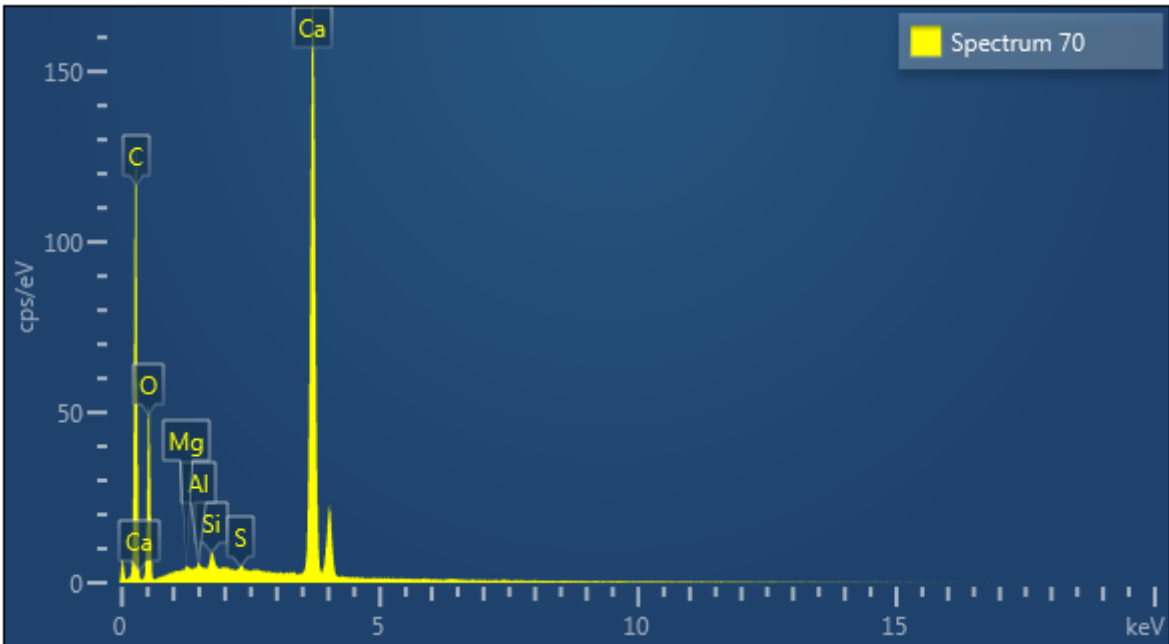
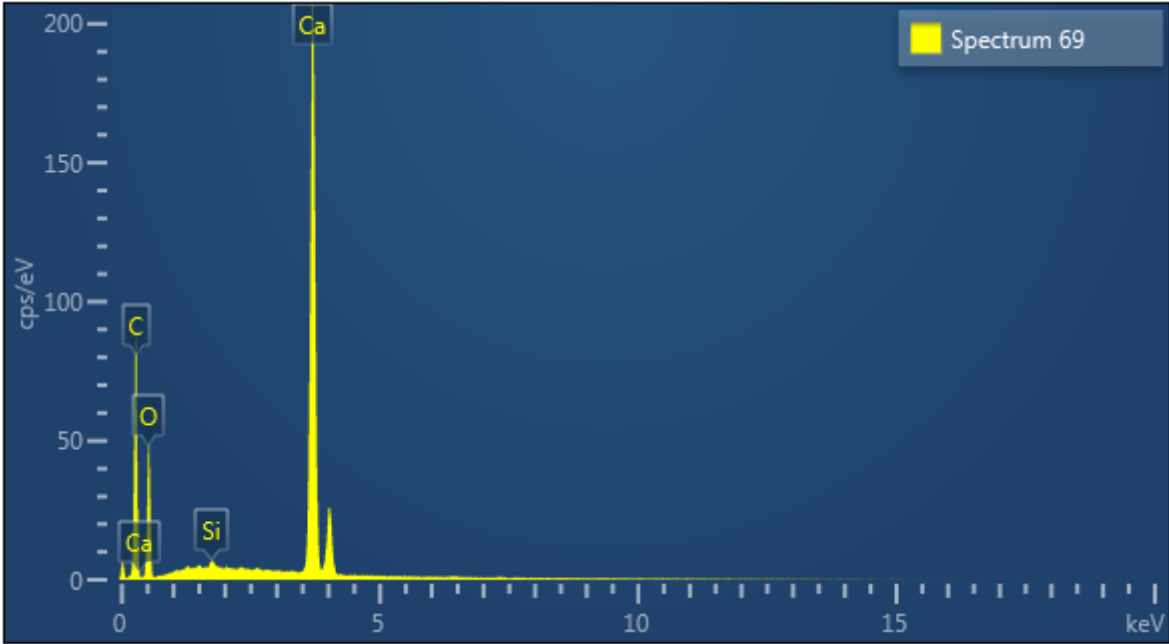


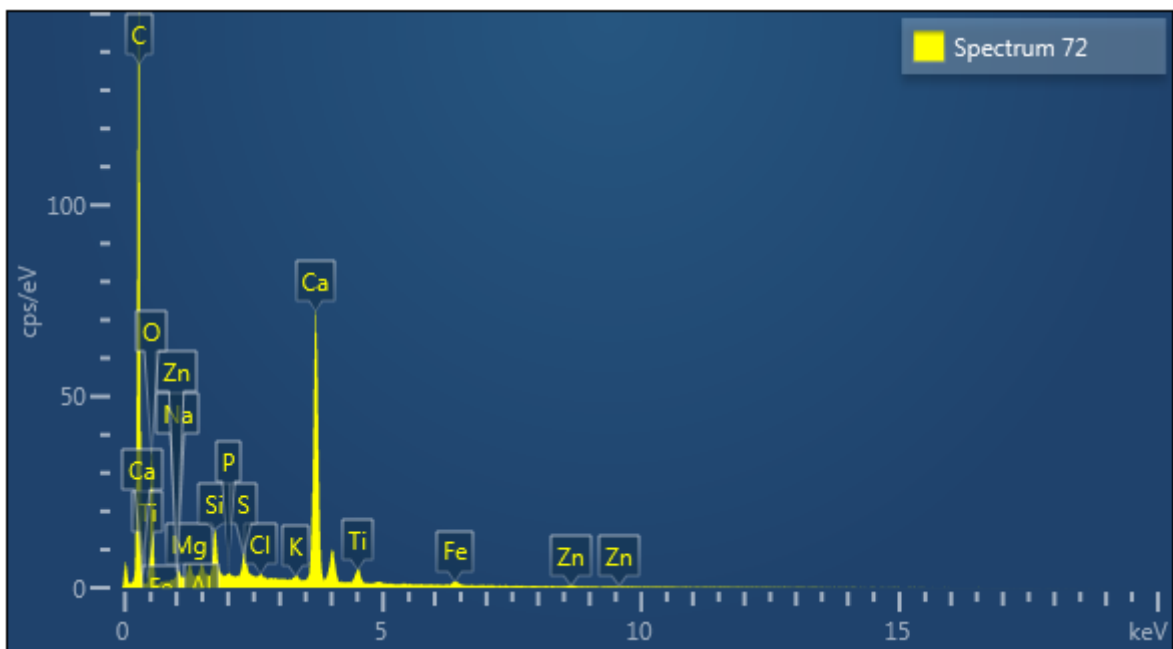
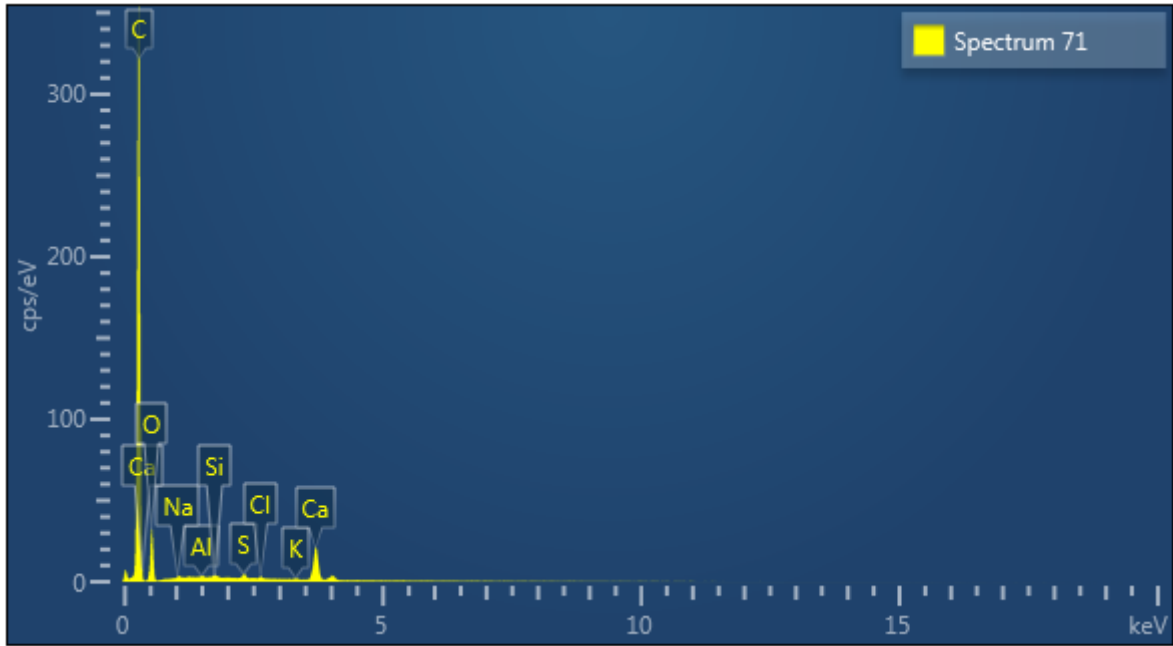


Electron Image 11

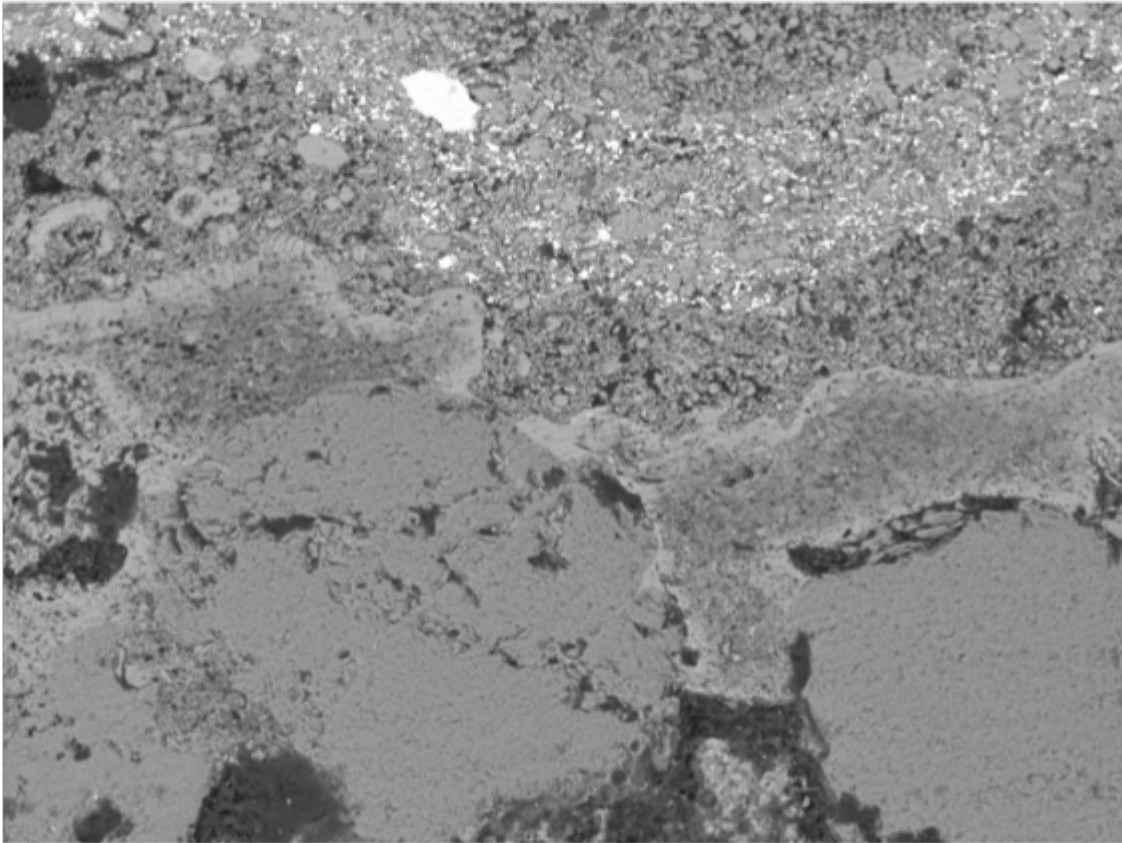




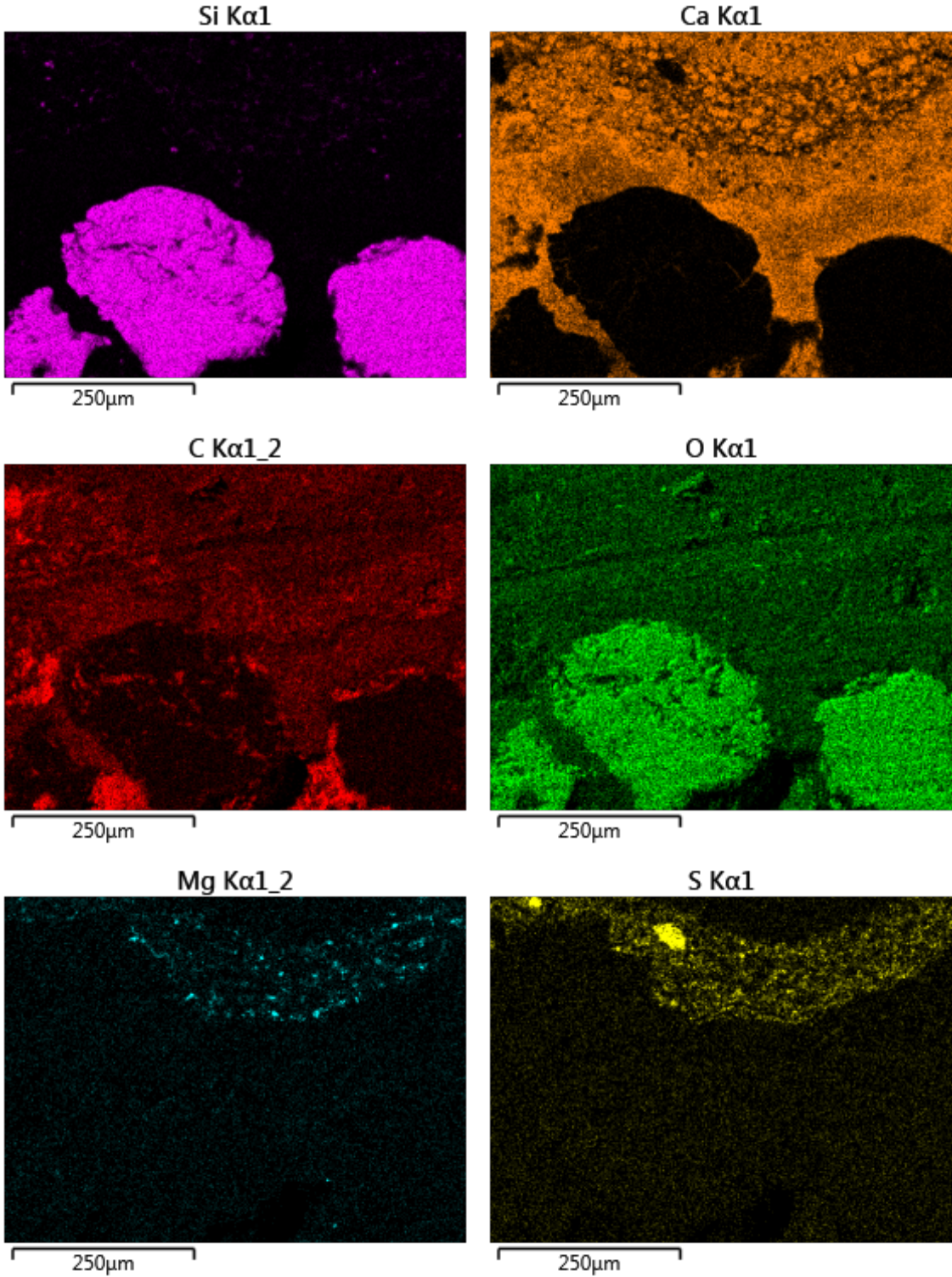


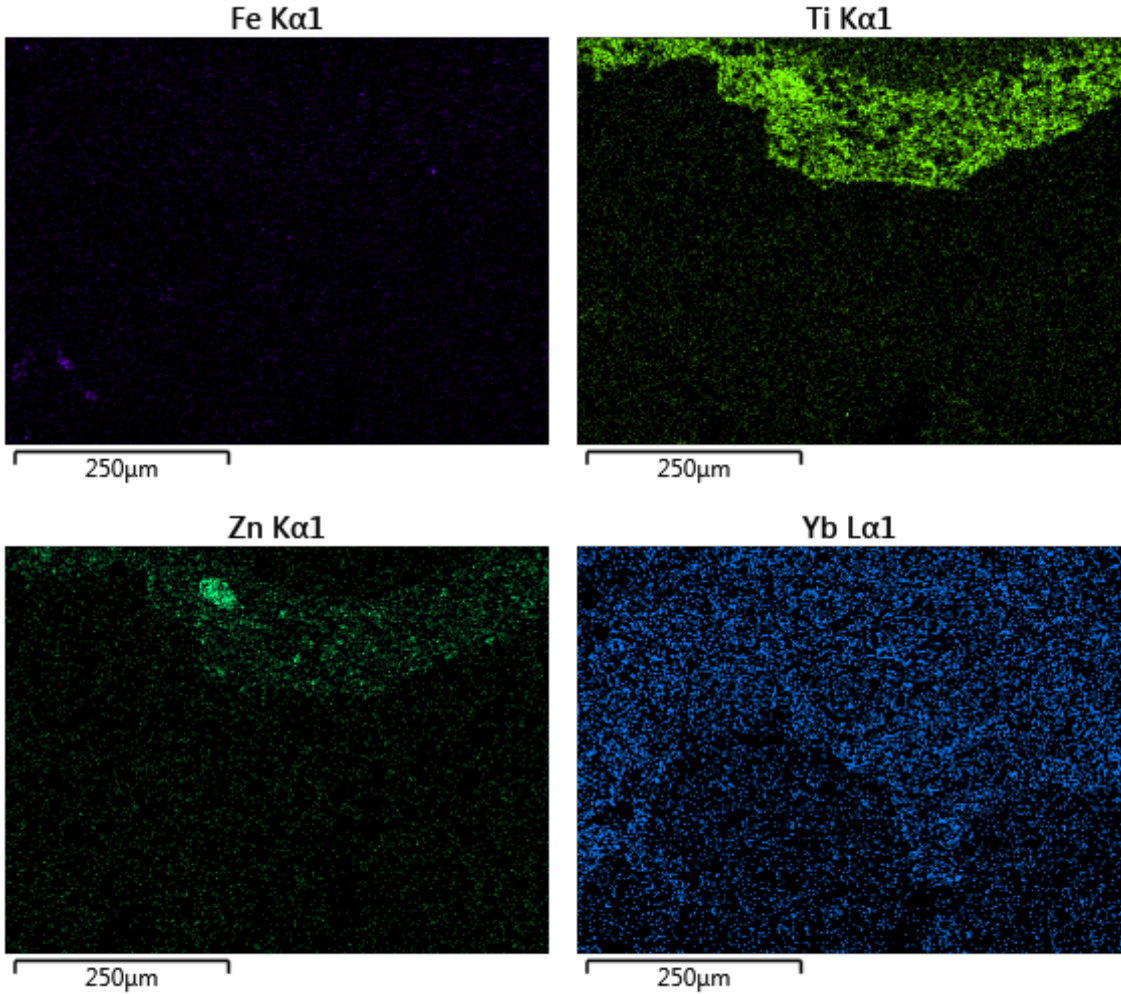


Electron Image 12



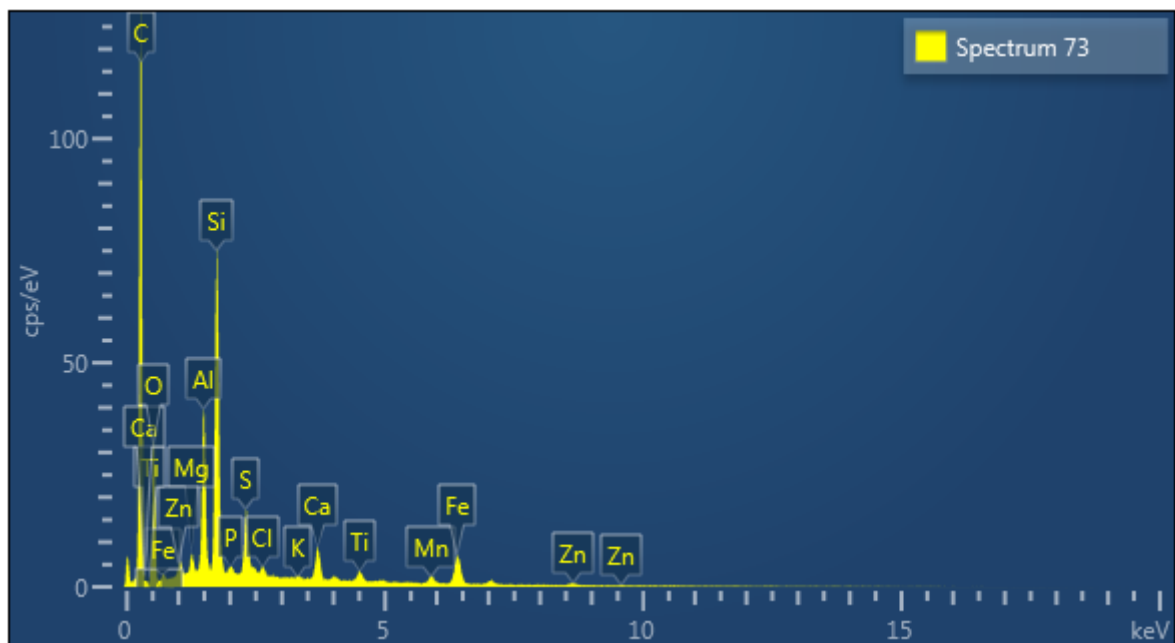
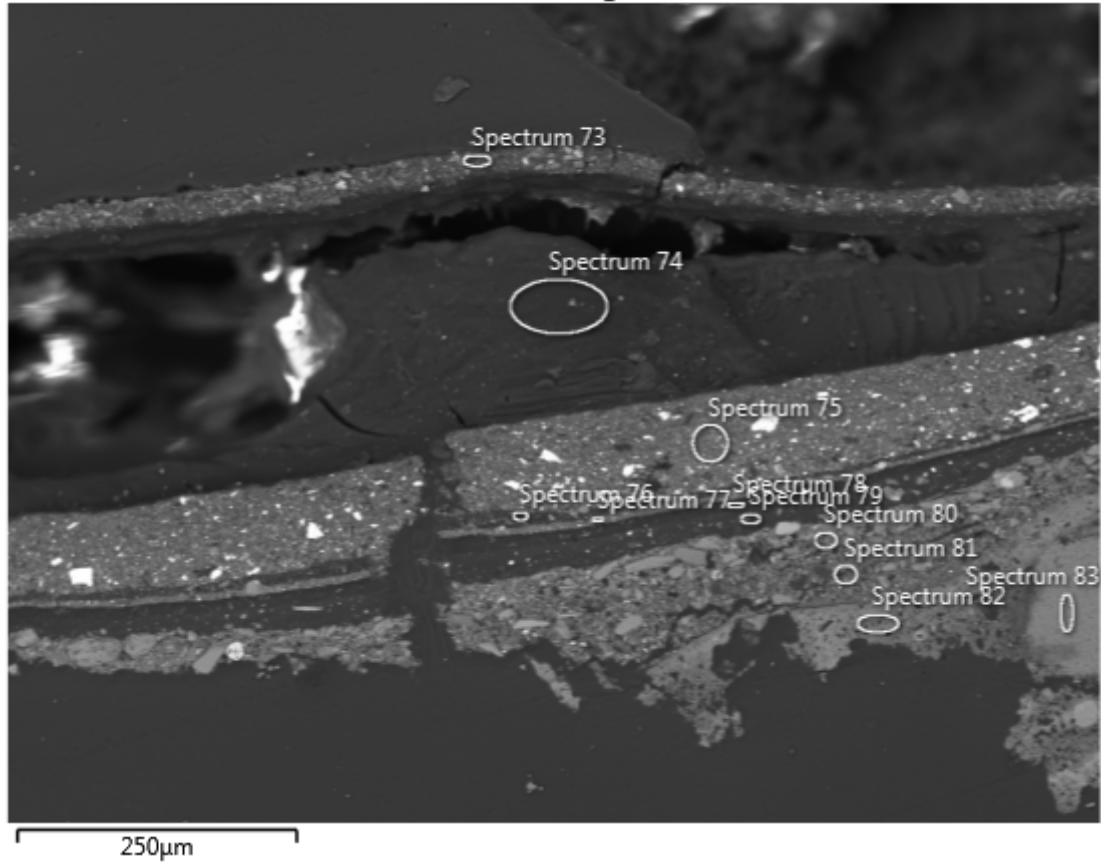
250µm

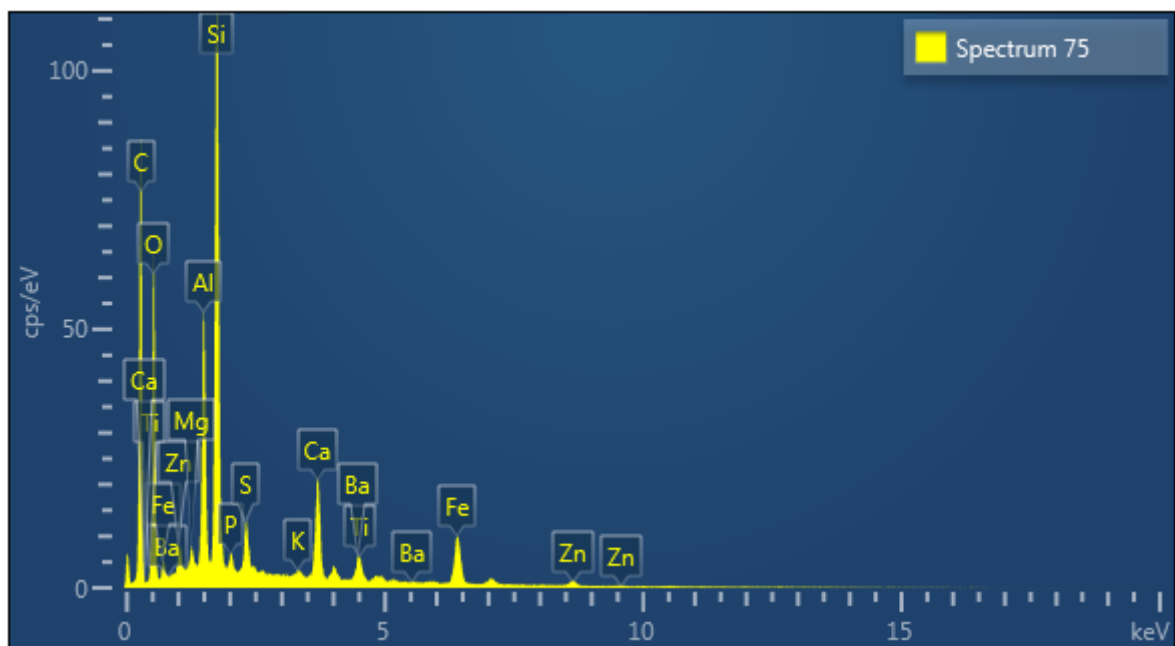
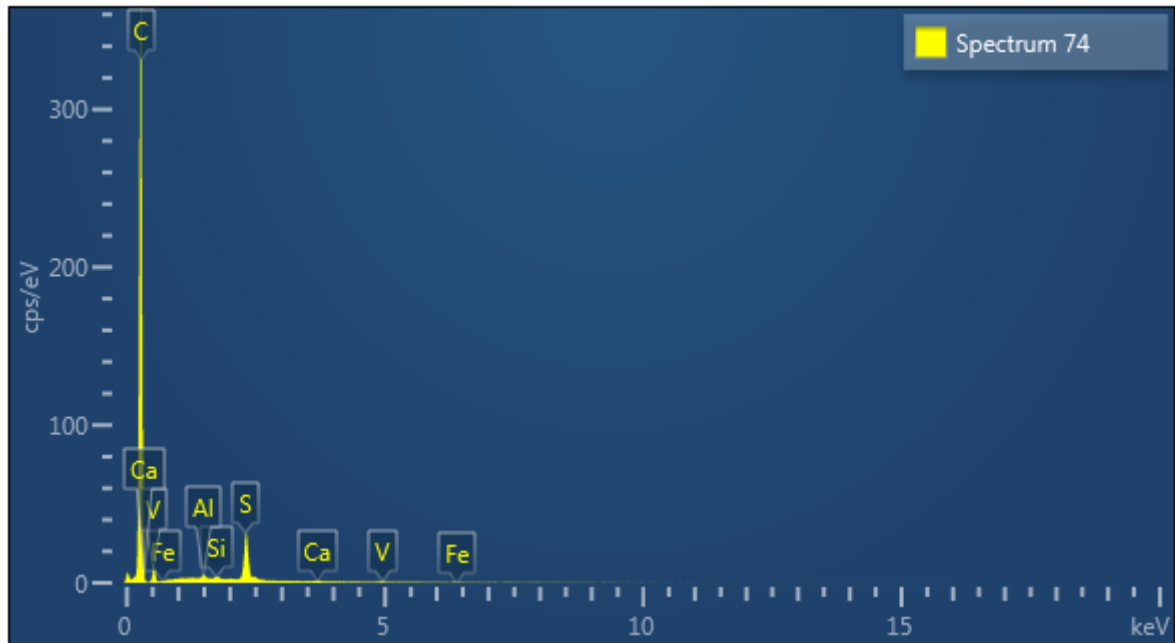


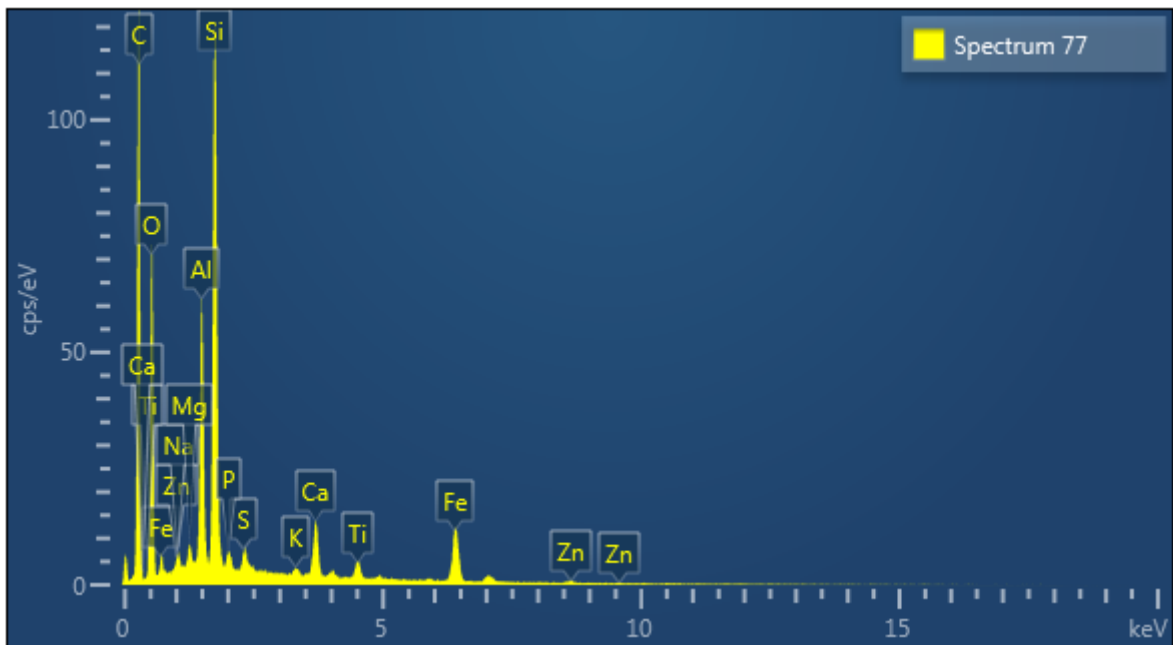
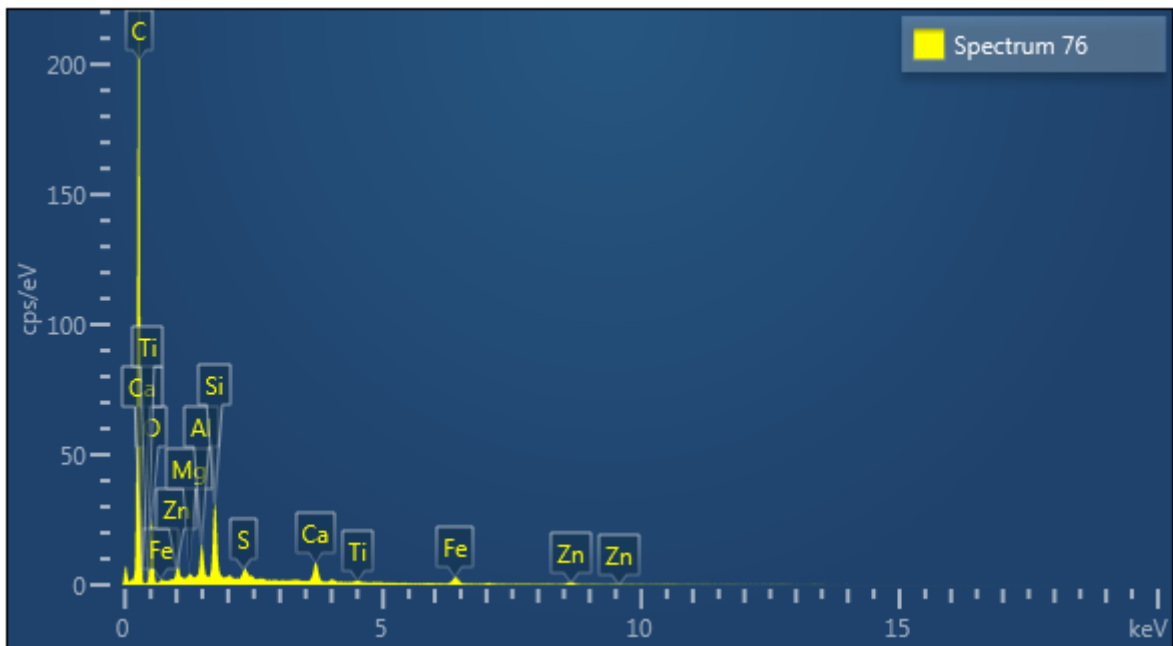


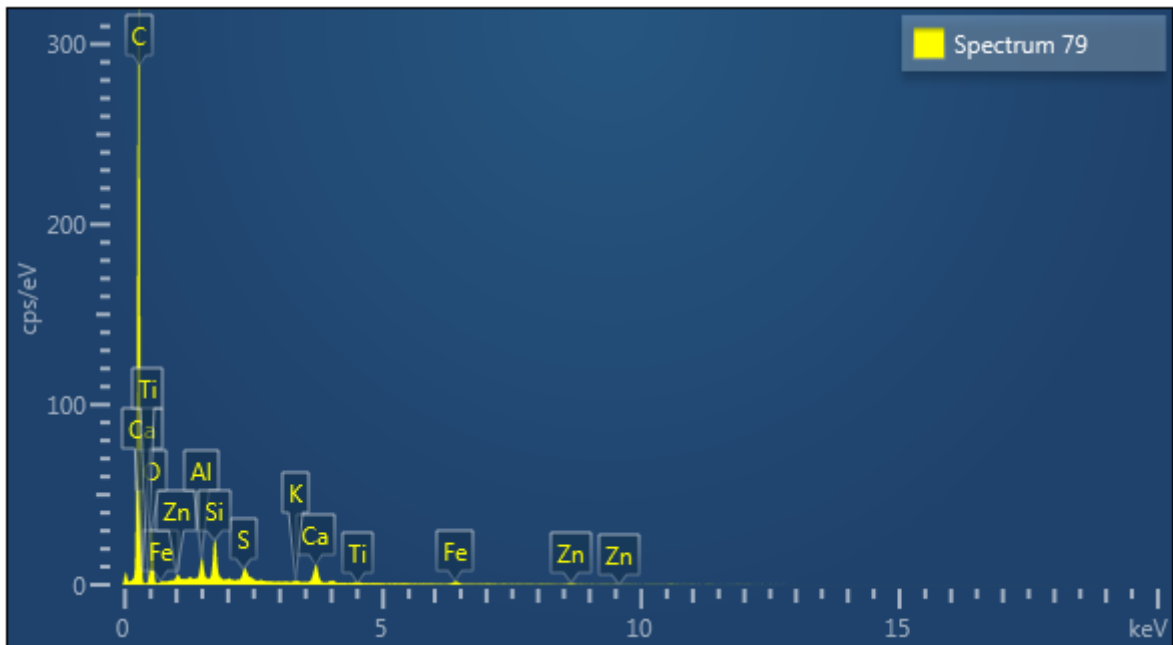
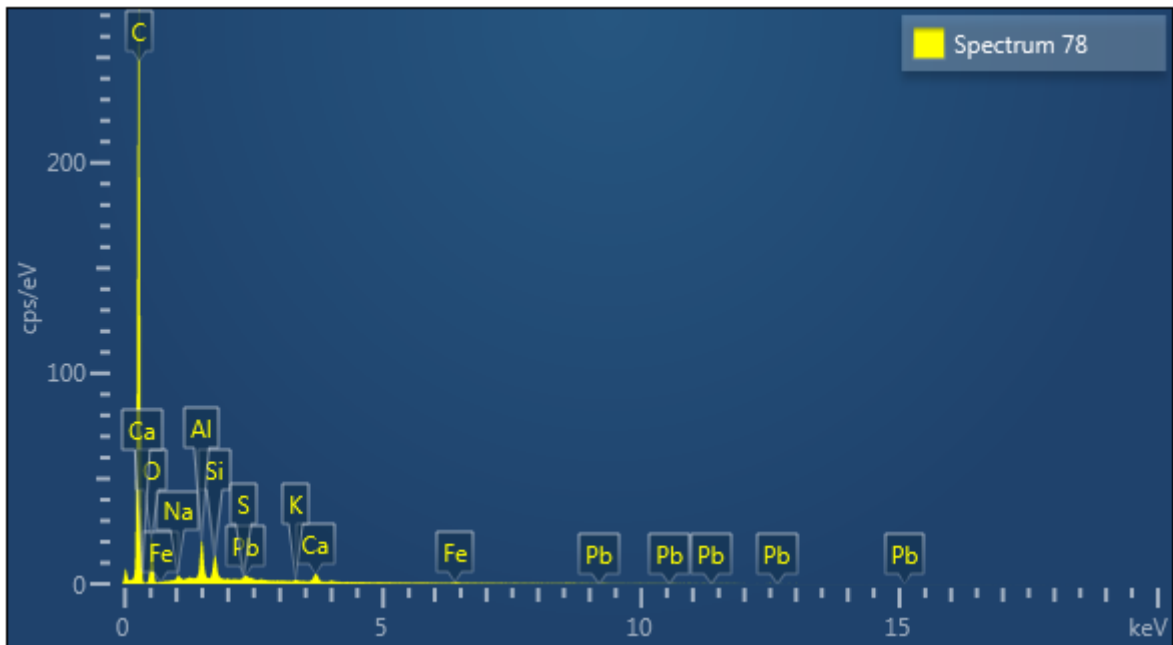
Monster RSH-18 K10

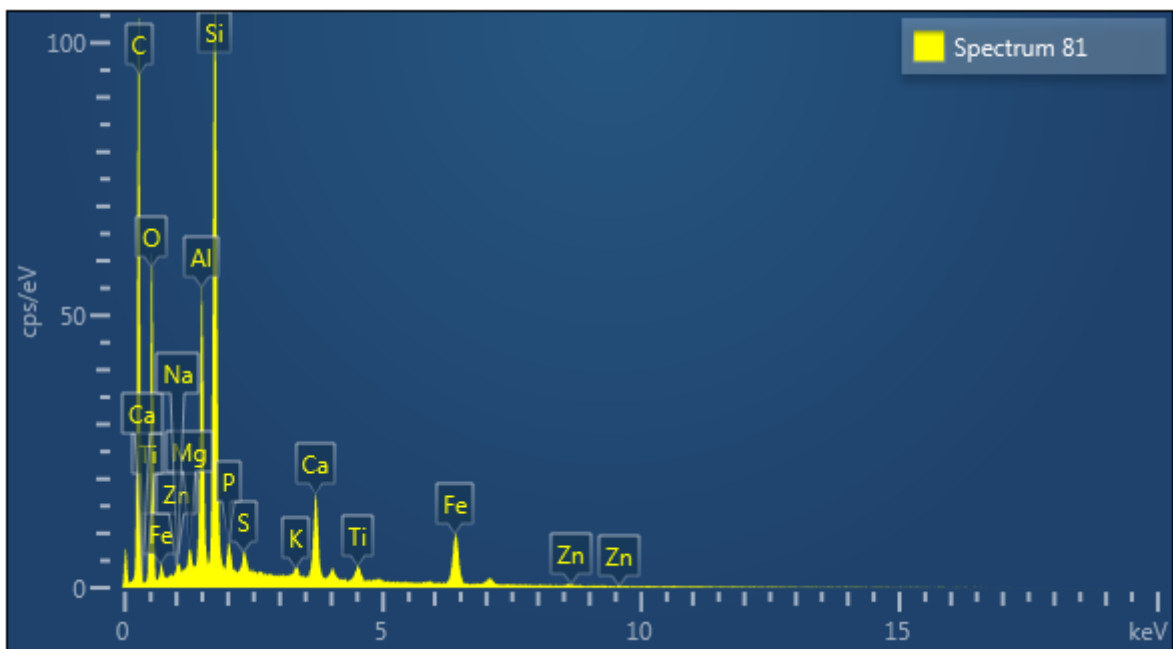
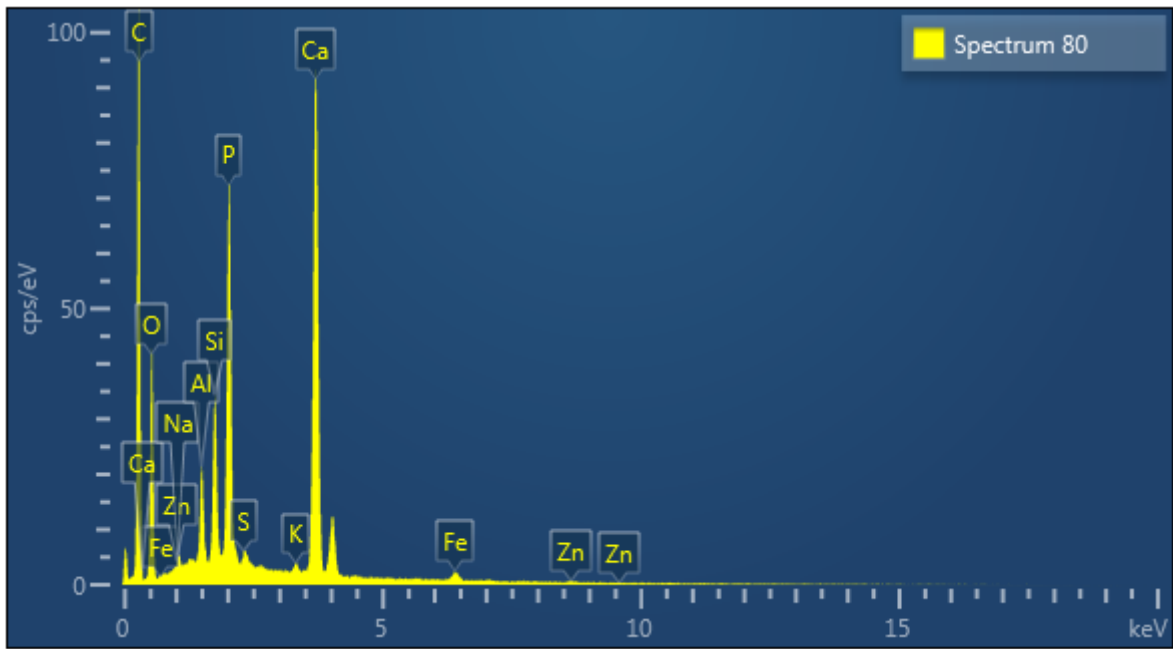
Electron Image 14

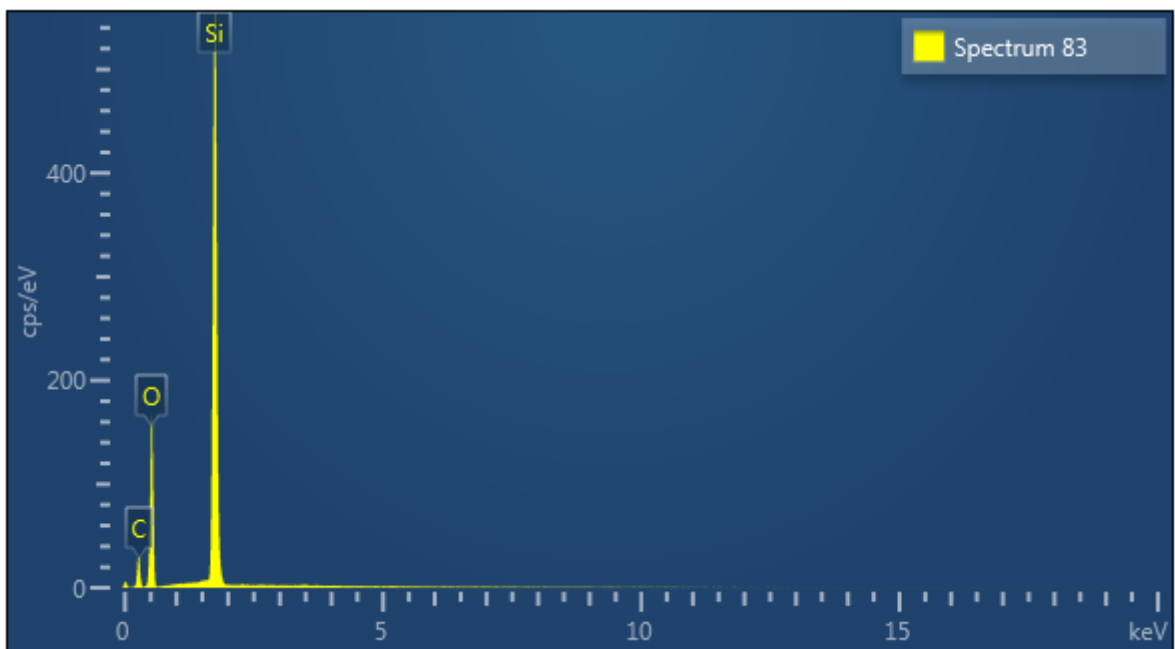
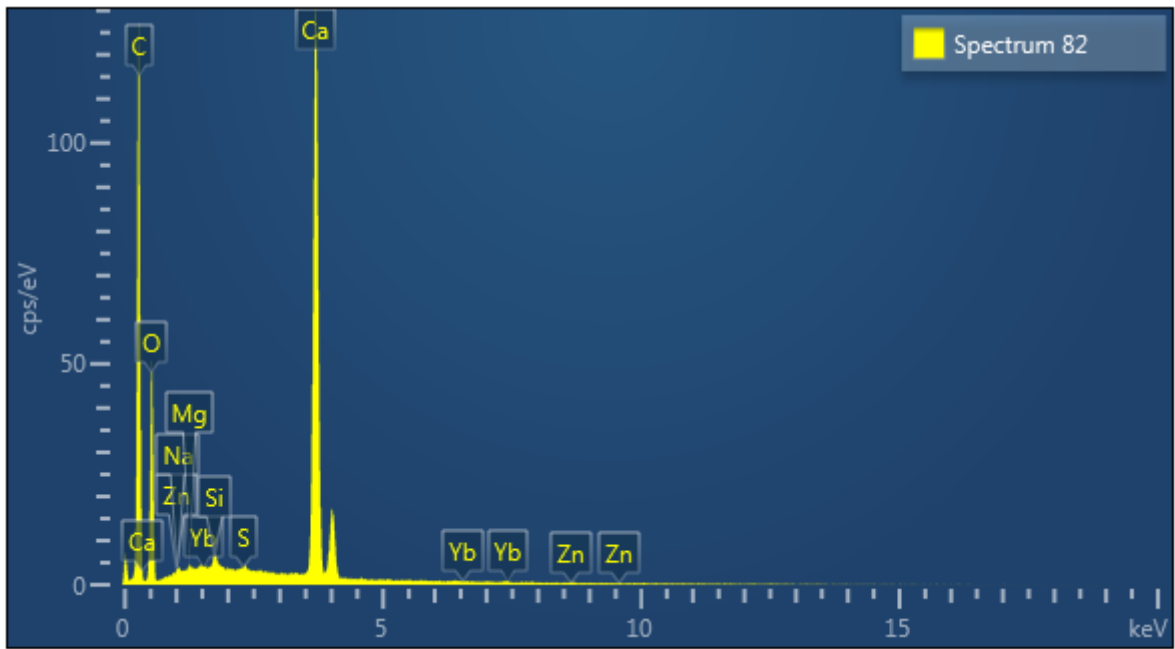




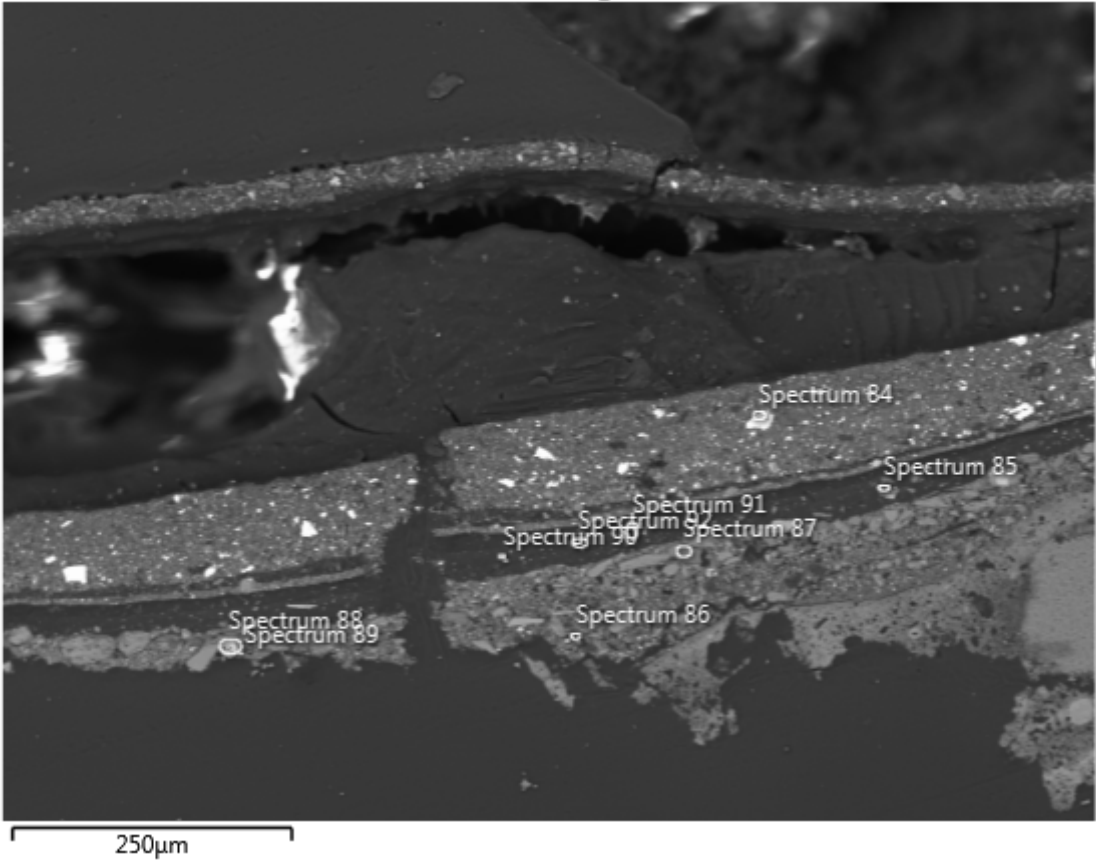




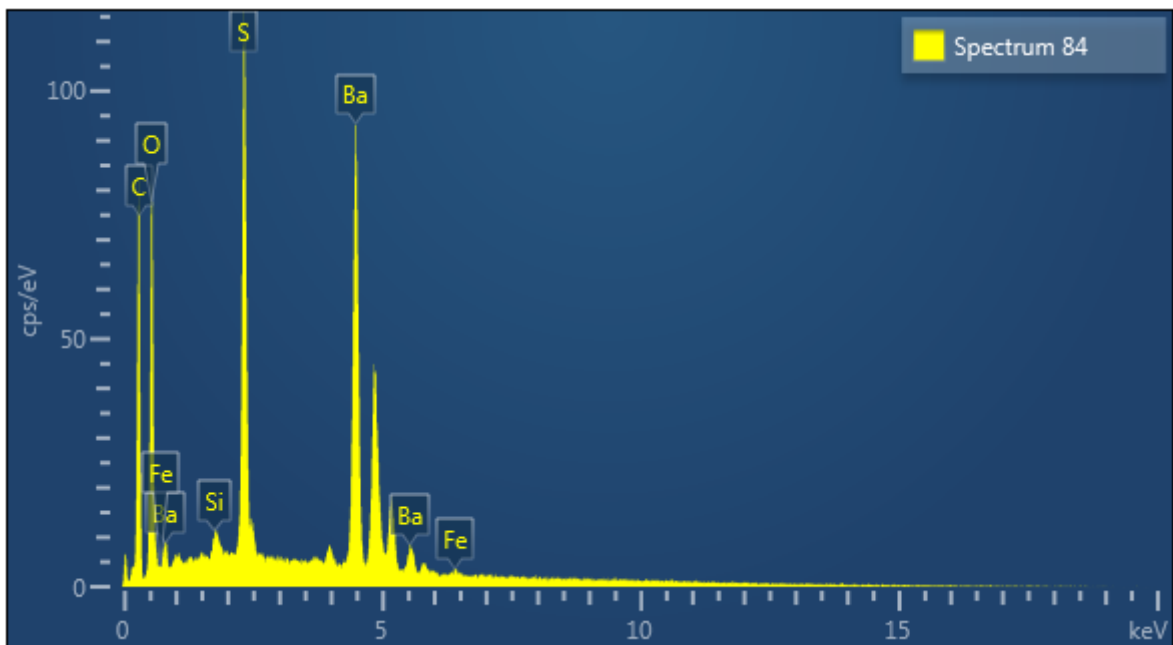
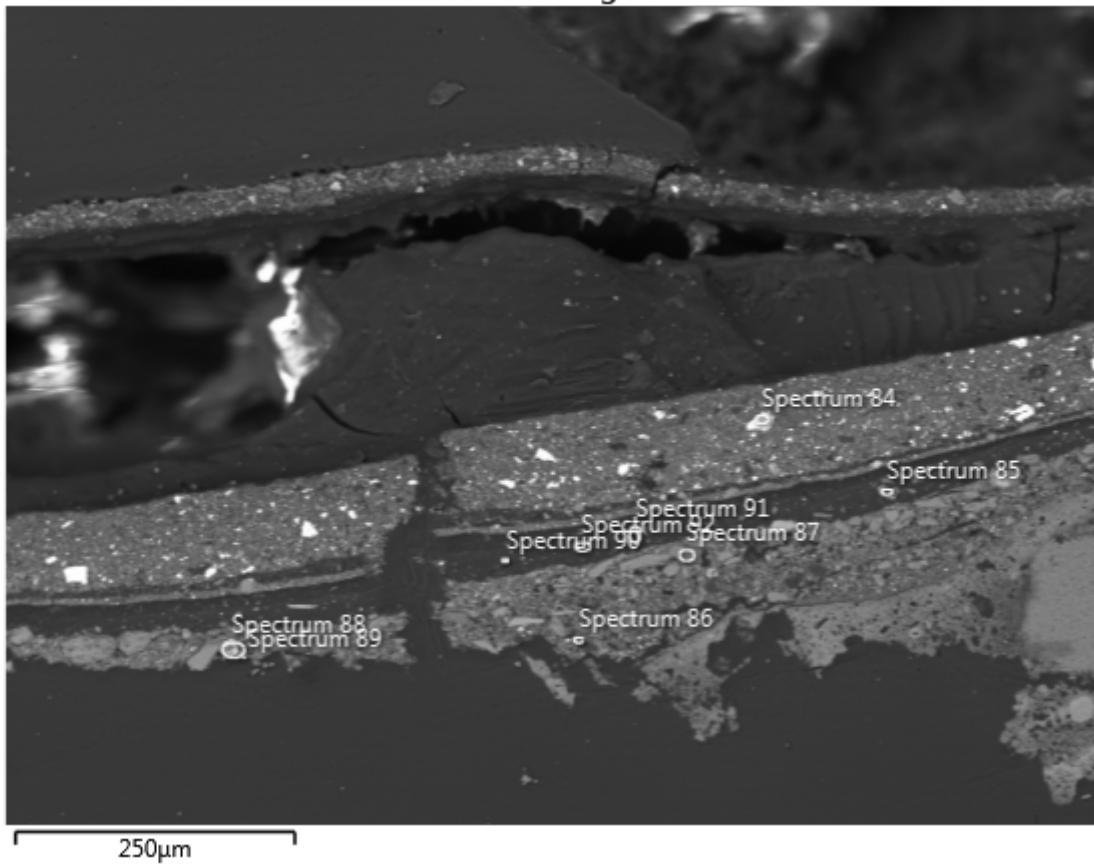


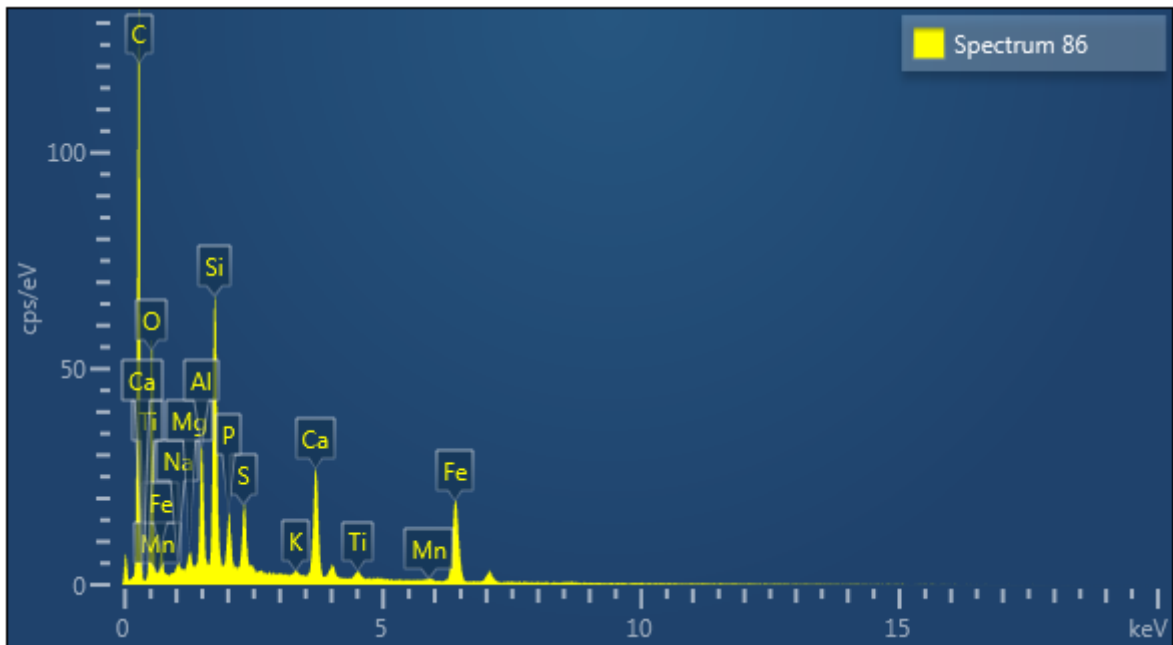
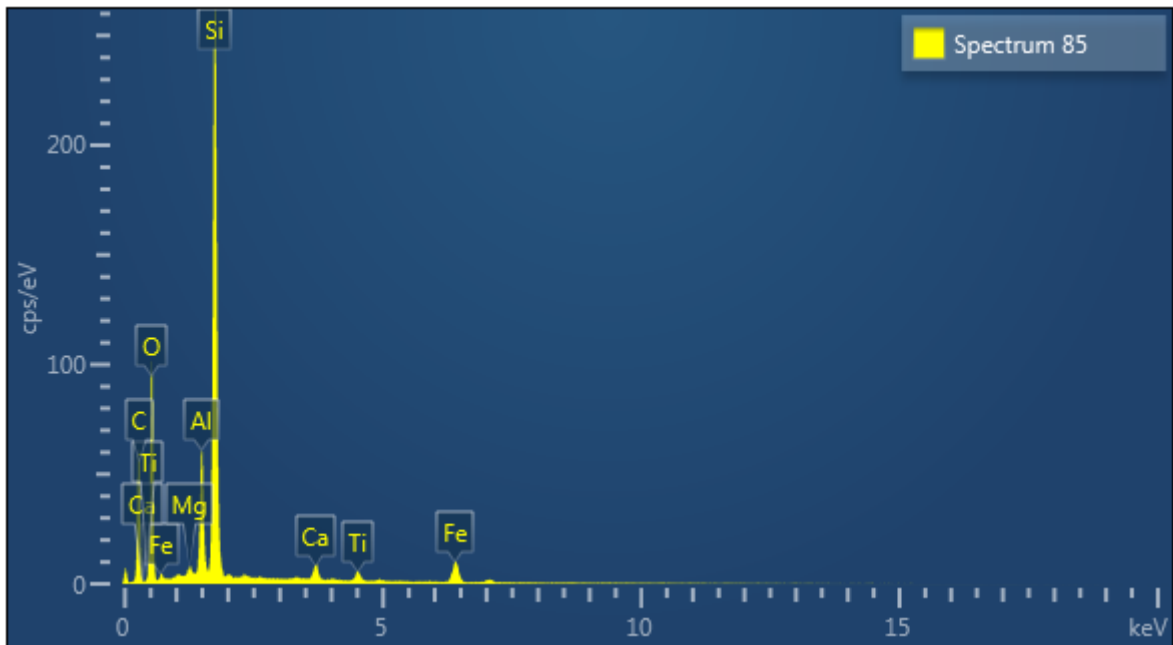


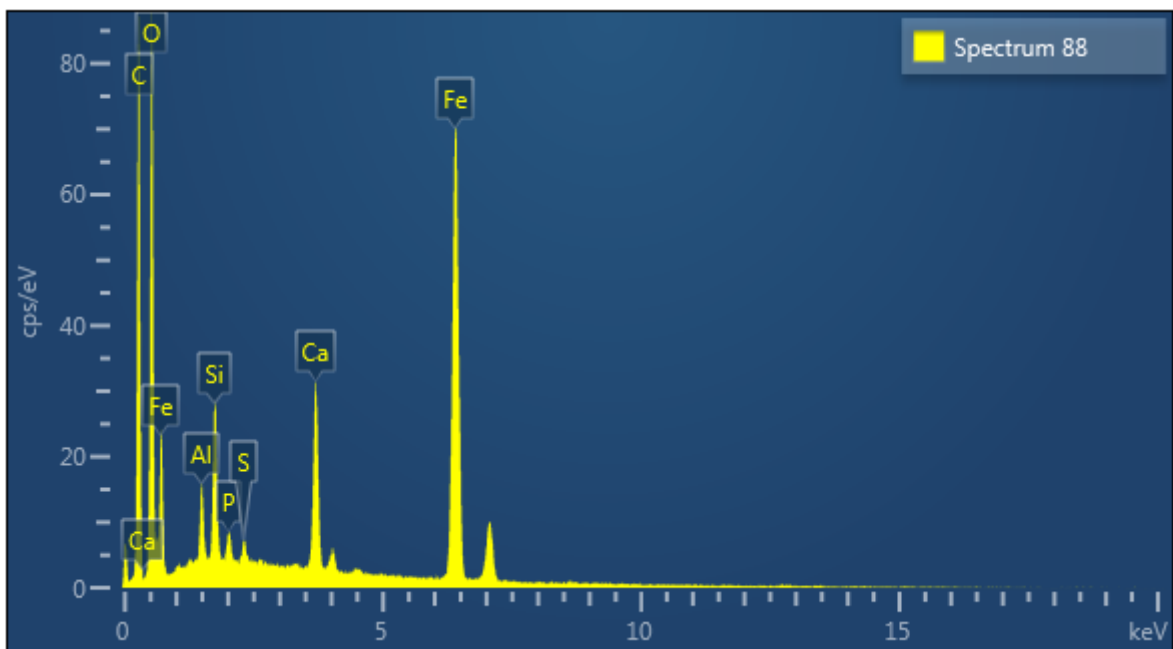
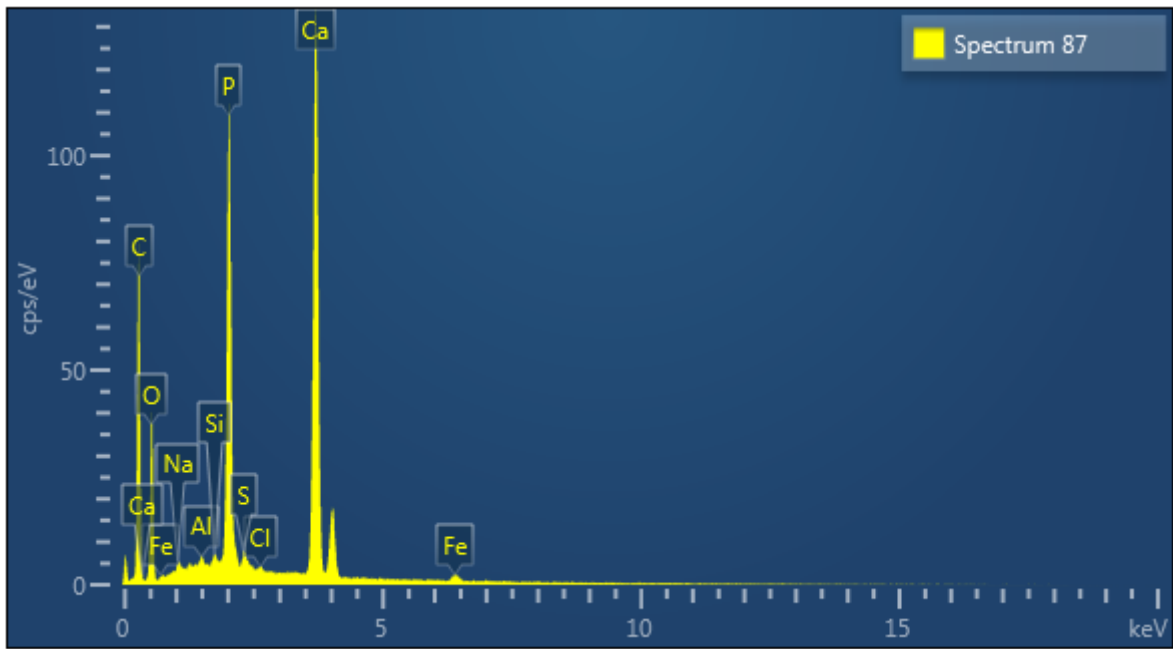
Electron Image 15

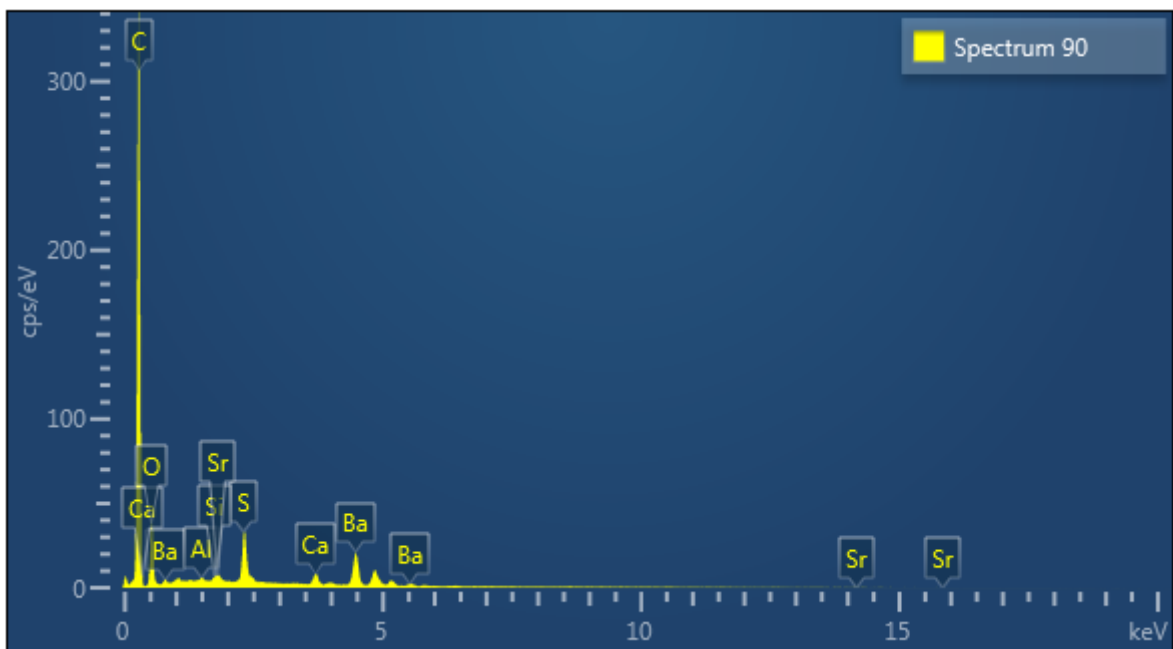
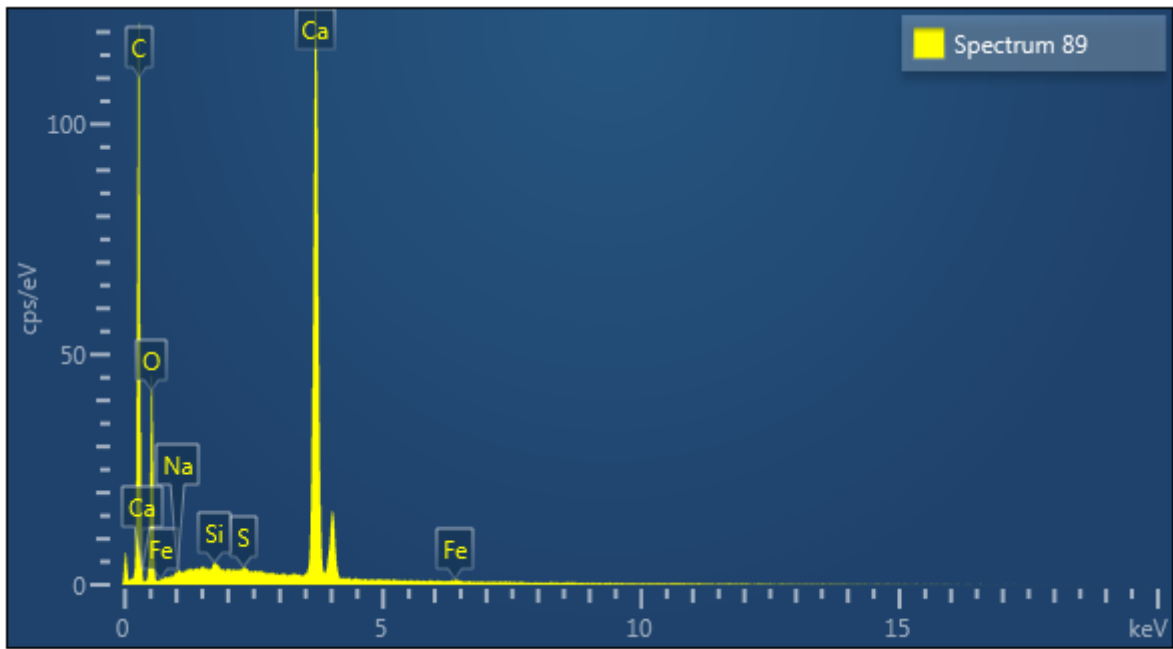


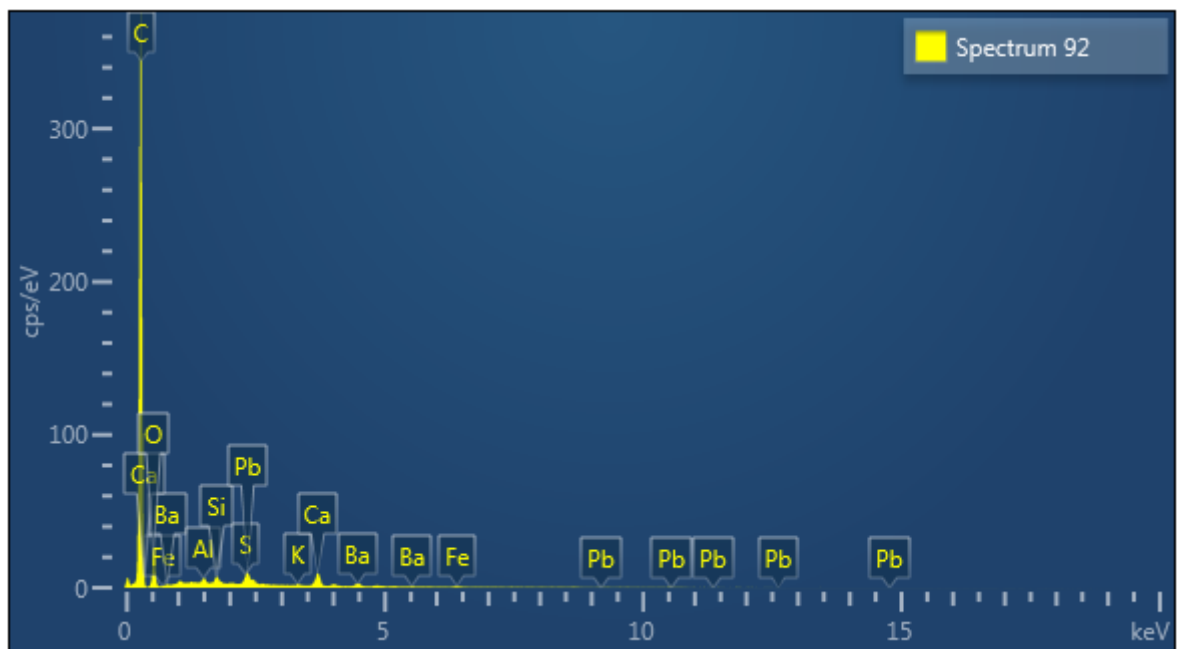
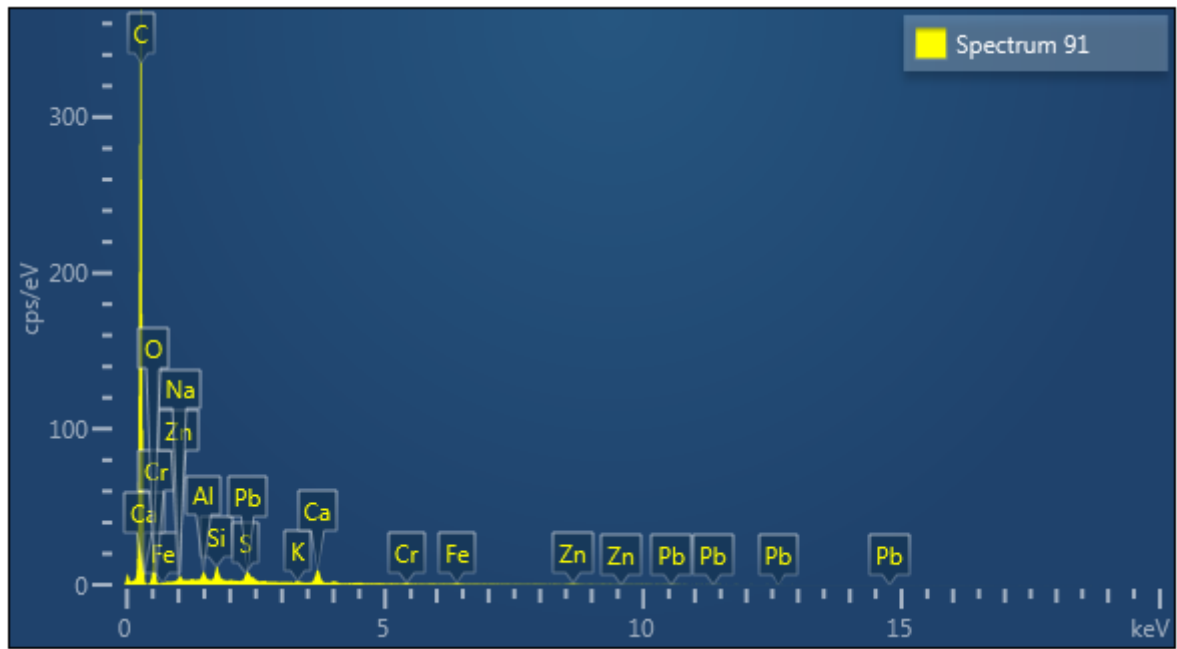
Electron Image 16



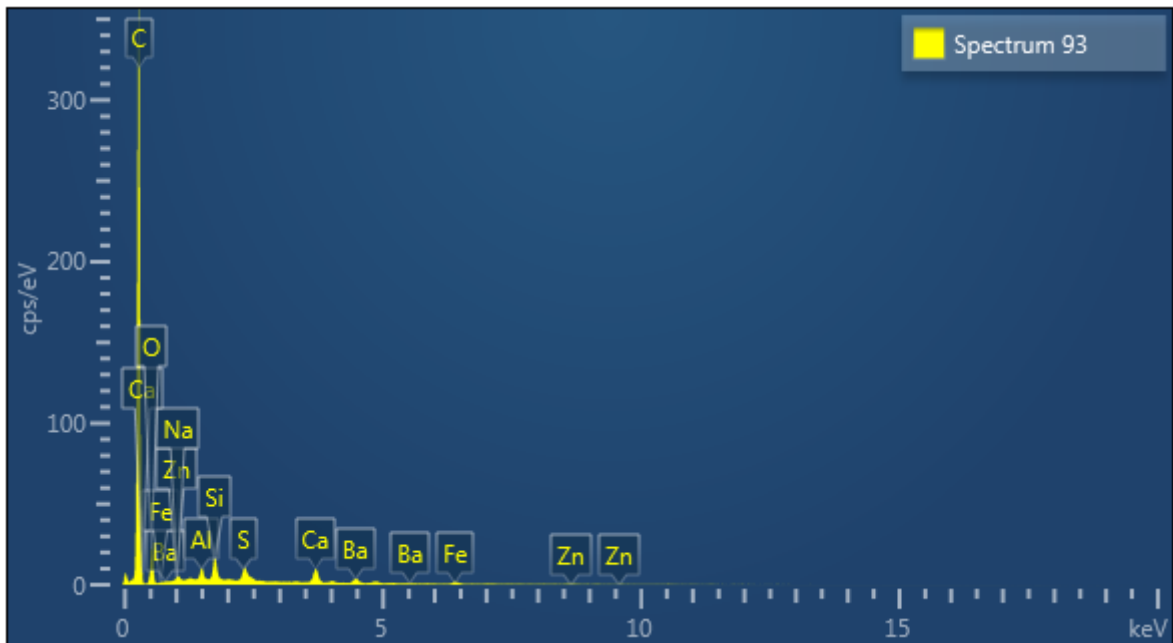
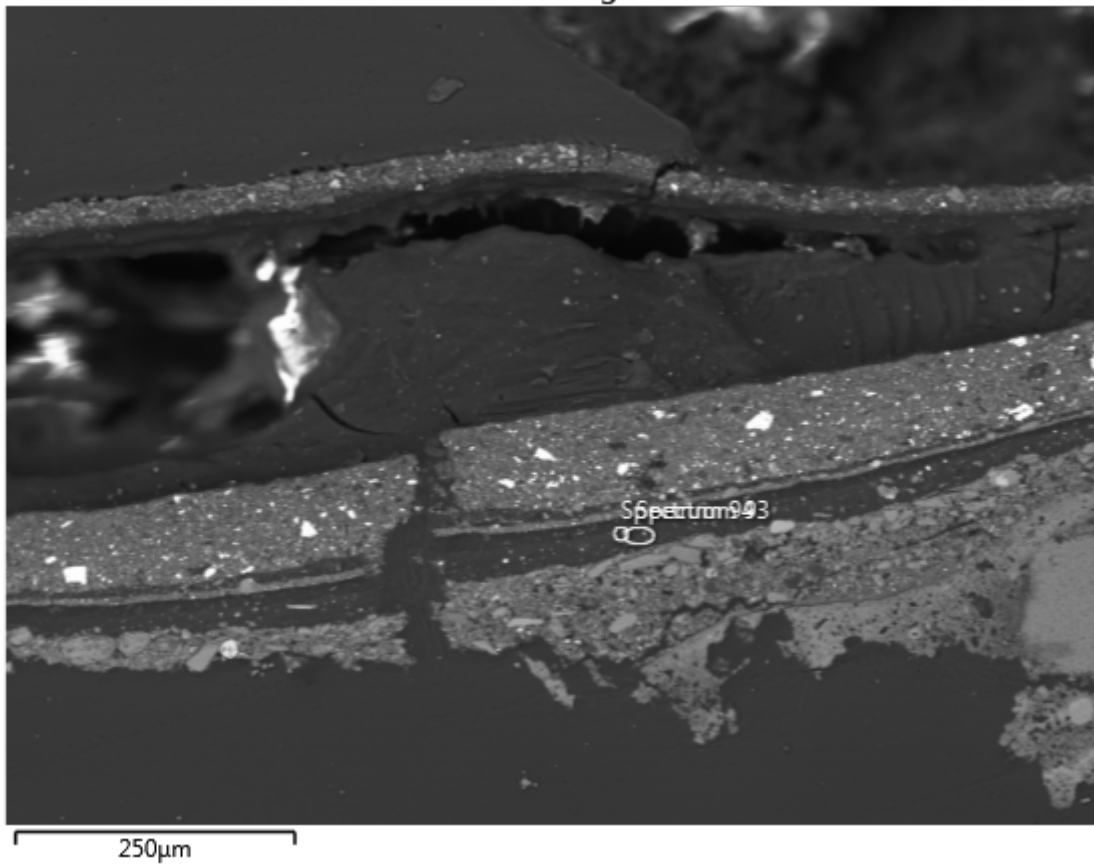


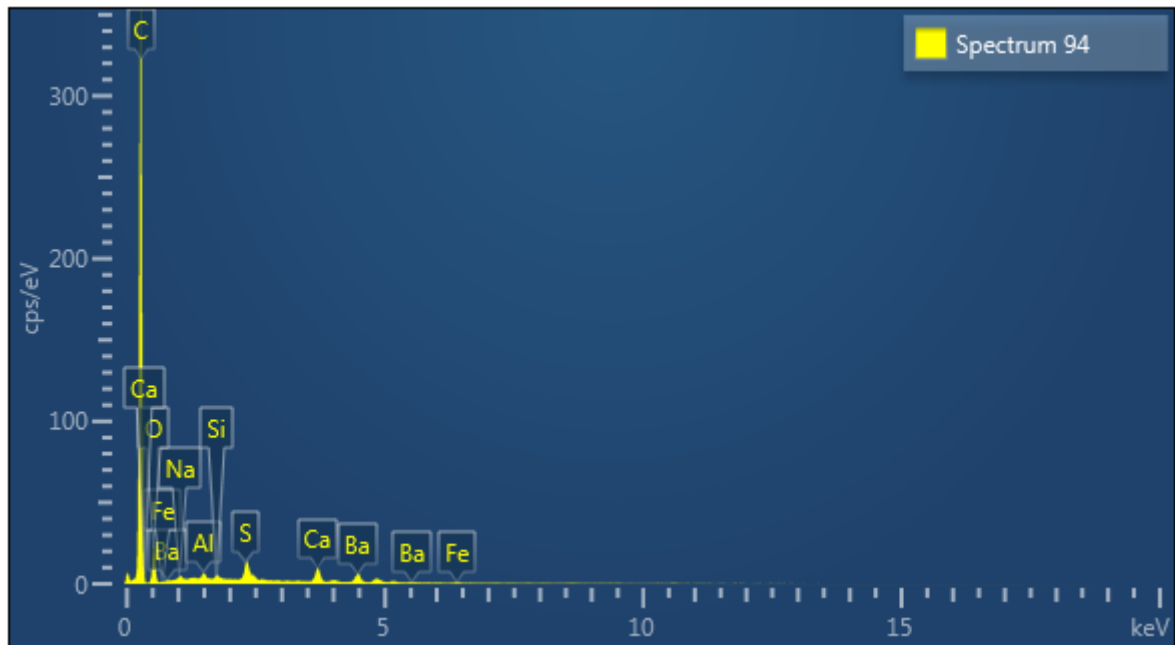




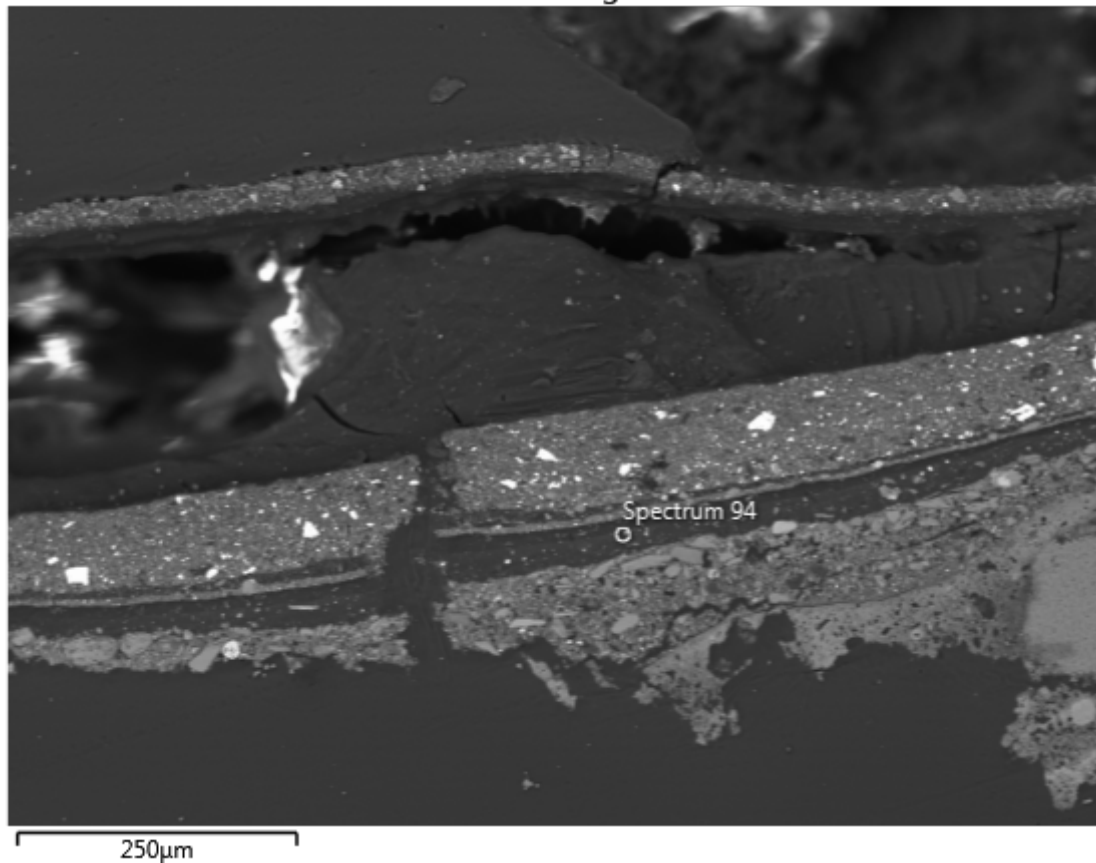


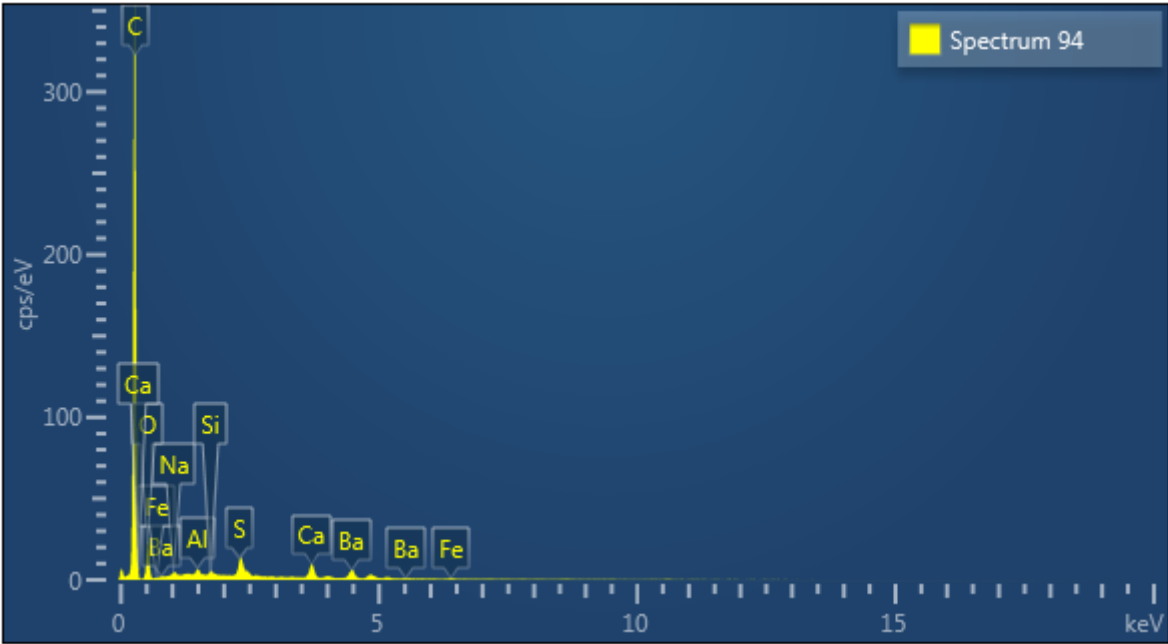
Electron Image 17





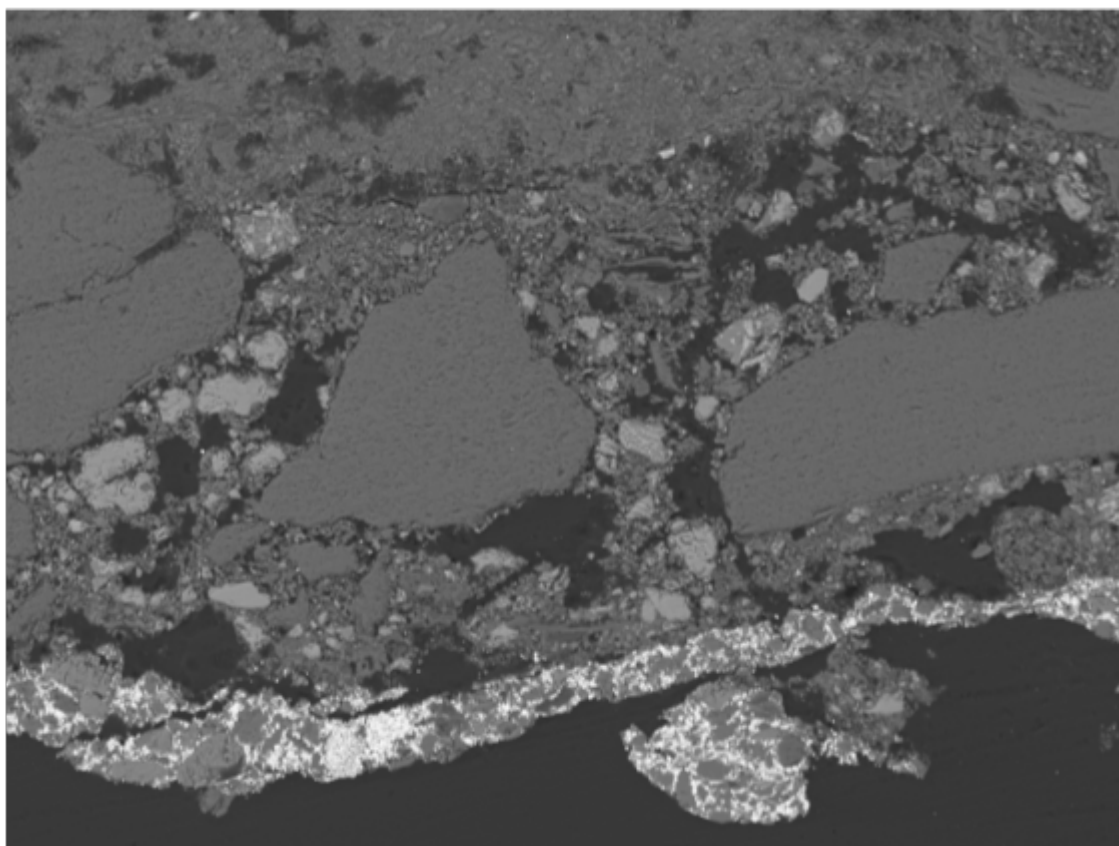
Electron Image 17

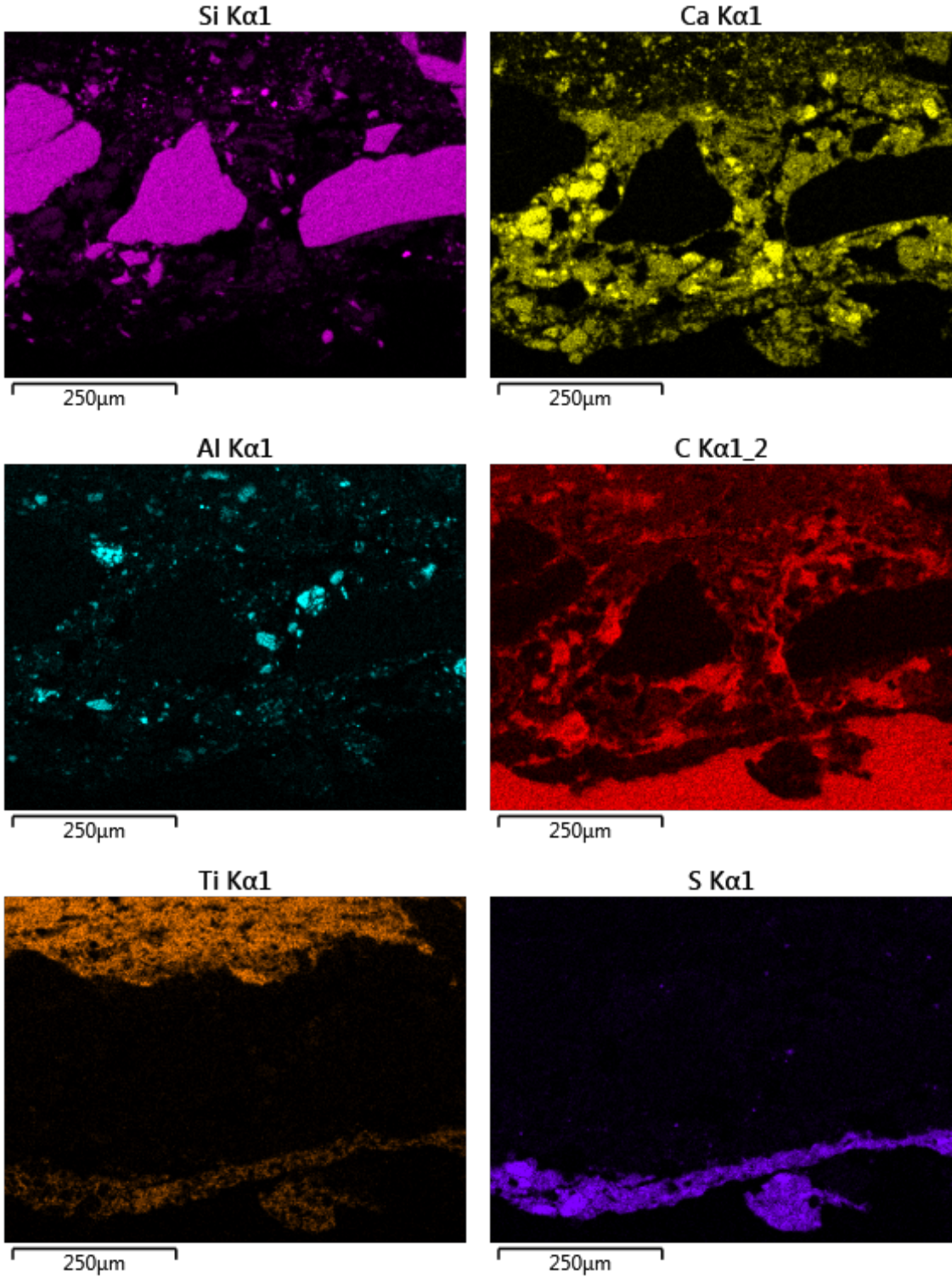


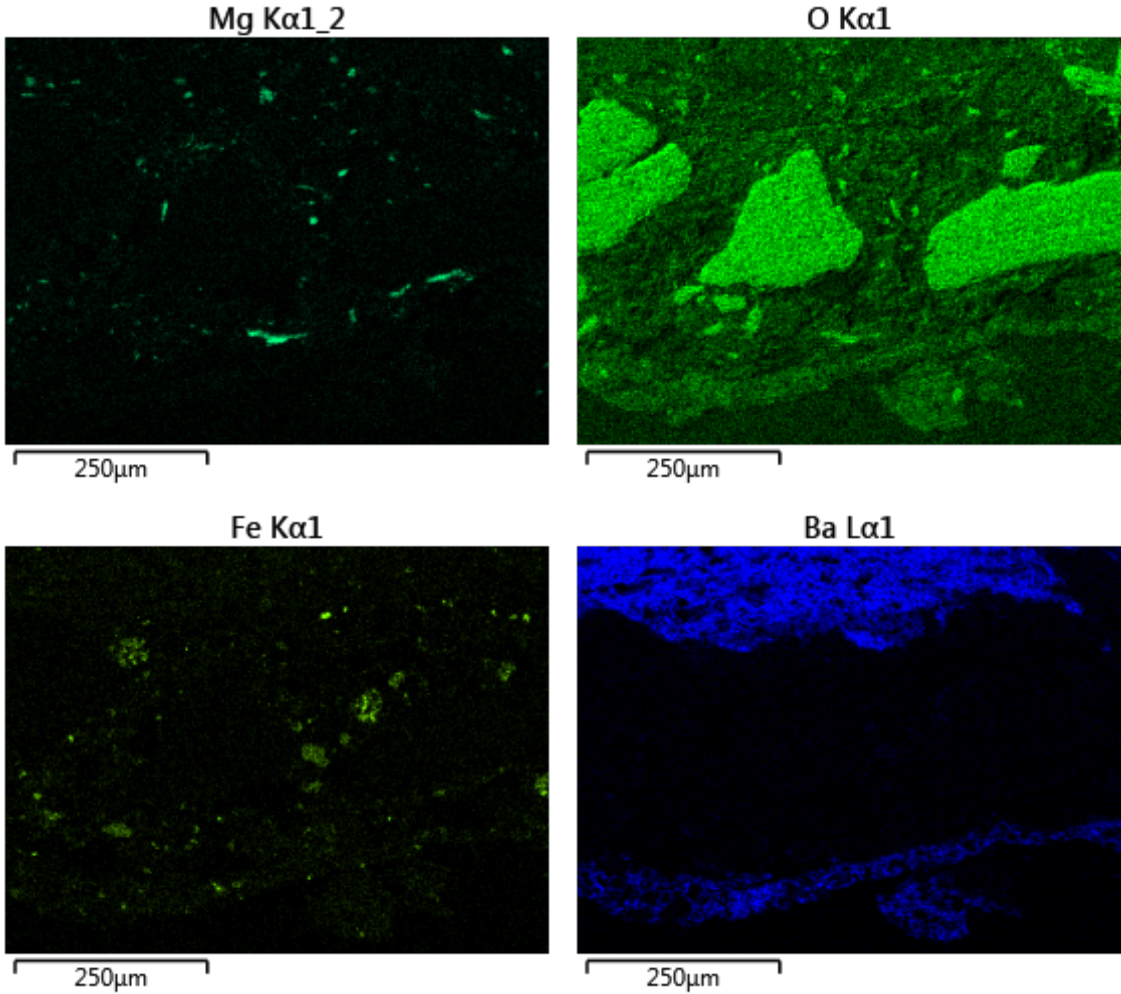


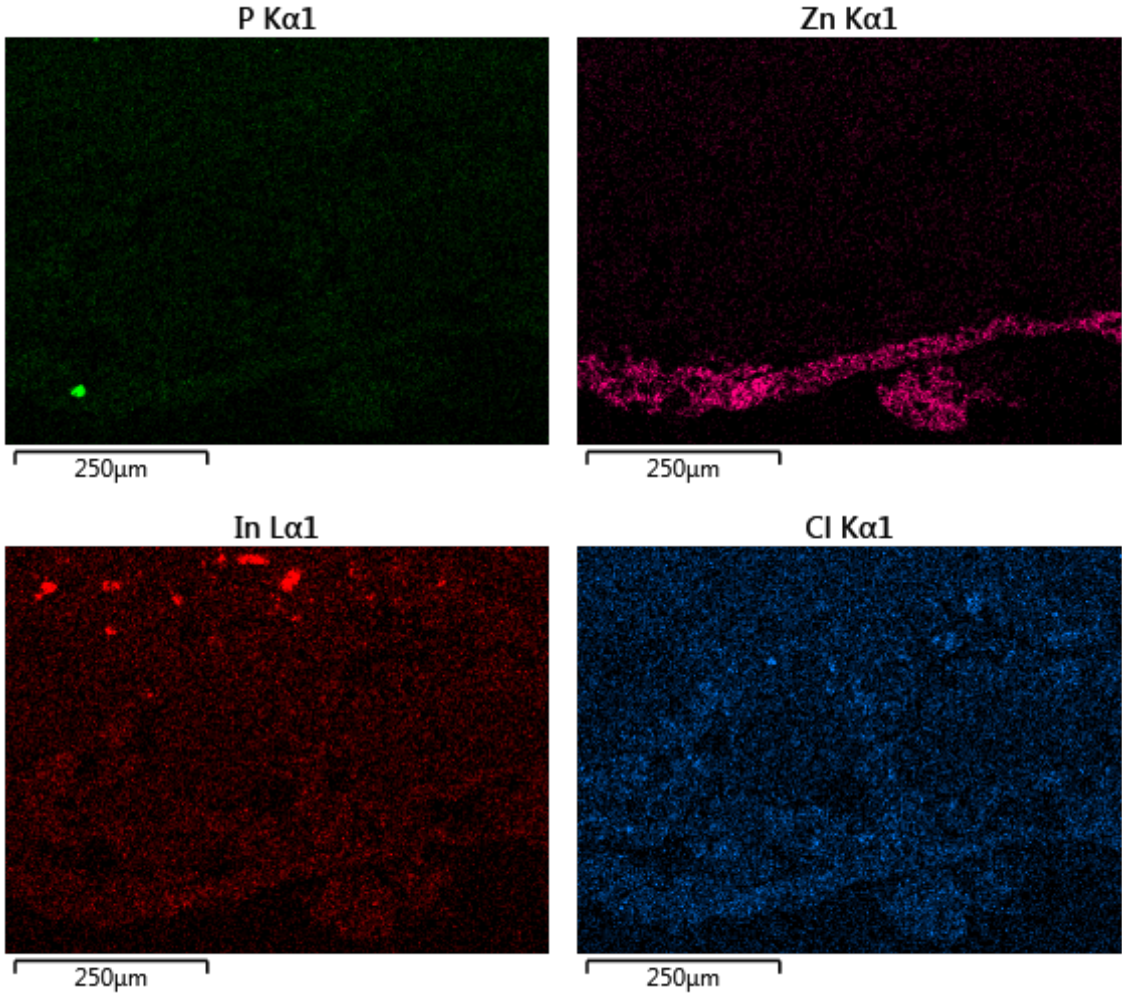
Monster RSH-18 K13

Electron Image 18

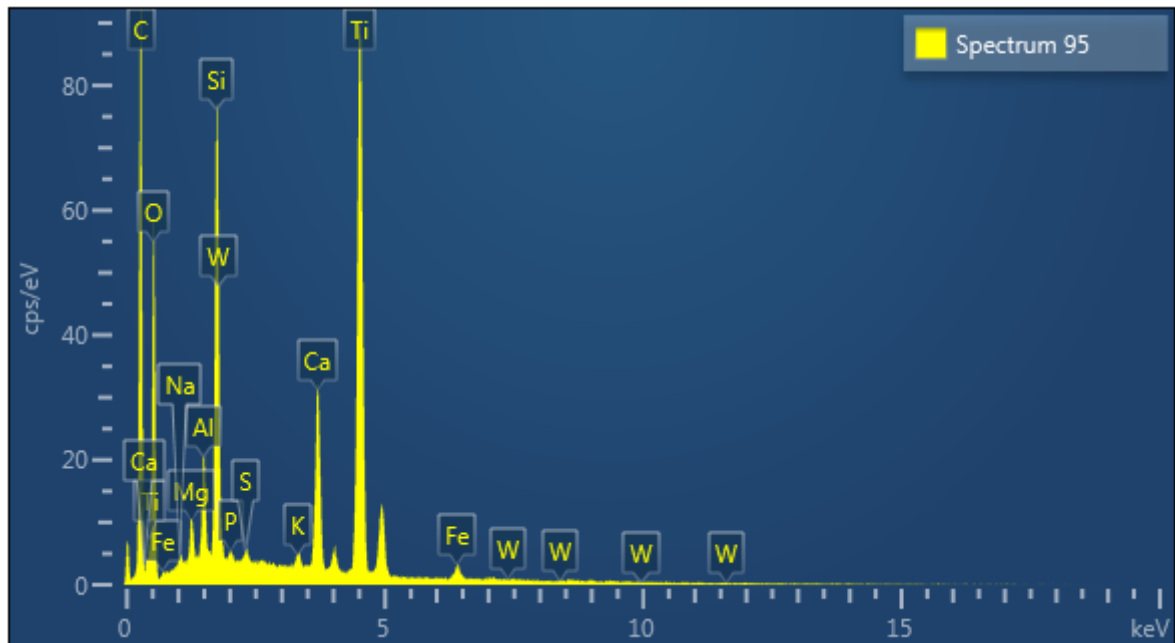
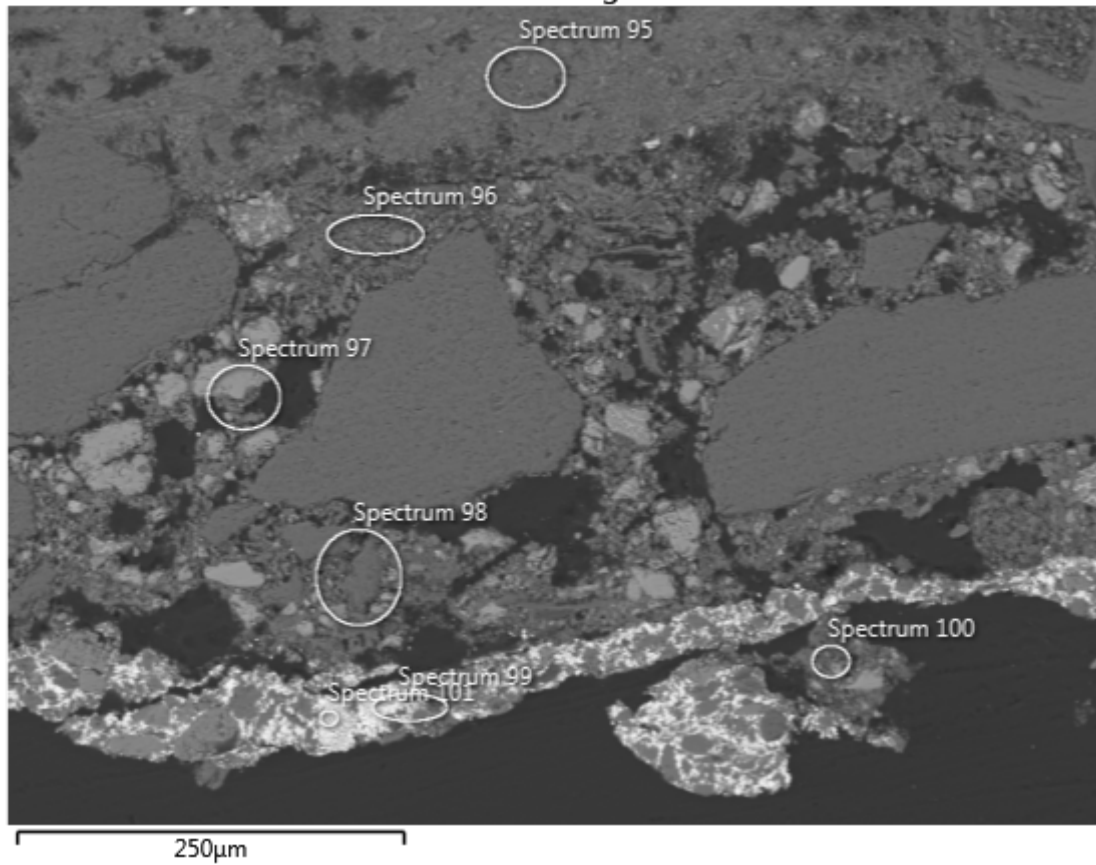


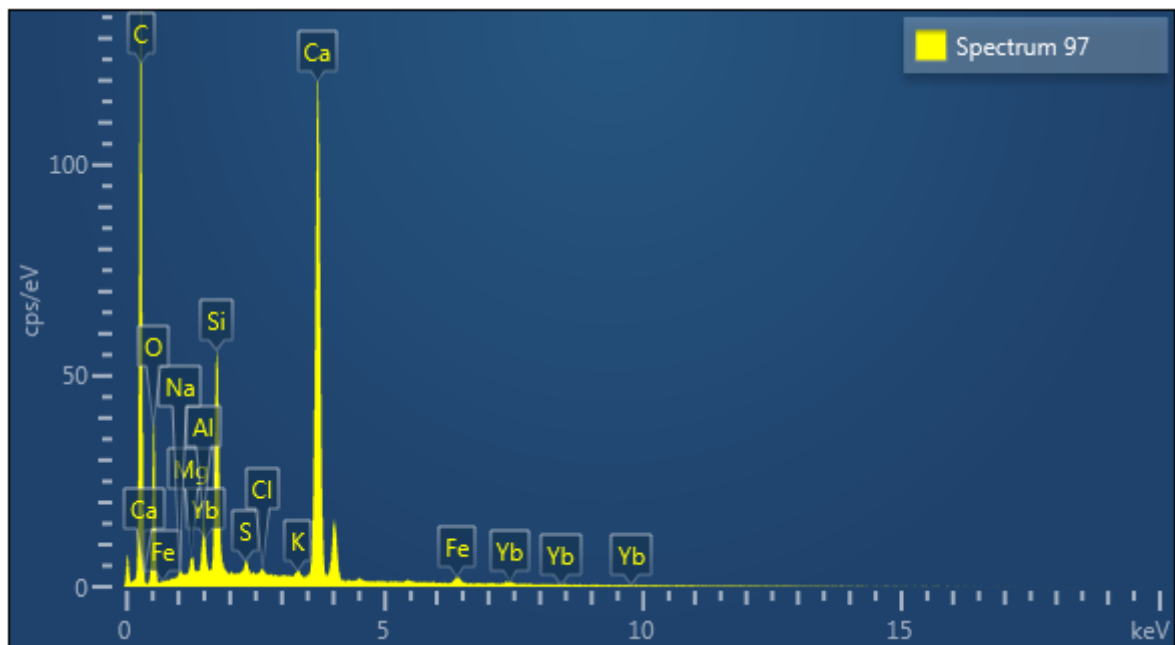
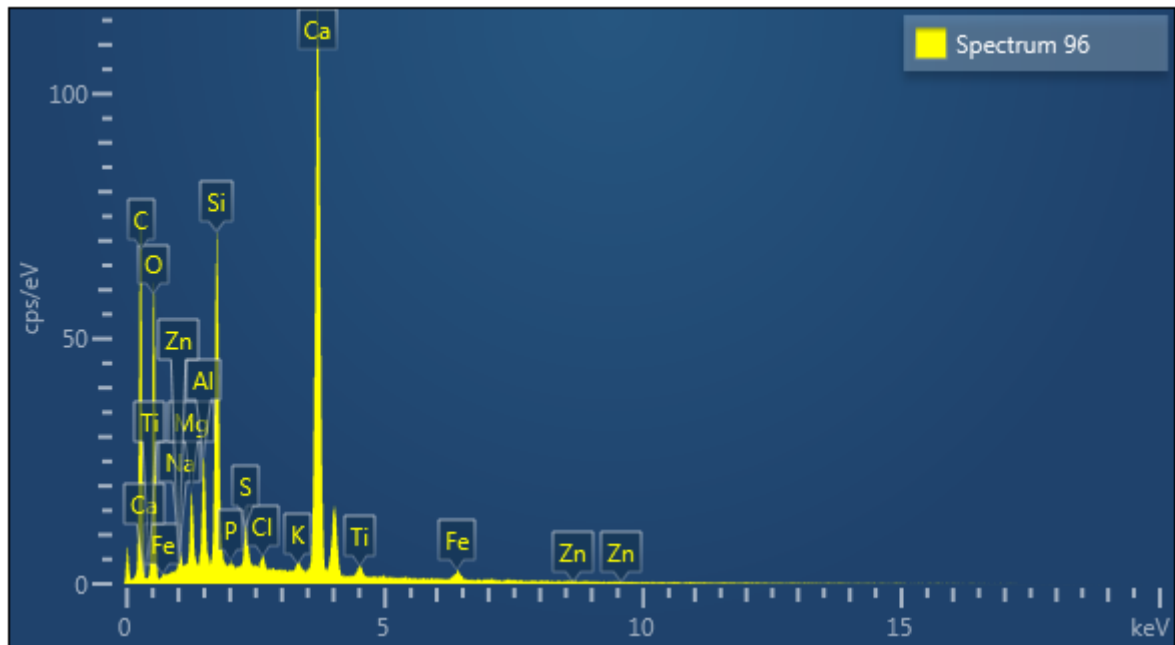


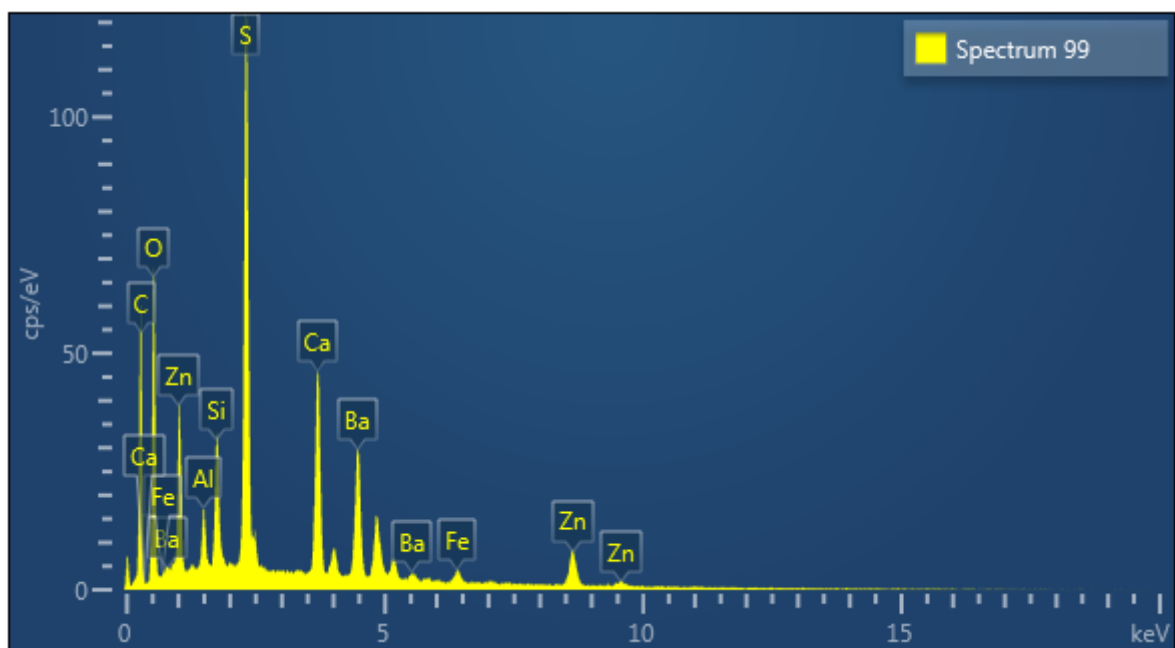
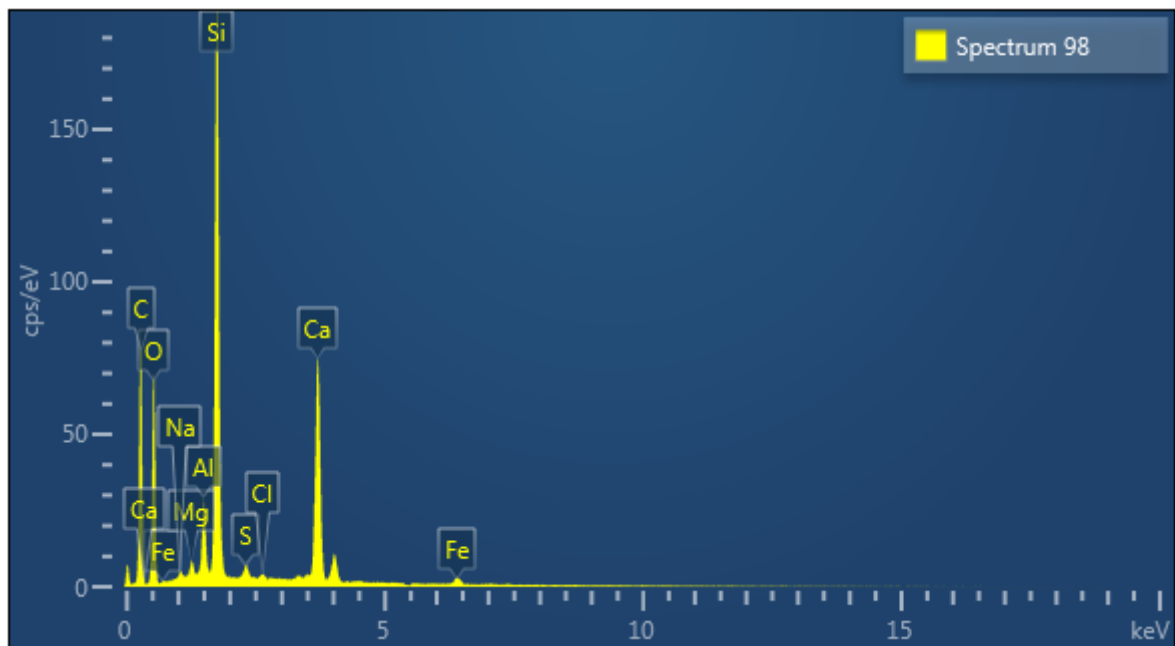


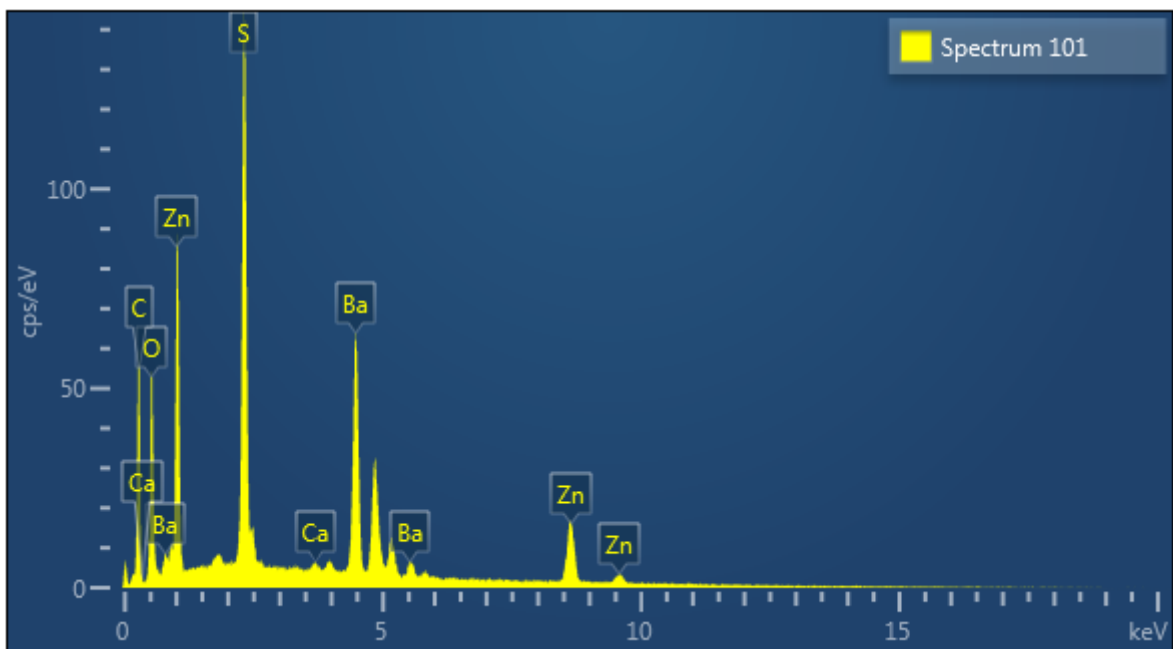
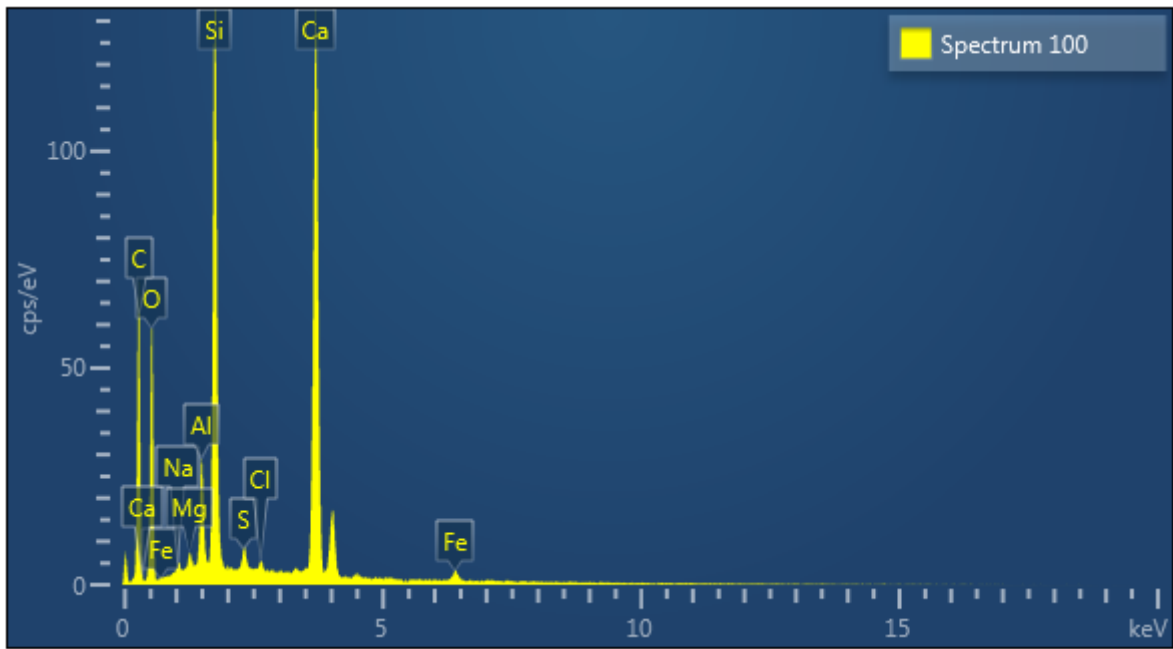


Electron Image 19

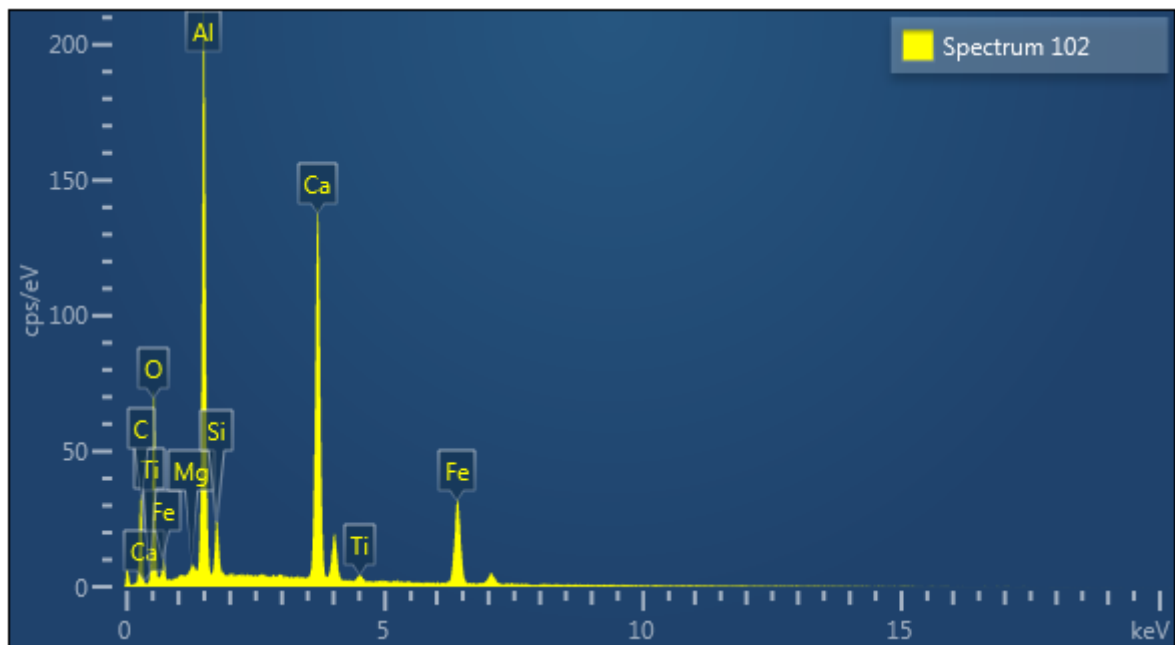
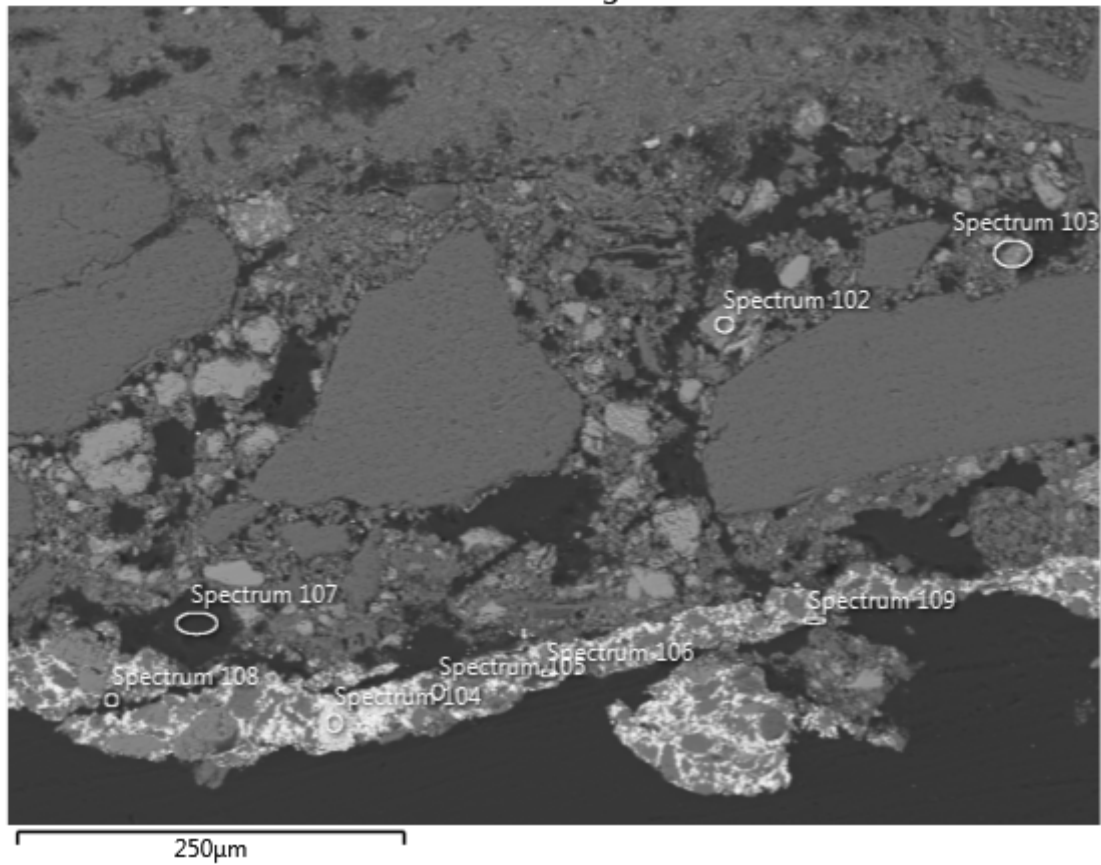


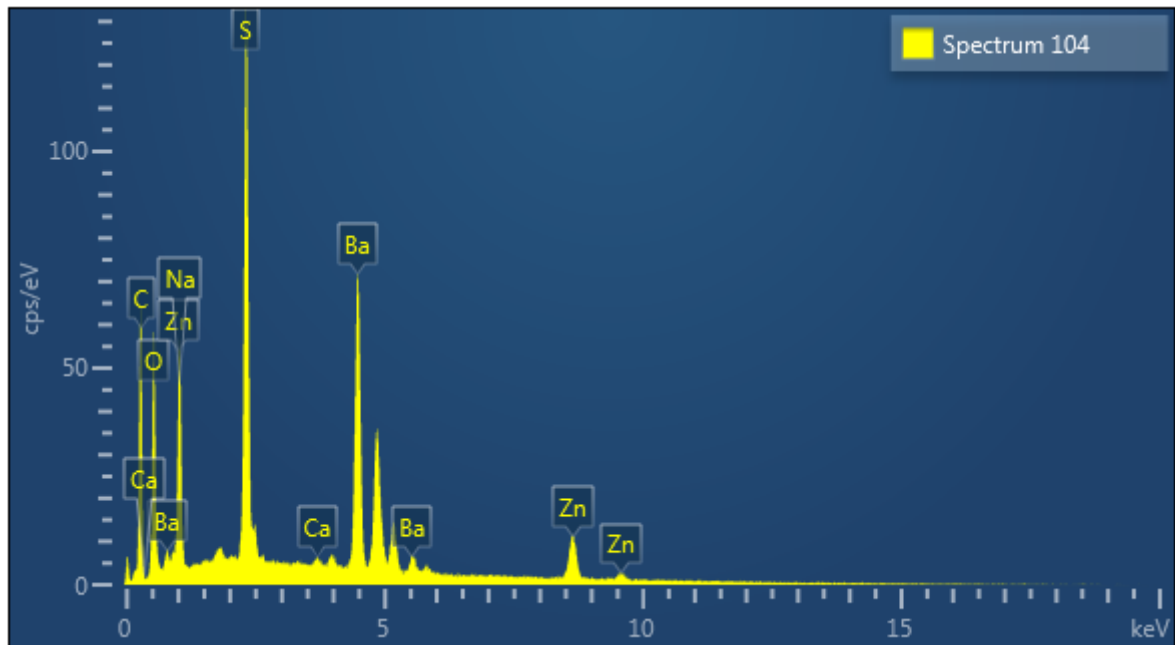
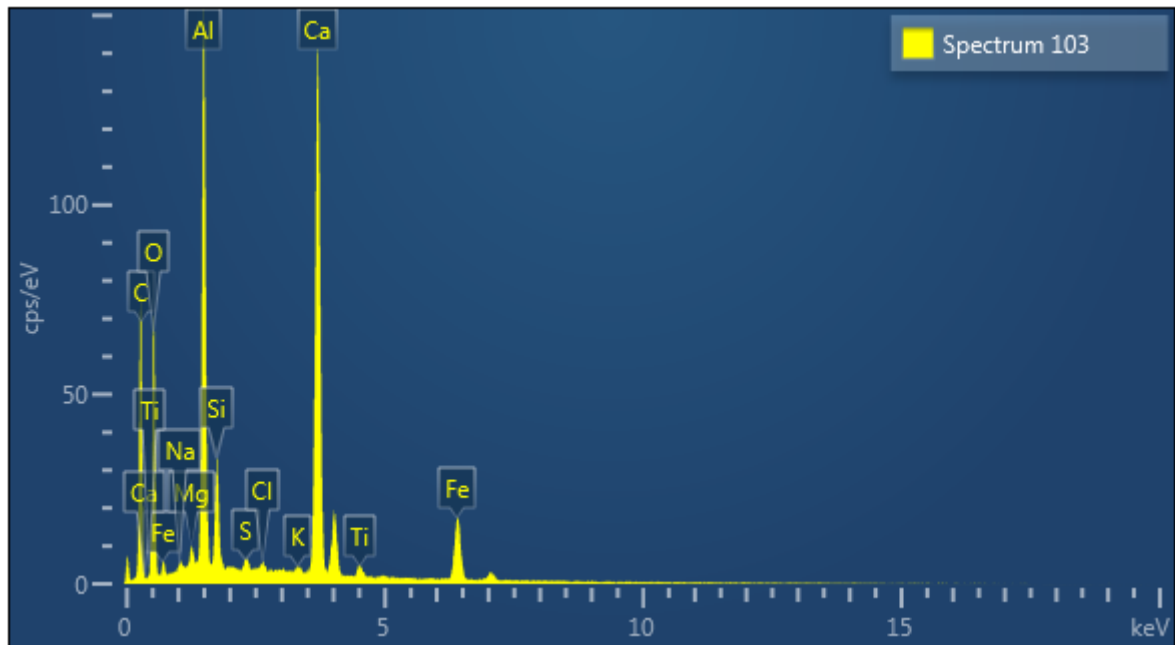


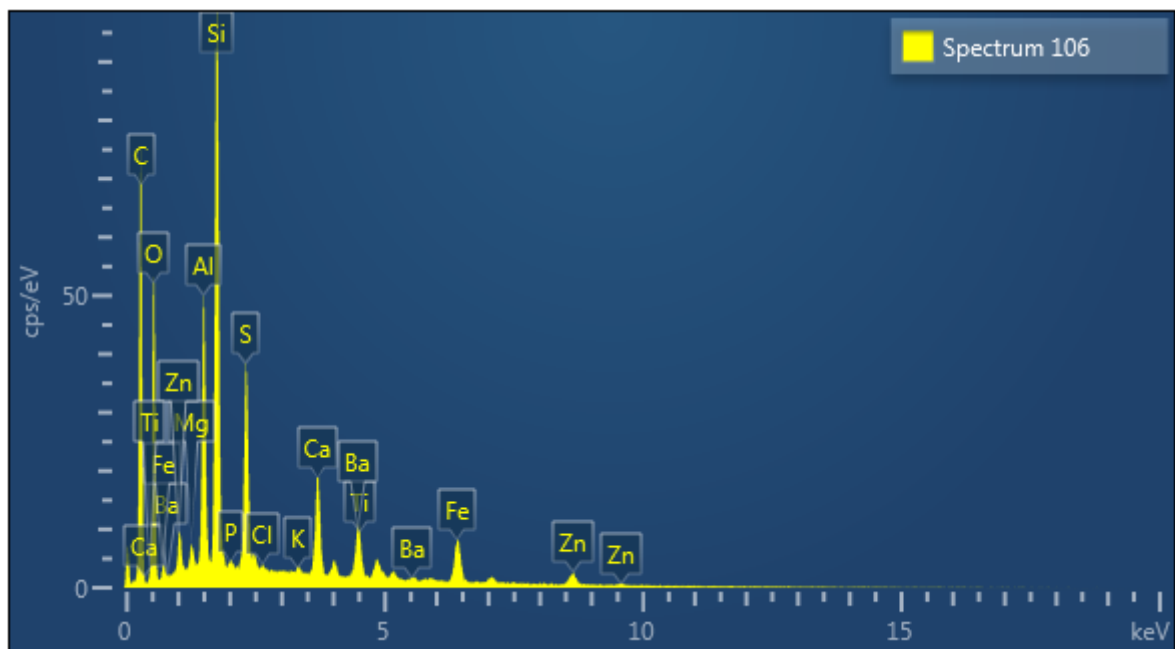
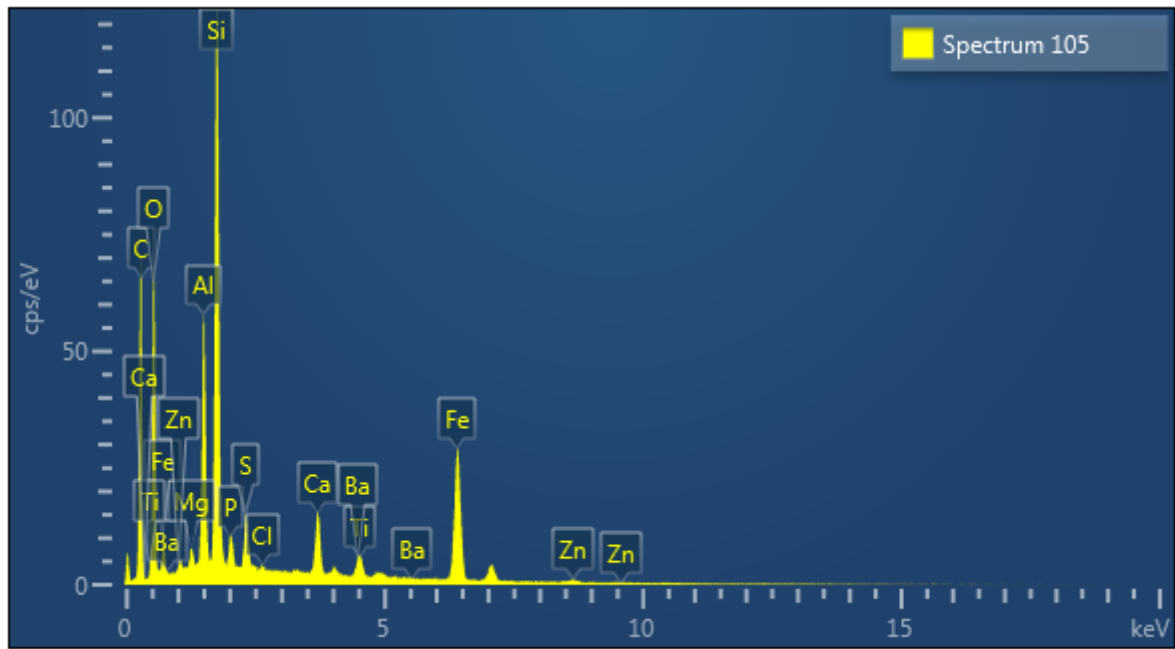


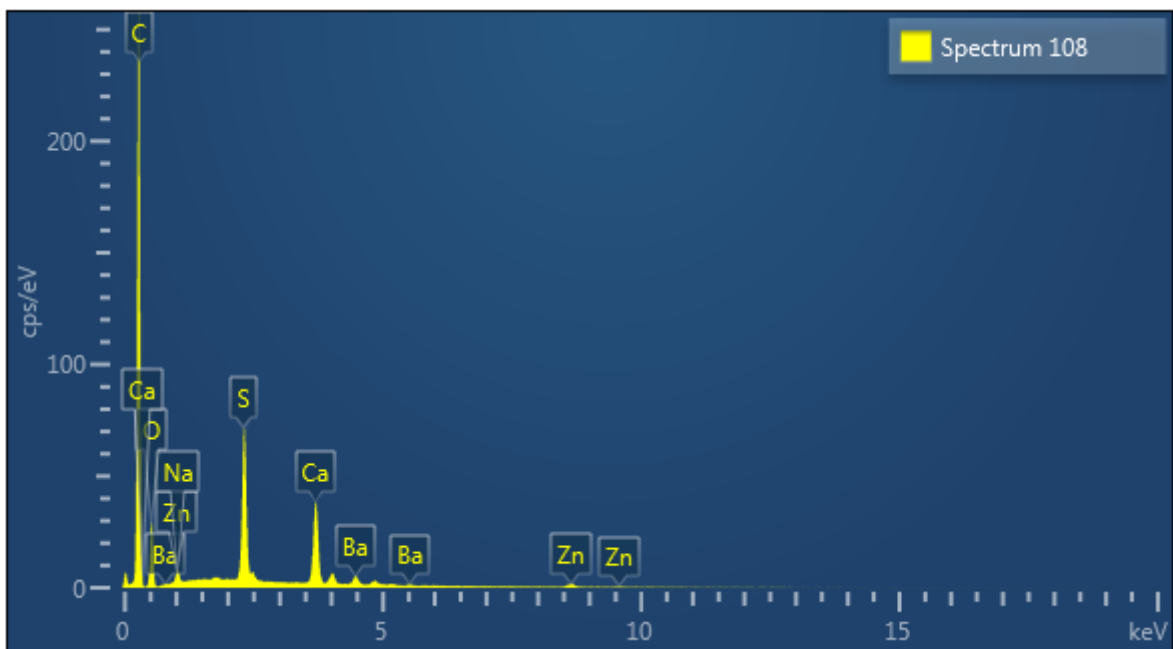
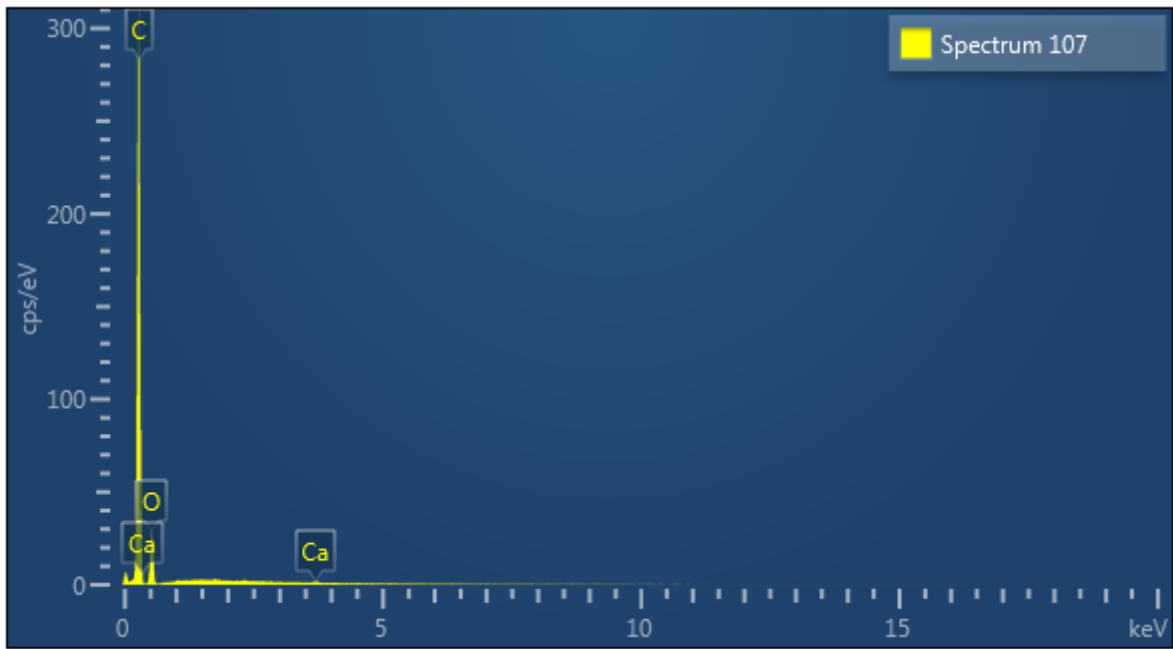


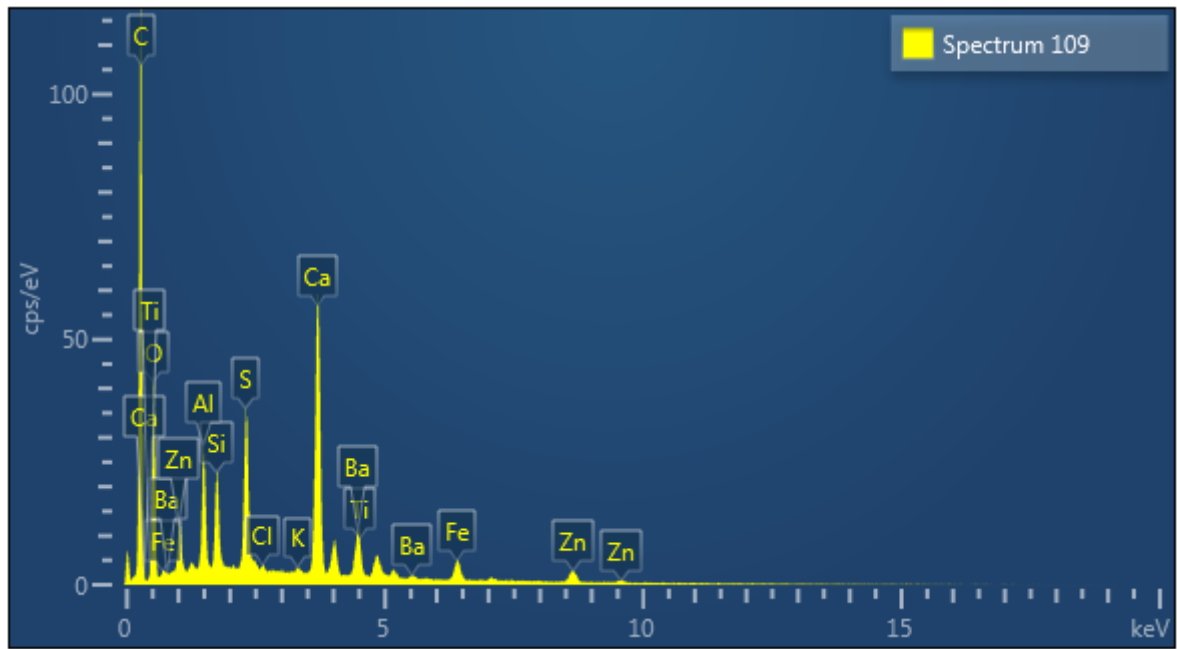
Electron Image 20



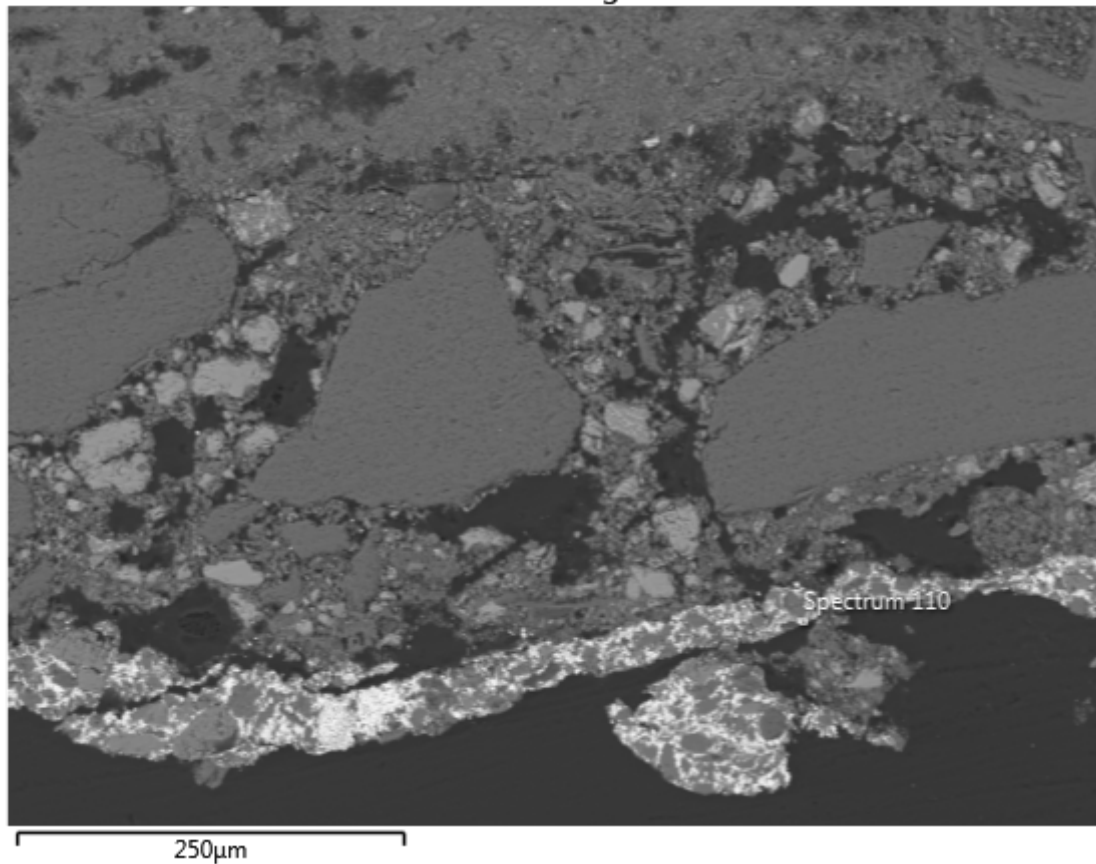


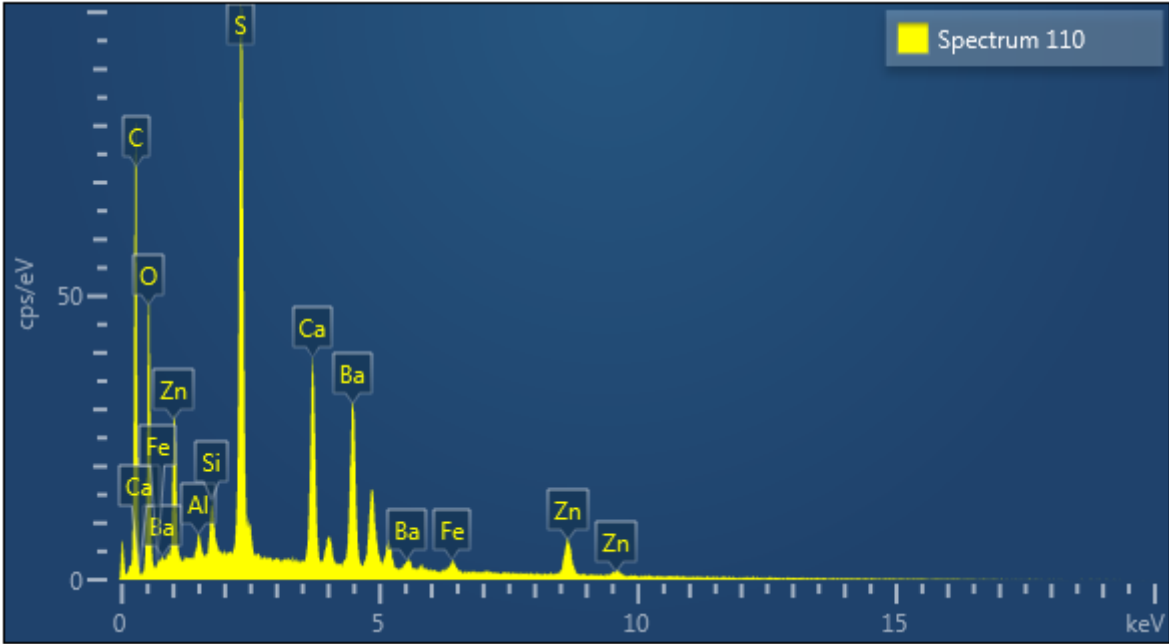






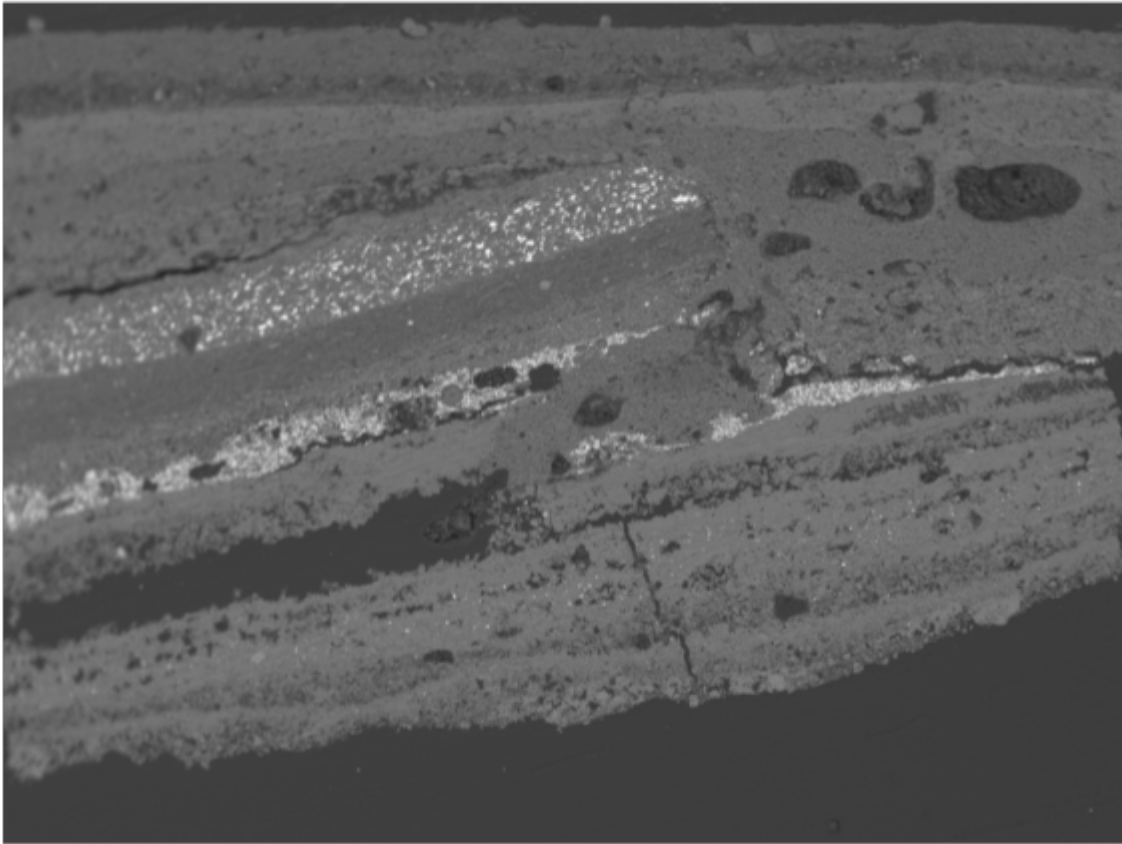
Electron Image 21



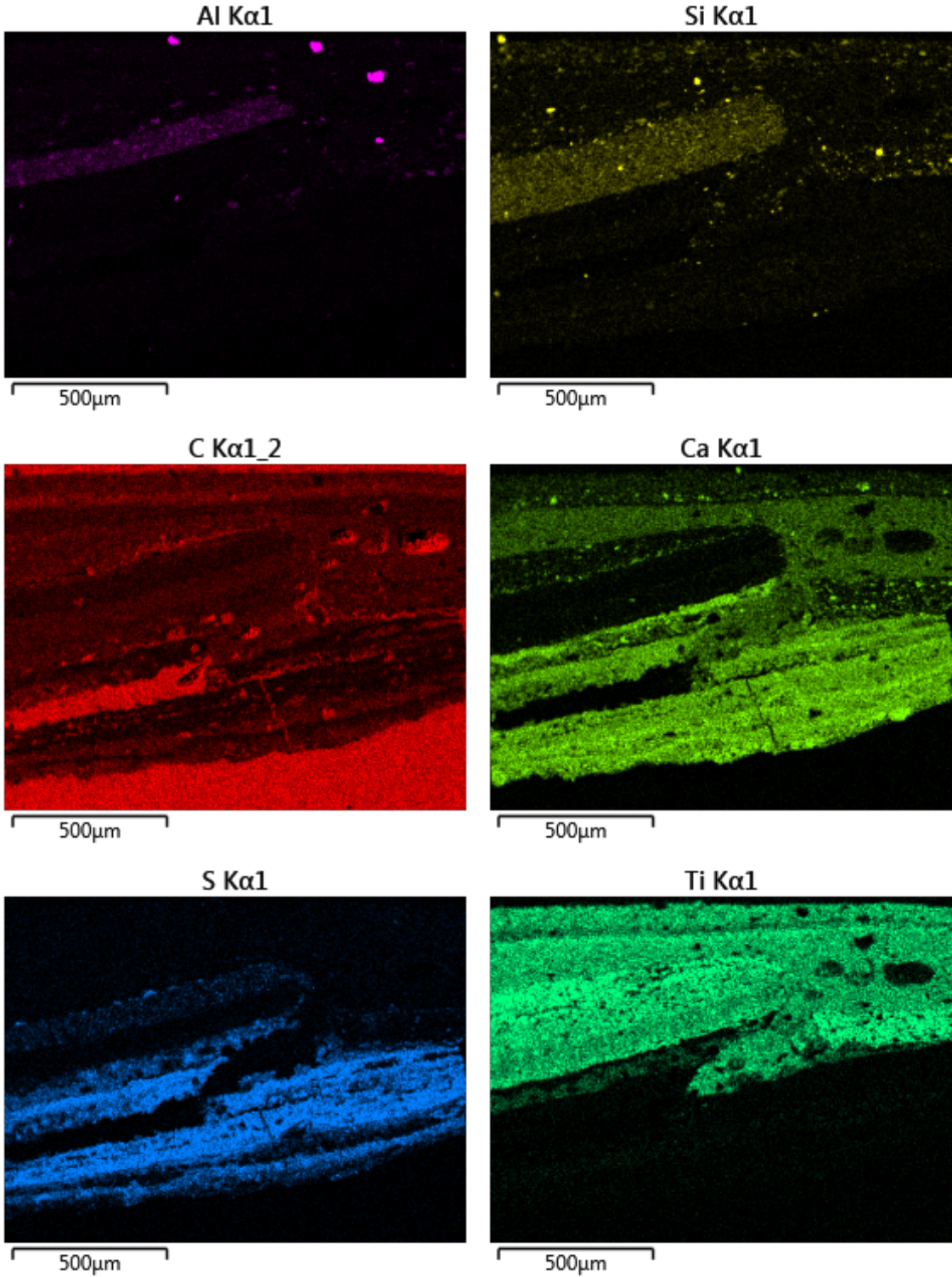


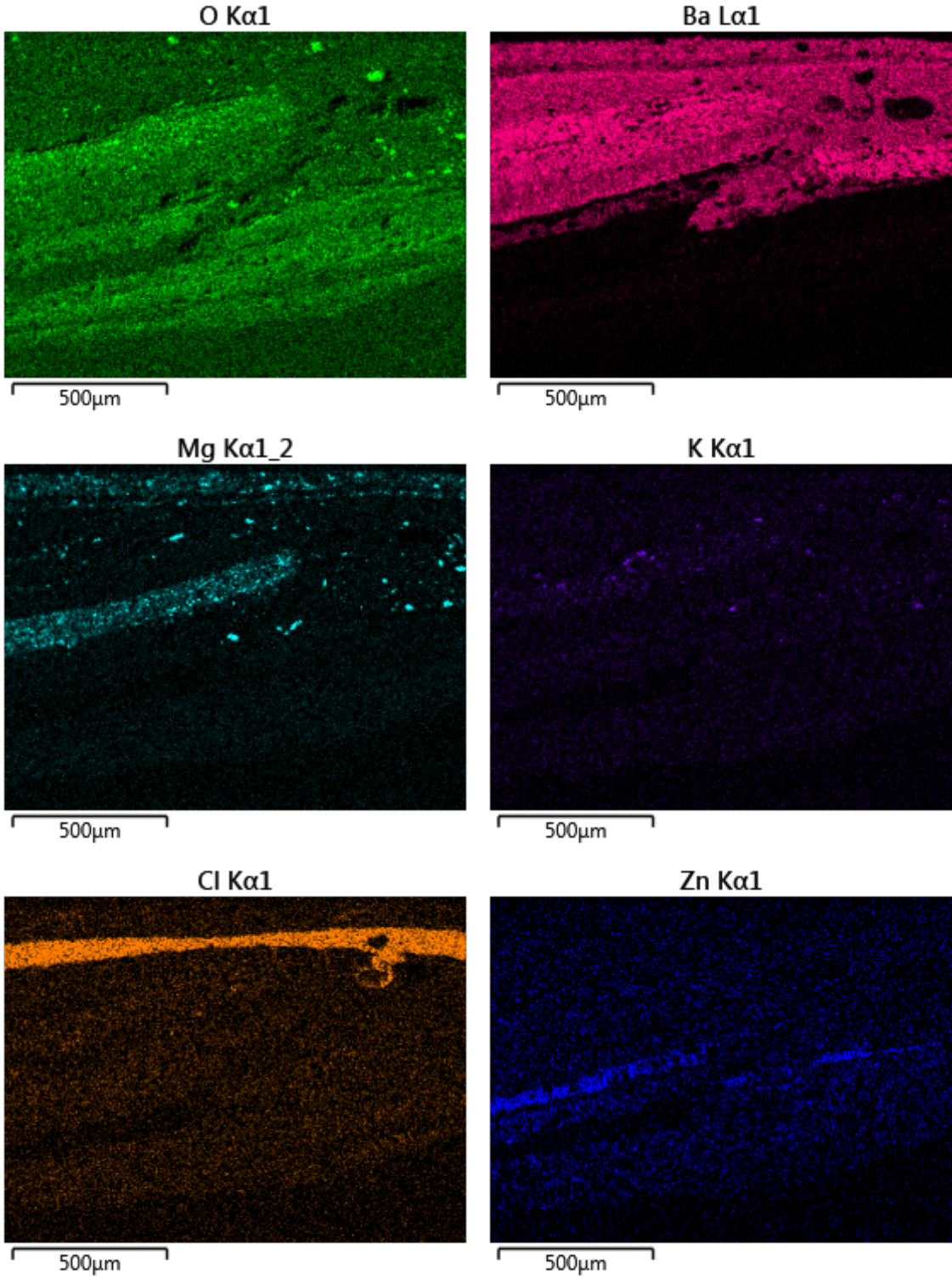
RSH-18 K14

Electron Image 22

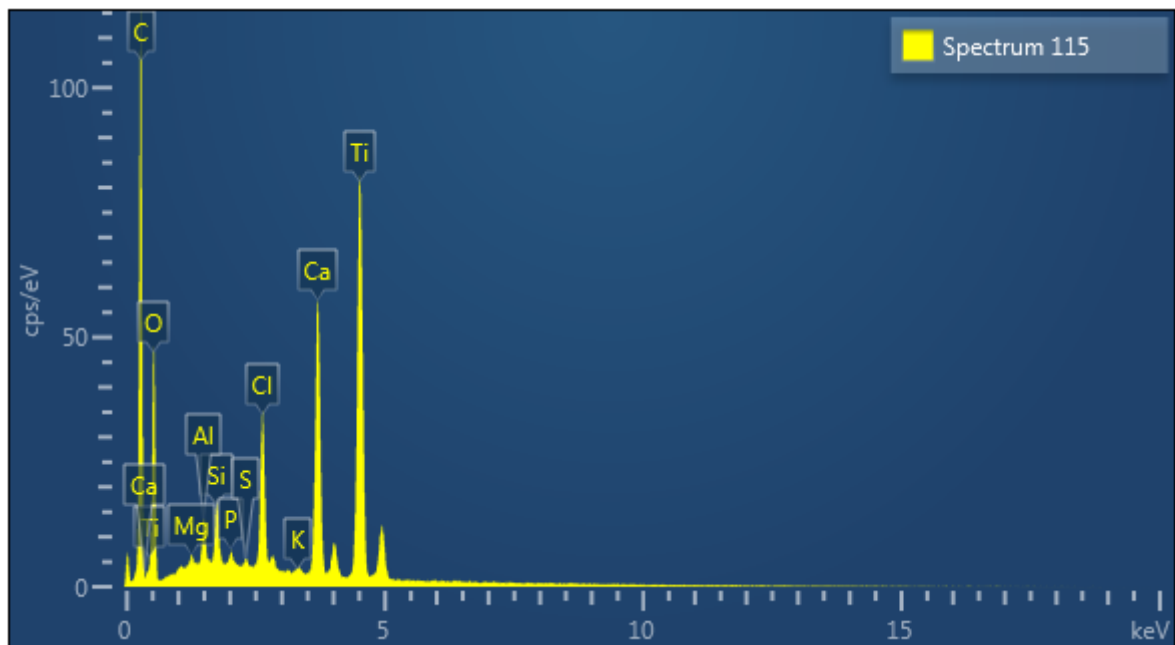
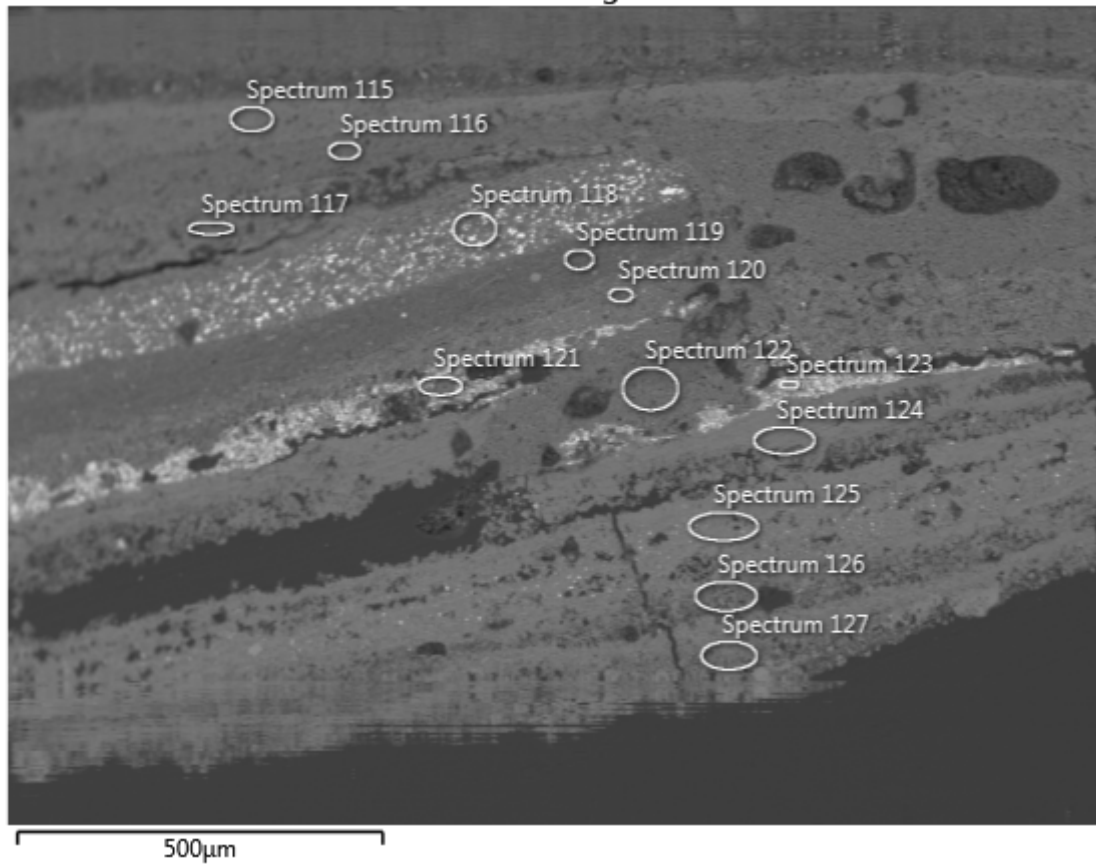


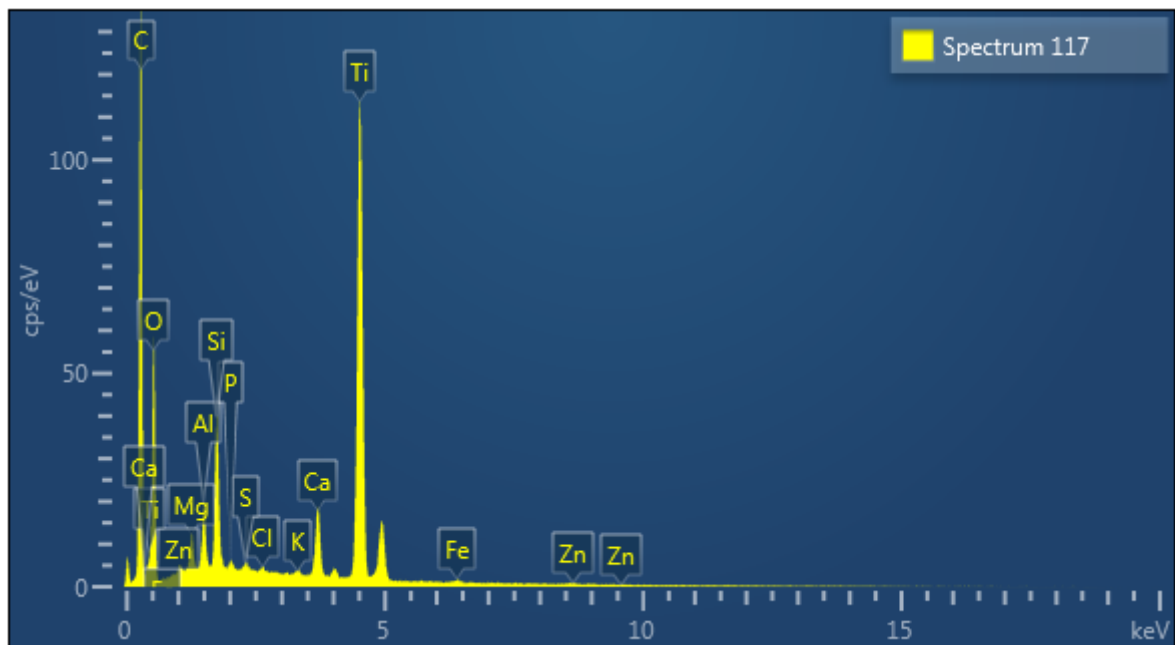
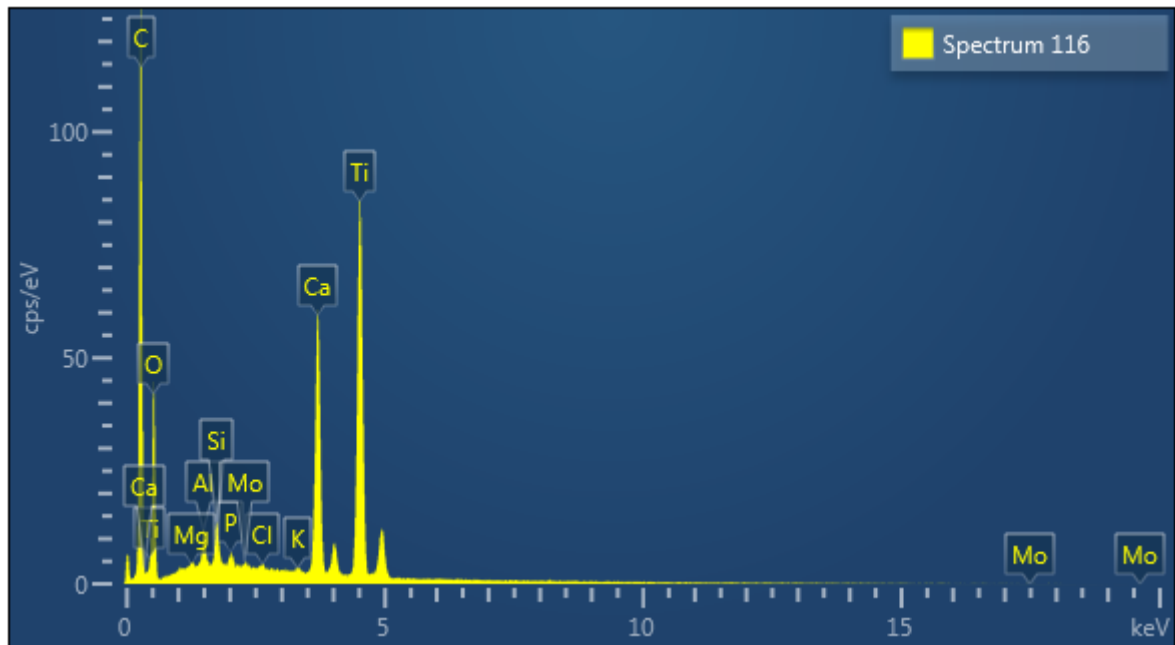
500µm

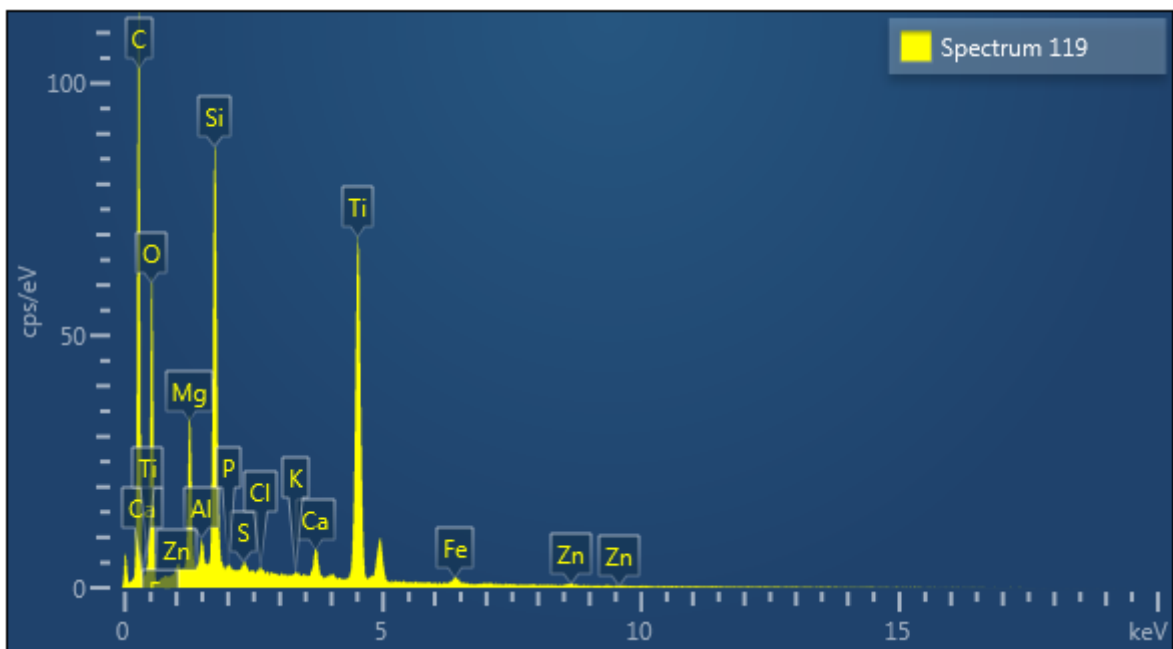
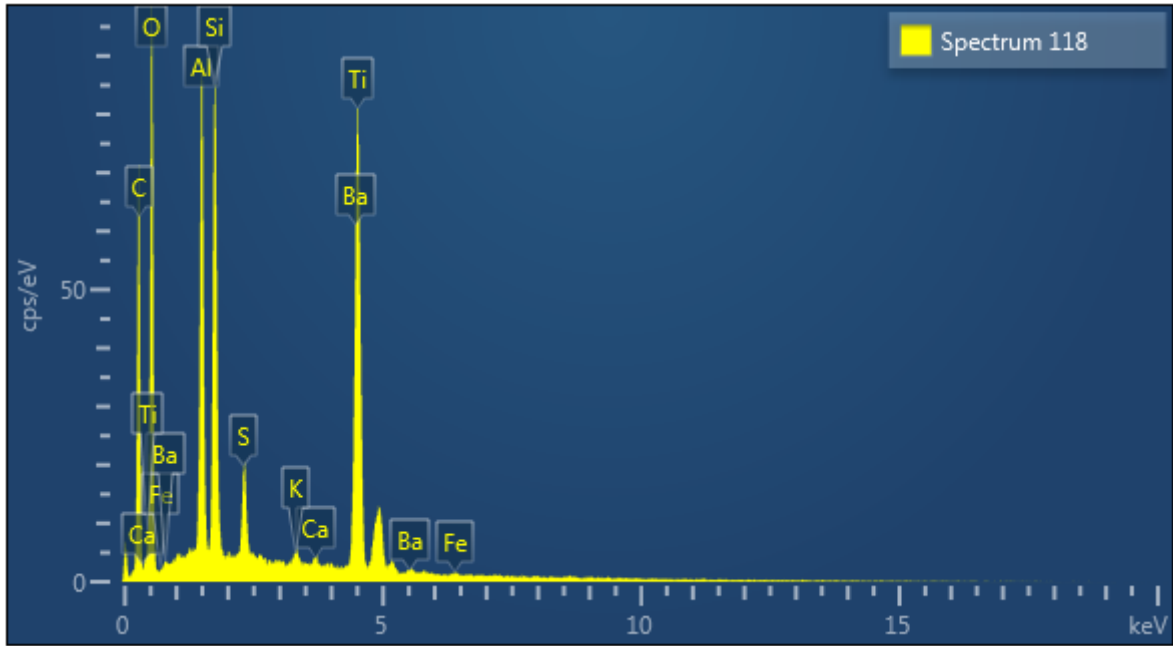


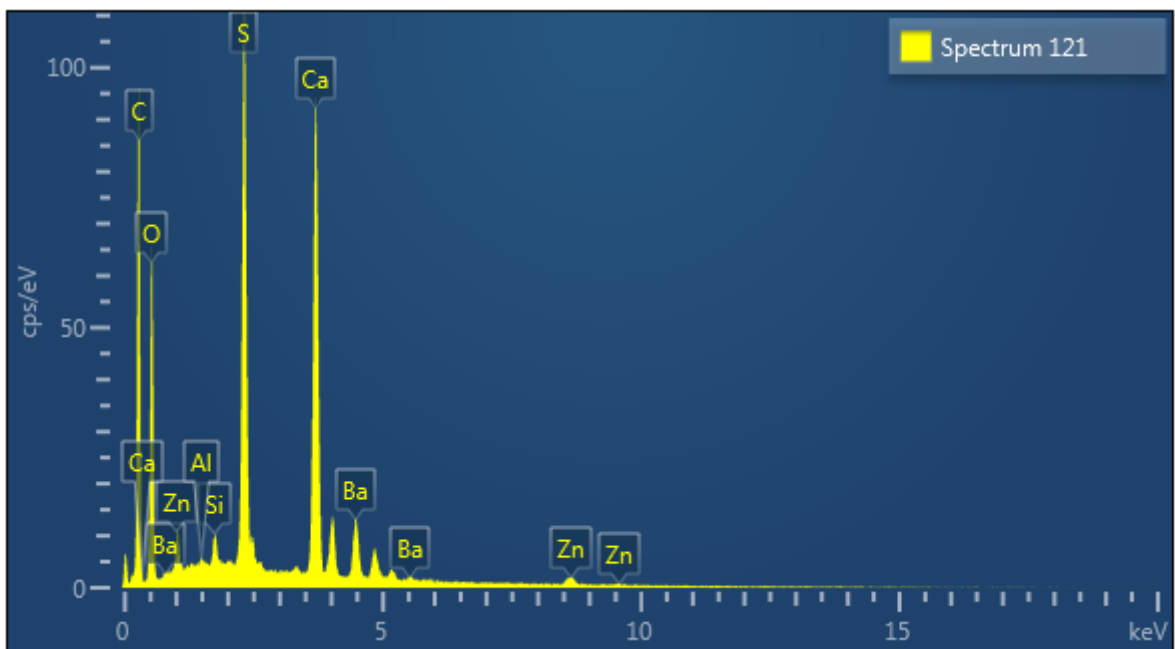
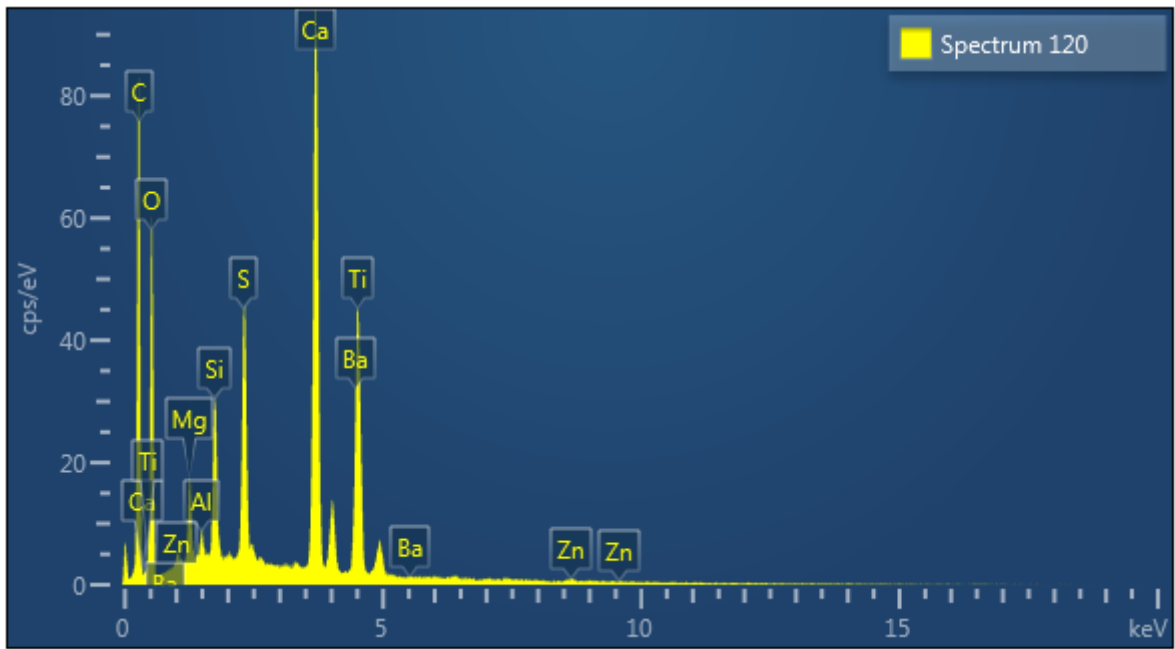


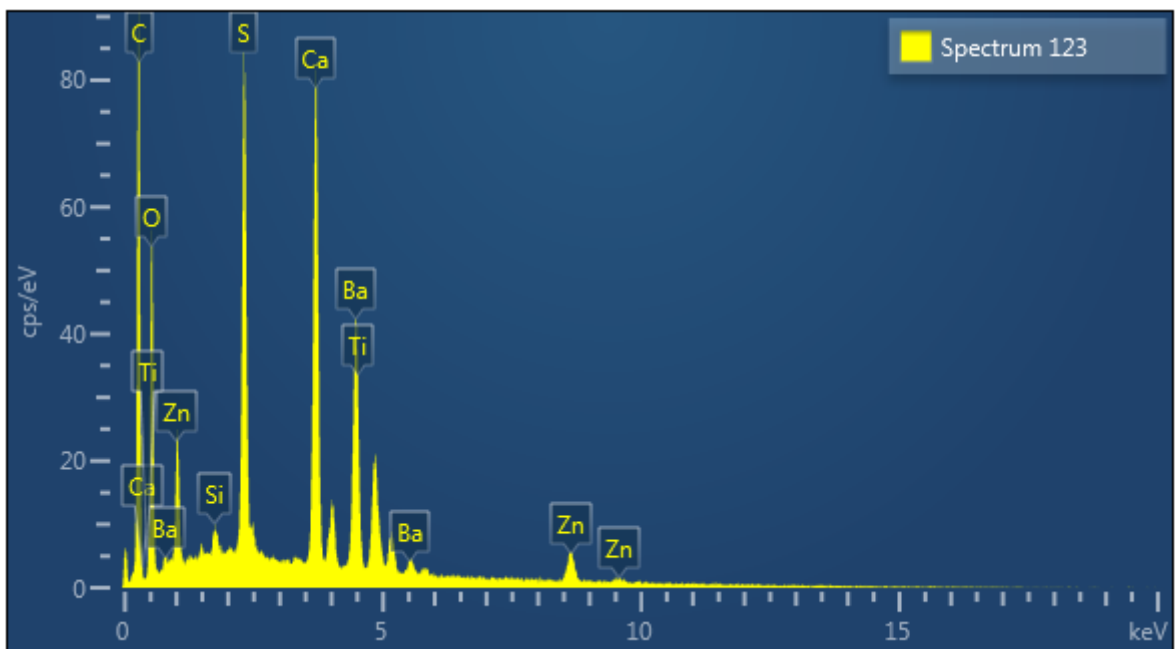
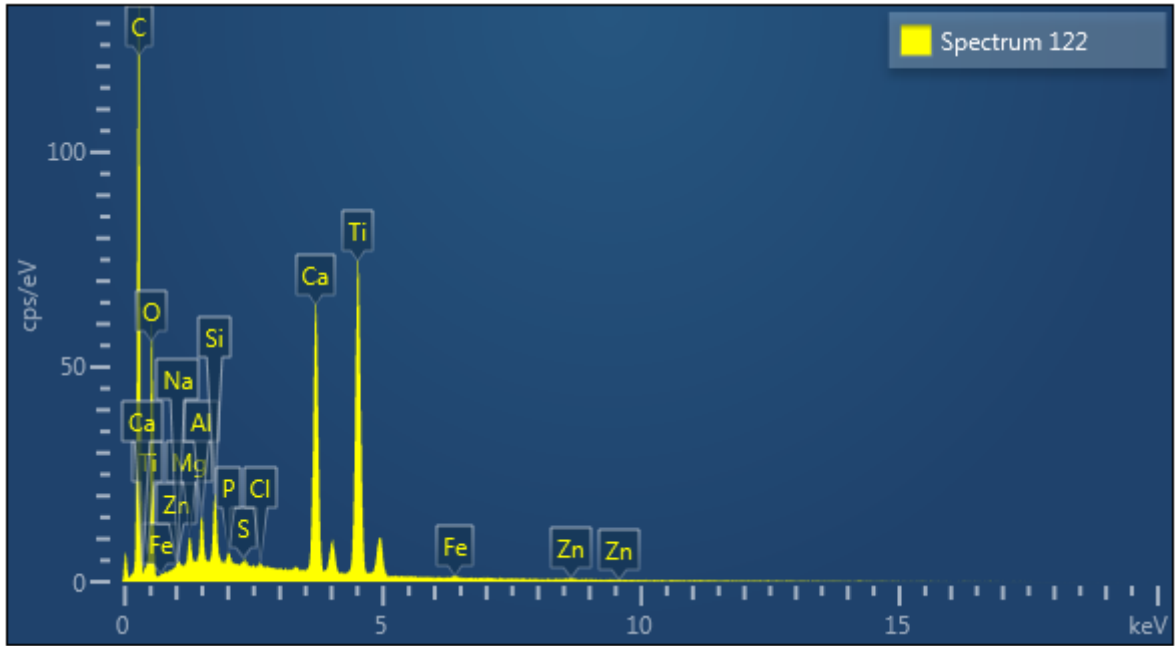
Electron Image 23

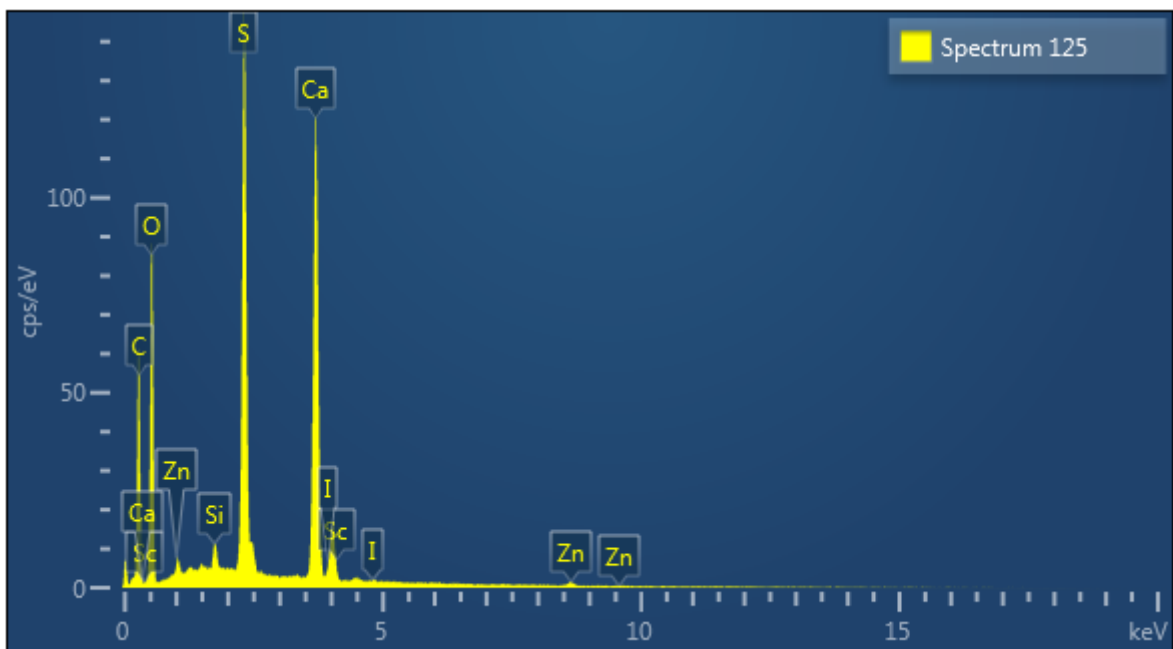
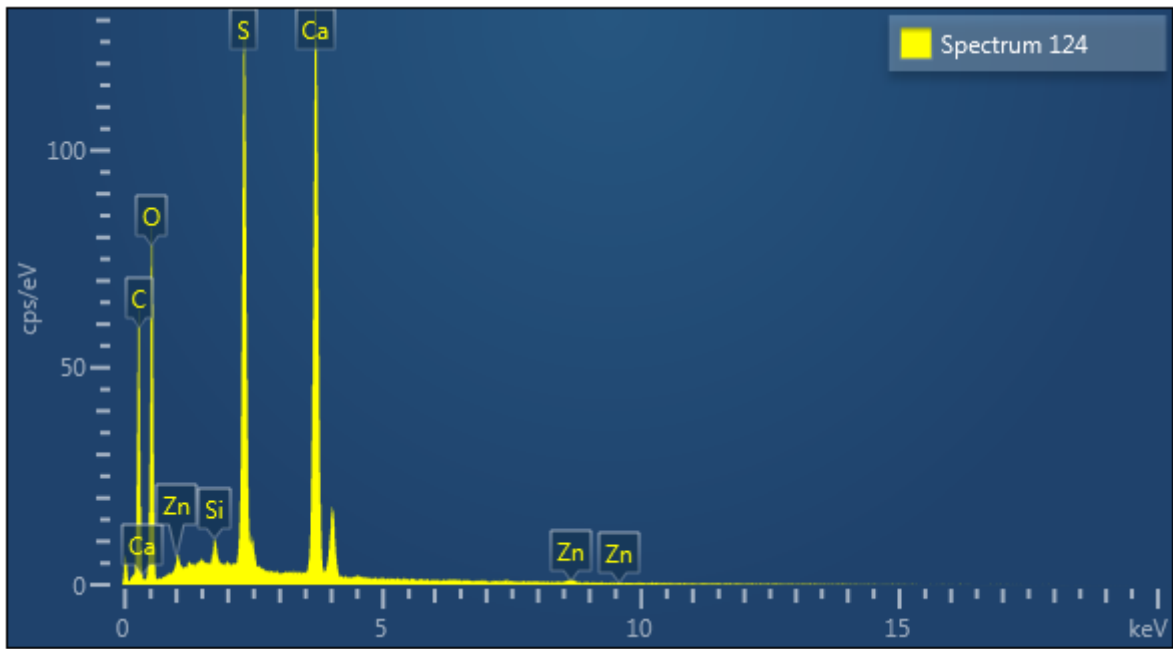


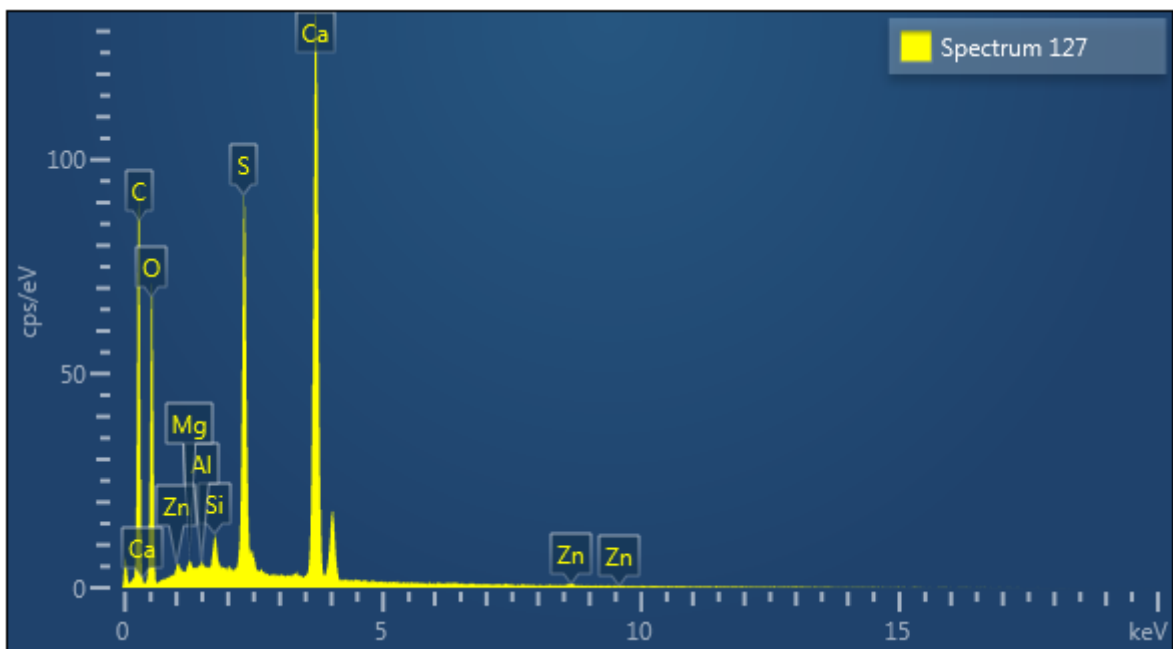
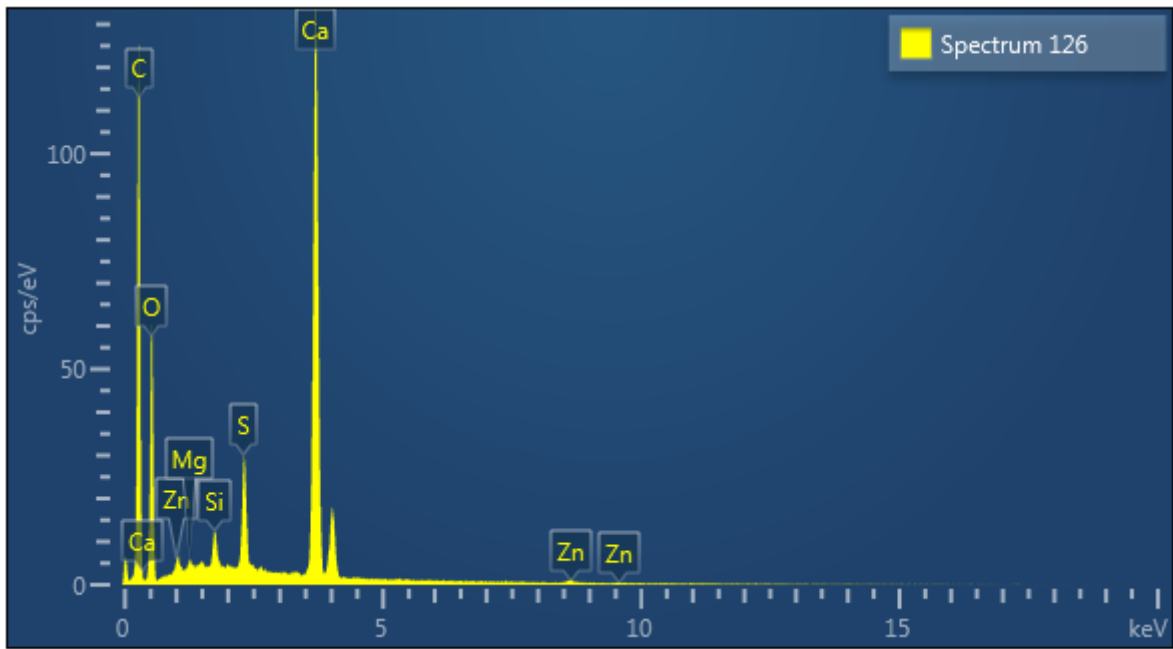




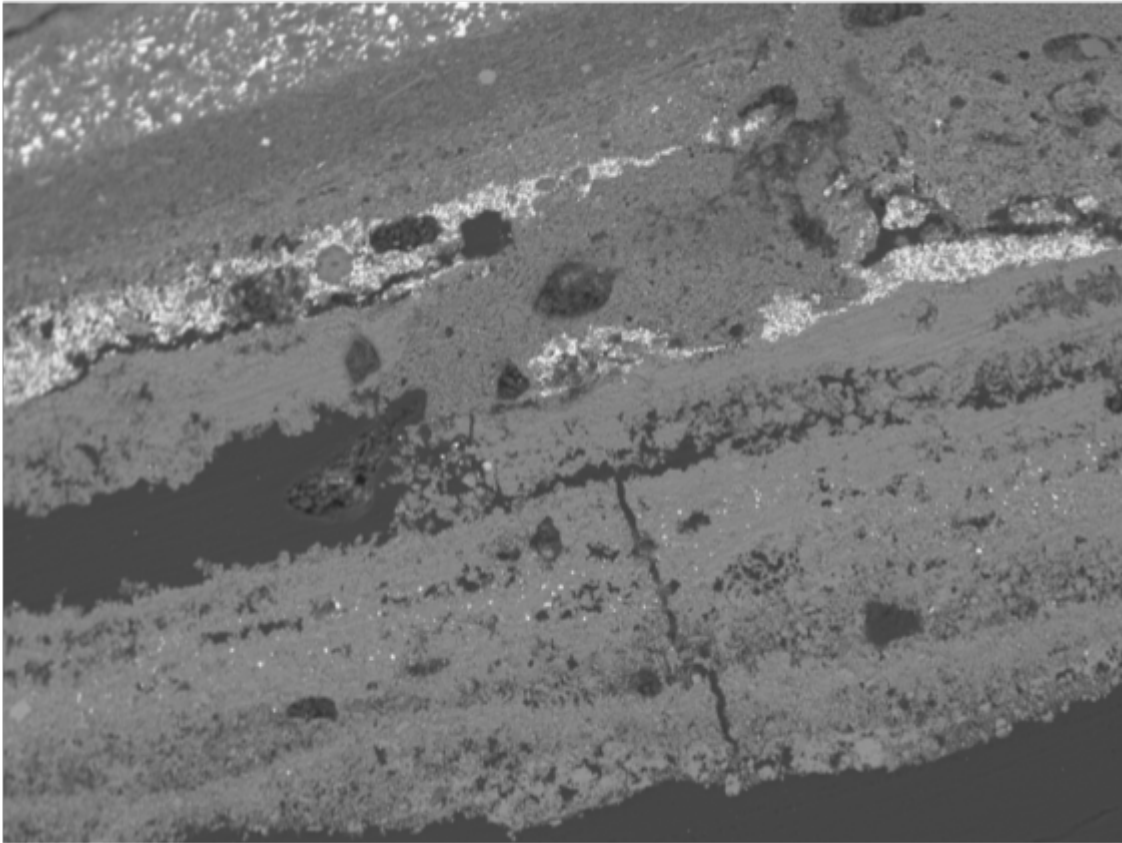




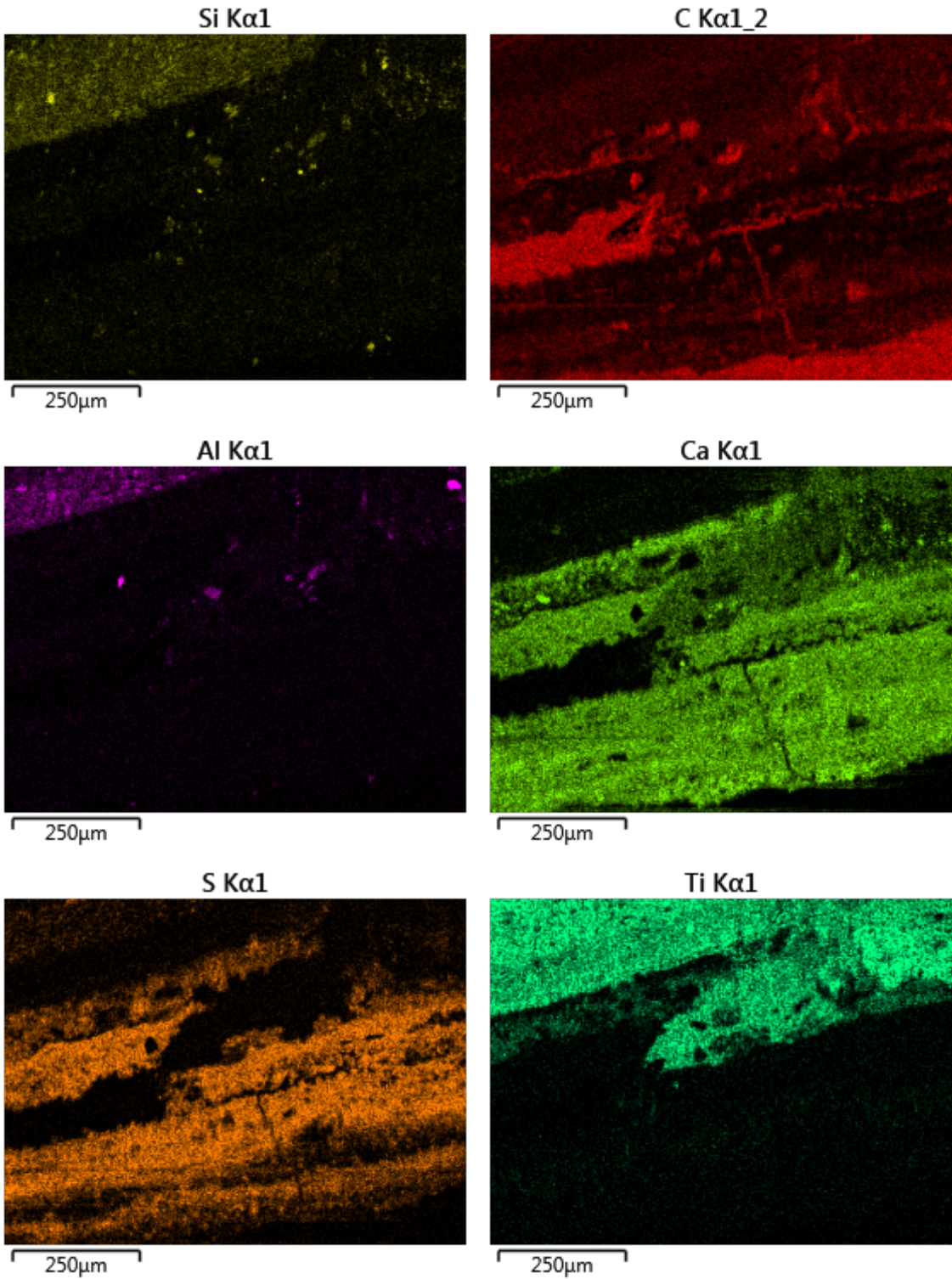


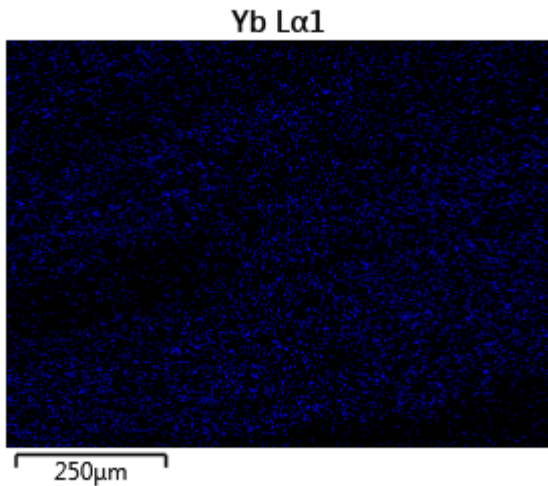
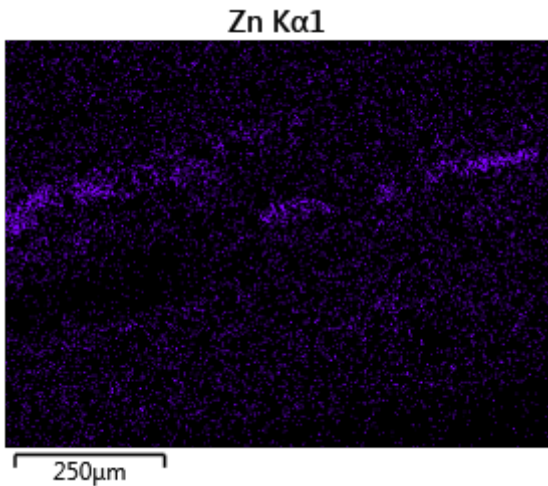
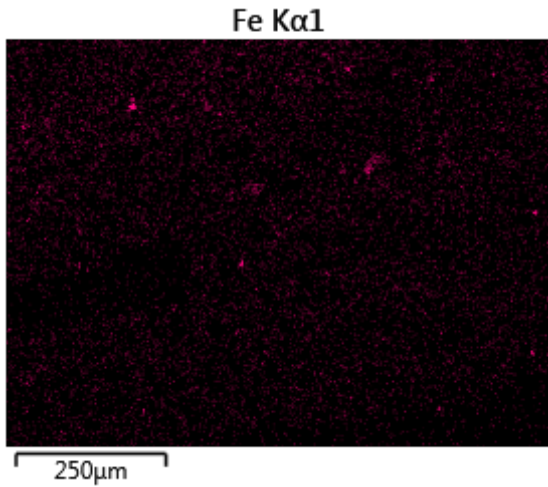
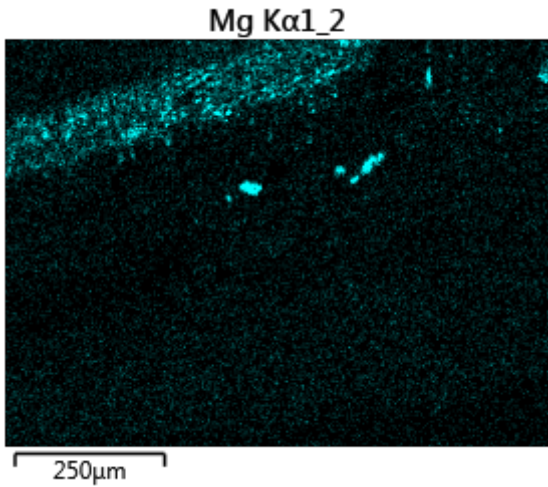
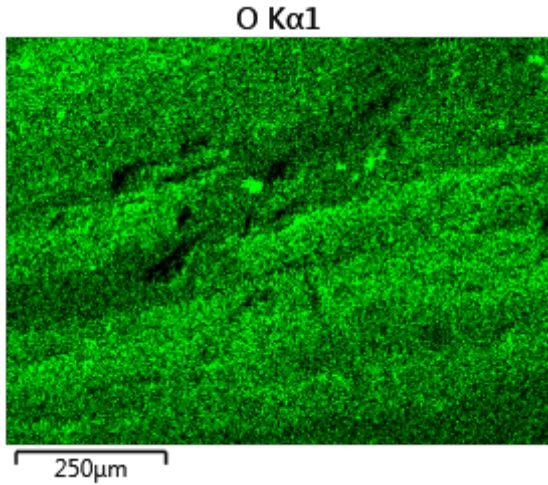
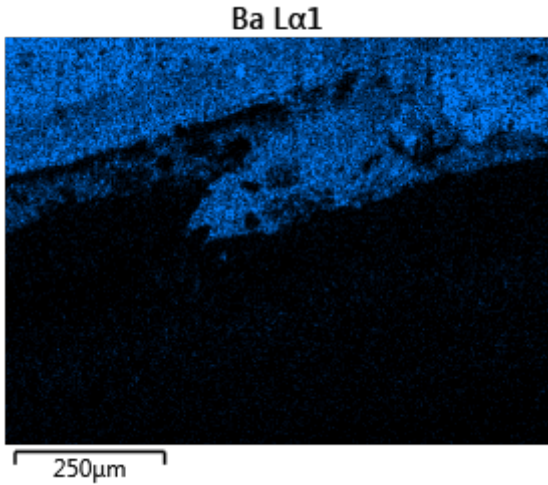


Electron Image 24



250µm





Electron Image 25

