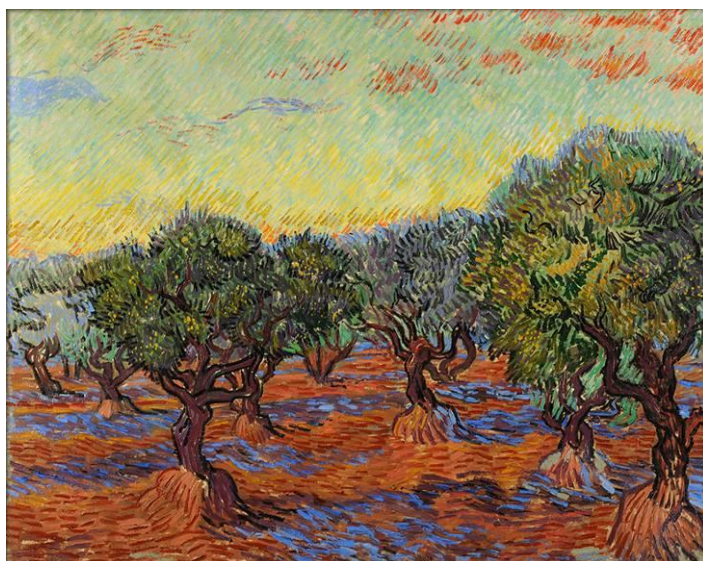


Museibelysnings påverkan på gula krompigment

-utifrån Vincent van Goghs målning
Olivskog, Saint-Rémy, 1889



Andreas Roxvall

Uppsats för avläggande av filosofie kandidatexamen i
Kulturvård, Konservatorprogrammet
15 hp
Institutionen för kulturvård
Göteborgs universitet

2013:16



Museibelysnings påverkan på gula krompigment -utifrån
Vincent van Goghs målning *Olivskog, Saint-Rémy*, 1889

Andreas Roxvall

Handledare: Jonny Bjurman

Kandidatuppsats, 15 hp
Konservatorprogrammet
Läsåret 2012/13

Program in Integrated Conservation of Cultural Property
Graduating thesis, BA/Sc, 2013

By: Andreas Roxvall
Mentor: Jonny Bjurman

The impact of museum lighting on yellow chrome pigments – with respect to Vincent van Gogh's painting *Olive groove, Saint-Rémy*, 1889

ABSTRACT

This study discuss the problems of displaying artworks containing yellow chrome pigments, reactive to the wavelengths in LED lights, often used in modern exhibitions. In the late 19th century there where a variety of chrome pigments manufactured, such as lead chromate (PbCrO_4) and lead chromate mixed with lead sulphate ($\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$). Studies have found that lead chromates with high content of sulphate and/or a certain crystal structure, tends to darken when exposed to light with short wavelengths. The main purpose has been to analyze two yellow paint samples from Vincent van Gogh's *Olive groove, Saint-Rémy* - 1889, in Gothenburg art museum's collection. Analysis with Energy dispersive x-ray spectroscopy (SEM-EDX) confirmed the presence of a lead chromate, probably mixed with zinc white (ZnO). No complete characterization of potential sulphate content in the pigment could be made. The lack of sulphur in parts of the samples and the fact that the paint after 134 years in various lighting conditions still remain bright yellow, may indicate that it is not one of the most reactive type of lead chromates. As a supplement a series of oil colours containing yellow chrome pigments was made and artificially aged for 8 400 000 lx h, with a halogen spotlight and a "warm white" LED spotlight. The experiment simulated c. 19/25 years of exposure with 200/150 lux, with respect to the museums annual open hours. The lead chromates change in colour while a zinc chromate din not. The LED light caused no more darkening of this sulphur containing lead chromate, than the halogen light. As this experiment simulated exposure for a relatively short period of time with only one sulphur containing lead chromate, the reports on the potential danger of LED lights should not be neglected.

Title in original language: Museibelysningens påverkan på gula krompigment – utifrån Vincent van Goghs målning *Olivskog, Saint-Rémy*, 1889

Language of text: Swedish

Number of pages: 43

Keywords: (5-7) Chrome yellow, lemon yellow, darkening of yellow, degradation of pigment, pigment analysis, preventive conservation, museum lighting.

ISSN 1101-3303

ISRN GU/KUV—13/16--SE

Förord

När jag var 10 år och hade bildlektion med min mellanstadieklass, fick vi i uppgift att måla av olika konstverk. Min magister visade oss bilder på ett urval kända målningar och jag fastnade för en speciell landskapsmålning med krokiga olivträd.

17 år senare har jag fått möjligheten att på nära håll studera originalverket, van Goghs målning *Olivskog Saint-Rémy*. Arbetet har varit både hedrande och inspirerande, samtidigt som min förståelse för kemin har prövats. Jag vill tacka Göteborgs konstmuseum och Malin Borin, som handledde mig under min praktik på museet och möjliggjorde en uppsats med anknytning till verkliga förhållanden. Min handledare Jonny Bjurman skall ha ett stort tack för all hjälp och sin anpassningsbarhet, likas hela Institutionen för kulturvård. Jag vill även tacka Jan Olof Stenquist på ERCO, för vänligheten att låna ut belysning till mitt projekt. Mina studiekamrater och gänget på "kontoret" tackas för kaffekokande och roliga stunder under arbetet med uppsatsen.

Till slut vill jag uppmana min kära familj att vara uppmärksam på att en liten teckning med ett bekant motiv, utförd i mästertlig akvarellteknik, kan dyka upp vid framtida vårstädningar eller rensningar.

Andreas Roxvall, den 23:e maj 2013

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	9
1.1. Bakgrund ämnesval	9
1.2. Problemformulering och frågeställningar	9
1.3. Tidigare forskning	10
1.4. Syfte och målsättning	13
1.5. Avgränsningar	13
2. BELYSNING I MUSEIMILJÖ	14
2.1. Rekommendationer för belysning av oljemåleri	14
2.2. Belysning på Göteborgs konstmuseum	15
3. GULA KROMPIGMENT	16
3.1. Översikt gula kromater	16
3.2. Krompigmentens uppkomst och användning på 1800-talet	17
3.3. Färgtillverkningen under 1800-talet	18
4. FALLSTUDIE – Pigmentanalys av Vincent van Goghs <i>Olivskog, Saint-Rémy</i> , 1889 ...	20
4.1. Introduktion fallstudie	20
4.2. Presentation av studieobjektet	21
4.3. Provtagning.....	22
4.4. Genomförande, grundämnesanalys (SEM-EDX).....	23
4.5. Resultat SEM-EDX	23
5. EXPERIMENT – Påskyndad exponering av oljefärger med gula krompigment.....	26
5.1. Introduktion experiment	26
5.2. Framställning av provserie	26
5.2.1. Materialval.....	26
5.2.2. Färgrivning och oljeåtgång.....	27
5.2.3. Uppmålning av provserie	28
5.3. Experimentell metod.....	29
5.3.1. Presentation av belysning	29
5.3.2. Uppmätning av avstånd och luxtal	30
5.3.3. Beräkning av simulerad tid.....	30
5.4. Genomförande, påskyndad exponering	31
5.5. Resultat påskyndad exponering	32
6. DISKUSSION	35
6.1. Diskussion kring fallstudien	35
6.2. Diskussion kring experimentet	37
7. SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER	39
KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTECKNING	40
BILD- OCH TABELLFÖRTECKNING	43
Bilaga 1-13. Kompletta SEM-EDX-resultat.....	I-XV
Bilaga 14. Produkt- och informationsblad.....	XIV

1. INLEDNING

1.1. Bakgrund ämnesval

På senare år har man börjat misstänka att det sker färgförändringar i vissa pigment använda i Vincent van Goghs oljemålningar. Det skulle innebära att van Goghs karaktäristiska, klargula färger långsamt riskerar att förgås. En serie artiklar publicerade under 2011-2013, presenterade ny fördjupad information om de kemiska reaktioner som ligger bakom färgförändringen av dessa gula krompigment, *se kap1.3*. Vissa pigment visade sig vara känsliga för synligt ljus med kortare våglängder. Eftersom konventionell LED-teknik i större grad utnyttjar dessa ”blå” våglängder i sitt ljusspektrum, ifrågasätts lämpligheten i att belysa vissa konstobjekt med LED-ljus. Universitetet i Antwerpen som var delaktiga i forskningsprojektet, publicerade 2012 och 2013 larmrapporter om LED-belysningens potentiella skadlighet på en bloggliknande hemsida. Där hävdades att dussintals mästerverk från den aktuella tiden kunde riskera att färgförändras. Museipersonal råddes att undersöka viktiga verk som kunde vara målade med den ostabila formen av kromgult och om nödvändigt förändra belysningen av dessa.

När jag under höstterminen 2012 praktiserade på Göteborgs Konstmuseum, tipsade konservator Malin Borin mig om en möjlig ingång till att skriva ett examensarbete i ämnet. Rapporterna om krompigmentens känslighet sammanföll med att museet successivt höll på att installera LED-belysning i sina utställningssalar. I museets samlingar finns målningar av en rad franska 1800-talsimpressionister och en målning av van Gogh som kan innehålla känsliga krompigment. Funderingar uppstod om den nya belysningen kan vara mer skadlig för vissa målningar än den hittills använda halogenbelysningen.

1.2. Problemformulering och frågeställningar

Nya studier kring kromgula pigment visar att vissa av pigmenten är känsliga för kortvågig strålning och antyder att vanliga belysningsrekommendationer kan vara otillräckliga för att förhindra skadlig ljuspåverkan. Normalt innehåller alla ljuskällor de våglängder som är uppfattningsbara för det mänskliga ögat, från ca 400 nm. Även kortvågigt ljus behövs för att skapa ett fullt spektrum av reflekterade färger. Man har nu varnat för hög exponering av ljus med våglängder kortare än ca 525 nm. Skulle alla våglängder under detta riktvärde helt uteslutas, förhindras besökare att betrakta målningarna med en riklig färgåtergivning, det återstår alltså att minimera denna strålning. Generellt innehåller LED-ljus en högre mängd blått ljus än tidigare halogenljus. Vid installation av LED-belysning befarar man därför att färgförändringar av känsliga pigment kan ske fortare.

Oftast vet man inte exakt vilka pigment som ingår i en målning. Därför kan det vara svårt att, utifrån antaganden av materiell sammansättning, ge rekommendationer för utställningsbelysning på museet och vid temporära utlån. Eftersom det är ett tidskrävande arbete att identifiera pigment, kan man inte heller undersöka alla målningar och alla färger i varje målning. Forskning ger dock föremålsansvariga och konservatorer en uppfattning om olika materials känslighet och olika ljuskällors karaktäristiska egenskaper.

Problemet med de kromgula pigmenten är att de kan ha olika kemisk sammansättning och därför varierande beständighet. Då andra målningar av Vincent van Gogh bekräftats innehålla känsliga kromgula, fick museets målning tjäna som studieobjekt.

Frågeställning:

- Vilket gult pigment har använts i Vincent van Goghs *Olivskog, Saint-Rémy*?
- Om ett krompigment använts, går det att avgöra vilken sorts kromförening det handlar om?
- Kan man genom ett belysningsexperiment påvisa ett samband mellan olika gula krompigments sammansättning och dess benägenhet att färgförändras?
- Kan skillnaderna i de aktuella lampornas ljusspektrum orsaka olika grad av nedbrytning av gula krompigment?

1.3. Tidigare forskning

Krompigmentens största problem har visat sig vara dess varierande stabilitet. Speciellt vissa av de äldre pigmenten har observerats mörkna och anta bruna eller gröna nyanser. Man har noterat att färgförändringar av vissa kromater kan uppstå genom fotokemiska reaktioner, genom påverkan av syre och fukt eller genom påverkan av svavelhaltiga miljöer (Kühn & Curran 1986, s 190-191).

Undersökningar om krompigmentens beständighet har pågått ända sedan 1800-talets början. Dock har utgångspunkten för undersökningarna mestadels varit att utveckla pigmentens användbarhet. Exempelvis satsades man under tidigt 1900-tal, på att ta fram pigment lämpliga till rostskyddande fordonslackar.

Efter 1950-talet lyckades man framställa stabiliserade former av gula krompigment, vilket troligen är orsaken till att forskningen kring krompigmentens färgförändringar avstannade (Monico et al. 2011:1).

Först på senare år när fältet för konserveringsvetenskap (eng. *conservation science*) vuxit i betydelse, har moderna studier kring historiska pigment möjliggjorts. Genom att kartlägga de gamla pigmentens egenskaper, hoppas man kunna bidra med kunskap som underlättar och utvecklar metoderna för bevarandet av konstföremål.

2010 publicerades en studie kring färgförändringar av det gula krominnehållande pigmentet zinkgult (Casadio et al. 2010). Studien utfördes av bland annat konserveringsavdelningen på The Art Institute of Chicago. Man hade undersökt George Seurats målning *A Sunday on La Grande Jatte*, målad 1884, som tillhör institutets samling. Färgförändringarna av vissa gula pigment i målningen finns beskrivna redan 1892, och har påverkat de ljuseffekter som Seurat ämnat skapa genom ett samspel mellan olika klara färgpunkter i bilden. Vissa gula nyanser i målningen som innehåller kromgult (blykromat) har visat sig vara stabila, medan penseldrag av färg med pigmentet zinkgult (zinkkaliumkromat, $K_2O \cdot 4ZnCrO_4 \cdot 3H_2O$), har antagit en ockragul eller olivgrön nyans. Inför ett experiment framställdes referensprover med olika zinkgula pigment. På proverna utfördes påskyndad åldring genom kombinationer av tre olika påverkningsfaktorer; ljus, relativ luftfuktighet (RF) och sura gaser (CO_2 och SO_2). Man drog slutsatsen att höga RF-värden i framförallt svavelhaltig miljö, spelade större roll än ljusets fotokemiska inverkan på pigmenten. Färgförändringarna uppkommer genom ombildningar av kromjonerna i pigmentet. Både referensproverna och proverna tagna ur Seurats målning, visade att de gröna missfärgningarna bland annat bestod av krom vars oxidationstillstånd reducerats från Cr(VI) till Cr(III). De ockragula missfärgningarna ansågs ha orsakats av att kromatjoner (CrO_4^{2-}) ombildats till dikromatjoner ($Cr_2O_7^{2-}$), som är orange till färgen och uppkommer i sur miljö. Båda jonerna har samma oxidationstillstånd (CrVI eller +6), men dikromatjonen består av två kromatomer som sammankopplats genom att dela samma syreatom (Wikipedia ”kromat”, 213-03-13).

Studien visar även att man hypotetiskt sett skulle kunna reversera processen som bildar dikromat, genom behandling med basiska gaser. Detta anses dock inte vara lämpligt inom konserveringsfältet, troligtvis för att målningen i övrigt skulle riskera att påverkas. Hypotesen understryker dock vikten av aktsamhet vid konserveringsbehandlingar. En ytrensning med basiska rengöringsmedel skulle kunna påverka de förändrade pigmenten.

I en artikelserie av Monico et al. (2011-2012:1-4), utreddes faktorerna bakom de kromgula pigmentens färgförändringar. Studierna utgår från målningar av Vincent van Gogh, som uppvisar färgförändringar av gula pigment av blykromat. Projektet utfördes av ett internationellt forskarteam i samarbete med ett flertal europeiska institutioner och laboratorier.

I den första artikeln i serien (Monico et al. 2011:1), undersöktes vilka faktorer som kan orsaka färgförändring på olika pigment av blykromat. Man målade upp tre färgprover ur kromgula färgtuber från 1800-talet, vilka karaktäriserades med olika sorters analysinstrument, för att få en klar bild av pigmentets sammansättning och skillnader mellan proverna. Man framställde även en egen oljefärg med ren blykromat (PbCrO_4) i linolja, för att ha som referens utan tillsatser. Proverna utsattes för påskyndad exponering av en UV-lampa i 800 timmar, i temperatur kring 50-60°C. Kombinationen av ljus och temperatur åstadkom färgförändringar av två prover som innehöll blykromat i förening med blyulfat ($\text{PbCrO}_4 \cdot x\text{PbSO}_4$). Den egenframställda färgen med ren blykromat mörknade mycket lite, troligen motsvarande gulning av linoljan. Sulfatrikt pigment med amorf kristallstruktur, mörknade betydligt mer än den rena kristallina formen av kromgult. Färgförändringen sker även här på grund av en reduktion av kromet i färgen, från Cr(VI) till Cr(III). När Cr(III) bildas får pigmentet egenskaper som liknar det kromoxidgröna pigmentet viridian ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), därav förändringen av pigmentets färg. Man undersökte fördelningen av reducerat krom i ett av proven som mörknat till en chokladbrun färg och fann en gradvis stegring av reducerat krom mot den exponerade ytan. Även djupare ner i skiktet, där pigmentet fortfarande hade en gul färg, fann man reducerat krom. Främst uppstod kromreduceringen i ett ytligt lager på 1-2 μm . Man utförde även ett kompletterande experiment genom påskyndad åldring av en framställd serie blykromater, innehållande olika mängder blyulfat (PbSO_4). I experimentet exponerades provserien för både UV-ljus och synligt ljus, i 50 % RF. Även detta experiment antydde att påverkan från ljus och fukt är tillräckligt för skapa en färgförändring av vissa krompigment. Man påpekar att ombildning av kromet således kan uppstå utan påverkan av yttre föroreningar, liknande de som utnyttjades i Casadios studie på zinkkaliumkromat, om pigmentet redan i sin ursprungliga form innehåller svavel.

I artikelseriens andra del (Monico et al. 2011:2) ville man tydliggöra att reaktionerna även sker i autentiska konstobjekt. Man undersökte tvärsnitt av färgprover tagna ur två målningar av Vincent van Gogh; *Bank of the Seine*, 1887 och *View of Arles with irises*, 1888. Proverna togs ur gula områden där färgen förändrats och uppvisade ett brunaktigt ytlager. Först karaktäriserades de gula pigmenten i proverna. Båda proven innehöll någon form av blykromat (PbCrO_4), de pigment som ofta omnämns som kromgult. På ett av proverna har missfärgningen orsakats av en organisk fernissa, pålagd i ett senare skede. Då ytskiktet inte enbart påverkats av pigmentets sammansättning, och de flesta målningarna av van Gogh inte har fernissats, betraktas detta prov här som en parantes. Precis som i första studien uppvisar det andra provet en större mängd reducerat krom, Cr(III) vid ytan, medan det längre ner i provet mest är opåverkat krom, Cr(VI). I de fortfarande gula delarna av provet återfinns blykromaten i ren form. Det bruna skiktet i provet visar orenheter i blykromaten. Bland annat syns vita kristaller och förekomst av kalcium, barium och svavel. Kristallerna tillskrivs någon form av fyllmedel, vilket man tror är en kombination av krita (kalciumkarbonat, CaCO_3), gips (kalciumsulfat, CaSO_4) och/eller baryt (bariumsulfat, BaSO_4). Det bruna skiktet innehåller även spår av aluminium, kisel, kalium

och klor. Dessa orenheter tror man kan komma från ytterligare ett vanligt fyllmedel, kaolinlera (aluminiumsilikat, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), men skulle även kunna vara orenheter från framställningen av pigmentet/bindemedlet. Alternativt kan det ha ansamlats på ytan i form av smuts. Kontentan av undersökningen är att redueringen av krom uppstår i anslutning till orenheterna i provet, främst där barium och svavel förekommer.

Man hänvisar till litteratur som beskriver att negativt laddade anjoner av sulfid (S^{2-}), kan uppkomma i olika miljöer där svavel/sulfat från början är bundet till ett annat grundämne. På dessa grunder bygger man hypotesen att det kan vara sulfidjoner som reducerar kromatjonerna.

I den tredje delen av artikelserien (Monico et al. 2012:3), karaktäriserar man olika blykromater genom att studera dess spektroskopiska egenskaper. De blykromater som man undersöker här är den rena formen (PbCrO_4), och föreningar med blyulfat ($\text{PbCrO}_4 \cdot x\text{PbSO}_4$). Blykromaterna kan ha två olika kristallstrukturer, monoklinisk och ortorombisk. Ett pigment kan innehålla både den rena formen och svavelhaltiga föreningar i olika mängder, och de båda kristallformerna kan förekomma parallellt. Då de olika formerna antas ha olika ljusbeständighet vill man kunna skilja dem åt. Under studien framställdes ett stort antal referensprover av blykromater med olika kombinationer av sulfatmängd och kristallstruktur. De sulfathaltiga blykromaterna beskrivs i artikeln med en formel som anger förhållandet mellan kromat och sulfat i pigmentet ($\text{PbCr}_{1-x}\text{S}_x\text{O}_4$). Formeln kompletteras med pigmentets kristallstruktur. Genom de kända referensproven bekräftar man att van Gogh använt sig av olika pigment med varierande egenskaper. Med hjälp av referenserna kunde man sedan presentera pigmentens svavelhalt och dess kristallstruktur. Exempelvis beskrivs ett gult färgprov från van Goghs målning, *Porträtt av Gauguin*, som en blykromat med hög sulfathalt ($\text{PbCr}_{0.40}\text{S}_{0.60}\text{O}_4$). Pigmentet innehåller en kombination av de båda kristallstrukturerna monoklinisk och ortorombisk. Ett prov från en annan målning innehöll den mest stabila, rena formen av blykromat (PbCrO_4), med monoklinisk kristallstruktur.

I artikelseriens sista del (Monico et al. 2012:4), undersökte man mer noggrant hur den kemiska sammansättningen och kristallstrukturen påverkar ett pigments stabilitet. Under ett experiment utsattes en provserie med oljefärger uppbyggda av blykromater, för påskyndad åldring genom exponering av ljus. Provserien framställdes på liknande sätt som föregående artikel och bestod av pigment av ren blykromat, sulfathaltig blykromater med en stegrande svavelhalt och kombinationer av de två kristallstrukturerna. Proverna utsattes för påskyndad åldring av en ljuskälla med på UV-strålning och synligt ljus. De prover som i högst grad ändrade färg under denna studie visade sig vara uppbyggda av sulfathaltiga blykromater ($\text{PbCr}_{1-x}\text{S}_x\text{O}_4$), rika på sulfat ($x \geq 0.4$) och med relativt hög förekomst av kristaller med ortorombisk struktur (>30 % av vikten). De mest färgförändrade provernas ytlager innehåll upp till 60 % av Cr(III). Till skillnad från artikeln om zinkgula pigment (Casadio et al. 2010), finner man inga belägg för att några kromatjoner i blykromaterna omformas till dikromatjoner. När man identifierat ett prov som var mycket likt sammansättningen i prover från en historisk färgtub, utfördes vidare åldringsexperiment på detta pigment. Denna gång använde man filtrerat ljus för belysning med olika våglängder, bland annat ”blått” ljus inom det synliga spektrumet ($335 \leq \lambda \leq 525 \text{ nm}$) och ”rött” synligt ljus ($\geq 570 \text{ nm}$). Resultaten visar en kraftig mörkning av pigmenten i det blå ljuset, men ingen större förändring i det röda ljuset. Genom vidare analyser av proverna ser man hur förekomsten av oförändrat krom(VI) gradvis sjunker under exponering av våglängder från och med de som användes under namnet ”blått” synligt ljus. Detta visar på en ökad utbredning av förändrad krom(III) i dessa prov, alltså det bruna ytskiktet. Pigment som inte innehöll sulfat i sin kristallina struktur uppvisade ingen förändring i färg eller sammansättning.

Slutsatsen i artikeln är att pigment innehållande de känsliga blykromaterna, inte bör utsättas för exponering av ljus med högt innehåll av våglängder kortare än ca 525 nm.

Forskargruppen fortsätter 2013 sin forskning på pigment av blykromat, använda av van Gogh och hans samtida konstnärer. Man håller bland annat på att undersöka de organiska bindemedlens inverkan på pigmentens beständighet, med tanke på att man i tidigare studier (Monico et al. 2011:2), sett att en organisk fernissa verkar ha orsakat färgförändring. Den femte delen i artikelserien har vid tiden för denna studie ännu inte publicerats.

1.4. Syfte och målsättning

Då många museilokaler och visningsrum idag utrustas med LED-belysning är det viktigt att lyfta fram eventuella problem med sådan belysning. Syftet med studien var att undersöka ifall en målning från Göteborgs konstmuseums samling innehåller ett kromgult pigment. Genom information om vilka pigment som finns närvarande, var förhoppningarna att man enklare skulle kunna bedöma målningens ljuskänslighet. För att ge ytterligare kunskap om museibelysning, undersöktes skadligheten i strålningen från de lampor som är aktuella på museet, på ett urval av gula krompigment.

I fallstudien, *kap 5*, undersöktes autentiska pigment i en 1800-talsmålning. I Experimentet, *kap 6*, utsattes referensprover av gula krompigment för påskyndad exponering. Resultaten användes i en diskussion om ljuskällornas eventuella skadlighet, på krompigment i allmänhet, och studieobjektet i synnerhet.

Målsättningen med studien var att öka kunskapen om den undersökta målningen och bidra med information till fältet för preventiv konservering av bemålade konstobjekt.

1.5. Avgränsningar

Studien behandlar endast ljusbeständigheten hos ett urval av gula krompigment, förekommande under senare delen av 1800-talet. Undersökt material består av färgprover från ett autentiskt konstobjekt och nyare referensmaterial ur en pigmentsamling på Göteborgs universitet. Svårigheterna med att få tillgång till autentiska pigment från 1800-talet gjorde att denna pigmentsamling fick fungera som referens. Under exponeringstester utvärderades två moderna ljuskällors inverkan på referenspigmenten. Båda ljuskällorna är idag i bruk på Göteborgs konstmuseum.

Analysmetoden som använts begränsades till SEM-EDX, möjlig att utföra på Göteborgs universitet. Instrumentet är av märket HITACHI och mjukvaran som användes vid grundämnesanalyserna var INCA system. I denna studie redovisas en översikt av resultat från dels ”Point & ID”-funktionen där en punkt i taget analyseras, och dels ”Mapping”-funktionen, där fördelningen av provets grundämnen kartläggs. Beräkningar av viktfordelningen mellan de olika ämnena har utförts, men på grund av tidsbrist hann dessa resultat inte sammanställas och ingår därför inte i denna kandidatuppsats.

2. BELYSNING I MUSEIMILJÖ

2.1. Rekommendationer för belysning av oljemåleri

Det man kallar ljus är strålning med våglängder mellan 100-1000 nm. Strålning mellan 100-380 nm, kallas UV-strålning och kan inte uppfattas av ögat. Strålning med våglängder mellan 380-780 nm, är det vi kallar synligt ljus. Våglängder mellan 780-1000 nm kallas IR-strålning, vilket inte är synligt för mänskliga ögat utan uppfattas av oss som värmestrålning (Holmberg 1999, s.255).

Som ansvarig för en samling av konstföremål är det omöjligt att besitta fullständig expertis om alla material och all den teknik som kan inverka på föremålen. Därför har olika organisationer och experter skapat riktlinjer som generellt anses vara godtagbara för exempelvis belysning.

Grundidén bakom diskussionen om museibelysning bygger på faktumet att ljus kan vara skadligt för vissa utställda föremål. UV-strålning och IR-strålning är mest skadligt för konstobjekten och inte är synligt för det mänskliga ögat, och bör därför uteslutas i högsta möjliga mån. Genom att begränsa ljusets intensitet, luxtal, och tiden ett utställt föremål blir belyst, kan man minska ljusets påverkan. Det är den sammanlagda dosen ljus som är avgörande, därför bör tiden tas med i beräkningen. Genom att multiplicera luxtalet med tiden beskrivs exponeringen i luxtimmar, lx h. Konst på papper, som grafiska blad eller akvareller, anses som känsligt material och brukar rekommenderas en maxgräns på 50 lux. Oljemåleriet tillhör normalt inte det mest känsliga materialgruppen och rekommenderas därför en maxgräns på 200 lux (Thomson 1986, s.22-23).

Ett museums öppettider spelar störst roll för hur många luxtimmar ett föremål exponeras. Om ett museum håller öppet åtta timmar om dagen, varje dag i ett år, blir summan 2 912 h/år. Skulle ett objekt belysas med 150 lux under denna tid ger det en exponering på 436 800 lx h/år. Sedan Thomson sammanställde sina rekommendationer på 80-talet har dessa reviderats ett antal gånger. Saunders (1993, s. 630-635) rekommenderade 150 lux och en maxgräns på 650 000 lx h/år, för belysning av oljemåleri. Dessa riktlinjer rekommenderas idag av bland annat National Gallery i London (National gallery, 2013-05-08).

Man har länge varit medveten om att de olika våglängderna, även inom det synliga ljuset, har olika mycket påverkan på exponerat material. Strålning med korta våglängder innehåller mer energi. Ju kortare våglängder strålningen har desto mer skadlig anses strålningen för materialet. Detta är dock en generalisering och olika material reagerar olika på strålningen som når dess yta. Materialen absorberar eller reflekterar olika delar av ljusspektrumet och kan vara känsliga för vissa våglängder men inte andra.

1953 publicerade Harrison en rapport om ljusets skadlighetsgrad i förhållande till våglängd. Han hade testat olika våglängders nedbrytning av en viss sorts papper. En modell konstruerades för att fungera som beskrivning av en ljuskällas skadlighet. Skalan kallas relativ skadefaktor (eng. relative damage factor). En högre mängd strålning över lag, eller en högre mängd strålning inom de mer energirika delarna av ett ljusspektrum, ger ett högre tal på skalan för en ljuskällas skadlighet (Thomson 1986, s.184-185).

Belysningsrekommendationerna har länge utgått från de olika glödljusens relativt lika egenskaper och har därför inte krävt precisering angående ljuskällans våglängder.

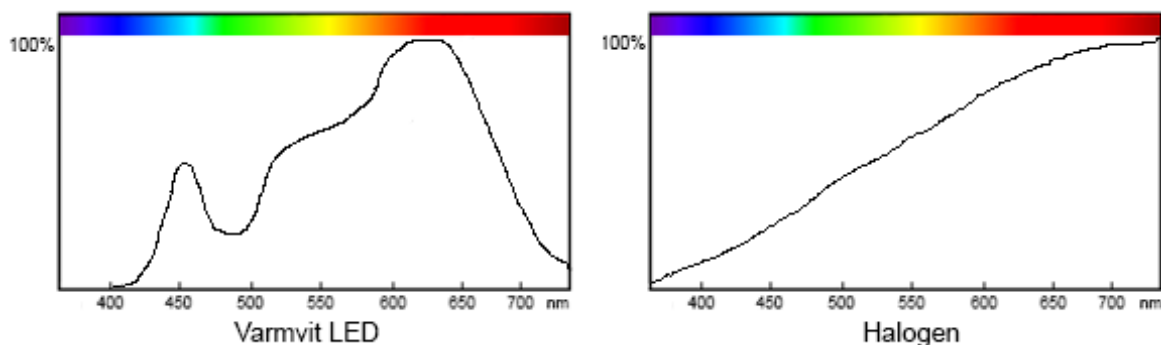
Uppdaterade rekommendationer för moderna ljuskällor har med dagens teknik och snabba utveckling komplicerats. Uträkningar kring olika lampors relativa skadefaktor, verkar numera ligga till grund för generella rekommendationer av passande museibelysning.

2.2. Belysning på Göteborgs konstmuseum

Göteborgs konstmuseums har ingen uttalad belysningspolicy men följer museibranschens generella rekommendationer. I utställningssalarna skapas punktbelysning av konstobjekten med spotlights monterade på skenor i taket. Punktbelysningen består av spotlights försedda med halogenlampor, monterade i en strömskena. Systemet gör det möjligt att skjuta armaturen längs den strömförande skenan. Den nya belysningen som gradvis håller på att installeras, består däremot av spotlights med LED-teknologi från ERCO lighting AB. Komponenterna utvecklas och tillverkas av ERCO i Tyskland. De nya lamporna har skenhållare som är kompatibla med det gamla systemets strömskenor. Vid tiden för detta arbete används den nya LED-belysningen till de temporära utställningarna, i en av salarna där måleri från museets samlingar visas och i museets skulpturhall. Museet har valt att använda LED-lampor i ”varmvit” ton, med färgtemperaturen 3000 Kelvin. Till de mindre känsliga objekten, som skulpturer i sten, används även lampor i ”neutralvit” ton med en färgtemperatur på 4000 Kelvin. Neutralvita strålkastare används även i glastaket på museets högsta våning, där de simulerar inkommande dagsljus som av bevarandeskäl utestängts. Högre färgtemperaturer uppfattas av det mänskliga ögat som ett neutralare ljus. Lägre färgtemperaturer upplevs som varmare och mer gulaktigt. En högre färgtemperatur ger dock en större mängd blått ljus med hög energi, skadligt för känsliga föremål.

Tillverkaren ERCO beskriver sina produkter med LED-teknik som fria från IR- och UV-strålning och lamporna med varmvit ton har, jämfört med andra LED-varianter, en reducerad topp i den blå delen av spektrumet. LED-lampor med varmvit ton hävdas vara mindre skadliga för konstobjekt än halogenlampor med UV-filter, då de har en lägre ”relative damage factor”. Därför rekommenderas varmvida LED-lampor som museibelysning (ERCO 2013-05-08).

I American institute of conservations nyhetsbrev från september 2010, publicerades uträkningar av relative damage factor för tre olika lampor. Man kom i denna artikel fram till att en ”white” (troligtvis liknande en *neutralvit*) LED, hade lägre skadefaktor än en ofiltrerad halogenlampa och att liknande lampor med relativt låga färgtemperaturer bör anses som säker belysning, även för känsligt material (Ciociola & Cole, 2010). Trots att LED-lamporna beskrivs som skonsamma innehar de en topp i den blå delen av spektrumet, vilken kan sammanfalla med de våglängder ett visst material är känsligt för.



Figur 1. Förenklade skisser över ljusspektrum. Skisserna är ungefärliga och motsvarar inte exakt ljusspektrumerna för de lampor som används på museet. LED-spektrumet ritades efter en förlaga på www.erco.com.

3. GULA KROMPIGMENT

3.1. Översikt gula kromater

När man talar om kromfärger syftar man på att pigmentet i färgen delvis är uppbyggt av krom. Föreningar av krom kallas kromater. Eftersom framställningsprocesserna historiskt sett har varierat, är det svårt att veta den exakta sammansättningen av olika ämnen i ett historiskt pigment. Olika källor anger de sannolika formlerna för pigmenten något olika. I litteraturen används ibland ett x framför de delar i sammansättningen som kan variera i störst utsträckning. Även när ett x inte används kan man anta att formeln beskriver en sannolik sammansättning, där mängden av de olika delarna inte är fullt preciserade. Nedan beskrivs de vanligaste gula krompigmenten som användes i konstnärsfärger under 1800-talet.

Blykromat: PbCrO_4 , $\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$ eller $\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbO}$

Benämningen *kromgult* syftar oftast på en blykromat. Historiskt sett utgör föreningar mellan bly och krom den viktigaste gruppen av de gula krompigmenten. Blykromat kan framställas i en ren form av blykromat (PbCrO_4), vilket även förekommer i naturen som mineralet krokoit. Blykromat framställdes ibland i förening med blyulfat ($\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$). Den rena formen av blykromat är relativt mörk, brandgul till färgen, medan kombinationen med blyulfat ger ljusare nyanser. Ju mer blyulfat som ingår i föreningen, desto ljusare blir färgen på pigmentet. Pigmentets egenskaper förändras beroende av kemisk sammansättning, kristallstruktur och kornstorlek/kornform (Kühn & Curran 1986, s. 187-200). Blykromat (PbCrO_4) har i rumstemperatur en monoklinisk kristallstruktur som sin mest stabila form, medan blyulfat (PbSO_4) har ortorombisk kristallstruktur. När de två föreningarna blandas, och mängden sulfat överstiger 40 % i viktförhållandet, påverkas successivt kromatkristallerna och antar ortorombisk struktur (Monico et al. 2011:3). Blykromater med en ortorombisk kristallstruktur anses vara ostabila om de inte modifieras till monoklinisk struktur. Kristaller med monoklinisk struktur kan även de förekomma i blandningar med blyulfat (Roy 1987, s. 54-56).

Framställningen av ren blykromat skedde historiskt genom fällning av blyacetat ($\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$) och kaliumdikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) i lösning. Modernare framställning sker oftast med det lösliga blysaltet blynitrat och kaliumkromat (Hansen & Nyrén 1991, s. 84).

Ljusäktethet och nedbrytningsprocesser för denna pigmentgrupp har utretts i studier presenterade av Monico et al. (2011-2012:1-4), *se kap 1.3*. Denna källa nämner även ett pigment bestående av en förening mellan blykromat och blyoxid ($\text{PbCrO}_4 \cdot x\text{PbO}$), vilket är mer gulorange till färgen. Föreningen finns naturligt i ett mineral som heter phoenicochroite (eng.), som har sammansättningen $\text{Pb}_2\text{O}(\text{CrO}_2)$. Dock verkar detta vara en ovanlig form av blykromat då den inte omnämns i några andra källor.

Zinkkromat: $\text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{ZnCrO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Krom i förening med zink går under benämningen *zinkgult*. Pigmentet beskrivs vanligtvis bestå av zinkkaliumkromat ($\text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{ZnCrO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), men sammansättningen kan ha varierat. Pigmentet har en mer grönaktig nyans än de andra gula kromaterna. Basisk zinkkromat ($\text{ZnCrO}_4 \cdot 4\text{Zn}(\text{OH})_2$), uppfanns 1942. Zinkkromaterna anses kunna mörkna av ljuspåverkan, som följd av att kromjoner obildats (Kühn & Curran 1986, s. 201-204). Casadio (et al. 2010) utförde en studie kring zinkkromaternas ljusäktethet, *se kap 1.3*

Strontiumkromat: SrCrO_4

Detta är ett blekt, ljusgult pigment med bra täckförmåga. Pigmentet har främst använts som fyllmedel i andra gula pigment eller för att blanda gröna nyanser. Pigmentet kan färgförändras mot det gröna, av ljuspåverkan (Kühn & Curran 1986, s 205).

Bariumkromat: BaCrO_4

Detta är ett relativt ovanligt, ljus citrongult pigment. Bariumkromat är mindre täckande egenskaper än övriga gula kromater men anses vara det mest stabila. Dock kan även detta pigment påverkas av ljus och anta grönare nyanser (Kühn & Curran 1986, s 205-206).

Kalciumkromat: CaCrO_4

Kromat med kalcium ger ett ljusgult pigment, mestadels använt som fyllmedel i olika färger. Pigmentet användes särskilt ofta för att dryga ut blykromaterna och anses ha bra beständighet (Kühn & Curran 1986, s 206-207).

3.2. Krompigmentens uppkomst och användning på 1800-talet

På 1760-talet upptäcktes ett ovanligt, starkt rödfärgat mineral, idag känt som krokoit. 1797 fann den franska vetenskapsmannen Louis Vauquelin ett nytt metalliskt grundämne i mineralet. Han kallade grundämnet för krom, grekiska för färg. Krokoit är uppbyggt av en förening mellan bly och krom, en blykromat, vilken är rödororange till färgen. Vauquelin publicerade 1809 en studie om kromets kemi och möjligheterna att skapa olika kromföreningar. När fyndigheter av en annan krominnehållande mineral, kromit, upptäcktes i bland annat Frankrike i början av 1800-talet, underlättades utvinningen av krom (Kühn & Curran 1986, s. 187-188).

De tidigast framställda krompigmenten hade oftast gröna färger, skapade av olika kromoxider. Framställning av kromföreningar med gula, orangea och röda nyanser, beskrevs redan av Vauquelin 1809. Först kring mitten av 1800-talet slog de gula pigmenten igenom i större skala. Förbättrade framställningsprocesser gav då stabilare pigment till en relativt låg kostnad. Kromaternas mångsidighet gjorde dem mycket användbara inom oljemåleriet. Blykromat, som var den vanligaste gula eller orange kromföreningen, kunde framställas i en rad gula nyanser. Genom pigmentblandningar med andra kromföreningar ökade utbudet av gula nyanser ytterligare. Blykromaterna har en hög täckförmåga, vilket gjorde att fyllmedel kunde tillsättas i oljefärgen utan förlorad färgstyrka. Färgtillverkarna kunde alltså dryga ut den dyraste ingrediensen i färgen, pigmentet, genom att tillsätta vita ”inerta” ämnen som bariumsulfat, kalciumsulfat eller kinalera (vit kaolinlera). Fyllmedlen gjorde färgen mer bearbetningsbar och då de blir transparenta i olja påverkas inte färgen på pigmentet (Bomford et al. 1990, s. 60-63).

Tidigare forskning, *kap 1.3*, antyder dock att svavelhaltiga ämnen inte kan anses vara inerta, i den meningen att de kan skapa oönskade reaktioner med kromatjonerna i pigmenten.

Under 1800-talet uppfanns många nya pigment och tilltron till de nya färgerna var ofta hög. De kemiskt framställda pigmenten beskrevs länge vara högst stabila. Meningarna gick dock isär om de gula kromaternas beständighet. Man iakttog att vissa gula kromater hade en benägenhet att blekas eller missfärgas. Situationen med många pigmentvariationer på marknaden skapade förvirring. Exempelvis kunde en ljus blykromat kallas ”lemon yellow”, vilket även användes som betäckning på bariumkromat, strontiumkromat, kalciumkromat och vissa former av zinkkromat (Bomford et al. 1990, s. 53-55 & 62-63).

På 1880-talet övergav målarna successivt de gula krompigmenten, till fördel för nyare gula pigment av exempelvis kadmium, vilka ansågs mer ljusbeständiga (Monico et al. 2011:1).

Under tiden för de impressionistiska målarna fanns alltså en mängd gula krompigment tillgängliga. Det förekom olika kemiska variationer av pigmenten, blandningar av olika pigment och pigment med olika mängd fyllmedel. För att beskriva olika nyanser uppkom ett stort antal namn. Detta gör benämningen ”kromgult” till en slags övergripande term, dock bristfällig i beskrivningen av pigmentets kemiska sammansättning. Pigmentnamn beskriver oftast bara pigmentets färgton och vissa användbara beskrivningar återkommer för olika pigment. Inför experimentet, *kap 6*, utfördes analys av material ur en pigmentsamling. Bland annat undersöktes ett pigment med etiketten ”citrongult”, vilket skulle vara en svensk översättning av engelskans ”lemon yellow” eller ”citron yellow”, namn som historiskt använts på olika krompigment. Pigmentet innehöll inget krom utan mestadels titan och kalcium, sannolikt ett organiskt färgämne i kombination med titanoxid (TiO₂). Ett annat pigment med etiketten ”kromgult ljus”, visade innehålla tillsatser av koppar och krypton. Detta illustrerar hur svårt det var, och är, att känna till ett inhandlat pigments innehåll och beständighet. I vetenskaplig litteratur väljer man ofta att beskriva pigmenten efter kemisk sammansättning. Exempelvis används termer som blykromat och zinkkaliumkromat istället för mindre precisa namn som kromgult och zinkgult.

I kommentarerna till Kumlien (1946, s. 89), menar professor Hallström att kromfärgerna delvis oförtjänt fått dåligt rykte. Troligtvis beror det på en kombination av pigmentens giftighet och den fortsatt rådande osäkerheten kring de olika pigmentens beständighet.

Tack vare de nya materialens över lag höga kvalitet, har trots allt målningar från 1800-talets andra hälft ofta bevarats i gott skick (Bomford et al. 1990, s. 55).

3.3. Färgtillverkningen under 1800-talet

Konstnärsmaterialen förändrades på många sätt under 1800-talet. Metoder för kemisk framställning av oorganiska pigment och uppfinnandet av färgtuben 1841, kom att spela en fundamental roll för de nya konstnärsrörelserna av friluftsmålare och impressionister. Dessa målare ansåg sig stå för nytänkande och modernitet, vilket gjorde att de anammade de nya materialen. Liksom de flesta av sina samtida målare, använde sig Vincent van Gogh oftast av färdigpreparerade dukar och oljefärger på tub inköpta i konsthandeln.

Vid tillverkning av en konstnärsoljefärg krävs främst två komponenter; ett bindemedel i form av en oxiderande olja och ett färggivande pigment. Pigmenten kan delas in i två huvudgrupper, organiska pigment och oorganiska pigment. Denna studie berör främst gruppen av oorganiska pigment, ofta uppbyggda av föreningar av metalliska grundämnen som järn, zink eller krom. De oorganiska pigmenten kan utvinnas ur mineral, förekomma i jorden eller framställas på kemisk väg, vilket var fallet för krompigmenten under 1800-talet.

Oljefärgens egenskaper kan förändras genom tillsats av fyllmedel, torkmedel (sickativ) eller förtunningsmedel av olika former. Konstnären kunde själv tillsätta olika medel för att förändra färgen på sin palett, vilket då kallas ett medium. Exempelvis kräver zinkvitt, på grund av zinkoxidens dåliga torkförmåga, tillsats av sickativ i färgen för att bli användbar.

Van Gogh är känd för att ha använt stora mängder zinkvitt, vilket inte var lika vanligt bland hans impressionistiska kollegor (Bomford et al. 1990, s. 66). Zinkvitt användes av vissa färgtillverkare för att ljusa upp andra färgade pigment (Kühn & Curran 1986, s. 172).

Traditionellt revs olja och pigment samman för hand med en speciell mortel, en s.k. löpare, mot en rivplatta av sten eller råslipat glas (Kumlien 1946, s. 117).

Under 1800-talet blev det vanligt att rivningen skedde med färgrivningsmaskiner. Detta effektiviserade processen för färgtillverkarna. Vissa ansåg dock att kännedomen om pigmentens egenheter gick förlorad, med sämre oljefärger som resultat. Färgtillverkarnas tillvägagångssätt och recept skiljde sig troligen mycket åt. Exempelvis rev färghandlaren Julien "Père" Tanguy själv sina färger i anslutning till sin färghandel och van Gogh beskrev hans färger som urvattnade. Han bad därför om att få färger som var grövre rivna, i hopp om att pigmenten skulle absorbera mindre mängd olja (Bomford et al. 1990, s. 37-41). Detta tyder på att färgtillverkningen under denna tid inte alltid var optimal eller följde strikta regler om oljemängd. Precis som valet av oljemängd i färgen, var det upp till färgmakarna att bestämma vilken olja man använde som bindemedel till olika pigment.

Valet av en viss olja berodde på vilket pigment som skulle användas i färgen. Till mörkare pigment och de som torkade dåligt, användes ofta linolja. Då denna olja gulnar under tid, rekommenderades till ljusare pigment de klarare halvtorkande oljorna, vallmoolja eller valnötsolja. Dessa oljor torkar mycket långsammare, men gulnar inte nämnvärt. Framåt slutet av 1800-talet rekommenderades vallmoolja till alla pigment utom de med dålig torkförmåga. Vallmooljans långsammare torktid gjorde den lämplig som toppskikt, eftersom toppskiktet ofta omarbetas under längre tid av konstnären vid färdigställandet av en bild (Bomford et al. 1990, s. 38).

Krompigment ansågs ha en normal eller bra torktid (Kühn & Curran 1986, s. 191). Dess torkande egenskaper och gula färg, antyder att färgtillverkare kan ha sett vallmooljan som lämpligt bindemedel till krompigment.

Litteraturen beskriver alltså att främst tre olika sorters oxiderande oljor användes till konstnärsfärgerna under 1800-talet; linolja, vallmoolja och valnötsolja. De olika oljorna kan i vissa fall ha förbehandlats för att ges annorlunda egenskaper. En mer snabbtorkande olja kunde användas som medium eller till pigment med dålig torkförmåga (White et al. 1998, s. 81, 90-94). Bindemedelsanalyser har gjorts på Vincent van Goghs, *A cornfield, with cypresses* (White 1987, s. 59). Målningen ingår i en serie av motivet från sommaren 1889, bara månader innan van Gogh målade *Olivskog, Saint-Rémy*. I analysen fastställdes inte exakt vilken olja som använts som bindemedel i den gula färgen. White beskriver bara bindemedlet som "någon torkande olja". Det anses vara svårt att vid bindemedelsanalyser av en redan oxiderad olja, avgöra vilken olja som ingår. I en artikel utgiven något senare beskrivs att man med förfinade metoder som gaskromatografi och FTIR, kan se karakteristiska skillnader i de olika oljorna, även efter oxidering (White et al. 1998). Dock har inga senare undersökningar av bindemedel i van Goghs verk hittats inför detta projekt.

I modern färgtillverkning används de olika oljorna i kombination för att få jämn torktid på färger med olika pigment (Kumlien 1946, s. 48). Bindemedelsanalyser av franska impressionisters målningar antyder närvaro av olika oljor i samma färg (Bomford et al. 1990, s. 72-75). Olika oljor verkar alltså ha blandats även under 1800-talet, antingen vid färgtillverkningen eller i ett senare skede tillsatt av målaren, i form av ett medium.

4. FALLSTUDIE – PIGMENTANALYS AV VINCENT VAN GOGHS *OLIVSKOG, SAINT-RÉMY*, 1889



Figur 2. Vincent van Gogh, *Olivskog, Saint-Rémy*, 1889. Olja på duk, 74 x 93 cm. Göteborgs konstmuseum, inventarienummer GKM590.

4.1. Introduktion fallstudie

I fallstudien undersöktes ett gult färgskikt i en målning från Göteborgs konstmuseums samling. Genom att analyser av två gula färgprover från målningen, med metoden SEM-EDX, framkom information om de grundämnen som bygger upp pigmenten i färgskiktet. Utifrån analysresultaten kan man sannolikt avgöra vilken grupp pigmenten tillhör, såsom organiskt eller oorganiskt ursprung, uppbyggd av blykromat eller en annan förening av metaller, dock inte exakt sammansättning. Utgångspunkten för studien var att ta reda på om målningen innehåller kromgult (blykromat) och om pigmentet i så fall innehåller svavel, vilket kan påverka färgens egenskaper, se *kap 1.3 Tidigare forskning*. Resultaten från fallstudien användes i utformandet av en provserie oljefärger till ett belysningsexperiment, *kap 6*.

4.2. Presentation av studieobjektet

Vincent van Goghs *Olivskog, Saint-Rémy* donerades till Göteborgs konstmuseum 1917 (Gavel, 1992, s.84). Idag ingår den i de permanenta utställningarna av museets franska samling. Målningen är utförd i olja på duk, med pastosa penseldrag karaktäristiska för van Gogh. Idag är målningen monterad i en prydnadsram med baksidesskydd och ett glas framför bildytan. Glaset är ett så kallat museiglas, som minimerar reflektioner och filtrerar bort skadlig UV-strålning. Ljussättningen i salen där målningen är utställd sker än så länge med halogenspotlights, *se kap 2.2*. Målningen belyses för tillfället med ca 100-120 lux. Belysningen kommer i framtiden troligtvis att bytas till LED-teknik.

Vincent van Gogh (1853-1890) arbetade under hösten 1889 med en serie målningar föreställande sädesfält och olivlundar i södra Frankrike. Han var under denna tid inlagd på mentalsjukhuset Saint-Paul-de-Mausole, nära Saint-Rémy i Provence. I november 1889 målades *Olivskog, Saint-Rémy* (Gavel, 1992, s.84). Trots sin mentala ohälsa vid denna tid, var Vincent periodvis mycket produktiv och sände många målningar till sin bror Theo i Paris (Jansen et al. 2009, s.11). Vincent hade under tiden i Frankrike nära brevkontakt med brodern som bland annat försåg honom med konstnärsmaterial. Färgen inhandlades hos färghandlare i Paris, bland andra Julien "Père" Tanguys färghandel och Tasset & l'Hôte (Bomford et al. 1990, s. 40-41).

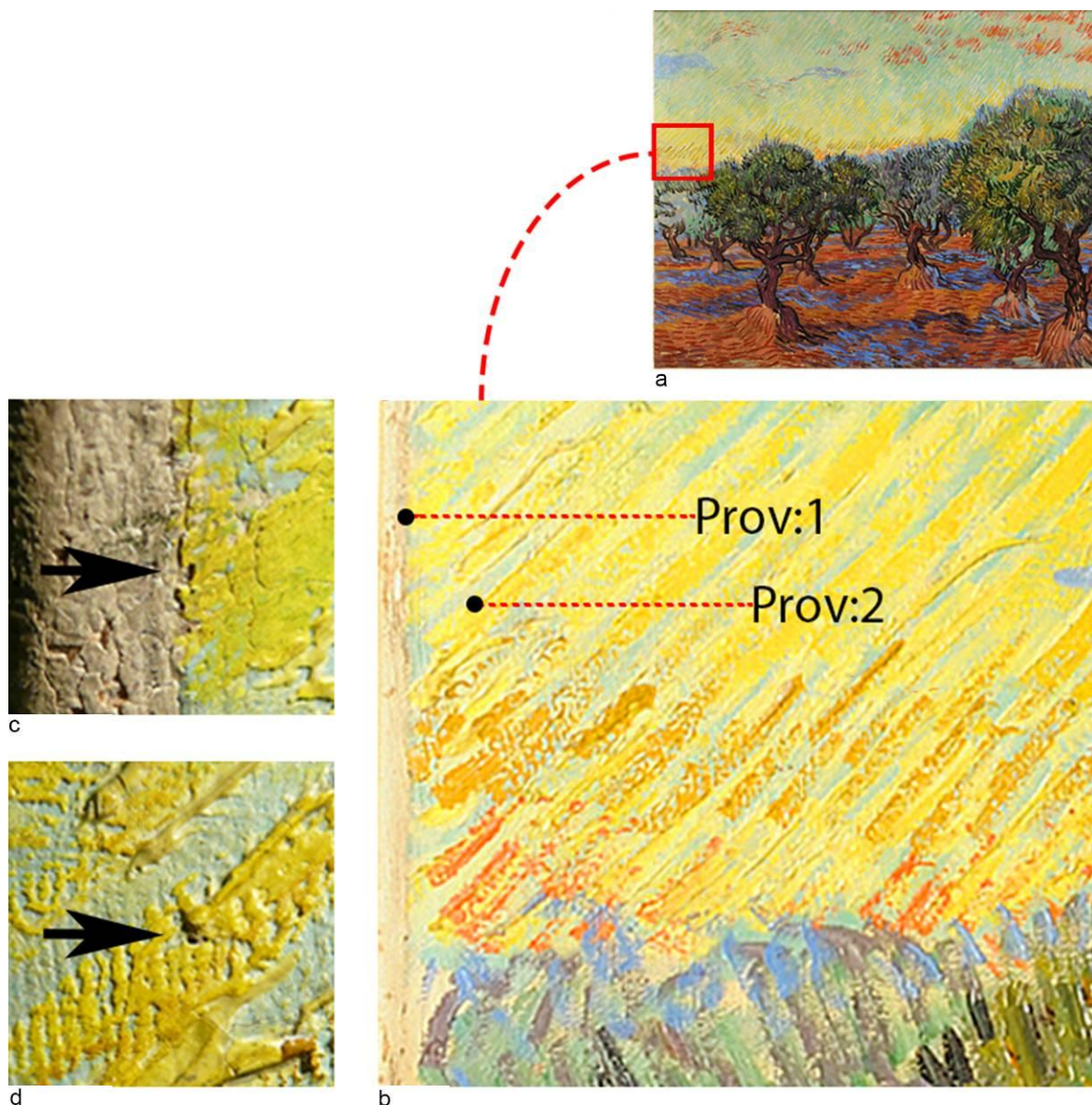
I april 1889 ber Vincent sin bror Theo om färgtuber. Bland annat efterfrågades tre tuber "chrome I" och en tub "chrome II" (Gogh 2009:4, s. 427). Man kan anta att tubernas benämning med siffror syftade på två gula kromfärger med olika nyans. Sannolikt har de två nyanserna olika kemisk sammansättning, olika pigmentblandning eller olika mängd fyllmedel tillsatt. Kromtuberna återkom i en beställning i slutet av september 1889, för att "göra fina hösteffekter med" (Gogh 2009:5, s.107).

Olivskog, Saint-Rémy illustrerar ett landskap med olivlundar under en himmel som färgas gul längs horisonten. Den gula färgen misstänktes kunna vara målad med en kromfärg. Kanske användes någon av de färger som omnämndes i brevväxlingen med brodern några få månader innan målningen kom till. Många andra verk av van Gogh har bekräftats innehålla gula kromfärger, oftast med pigment av blykromat. I en studie av de gula pigmenten i van Gogh's *A cornfield with cypresses*, målad under sommaren 1889, återfanns flera varianter av blykromat i olika gula partier (Roy 1987, s.50-56). Detta betyder att van Gogh använde sig av flera tuber med olika gula nyanser för olika ändamål och att de olika pigmenten skiljer sig åt.

Eftersom *Olivskog, Saint-Rémy* är ett så pass viktigt verk i konstmuseets samling vill man inte riskera att förbise eventuella risker med den nya belysningen som installeras på museet. För att vara säker på vilka pigment som målningen innehåller krävs analys av färgskiktet. Det bör nämnas att man idag kan göra pigmentanalyser "in situ", på plats framför ett föremål, utan att ta färgprover och på så vis orsaka skador på föremålets yta. Liknande analysmetoder kräver relativt avancerad utrustning, ej tillgänglig under detta projekt. Just gula krompigment har dessutom visat sig svåra att identifiera med portabla spektrofotografiska undersökningsmetoder. Krompigmenten finns i många kombinationer och kristallstrukturer, vilka ger likartade spektrum. Dessutom kan de ofta innehålla andra pigment och tillsatser, som zinkvitt, vilka interfererar med spektrumet och försvårar en exakt bestämning av kromaten. Exempelvis beskrevs röntgendiffraktionsanalys (XRD) som ofullständig vid undersökningarna av van Goghs *A cornfield with cypresses* (Roy 1987 s. 50-56). Möjligen skulle en kombination av/eller olika moderna portabla instrument ge tillfredsställande resultat utan att man skulle behöva ta prover från målningen.

4.3. Provtagning

Tavlan togs ur sin ram och lades på ett bord, under ett arbetsmikroskop. Provtagningen genomfördes utav konstmuseets konservator Malin Borin. Med hjälp av en skalpell togs två prover ur områden med gul färg, *se figur 3*.



Figur 3. Provtagning *Olivskog, Saint-Rémy*. a) översiktsbild, b) detaljbild över provområdet i himmeln, c) närbild efter provtagning; prov 1, d) närbild efter provtagning; prov 2.

Prov 1 togs i vänstra kanten som täcks av prydnadsramen. Detta område uppvisar slitage efter kontakt med en prydnadsram och bildytan avslutas i en ojämn kant. Färgskiktet har här en något mer grön gul ton än omkringliggande färg. Placeringen under ramen och den något avvikande färgtonen, gav upphov till misstanke om att färgskiktet här kanske inte var representativt för de gula penseldragen i övrigt. Därför togs även ett andra färgprov. Prov 2 togs något längre in i bildytan, i ett klart gult område. Provtagningen utfördes i anslutning till ett litet, redan existerande bortfall. Provpunkten ligger på undersidan av ett pastost penseldrag. Då objektet normalt belyses ovanifrån skuggas denna punkt något av det tjocka lagret färg ovanför, vilket hoppas kunna dölja skadan. Färgproven lades i små förslutbara burkar som förvarades mörkt i väntan på analysen.

4.4. Genomförande, grundämnesanalys (SEM-EDX)

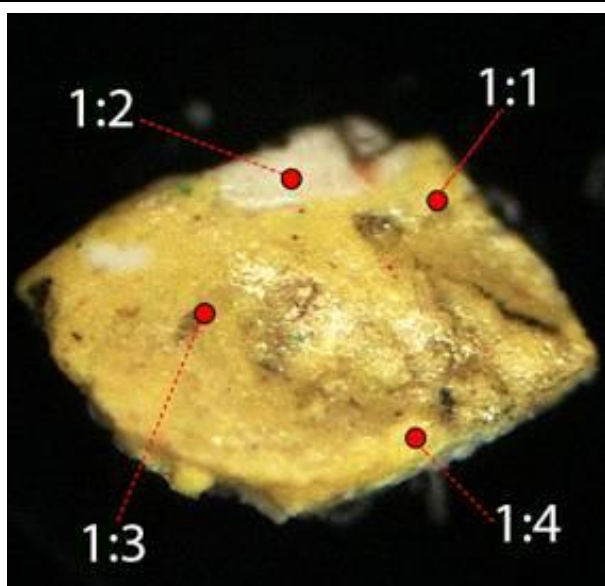
Färgproverna placerades inför analysen på ”stubbar”, flyttbara aluminiummoduler belagda med självhäftande svart koltejp. Genom att förflytta färgproven till stubbarna under ett arbetsmikroskop, försäkrades att proven hamnade med det ytliga färgskiktet uppåt.

Då bilden i SEM-instrumentet visas i svartvitt, fotograferades färgproven i ett mörkfältsmikroskop med ett objektiv på 5x. Dessa bilder användes för att utse och märka ut lämpliga punkter i färgproven att utföra analysen på. Utan färgbilder finns en risk att man råkar rikta instrumentet mot en plats i provet som är missvisande, exempelvis ett udda pigmentkorn från en annan färg eller ett underliggande färgskikt. Analyser utfördes på flera punkter på varje prov.

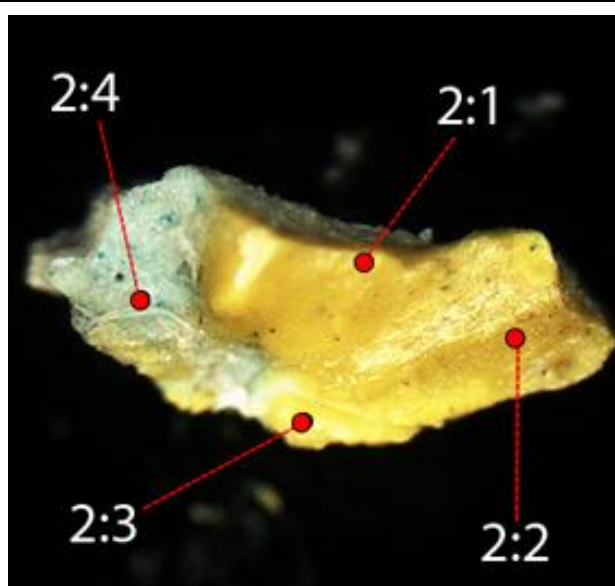
4.5. Resultat SEM-EDX

Proverna analyserades vid två tillfällen och resultaten redovisas därför i två steg. Kol uteslöts i tabellerna då grundämnet mestadels orsakas av organiskt material, exempelvis bindemedlet, eller kan ha orsakats av den svarta koltejpen. Först presenteras information från en punktlig grundämnesanalys av proven. Därefter presenteras information från mapping-funktionen i SEM-EDX-instrumentet. Funktionen kartlägger de olika grundämnenas fördelning över hela proven. Här presenteras endast en översikt av svavelförekomst.

Tabell 1. Punktviss grundämnesanalys, prov 1 & 2. Orienteringsbilder med utmärkta analyspunkter, tagna med 5x förstoring i mörkfältsmikroskop. Grundämnena redovisas efter kemisk betäckning i periodiska systemet. Kompletta SEM-EDX-diagram för punkterna finns redovisade i Bilaga 1-8.



Prov 1.



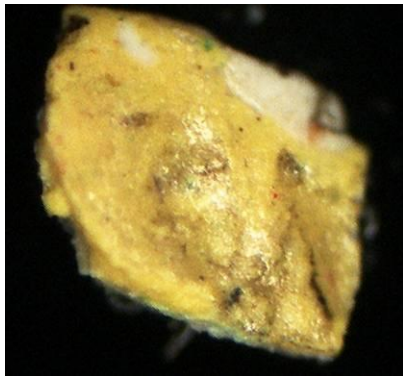
Prov 2.

	<i>Resultat SEM-EDX</i>		<i>Resultat SEM-EDX</i>
Punkt 1:1	O, S, Cl, Cr, Zn, Ga, Pb.	Punkt 2:1	O, Ca, Zn, Pb.
Punkt 1:2	O, Zn, Pb.	Punkt 2:2	O, S, Cl, Cr, Zn, Pb.
Punkt 1:3	O, Si, S, Cl, K, Ca, Cr, Zn, As, Pb.	Punkt 2:3	O, Si, Cr, Zn, Mo, Pb.
Punkt 1:4	O, S, Ca, Cr, Zn, Pb.	Punkt 2:4	Cu.

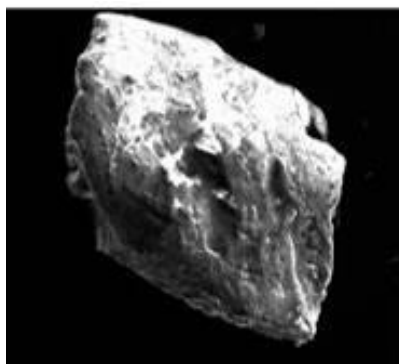
Kommentar punktvis grundämnesanalys:

De metalliska grundämnena bly, krom och zink förekom i alla analyspunkter i det gula färgskiktet (förutom punkt 2:1). Snittytan vid provtagningen skapade förutsättningar att utföra mätningar i djupare delar av provet (punkt 1:4 & 2:3). Svavel och andra udda grundämnen förekom i större utsträckning i prov 1 och i anslutning till ytliga, brunfärgade områden i proven.

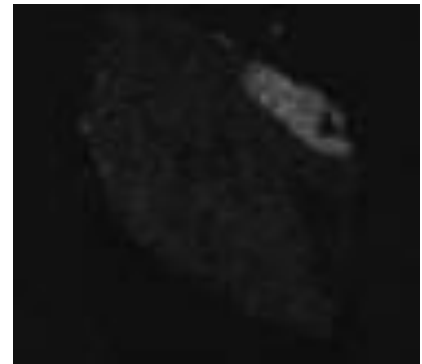
Tabell 2. Mapping av svavelhalt, prov 1. Här jämförs svavelhalt i provet med orienteringsbilder. Kompletta mapping-resultat av alla grundämnen påvisade i prov 1, finns redovisade i *Bilaga 9*.



Mikroskopsbild

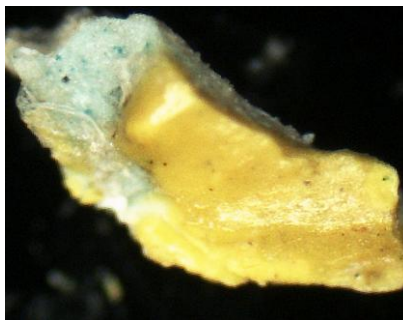


Översiktsbild SEM

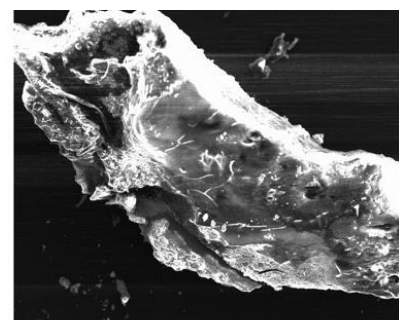


Mappingbild, svavelförekomst i provet (ljusare för högre halt)

Tabell 3. Mapping av svavelhalt, prov 2. Här jämförs svavelhalt i provet med orienteringsbilder. Kompletta mapping-resultat av alla påvisade grundämnen i prov 2, finns redovisade i *Bilaga 10*.



Mikroskopsbild



Översiktsbild SEM



Mappingbild, svavelförekomst i provet (ljusare för högre halt)

Kommentar mapping av svavelhalt:

Båda proverna innehåller svavel, mestadels i omkringliggande färgskikt. Ytan av proven visar skiftningar i svavelinnehåll. Snittytan i prov 2 visar mindre svavelinnehåll, liksom de klara gula områdena på ytan.

Eventuella felkällor SEM-EDX:

För att behålla alla möjligheter till framtida analyser, undveks i denna studie att gjuta in färgproven för tvärsnittsanalys. SEM-EDX-analysen utfördes därför mestadels på ytan av proven, där avsatt material som ytsmuts eller adsorberade ämnen från luftföroreningar, kan ha påverkat analysresultaten. Material från underliggande skikt kan ha spridits till gula områden av provet vid provtagningen, vilket kan ha orsakat uppkomst av föroreningar även i snittytan. För att behålla proven intakta, undveks att vända på proven för analys av underliggande skikt. Dessa faktorer kan ha försvårat tolkningen av resultaten vid bestämning av ingående material.

Ytliga analyser behöver dock inte betraktas som en felkälla, utan kan ge värdefull information om ytliga ämnen som kan påverka pigmenten/färgskiktet, och därigenom även den bild man betraktar. Information om färgskiktets yta är även en tillgång vid beslut om eventuella framtida konserveringsingrepp och vid preventiva åtgärder.

Det bör nämnas att man vid framställning av kromgula pigment, kan skapa innehåll av flera sorters föreningar, vilket gör att punktanalyser då kan variera. Föreningarna kan förekomma med olika kristallstrukturer närvarande samtidigt, vilket kan påverka pigmentets egenskaper. Kristallstrukturen undersöktes inte i denna studie.

5. EXPERIMENT – PÅSKYNDAD EXPONERING AV OLJEFÄRGER MED GULA KROMPIGMENT

5.1. Introduktion experiment

I detta kapitel genomfördes ett experiment där oljefärger utsattes för påskyndad ljusexponering med hjälp av två lampor från Göteborgs konstmuseum. Inför experimentet framställdes en provserie med oljefärger innehållande olika gula krompigment blandade i bindemedel. Materialen valdes dels för att likna målningen i fallstudien, *kap 5*, och dels för att koppla samman experimentet med forskningen kring kromgula pigment, *kap 1.3*. Litteraturstudier om 1800-talets färgtillverkning fungerade som vägledning vid val av bindemedel och vid utarbetandet av metoderna för framställning av oljefärgen.

Resultaten från experimentet användes i diskussionen kring belysningens eventuella inverkan på gula krompigments beständighet, *kap. 6.2*.

5.2. Framställning av provserie

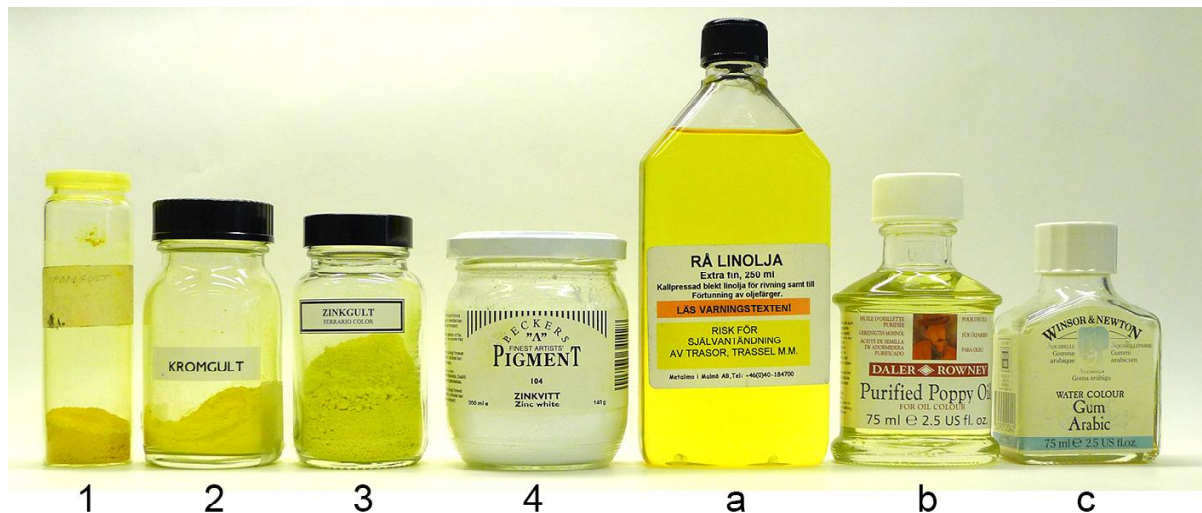
5.2.1. Materialval

Pigmentanalysen i fallstudien visade att färgskiktet främst innehöll bly, krom och zink, möjligen i kombination med svavel, *se kap 5.6*. Krom är med största säkerhet det färgbärande ämnet, kromoforen, i den gula föreningen. Ett urval av krompigment togs ur en pigmentsamling som finns på Institutionen för kulturvård. Denna samling består av en mängd olika pigment som producerats någon gång under 1900-talet. Gula pigment med namn som förknippas med kromater, analyserades med SEM-EDX för precisering av dess kemiska sammansättning. Av sex analyserade pigment ansågs tre vara passande att använda till provserien. Då man inte vet ursprunget på pigmenten i samlingen kan de dock inte betraktas som autentiskt konstnärsmaterial, utan valdes för tillgängligheten. Framställningsprocessen, och således kornstorlek/kornform, kan skilja sig från de äldre pigment som man här försökte efterlikna.

Tabell 4. Beskrivning av pigmenten i provserien. Antaganden om kemisk sammansättning är gjorda utifrån pigmenthandboken *Artists' pigments* (Kühn & Curran 1986, s. 187-204). Kompletta resultat från SEM-EDX-analysen finns presenterade i *Bilaga 11-13*. Pigment 4 analyserades inte men består troligtvis av ren zinkoxid, *se Bilaga 14 - Beckers "A"*.

	<i>Benämning på burk</i>	<i>Resultat SEM-EDX</i>	<i>(Trolig) Sammansättning</i>
Pigment 1:	Kromgult	Pb, Cr,	PbCrO ₄
Pigment 2:	Kromgult	Pb, Cr, S,	PbCrO ₄ * PbSO ₄
Pigment 3:	Zinkgult (Ferrario color)	Zn, Cr, K, Ga,	K ₂ O * 4ZnCrO ₄ * 3H ₂ O (Ga)
Pigment 4:	Zinkvitt (Beckers "A")	Ingen analys	ZnO

I 1800-talets oljefärger användes främst tre olika bindemedel; linolja, vallmoolja och valnötsolja, ibland i kombinationer, *se kapitel 3.3*. Utan bindemedelsanalyser är det svårt att avgöra vilken olja som ingick i den gula färgen i studieobjektet. Därför valdes två olika oljor som bindemedel till varje pigment i provserien. Dels en torkande olja; linolja, och dels en halvtorkande olja; vallmoolja. För att kunna simulera hur pigmenten reagerar utan påverkan av olja, användes även gummi arabicum. De olika bindemedlen är kommersiella produkter, inhandlade på konstnärsaffären IN-EX i Göteborg.



Figur 4. Pigment och bindemedel till provserien. 1: ren blykromat, 2: blykromat med svavelinnehåll, 3: zinkkromat (Ferrario color), 4: zinkoxid (Beckers "A"), a: kallpressad linolja (Metalimo), b: kallpressad vallmoolja (Daler-Rowney), c: gummi arabicum (Winsor & Newton).

5.2.2. Färgrivning och oljeåtgång

Metoderna för oljefärgstillverkning under 1800-talet kan ha varierat mycket. Då van Gogh oftast köpte sin färg av småskaliga färghandlare, *se kap 3.3*, fanns inget självklart svar på hur en liknande färg borde framställas. Det var också svårt att förutse om oljehalten i färgen kunde påverka resultaten av experimentet.

Framställningen av kromföreningar ger pigmenten en mycket liten partikelstorlek. Dessa pigment behöver därför inte bearbetas lika mycket som vissa grövre pigment under rivningen. Vid rivning av pigment för hand tillsätts så lite olja som möjligt, bara tillräckligt för att uppnå önskad konsistens. Lämplig konsistens på oljefärgen liknas vid färskt smör (Bomford et al. 1990, s. 38). Modernare pigmentframställning ger över lag mer finfördelade pigment. Det finns således ingen anledning att finfördela kristallerna i pigmentet under rivningen, utan syftet är att massera samman olja och pigment till en klumpfri, jämn färgpasta. Olika pigment har olika oljeabsorberande egenskaper. För att skapa färgpasta med liknande konsistens krävs alltså olika mängd olja, beroende på vilket pigment som rivs.

Akke Kumlien (1946, s.47) beskriver att det även finns skillnader i hur de olika oljorna beter sig under rivningen. Färg av vallmoolja blir *kort* i konsistensen, alltså inte lika kletig som linoljebaserad färg. Halvtorkande oljor, som vallmooljan, absorberar mer pigment. Därför krävs något mer olja för att ge liknande konsistens i en vallmooljefärg, som en linoljefärg med samma pigment.

Tabell 5. Oljeabsorbktion för de olika pigmenten till provserien (Kühn & Curran 1986, s. 169-204).

	<i>Benämning</i>	<i>Oljeabsorbktion</i>	<i>Färgpasta</i>
Pigment 1-2:	Kromgult (blykromat)	16-27%	20-25 %
Pigment 3:	Zinkgult (zinkkaliumkromat)	19-34%,	Ca 28 %
Pigment 4:	Zinkvitt (zinkoxid)	14-50%	20-25 %

Begränsad tillgång på pigment skapade svårigheter då en liten mängd olja skulle uppmätas. Om oljans vikt mäts i en liten bägare eller liknande är det svårt att överföra all olja till ytan man river på. Mycket av oljan blir kvar i bägaren vilket skulle göra uppmätningen oprecis. Istället fick droppar av olja rinna ur en pipett. Efter upprepade mätningar av dropparnas vikt, fastslogs en genomsnittlig vikt på 0,05g.

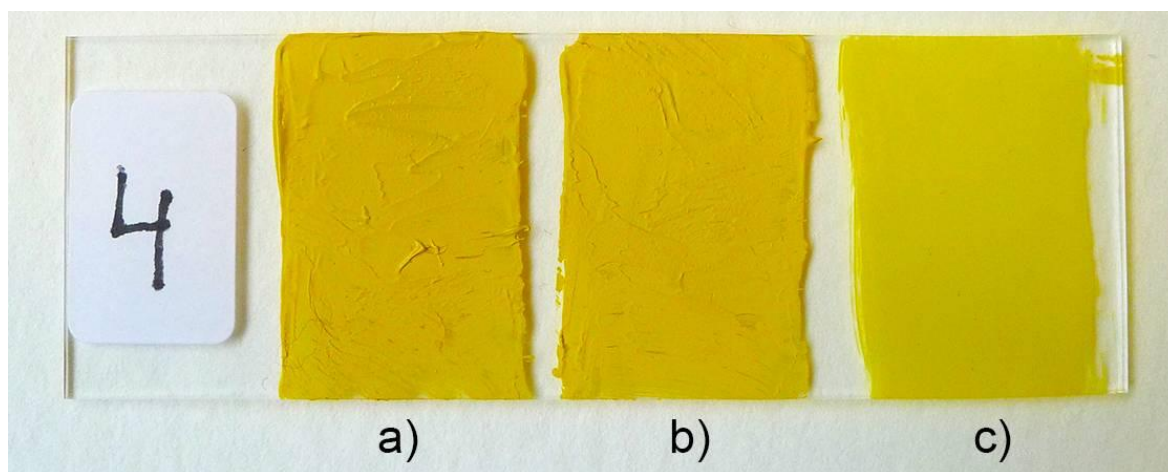
För att framställa en färg med 20 % oljehalt togs en droppe olja \approx 0,05g till 0,2g pigment.

Färgen revs genom att massera pigment och olja med en stålspatel mot en glaserad kakelplatta. Pigment 1 revs med en linoljemängd på 20 %, vilket gav en lämplig konsistens. Därefter revs övriga pigmenten/pigmentblandningar på samma vis, med små justeringar i oljemängd för att ge liknande konsistens på färgen. Om justering var nödvändig tillsattes mer bindemedel genom att försiktigt doppa spateln i en droppe olja på sidan av rivplattan. Genom att använda minsta möjliga mängd olja, minimerades torktiden för provserien.

Materialens skiftande egenskaper och eventuella mätfel, gör receptet ungefärligt. Rivning av pigmenten skedde med hänsyn till den slutliga färgens konsistens.

5.2.3. Uppmålning av provserie

För att minska risken att inandas obundna partiklar av de hälsovådliga pigmenten, skedde färgrivning och uppmålning i dragskåp. Varje pigment/pigmentblandning målades i linolja, vallmoolja och gummi arabicum på objektsglas, *se figur 5*. Oljefärgerna målades med spatel i ett tjockt pastost lager, gradvis tunnare. Färg bundet med gummi arabicum målades tunt med pensel.



Figur 5. Exempel på ett objektsglas ur delserie 4. a) Linolja, b) vallmoolja, c) gummi arabicum.

Varje Pigment/pigmentblandning målades upp i fyra upplagor. En upplaga förvarades i mörker för att användas som oförändrad referens. Hela provserien läts torka i 19 dygn i dragskåp, innan belysningsexperimentet startades.

Tabell 6. Färdig provserie med oljefärger. Varje delserie innehåller olika kombinationer av pigment, blandade i tre olika bindemedel.

	<i>Pigment/pigmentblandning (se tabell 2)</i>	<i>Delar pigment</i>
Delserie 1:	Blykromat (pigment 1)	-
Delserie 2:	Blykromat (pigment 2)	-
Delserie 3:	Zinkkaliumkromat (pigment 3)	-
Delserie 4:	Blykromat (pigment 2) + Zinkkaliumkromat (pigment 3)	1:1
Delserie 5:	Blykromat (pigment 2) + Zinkkaliumkromat (pigment 3) + zinkoxid(pigment 4)	1:1:1

5.3. Experimentell metod

5.3.1. Presentation av belysning

För att illustrera verkliga ljusförhållanden i museimiljö användes i experimentet två lampor som idag används av Göteborgs konstmuseum. Den ena armaturen är utrustad med glödljus i form av en halogenlampa, den andra armaturen är utrustad med LED-teknik. De två olika typerna av belysning har samma färgtemperatur, 3000 Kelvin, men har egenskaper som ger olika ljusspektrum, se kap 2.3.

Båda armaturerna har möjlighet att reglera ljusflödet genom en s.k. *dimmer*. Denna funktion användes inte då detta riskerar att ändra lampans ljusspektrum (Thomson 1986, s.207), främst gäller detta halogenlampan.

Tabell 7. Beskrivning halogenlampa, se även Bilaga 14-produktblad.



Armatyr

Tillverkare: Nordic Light (?)
 Modell armatur: Arctic 65EF/EMF
 Modell skenhållare: NL Power NA9601

Lågvoltshalogenlampa



Tillverkare: Radium
 Modell: Halogen
 Mega
 Effekt: 50W
 Färgtemperatur:
 3000K
 Filter: dikroisk
 beläggning, minimerar
 IR-strålning

Tabell 8. Beskrivning LED-lampa, se även Bilaga 14-produktblad.



Armatyr

Tillverkare: ERCO
Modell: Cantax
Filter: Sphelolitlins, sprider ljuset

LED-moduler

Tillverkare: ERCO
Antal moduler: 6
Effekt: 12W
Färgtemperatur: 3000K

5.3.2. Uppmätning av avstånd och luxtal

Genom att placera provserien nära lamporna, ökar luxvärdena och en påskyndad exponering skapas.

Med en luxmätare uppmättes ljusets intensitet på olika avstånd från lamporna. Även temperatur och relativ luftfuktighet (RF) uppmättes då detta kan påverka nedbrytningen av ett färgskikt.

Lamporna är designade för att på ett visst avstånd skapa en jämn ljuskägla. Ju närmre lampan man kommer desto mindre blir ljuskäglan och variationer i ljusflödets intensitet inom ljuskäglan ökar. Detta gäller främst LED-lampan som består av flera LED-moduler, vars ljusstrålar blandas utanför själva lampan. Om provserien placeras alltför nära ljuskällan skiftar luxvärdena inom det belysta området. För att få samma exponering på hela provserien, krävs alltså att man med mätinstrumentet avgör på vilket avstånd luxvärdena stabiliserats i ett område stort nog för hela provserien. Då halogenlampan producerar värmestrålning måste detta också tas med i beräkningen av avståndet. Om för stor mängd värmestrålning når provserien förändras klimatförhållandena för denna serie.

För att få stabila luxtal krävdes minst 50cm avstånd från lamporna. Halogenlampans värmepåverkan ansågs godtagbar på en dryg meters avstånd. Detta begränsade den effekt man kunde få ut av lamporna till omkring 10 000 lux.

Den slutliga uppställningen beskrivs i genomförandet, 5.4.

5.3.3. Beräkning av simulerad tid

För belysning av oljemåleri, rekommenderas ofta 200 eller 150 lux. Vidare rekommenderas ett maxantal på 650 000 lx h/år, se kap 2.1. Göteborgs konstmuseum har varierande öppettider och helt stängt måndagar, vilket gör att föremålen blir belysta med full styrka mindre än 2 200 h/år (Göteborgs konstmuseum, 2013-04-09).

Belysning av ett objekt med 150 lux under 2 200 timmar ger ett värde på 330 000 lx h/år. Provserien förväntas bli exponerad under 840 h, med 10 000 lux, vilket ger 8 400 000 lx h.

För att räkna ut hur lång tid av exponering som experimentet kan simulera, divideras experimentets luxtimmar med museets antagna luxtimmar under ett år:

$$8\,400\,000 \text{ lx h} / 330\,000 \text{ lx h/år} \approx \underline{25,5} \text{ (år)}$$

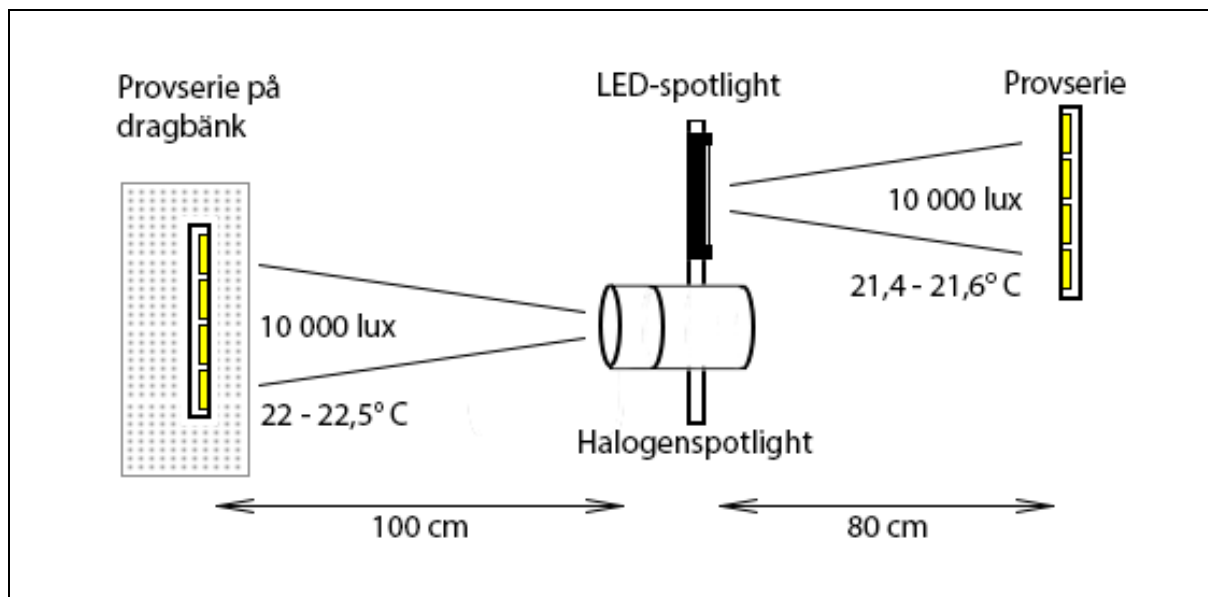
Luxtimmarna som lamporna förväntades producera under experimentet motsvarade alltså ungefär 25,5 år av exponering med 150 lux, under Göteborgs konstmuseums öppettider. Enligt samma beräkning skulle experimentet simulera ungefär 19 år av belysning med 200 lux på museets öppettider.

Det är troligt att konstobjekten även belyses utöver öppettiderna, exempelvis medan lokalerna kontrolleras efter stängning eller vid visningar när museet håller stängt. Då denna tid är svåruppskattad utelämnades den i beräkningarna.

5.4. Genomförande, påskyndad exponering

Uppställning av lampor och provserie skedde i ett rum med 21°C och ca 11,5 % RF. Luftfuktigheten varierade sannolikt under experimentet då det inleddes under en period med mycket torrt klimat. Lamporna monterades i strömskenan, riktade bort från varandra. För att uppnå 10 000 lux placerades provserien på 80 cm avstånd från LED-lampan och 100 cm avstånd från halogenlampan. För att minska värmeeffekten från halogenlampan placerades denna provserie på en dragbänk. Ytan på provserien fick en temperaturökning på + 1-1,5° C framför halogenlampan och + 0,4-0,6° C framför LED-lampan, vilket ansågs marginellt. RF-värdena framför de belysta ytorna avvek mycket lite eller inte alls från luftfuktigheten i rummet.

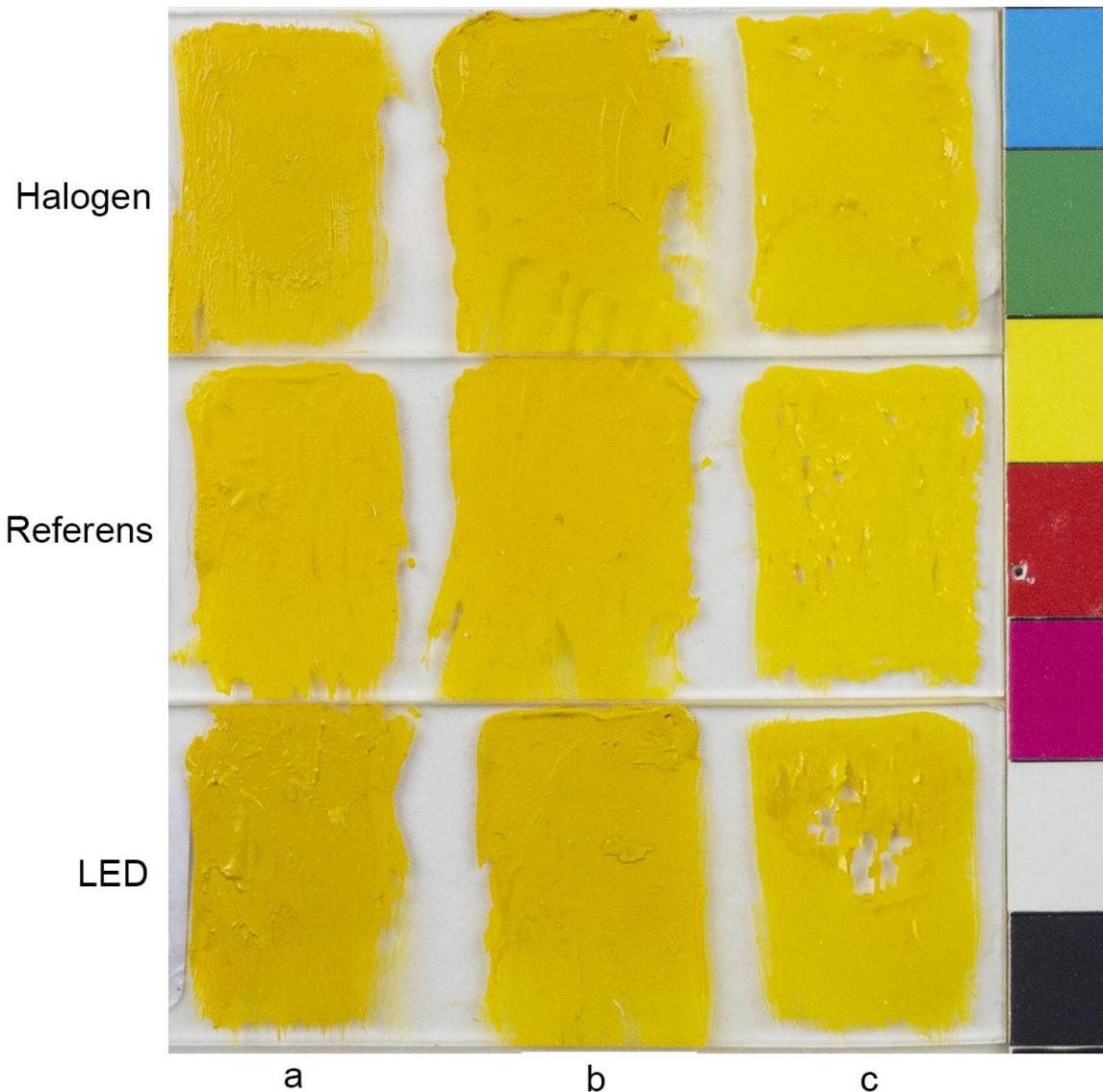
Belysningsexperimentet pågick oavbrutet under 5 veckor (840 h). Provserien utsattes alltså för 8 400 000 luxtimmars strålning från de två olika lamporna.



Figur 6. Skiss över uppställningen av experiment.

5.5. Resultat påskyndad exponering

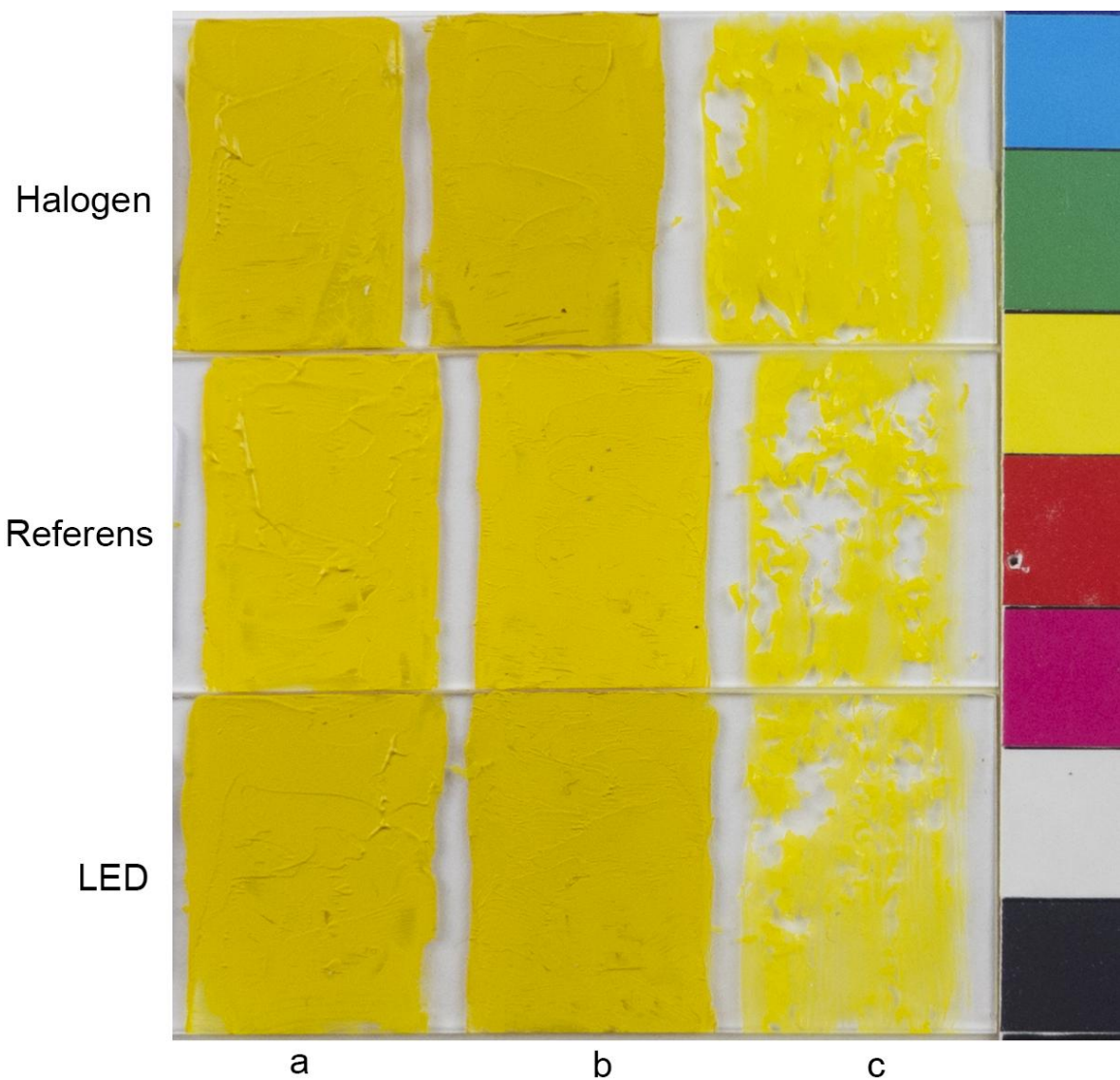
Nedan visas resultaten efter exponeringen av delserie 1-3. Kommentarer gjordes utifrån en okulär bedömning av färgförändring och utvecklas i diskussionen, *kap 6.2*. Delserie 4 & 5 (pigmentblandningarna) uppvisade mörkning likt delserie 2. Delserie 5 (innehållande zinkvitt) uppvisade en förmildrad färgförändring jämfört med delserie 2. Eftersom färgförändringen av pigmentblandningarna inte skiljde sig från de ingående pigmenten (som även exponerades var för sig), utslöts de här.



Figur 7. Resultat efter exponering av delserie 1, innehållande kromgult (ren blykromat). a) linolja b) vallmoolja c) gummi arabicum.

Kommentar delserie 1:

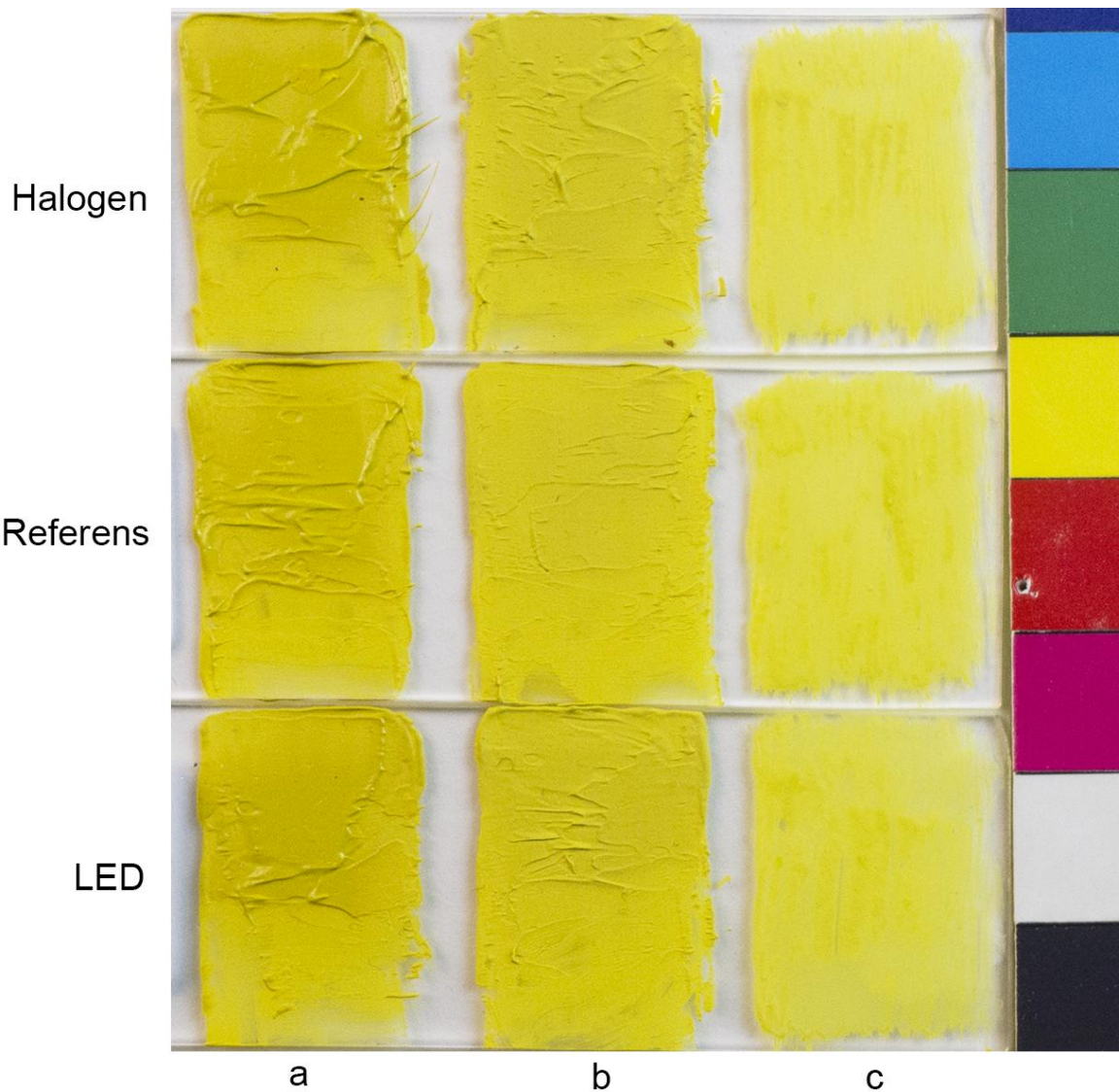
Delserien har påverkats av exponering från båda lamporna. Pigmentet har mörknat svagt, mot en varmare färgton. Pigmentet kan ha påverkats något mer av LED-lampan. Alla bindemedel uppvisar samma mörkning, gummi arabicum är något transparent och kan verka ljusare.



Figur 8. Resultat efter exponering av delserie 2, innehållande kromgult (svavelhaltig blykromat). a) linolja b) vallmoolja c) gummi arabicum.

Kommentar delserie 2:

Delserien har påverkats av exponering av båda lamporna. Pigmentet har mörknat mot en grönare, mer ockrafärgad nyans. Halogenlampan skapade något mer mörkning, vilket är svagt synligt i bindemedlet gummi arabicum, som dock flagat på grund av dålig bindkraft till glaset. Färgförändringen är starkare i de prov som innehåller olja.



Figur 9. Resultat efter exponering av delserie 3, innehållande zinkgult (zinkkaliumkromat). a) linolja, b) vallmoolja, c) gummi arabicum.

Kommentar delserie 3:

Delserien har inte påverkats nämnvärt av exponeringen. I bindemedlet gummi arabicum syns ingen färgförändring, medan oljornas gulning kan ha skapat en mycket svag mörkning.

Eventuella felkällor:

En okulär bedömning kan anses vara något bristfällig då resultaten inte kan ges ett objektivt värde, jämförbart med andra studier. Oljornas gulning var svår att beräkna endast utifrån en okulär bedömning. En grov uppskattning av oljans inverkan gjordes med bindemedlet gummi arabicum som referens.

Det gick inte att utesluta att temperaturökningen från halogenlampan kan ha påverkat delserie 2, som uppvisade något mer färgförändring av halogenlampan. Temperaturökning sker även på ett utställt konstobjekt som belyses på längre avstånd, dock i långt mindre utsträckning. På grund av tidspress hann inte alla oljefärger helt torka innan experimentet inleddes. Eftersom oljan då inte helt polymeriserats, kan detta ha påverkat resultaten. Detta gäller främst delserie 3, som innehöll störst andel zinkförening och därför torkade långsammast. Klimatet i rummet var tidvis mycket torrt, vilket kan ha inverkat på pigmentens reaktivitet.

6. DISKUSSION

6.1. Diskussion kring fallstudien

SEM-EDX-analysen gav information om vilka grundämnen som färgskiktet innehöll. Med hjälp av analysinstrumentet är det möjligt att beräkna viktrelationer mellan påvisade ämnen, dock ingår inte sådana beräkningar i denna studie. För att få ytterligare information om hur de olika ämnena är bundna till varandra skulle kompletterande analysmetoder behövs göras. De påvisade grundämnena i färgproven skulle rent hypotetiskt, i olika kombinationer, kunna tolkas som olika pigment. Därför gjordes tolkningen av sannolika pigment med utgångspunkt i de vanligast förekommande materialen under 1800-talet, med hänsyn till kulör och till tidigare studier av van Goghs målningar. Organiskt material, uppbyggt av kolkedjor, tydliggörs inte med metoden och uteslöts därför i diskussionen.

Metalliska grundämnen förekommer i alla analyspunkter, vilket visar att färgskikten innehåller oorganiska pigment. Analysresultaten antyder att prov 1 är något mer förorenat än prov 2, då fler olika grundämnen fanns utspridda i detta prov. Orenheterna kan delvis bero på att prydnadsramen slitit på färgskiktet och lämnat spår av material på dess yta. Det kan även vara så att tidigare ytrenöringar har utförts mindre noggrant i områdena bakom ramen, vilket då resulterat i att föroreningar som avlägsnats längre in i bildytan, fortfarande är närvarande i prov 1.

I det gula färgskiktet fanns krom i nästan alla analyspunkter, vilket bekräftar att van Gogh använt sig av en färg innehållande ett gult krompigment. Kombinationen av bly och krom gör det mest sannolikt att krompigmentet är en blykromat (PbCrO_4). Minst ett ytterligare pigment verkar vara närvarande, då även zink påvisats i alla analyspunkter. Det zinkinnehållande pigmentet är troligen zinkvitt (ZnO), vanligt förekommande i van Goghs måleri. Mapping av proverna, *Bilaga 10-11*, visar hög halt av zink och syre, vilket styrker denna teori. Konstnären kan själv ha blandat kromgult och zinkvitt för att få en ljusare gul färg på sin palett. Det är även möjligt att färgtillverkaren har blandat kromgult med zinkvitt pigment, för att framställa en tubfärg med ljusgul nyans. Blykromaterna har hög täckande- och färgande förmåga, vilket märks då höga halter av zink inte tagit udden av den gula.

Vissa av analysresultaten (punkt 1:1 & 1:3) hade kunnat misstolkas som en zinkkromat. Innehåll av zink, kalium och gallium i kombination med krom, liknar i hög grad det zinkgula pigment som undersöktes inför experimentet, *se kap. 5.2.1, tabell 2*. Då kalium och gallium inte förekommer i några andra analyspunkter, kan dessa betraktas som antingen restämnen från framställningen av pigmenten, eller som ytliga föroreningar. Gallium förekommer i låg halt i zinkmineral (Britannica, "Gallium", 2013-05-24), vilket skulle kunna göra att det återfinns som restämne i exempelvis zinkvitt. Kaliumkromat används ofta som ett av utgångsämnen vid framställning av blykromat, vilket kan förklara förekomsten av kalium i ett färgskikt med kromgult. Detta illustrerar hur viktigt det är att utföra flera analyser på olika platser i varje prov och på så vis minimera risken för feltolkningar.

Två analyspunkter var lokaliserade i djupare delar av det gula skiktet (punkt 1:4 & 2:3). Här har pigmenten sannolikt utsatts för mindre påverkan av exempelvis luftföroreningar eller ytligt avsatt material. Resultaten från dessa analyspunkter har troligtvis störst relevans vid en pigmentbestämning. Även i de djupare delarna av skiktet förekom ämnen som

normalt inte borde finnas i ett rent pigment av kromgult eller zinkvitt. Analysen av punkterna visade förekomst svavel, kalcium, kisel, klor och molybden (utöver O, Cr, Zn, Pb). Många av dessa ämnen påvisades i färgprov från en annan van Goghmålning innehållande blykromat, *se kap 1.3*. Monico et al. (2011:2) skrev att flera av ämnena sannolikt kom från vanliga fyllmedel, som gips (kalciumsulfat, CaSO_4) och kaolinlera (aluminiumsilikat, $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$). Alternativt beskrevs vissa ämnen kunna härstamma från orenheter vid framställningen av pigmentet eller bindemedlet. Mappingresultaten visar hög svavelhalt i ett underliggande vitt skikt, vilket skulle kunna betyda att grunderingen innehåller gips. Detta kan ha påverkat flera av analysresultaten, särskilt de i snittytorna, då man vid provtagningen troligtvis har kommit i kontakt med grunderingen och kan ha överfört svavel till andra områden i provet. Kalcium kan även ha kommit från grunderingen om denna innehåller krita (CaCO_3).

En viktig fråga inför pigmentanalysen var ifall ett eventuellt kromgult färgskikt innehöll svavel. Mappingresultaten visade hög halt av svavel i omkringliggande färgskikt och att svavel förekommer mer ojämnt i det gula färgskiktet. Det var svårt att avgöra om svavel tillkommit som resultat av luftföroreningar, fyllmedel, från grunderingen, eller som del i blykromaten ($\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$). Om prov 1, som misstänktes vara icke representativt, utesluts återstår tre analyspunkter i prov 2 att tolka. Två av dessa tre punkter saknade svavel, vilket kan vara ett tecken på att blykromaten inte innehåller blyulfat. Att svavel inte förekom i den djupare punkten i provet (punkt 2:3), styrker denna uppfattning. Endast en punkt lokaliserad på ytan innehöll svavel. De känsligaste blykromaterna innehåller hög svavelhalt i relation till kromat. Om provet innehöll ett pigment med så hög svavelhalt, borde analysinstrumentet ha påvisat svavel i alla punkter. Skulle denna tolkning stämma, är det gula färgskiktet ursprungligen uppbyggt mestadels av en ren blykromat. Svavel förekommer då bara där yttre faktorer spelat in, om fyllmedel tillsatts eller som ett restämne i låg halt. Viktrelationen mellan svavel och krom i en analyspunkt, är möjlig att beräkna med SEM-EDX. Detta arbete har påbörjats, men inte hunnit färdigställas för att presenteras här. För att få mer tillförlitlig information om ifall blyulfat ingår i pigmentet, krävs kompletterande analyser med exempelvis Ramanspektroskopi.

Vid analysen av de gula områdena gjordes jämförelser mellan de missfärgade bruna fläckarna och de klara gula områdena i provet. Resultaten antyder att förekomst av svavel eller andra ämnen, är vanligare i brunfärgade områden. Den plats i provet som var mest missfärgad (punkt 1:3), innehöll flest udda grundämnen. Detta kan jämföras med den renaste gula ytan (punkt 2:1), som innehöll spår av kalcium och där kromhalten var låg. Troligtvis har analyspunkt 2:1 träffat kristaller från en kritgrundering eller ett fyllmedel som inte påverkat pigmentet negativt, exempelvis krita.

Kromjoner har visat sig kunna påverkas av svavelhaltiga miljöer i kombination med ljus och fukt. Reaktionen orsakar en reducering av kromjonernas oxidationstal, vilket ger färgförändring, *se kap 1.3*. Då flest orenheter och bruna fläckar återfinns på ytan av provet, kan ljusexponering ha medverkat till uppkomsten av lokala färgförändringar av själva pigmentet. Detta samband är dock en spekulation som skulle behöva studeras noggrannare för att kunna bekräftas. En enklare förklaring till de bruna missfärgningarna skulle kunna bestå av deponerat material, exempelvis olja från en förgylld prydnadsram, ytsmuts, eller sot som har bildat ett ytligt skikt med brun nyans. Pigment skulle då kunna finnas kvar i oförändrad form under smutslagret. Mappingresultaten av prov 2 visar att den ytliga förekomsten av svavel koncentreras fläckvis, vilket kan tyda på ytliga föroreningar, dock är koncentrationen inte direkt kopplad till de bruna områdena.

Vid analystillfället undersöktes även de omkringliggande färgskikten. Det blågröna färgskiktet i himmeln visade sig innehålla kopparhaltigt pigment. Exempel på kopparhaltiga blågröna pigment är kopparkarbonaterna *malakit* ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$) och *azurit* (ex. $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$), eller kopparacetat som *verdigris* (ex. $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

Eftersom dessa pigment är uppbyggda av karbonater och i ena fallet organiska ämnen ger endast metallen (koppar) utslag i SEM-EDX, medan de vita kristallerna synliga på bilden endast ger utslag av kol, *se tabell 1, prov 2*. Ämnena i det vita färgskiktet (punkt 2) kan tyda på en blandning av blyvitt ($2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$) och zinkvitt (ZnO). Då bara en punkt på varje skikt undersökts kan dock ingen klar bild ges, utan bara en fingervisning på vilka grundämnen som delvis förekommer. Även här skulle Ramanspektroskopi ge mer tillförlitlig information om det grönbå pigmentets kemiska egenskaper.

Olivskog, Saint-Rémy har idag ett glas monterat framför bildytan. Detta glas filtrerar bort UV-strålning, skyddar målningen vid hantering och mot närgångna besökare. Glaset skyddar även i viss mån ytan från smuts- och dammpartiklar i luften, luftföroreningar och fluktuationer i klimatet (Canadian conservation institute, 2011-12-5). Dessa egenskaper är utan tvekan att föredra inom preventiv konservering. Särskilt äldre former av krompigment verkar kontakten med luftföroreningar kunna skapa kemiska reaktioner, *se kap 1.3. s. 10-11*. Det bör tilläggas att målningars visuella uttryck förändras i och med glasning. Trots att man som besökare knappt kan upptäcka moderna museiglas kan matta ytor framstå blankare och pastost måleri bli något svårare att uppleva. Som så ofta inom preventiv konservering krävs alltså en kompromiss mellan bevarande och tillgänglighet.

6.2. Diskussion kring experimentet

Experimentet simulerade ca 20 år av belysning inom den lägre luxrekommendationen 150 lux, på Göteborgs konstmuseums öppettider. Museet har årsvis öppet färre timmar än många andra museer runt om i Europa, vilket gjorde att experimentet befarades simulera en alltför liten mängd strålning för att skapa färgförändringar av pigmenten. Det visade sig dock att vissa pigment faktiskt påverkades under exponeringen. Genom en okulär bedömning kunde färgförändringarna beskrivas, dock inte ges ett objektivet värde enligt någon vetenskaplig skala. Skulle man haft möjlighet att använda en spektrofotometer för reflektionsmätning av färgerna, vore det möjligt att mer objektivet beskriva färgförändringarna. Man skulle då kunna jämföra pigmentens benägenhet att förändras med kända referenser eller "British blue wool standard", en skala som används inom konservering för att beskriva ljuskänslighet i jämförelse med blå ullgarner. Det mänskliga ögats perception av en färg bör dock inte förringas, då det är på detta vis konstföremål betraktas. Experimentet syfte var i första hand att undersöka eventuellt synliga skillnader orsakade av de olika lamporna.

Vid uppmålningen av provserien skiljde sig ljusheten på färgerna, beroende på vilken olja som använts. Skillnaden i ljusheten på de olika oljorna hade överlag utjämnats eller minimerats, efter exponeringen och oljornas egenskaper verkar inte ha spelat någon roll för hur pigmenten reagerat. Pigmenten av blykromat påverkades under exponeringen medan zinkkromaten förblev opåverkad. Blandningar av pigment (provserie 4 & 5) uppvisade färgförändringar motsvarande den blykromat som ingick i färgen. När zinkvitt använts i blandningen förmildras mörkningen av färgen, troligtvis motverkar zinkoxidens vita kristaller effekten av de förändrade kristallerna av blykromat.

Trots att ren blykromat (delserie 1) beskrivs som ett relativt stabilt pigment, kan det konstateras att detta pigment mörknade svagt och antog en varmare nyans. Eftersom förändringen även skedde i bindemedlet gummi arabicum, har oljorna inte inverkat på mörkningen. Ett gult krompigment antar en rödare nyans, skulle kunna förklaras med att kromatjonerna delvis ombildats till dikromatjoner på grund av en sur miljö, *se kap 3.1*, (Casadio et al. 2010). En sur reaktion skulle kunna skapas av bindemedlet gummi arabicum men borde då orsakat en mer dramatisk färgförändring som skilt sig från de prov där pigmentet blandats i olja och Monico et al. (2012:4), fann inga belägg för uppkomst av

dikromatjoner i åldrade pigment av blykromat. LED-lampan verkar ha orsakat en något snabbare färgförändring än halogenlampan.

Den svavelhaltiga blykromaten (delserie 2) färgförändrades mest. Pigmentet fick ett grönstick och antog en ockrafärgad nyans. Färgförändringen skedde mest i prover som målats i olja. Detta tyder antingen på att strålningen orsakat gulning av oljan, att strålningen har påverkat pigmentet mer när det blandats i olja, eller en kombination av båda reaktionerna. Den svavelhaltiga blykromaten verkar ha påverkats något mer av exponering från halogenlampa, svagt synligt i bindemedlet gummi arabicum. När gula kromater färgförändras till en grön ton, kan en reduktion av kromatjonerna från Cr(VI) till Cr(III) ha uppstått. På senare år har man funnit belägg för att blyulfat i pigmentet kan frammana reaktionen, *se kap 1.3*. Detta styrker uppfattningen om att pigmentet är uppbyggt av blykromat med blyulfat ($\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$) och att sulfathalten verkar vara förhållandevis hög. Analysmetoderna som användes kunde dock inte närmare precisera sammansättningen.

I en framtida studie bör även μ -fading testas på såväl referenser som de båda autentiska proverna. På så vis skulle man kunna simulera en längre tid och få mer objektiva resultat att förhålla sig till. Man skulle då också få information om färgförändringen sker linjärt eller om den avtar på sikt. Detta vore viktig information då blykromaterna i provserien nyttillverkats och därför kan ha uppvisat en kraftig mörkning i ett tidigt skede, men kanske stabiliserats efter hand. En mörkning i ett inledande skede bör redan ha skett i de autentiska färgproven som tidvis exponerats för dagsljus. Notera dock att μ -fading är destruktivt, varför Ramananalyserna av de båda färgproverna bör göras före mikroblekningen.

7. SAMMANFATTNING OCH SLUTSATSER

Ljusbeständigheten hos kromgula pigment påverkas av pigmentets sammansättning och dess kristallstruktur. Kromgult förekommer i olika former, bland annat som ren blykromat (PbCrO_4) och blykromat med blyulfat ($\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$). Tidigare forskning har visat att svavelhalten i en blykromat, under ljusexponering kan orsaka en reducering av kromjonernas oxidationstal. När detta sker missfärgas pigmentet och antar en mer grön eller brunaktig nyans. Pigmenten har visat sig mest känsliga för exponering av ljus med våglängder kortare än ca 525 nm, vilket gjort att man ifrågasätter lämpligheten i att belysa målningar innehållande krompigment med LED-belysning.

SEM-EDX analyser av det gula färgskiktet i Vincent van Goghs, *Olivskog, Saint-Rémy*, bekräftade att målningen innehåller den vanligaste formen av pigmentet kromgult, en förening mellan bly och krom (blykromat, PbCrO_4). Troligtvis består färgskiktet av en blandning av kromgult och zinkvitt (ZnO), då zink påvisats i alla analyspunkter. Analyserna kunde inte med säkerhet bekräfta att det gula pigmentet innehåller blyulfat (PbSO_4) eller om påvisad förekomst av svavel orsakats av ett fyllmedel, omkringliggande färgskikt eller föroreningar. Det är dock inte troligt att pigmentet tillhör de mest känsliga varianterna av sulfatrik blykromat, då svavel inte påvisats i alla delar av färgproven. Den gula färgen har efter 124 år i varierande ljusförhållanden, trots allt behållit en klargul färgton. Analysresultaten antyder snarare ett samband mellan svavel och ytliga föroreningar eller underliggande/omkringliggande färgskikt. Pigmentanalysen visade även att ett kopparhaltigt pigment använts i blågröna partier i himmeln och att ett underliggande skikt troligtvis innehåller en blandning av zinkvitt och blyvitt.

En provserie oljefärger med gula krompigment utsattes för påskyndad exponering med en lågvoltshalogenlampa och en LED-lampa under 8 400 000 lx h. Lamporna används i utställningssalarna på Göteborgs konstmuseum och experimentet simulerade ca 19 resp. 25 års belysning med 200 resp. 150 lux, under museets öppettider. Exponeringen resulterade i att en ren blykromat (PbCrO_4) mörknade svagt, dock utan brun eller grönstick. LED-lampan påverkade pigmentet något mer än halogenlampan. En svavelhaltig blykromat ($\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbSO}_4$) mörknade, och antog en ockrafärgad nyans. LED-lampan orsakade inte mer förändring av detta pigment än halogenlampan. Ett pigment av zinkkromat förändrades inte alls under exponeringen. Då båda lamporna orsakade mörkning av blykromaterna, kan ingen av lamporna anses vara helt skonsam. Experimentet bekräftade inte något samband mellan LED-lampans våglängder och en ökad färgförändring av den svavelhaltiga blykromaten. Då endast två blykromater ingick i experimentet bör man inte avfärda rapporterna kring LED-belysningens potentiella skadlighet.

Slutligen kan konstateras att det krävs ytterligare analyser för att kunna precisera en trolig sammansättning för den blykromat som används i *Olivskog, Saint-Rémy*, exempelvis med Ramanspektroskopi och μ -fading. Detta arbete ryms inte inom tidsramen för en kandidatuppsats. Lamporna som undersöktes hade relativt liten skillnad i skadefaktor under den tid som simulerades, ca 25 år av belysning av ett objekt med 150 lux, under Göteborgs konstmuseums öppettider. Resultaten gäller främst de pigment som ingick i experimentet, eftersom det är osäkert hur överförbar kunskapen är på andra pigment. Experimentet antydde att risken för färgförändringar av en svavelhaltig blykromat till följd av ljusexponering, ökade när pigmentet blandats i olja. Detta poängterar vikten av den forskning som pågår kring organiska ämnens inverkan på de blykromaternas beständighet.

KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTECKNING

TRYCKTA KÄLLOR Bomford, White, Williams

Bomford, David; White, Raymond & Williams, Louise (red.) (1990). *Art in the making : Impressionism*. London: National Gallery in association with Yale University Press cop. 1990

Casadio, F.; Xie, S.; Rukes, SC.; Myers, B.; Gray, KA.; Warta, R. & Fiedler, I. (2010). Electron energy loss spectroscopy elucidates the elusive darkening of zinc potassium chromate in Georges Seurat's *A Sunday on La Grande Jatte—1884*. I: *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2011, vol. 399(9): s. 2909-20. (Publicerad online: 2010-10-16, Springer-Verlag).

Ciociola, Kelly & Cole, Christina (2010), Using risk assessment tools to evaluate the use of LEDs for the illumination of light-sensitive collections. I: *AIC news*, September 2010, vol. 35(5), s. 14-17.

Gavel, Jonas (1992) *Göteborgs konstmuseum : dess historia och samlingar*. Göteborg: Göteborgs konstmuseum. S. 84.

Gogh, Vincent van (2009). *Vincent van Gogh : the letters : the complete illustrated and annotated edition*. Vol. 4, Arles, 1888-1889. ny uppl. (2010) London: Thames & Hudson, in association with the Van Gogh Museum and the Huygens Institute.

Gogh, Vincent van (2009). *Vincent van Gogh : the letters : the complete illustrated and annotated edition*. Vol. 5, Saint-Rémy-de-Provence - Auvers-sur-Oise, 1889-1890. ny uppl. (2010) London: Thames & Hudson, in association with the Van Gogh Museum and the Huygens Institute.

Hansen, Fenge & Nyrén, Ole Ingolf (1991). Chromholdige pigmenter. I: *Farvekemi : uorganiske pigmenter*. København: Gad. S.79-86.

Holmberg, Jan (1999), Påverkan av miljöfaktorer utifrån. I: Fjæstad, Monika (red.) (1999) *Tidens tand : förebyggande konservering: magasinshandboken*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet. S. 255-263.

Jansen, Leo; Luijten, Hans, & Bakker, Nienke (2009). Foreword. I: *Vincent van Gogh : the letters : the complete illustrated and annotated edition*. Vol. 5, Saint-Rémy-de-Provence - Auvers-sur-Oise, 1889-1890. Ny uppl. (2010) London: Thames & Hudson, in association with the Van Gogh Museum and the Huygens Institute. S. 11.

Kumlien, Akke (1946). *Oljemåleriet : material, metoder och mästare*, med kommentarer av professor Björn Hallström (1985). 4:e uppl. Stockholm: Norstedt 1991

Kühn, Herman & Curran, Mary (1986) Chrome yellow and other chromate pigments, I: Feller, Robert L (red.) (1986) *Artists' pigments : a handbook of their history and characteristics*. Vol. 1. Ny uppl. (2012). Washington: National Gallery of Art. S. 169-200.

Monico, Letizia; Van der Snickt, Geert; Janssens, Koen; De Nolf, Wout; Miliani, Costanza; Verbeeck, Johan; Tian, He; Tan, Haiyan; Dik, Joris; Radepont, Marie & Cotte, Marine (2011). Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Synchrotron X-ray Spectromicroscopy and Related Methods. 1. Artificially Aged Model Samples. I: *Analytical Chemistry*, 2011, vol. 83(4): s. 1214–1223. (Publicerad online: 2011-02-14, American Chemical Society (ACS Publications)).

Monico, Letizia; Van der Snickt, Geert; Janssens, Koen; De Nolf, Wout; Miliani, Costanza; Dik, Joris; Radepont, Marie; Hendriks, Ella; Geldof, Muriel & Cotte, Marianne (2011). Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Synchrotron X-ray Spectromicroscopy and Related Methods. 2. Original Paint Layer Samples. I: *Analytical Chemistry*, 2011, vol. 83(4): s. 1224–1231. (Publicerad online: 2011-02-14, American Chemical Society (ACS Publications)).

Monico, Letizia; Janssens, Koen; Miliani, Costanza; Giovanni Brunetti, Brunetto; Vagnini, Manuela; Vanmeert, Frederik; Falkenberg, Gerald; Abakumov, Artem; Lu, Yinggang; Tian, He; Verbeeck, Johan; Radepont, Marie; Cotte, Marine; Hendriks, Ella; Geldof, Muriel; van der Loeff, Luuk; Salvant, Johanna & Menu, Michel (2012). Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Spectromicroscopic Methods. 3. Synthesis, Characterization, and Detection of Different Crystal Forms of the Chrome Yellow Pigment. I: *Analytical Chemistry*, 2013, vol. 85(2): s. 851–859. (Publicerad online: 2012-10-10, American Chemical Society (ACS Publications)).

Monico, Letizia; Janssens, Koen; Miliani, Costanza; Van der Snickt, Geert; Giovanni Brunetti, Brunetto; Castelli Guidi, Mariangela; Radepont, Maria & Cotte, Marine (2012). Degradation Process of Lead Chromate in Paintings by Vincent van Gogh Studied by Means of Spectromicroscopic Methods. 4. Artificial Aging of Model Samples of Co-Precipitates of Lead Chromate and Lead Sulfate. I: *Analytical Chemistry*, 2013, vol. 85(2): s. 860–867. (Publicerad online: 2012-10-10, American Chemical Society (ACS Publications)).

Roy, Ashok (1987). The materials of van Gogh's 'A cornfield of cypresses', I: Vincent van Gogh's A Cornfield, with Cypresses, *The National Gallery Technical Bulletin*, 1987, vol. 11: s. 42-58.

Saunders, David (1993). The environment and lighting in the Sainsbury wing of the National Gallery. I: Bridgeland, J.(red) (1993) *ICOM Committee for Conservation 10th triennial meeting, Washington, DC, 22-27 August 1993: preprints*. Paris: ICOM-CC. S. 630-635.

Thomson, Garry (1986). *The museum environment*. 2:a uppl. London: Butterworths in association with the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works

White, Raymond (1987). The medium. I: Vincent van Gogh's A Cornfield, with Cypresses, *The National Gallery Technical Bulletin*, 1987, vol. 11: s. 59.

White, Raymond; Pilc, Jennifer & Kirkeby, Jo (1998). Analyses of paint media. I: *The National Gallery Technical Bulletin*, 1998, vol. 19: s. 79-86 & 90-94.

KÄLLOR PUBLICERADE PÅ INTERNET

Britannica:

"Gallium (Ga)." Encyclopædia Britannica. Encyclopædia Britannica Online Academic Edition. Encyclopædia Britannica Inc., 2013.

<http://www.britannica.com.ezproxy.ub.gu.se/EBchecked/topic/224460/gallium-Ga/>

Hämtad: 2013-05-24

Canadien Conservation Institute:

<http://www.cci-icc.gc.ca/publications/notes/10-8-eng.aspx>

Uppdaterad: 2011-12-5 Hämtad: 2013-05-30

Citat om glasing: *"Glazing gives additional protection from accidental damage and provides some air-tightness, which reduces the effects of dirt, dust, air pollutants, and environmental fluctuations"*.

ERCO:

<http://www.ercos.com/products/product-feature/led/led-modules-4820/en/featur-1.php>

Hämtad: 2013-05-08

Citat från ERCO om relativ skadefaktor för varmvit LED: *"The radiation spectrum of warm white LEDs is free of ultraviolet and infrared components and has a reduced blue component. Its relative damage factor for sensitive exhibits is less than for halogen lamps with UV filters, making warm white LEDs recommendable for museum lighting."*

Göteborgs konstmuseum:

www.konstmuseum.goteborg.se

Hämtad: 2013-04-09

National Gallery:

http://www.nationalgallery.org.uk/paintings/caring-for-the-paintings/paintings-and-their-environment/*/viewPage/4

Hämtad: 2013-05-08

Citat om museets klimatrekommendationer: *"In summary the current specification is: Light level: 150 ± 50 lux (UV radiation content now specified as less than $10 \mu\text{W}/\text{lumen}$; formerly $75 \mu\text{W}/\text{lumen}$), annual light exposure limit: 650 kilolux hours; Relative humidity: 55 ± 5 %; Temperature $21 \pm 1^\circ\text{C}$ (winter); $23 \pm 1^\circ\text{C}$ (summer)."*

Wikipedia:

<http://sv.wikipedia.org/wiki/Kromat>

Uppdaterad: 2013-03-13 Hämtad: 2013-05-22

Citat om kromat: *"Kromatjonen är analog med sulfatjonen och består av en kromatom i oxidationstillstånd +6 omgiven av fyra syreatomer i oxidationstillstånd -2. Tillsammans ger de en tvåvärt negativ jon med formeln CrO_4^{2-} . Dikromatjonen är analog med pyrosulfatjonen och består av två kromatjoner som delar en syreatom. Den har formeln $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ".*

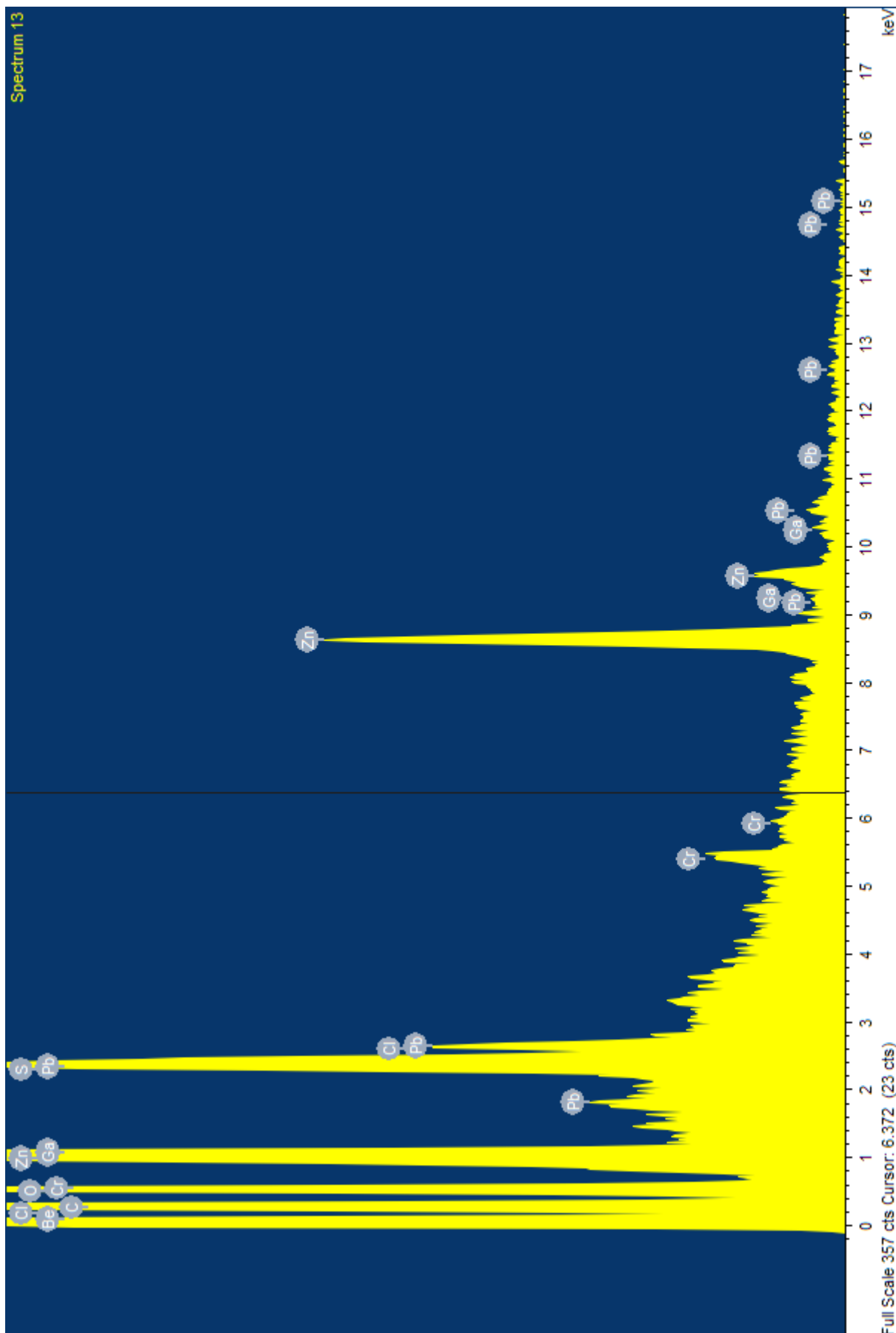
BILD- OCH TABELLFÖRTECKNING

Omslagsbild: *Olivskog, Saint-Rémy*, GKM 590. Foto: Göteborgs konstmuseum©

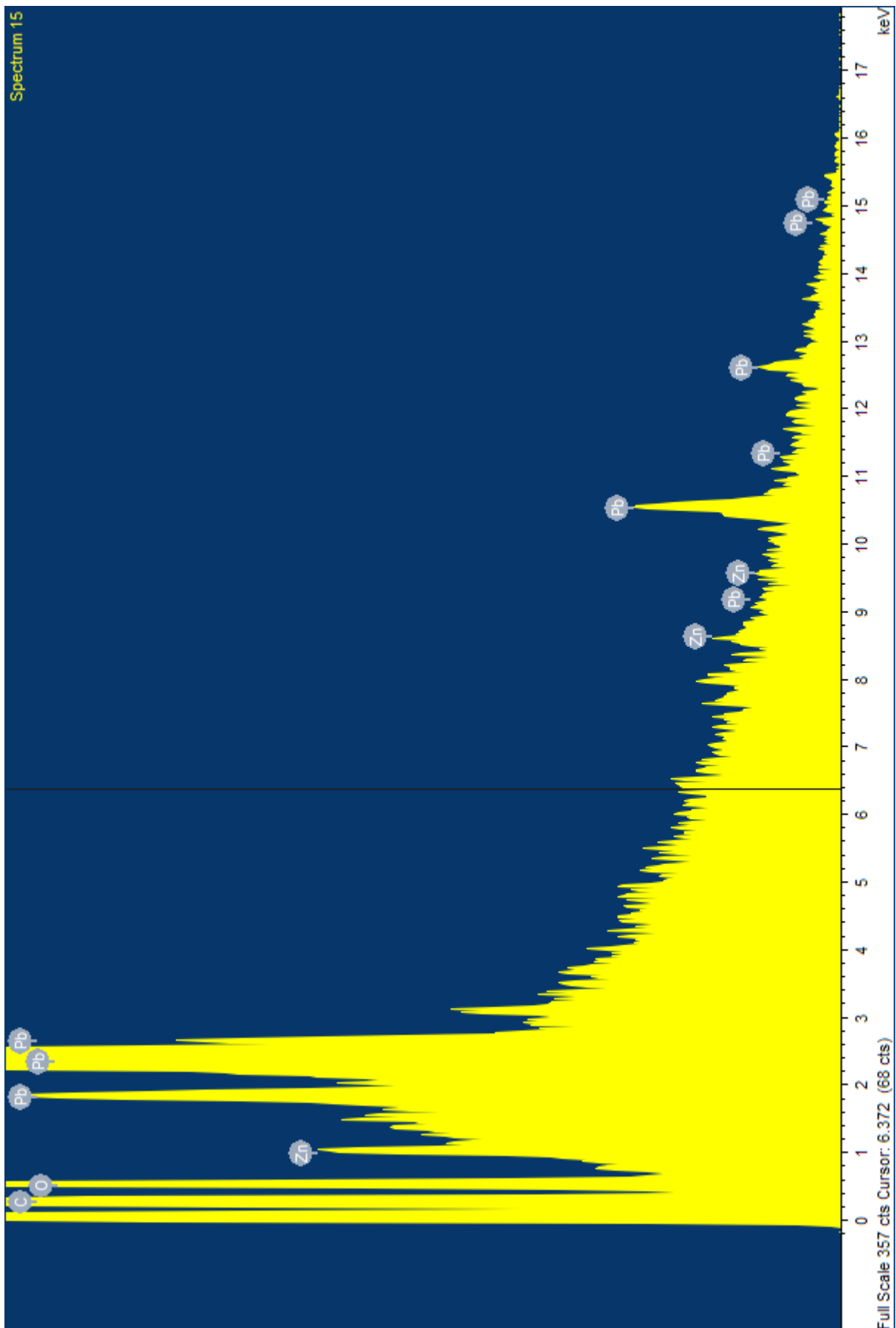
<i>Figur 1.</i> Förenklade skisser över ljusspektrum. Skiss: Andreas Roxvall.....	15
<i>Figur 2.</i> Vincent van Gogh, <i>Olivskog, Saint-Rémy</i> . Foto: Göteborgs konstmuseum©.....	20
<i>Figur 3.</i> Provtagning <i>Olivskog, Saint-Rémy</i> . Foto: Göteborgs konstmuseum©.	22
<i>Figur 4.</i> Pigment och bindemedel till provserien. Foto: Andreas Roxvall.....	27
<i>Figur 5.</i> Exempel på ett objektsglas ur delserie 4. Foto: Andreas Roxvall.....	28
<i>Figur 6.</i> Skiss över uppställningen av experiment. Skiss: Andreas Roxvall.....	31
<i>Figur 7.</i> Resultat efter exponering av delserie 1. Foto: Andreas Roxvall.	32
<i>Figur 8.</i> Resultat efter exponering av delserie 2. Foto: Andreas Roxvall.	33
<i>Figur 9.</i> Resultat efter exponering av delserie 3. foto: Andreas Roxvall.....	34
<i>Tabell 1.</i> Punktvis grundämnesanalys, prov 1 & 2. Foto: Andreas Roxvall	23
<i>Tabell 2.</i> Mapping av svavelhalt, prov 1. Foto: Andreas Roxvall.....	24
<i>Tabell 3.</i> Mapping av svavelhalt, prov 2. Foto: Andreas Roxvall.....	24
<i>Tabell 4.</i> Beskrivning av pigmenten i provserien.....	26
<i>Tabell 5.</i> Oljeabsorbktion för de olika pigmenten till provserien.....	28
<i>Tabell 6.</i> Färdig provserie med oljefärger..	29
<i>Tabell 7.</i> Beskrivning halogenlampa. Foto: Andreas Roxvall	29
<i>Tabell 8.</i> Beskrivning LED-lampa. Foto: Andreas Roxvall	30

BILAGOR

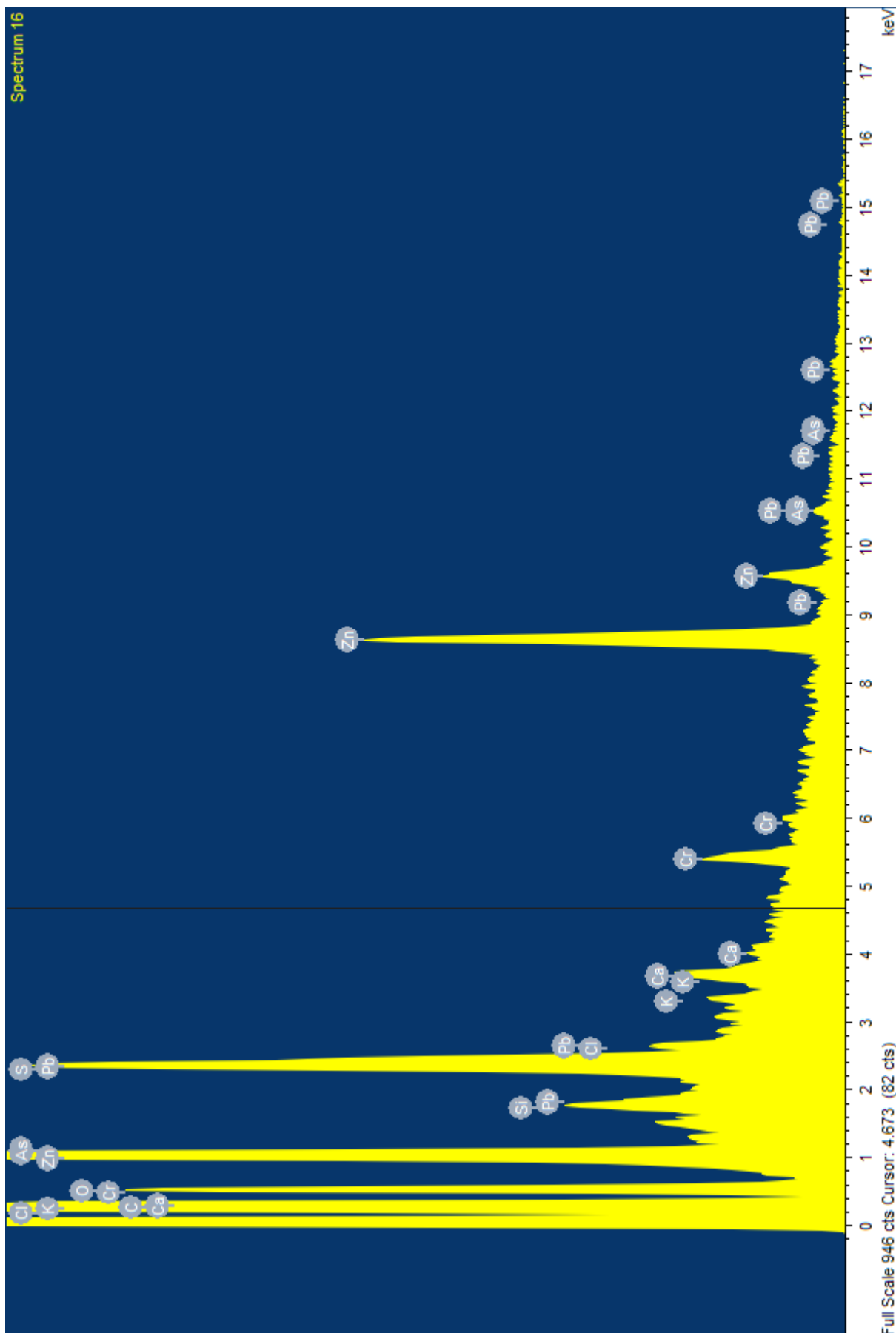
Bilaga 1. SEM-EDX-diagram. Pigmentanalys i fallstudie, kap. 4. Prov 1, punkt 1:1.



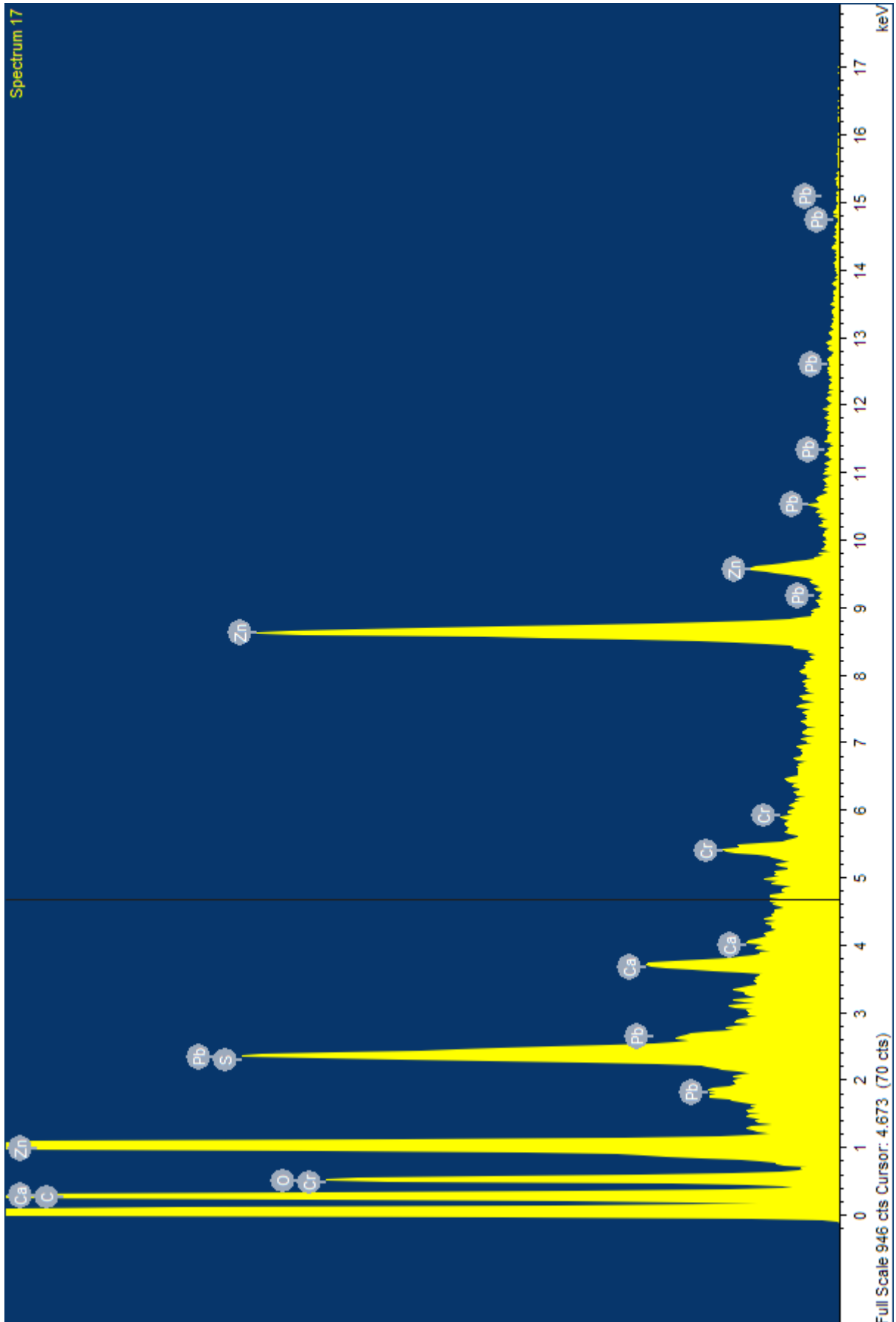
Bilaga 2. SEM-EDX-diagram. Pigmentanalys i fallstudie, *kap. 4*. Prov 1, punkt 1:2.



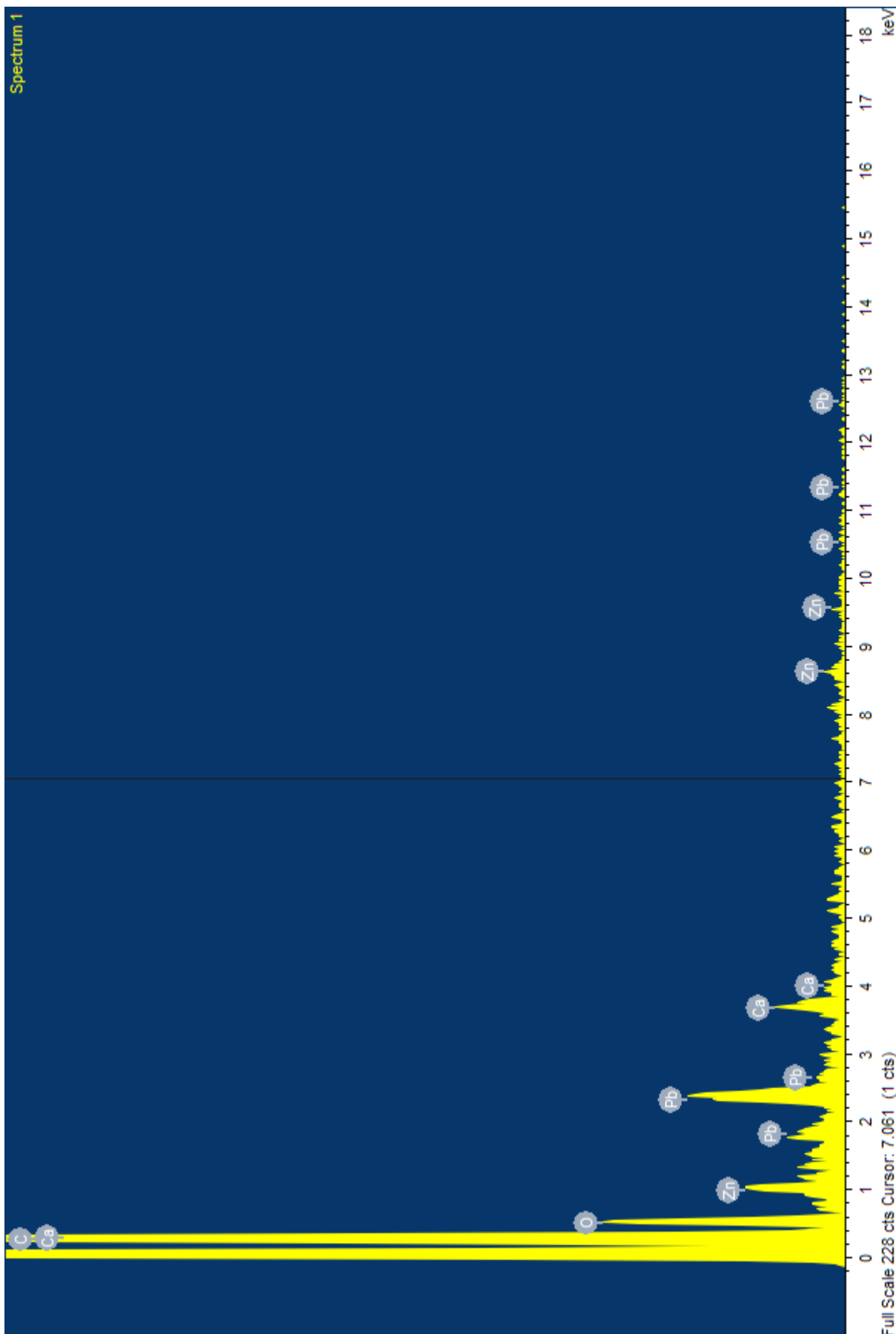
Bilaga 3. SEM-EDX-diagram. Pigmentanalys i fallstudie, *kap. 4.* Prov 1, punkt 1:3.



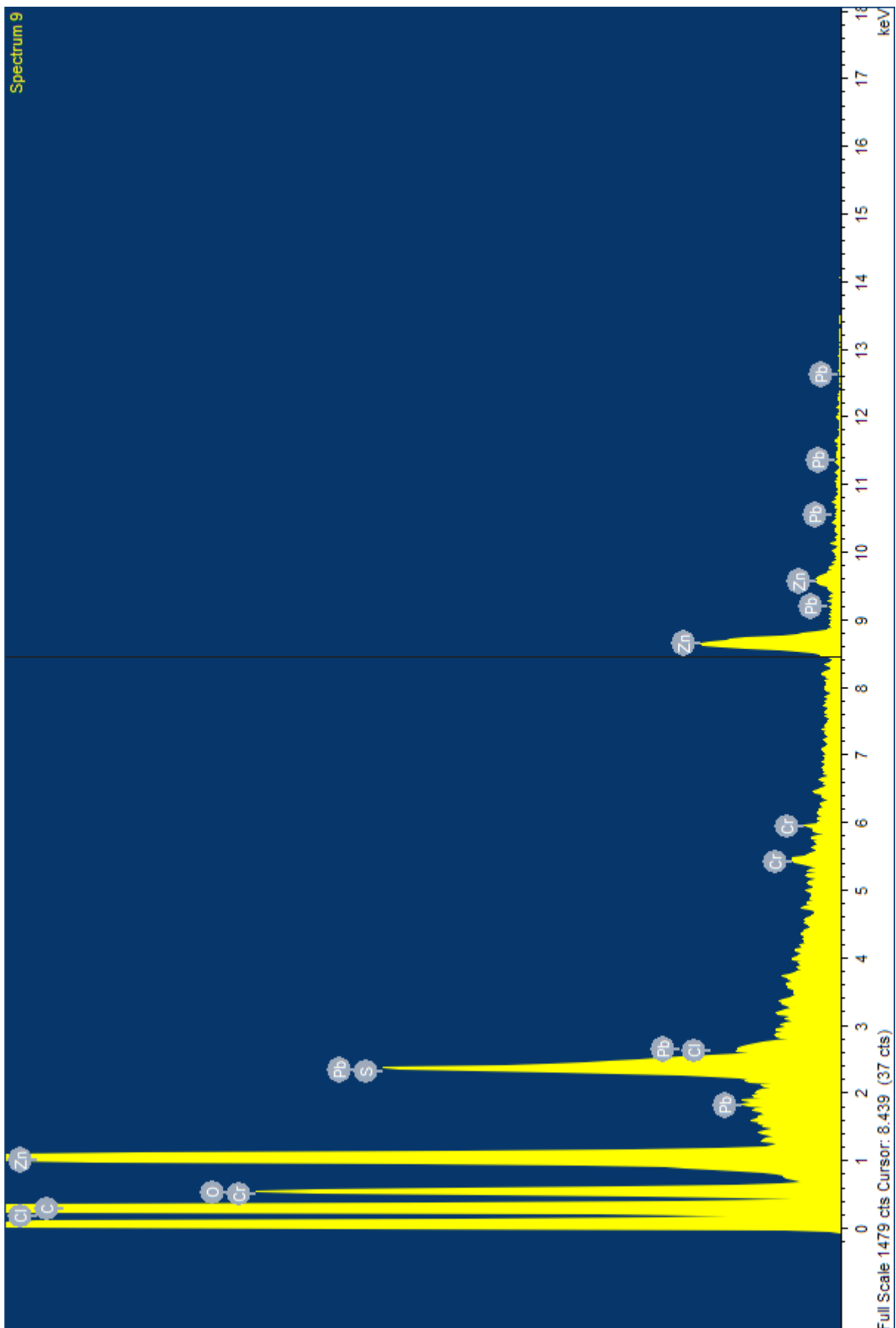
Bilaga 4. SEM-EDX-diagram. Pigmentanalys i fallstudie, kap. 4. Prov 1, punkt 1:4.



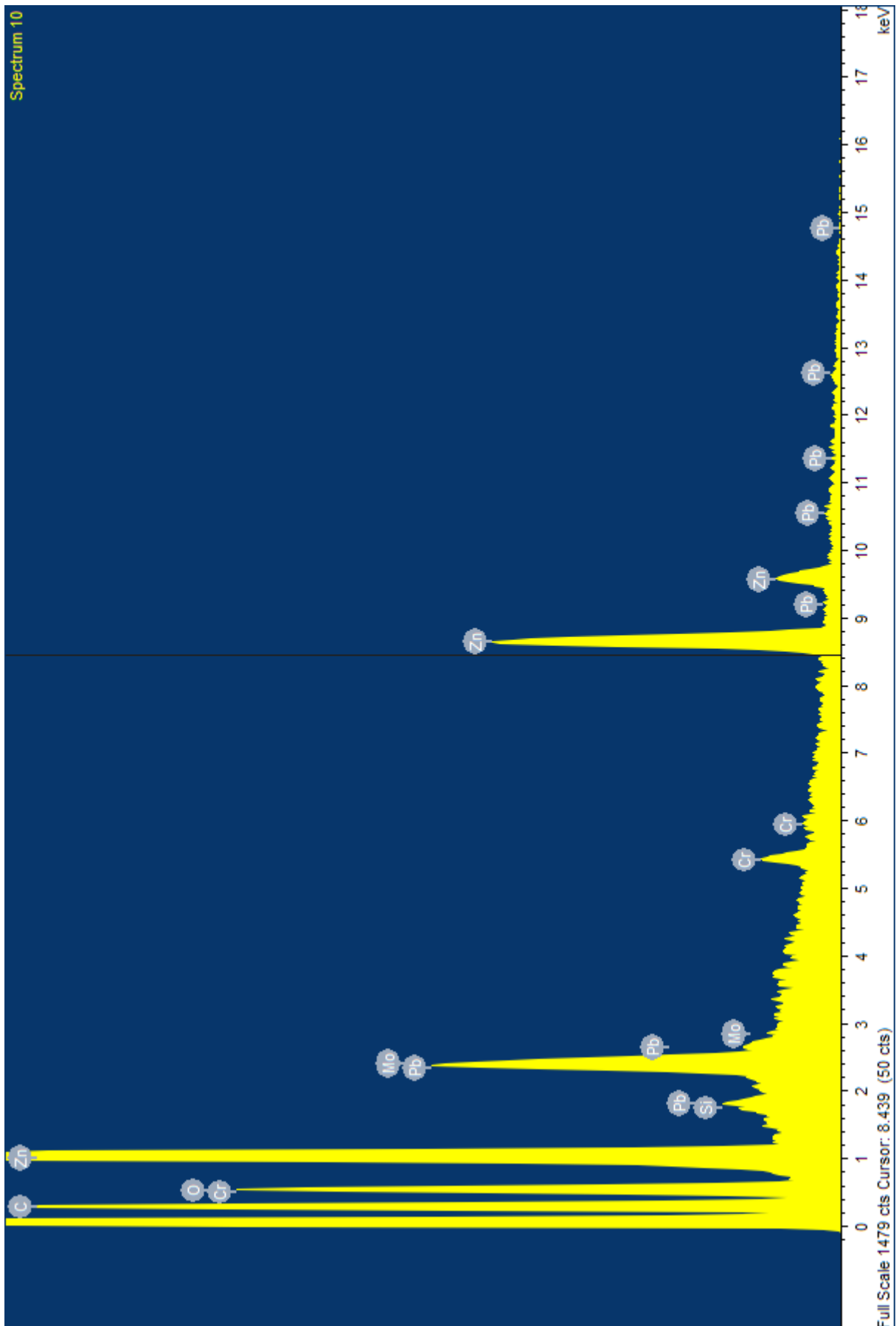
Bilaga 5. SEM-EDX-diagram. Pigmentanalys i fallstudie, *kap. 4.* Prov 2, punkt 2:1.

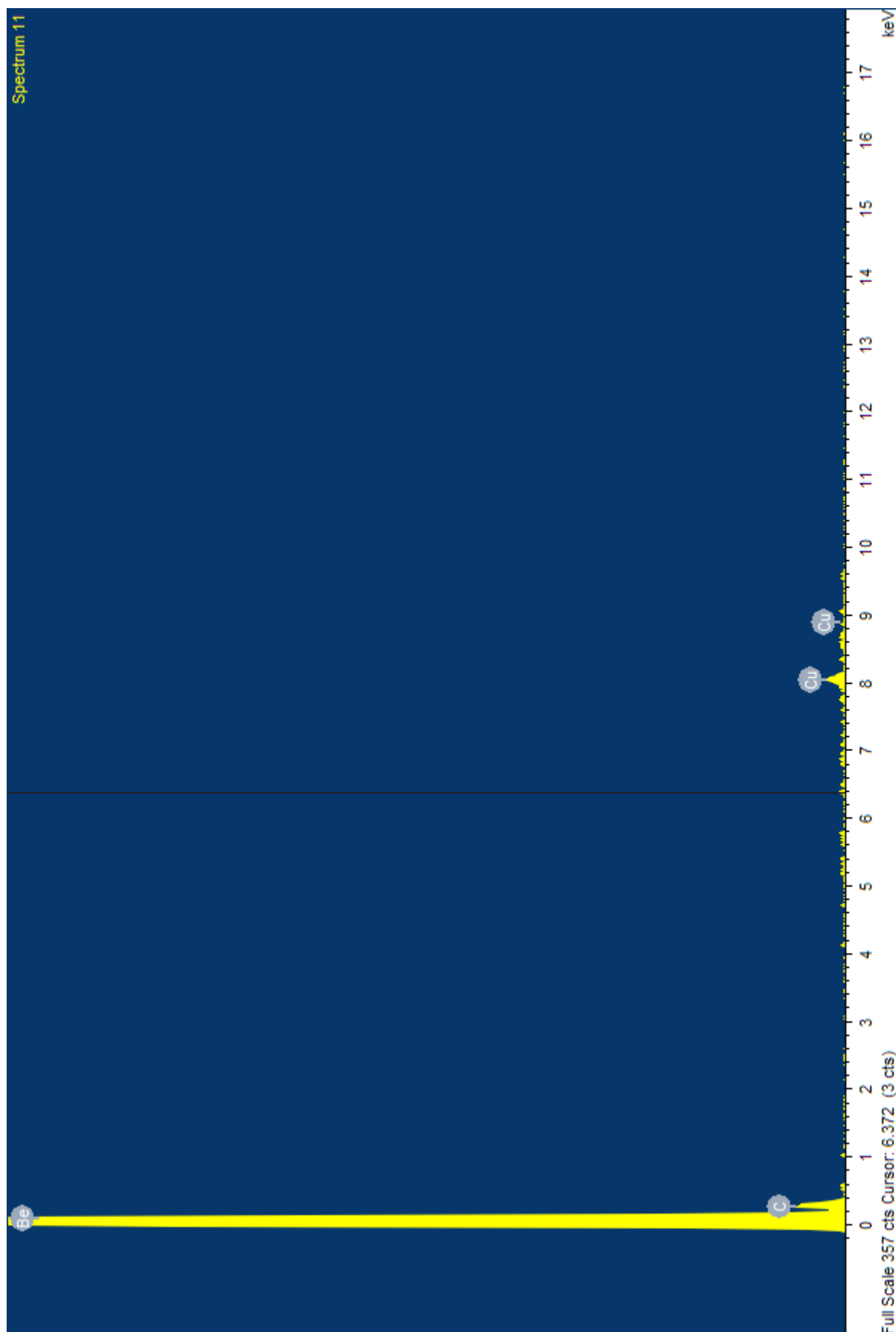


Bilaga 6. SEM-EDX-diagram. Pigmentanalys i fallstudie, *kap. 4*. Prov 2, punkt 2:2.



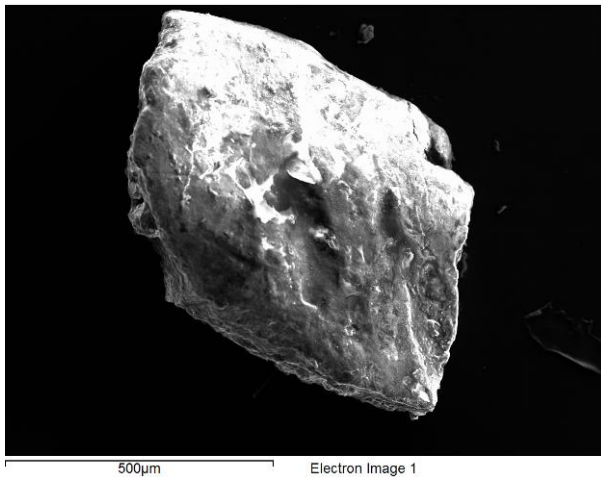
Bilaga 7. SEM-EDX-diagram. Pigmentanalys i fallstudie, kap. 4. Prov 2, punkt 2:3.



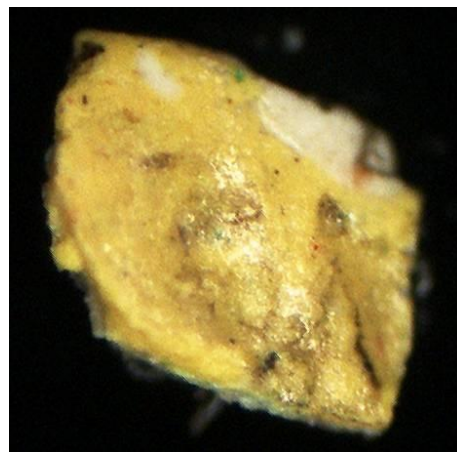


Bilaga 9. SEM-EDX-Mapping, prov 1.

Här visas fördelning av alla ämnen i provet påvisade med SEM-EDX.



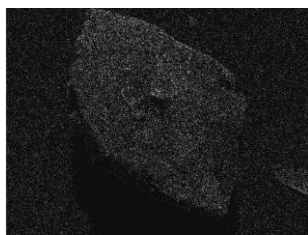
Översikt SEM-bild.



Översikt mikroskopbild.



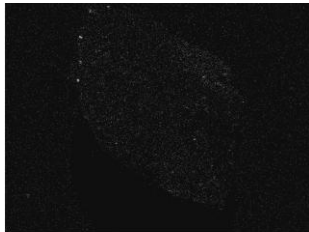
C Ka1_2



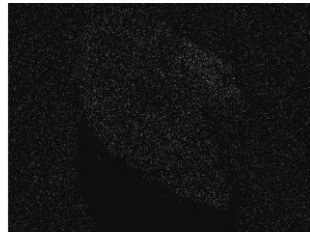
O Ka1



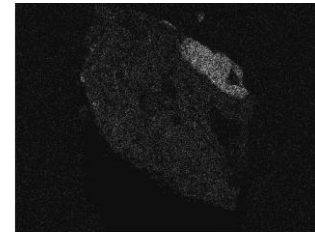
Al Ka1



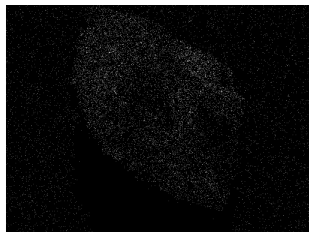
Si Ka1



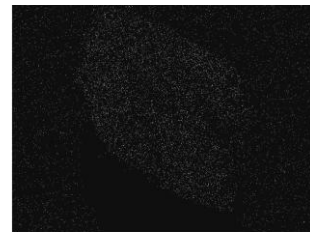
P Ka1



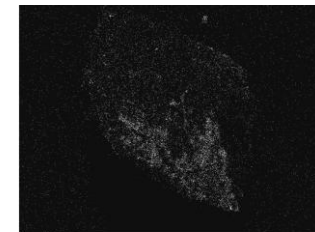
S Ka1



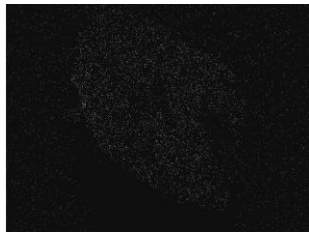
Cl Ka1



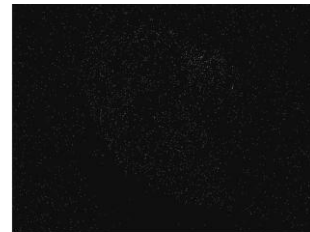
K Ka1



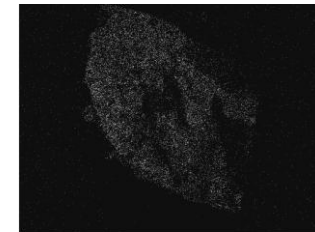
Ca Ka1



Cr Ka1



Cu Ka1



Zn Ka1

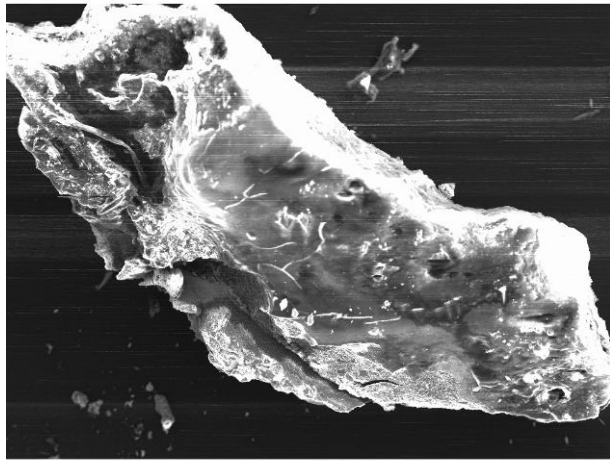


Pb La1

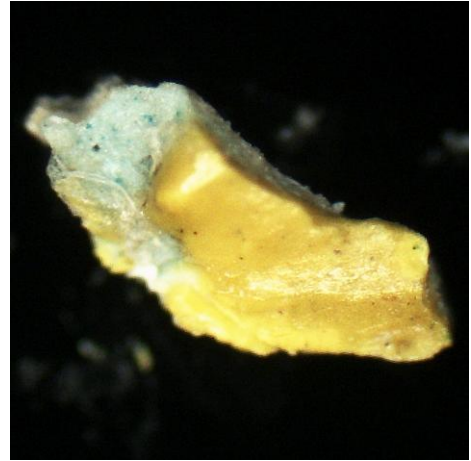
Kommentar: Prov 1, lokaliserat under prydnadsram. Gult och delvis vitt färgskikt. Även underliggande skikt delvis synliga.

Bilaga 10. SEM-EDX-Mapping, prov 2.

Här visas fördelning av alla ämnen i provet påvisade med SEM-EDX.



Översikt, SEM-bild



Översikt, mikroskopbild



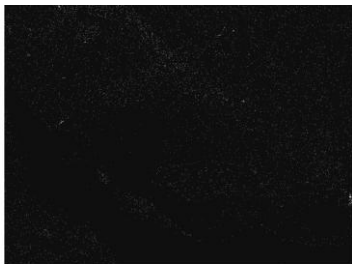
Be Ka1_2



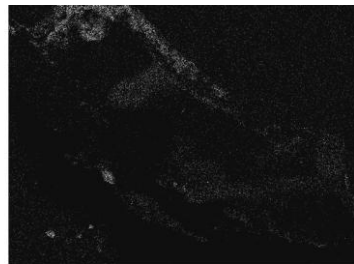
C Ka1_2



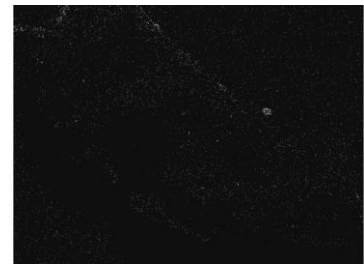
O Ka1



Si Ka1



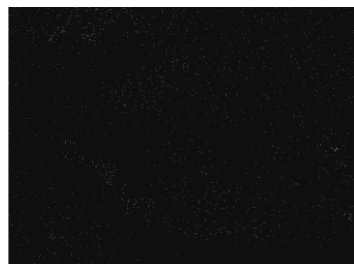
S Ka1



Ca Ka1



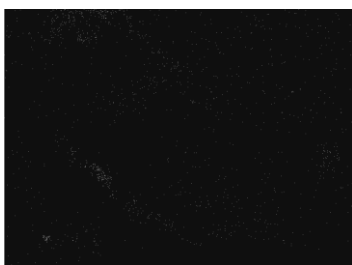
Cr Ka1



Cu Ka1



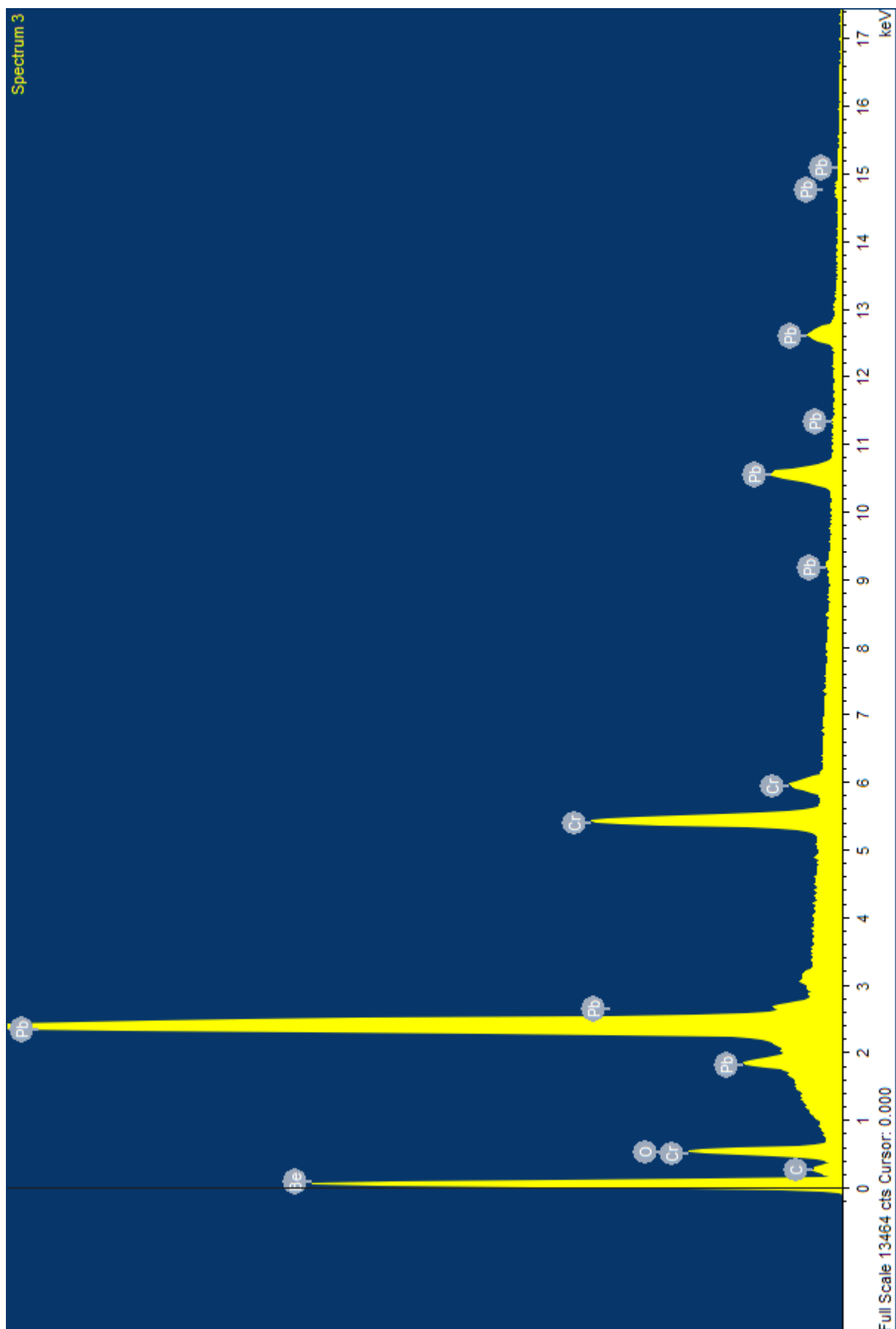
Zn Ka1



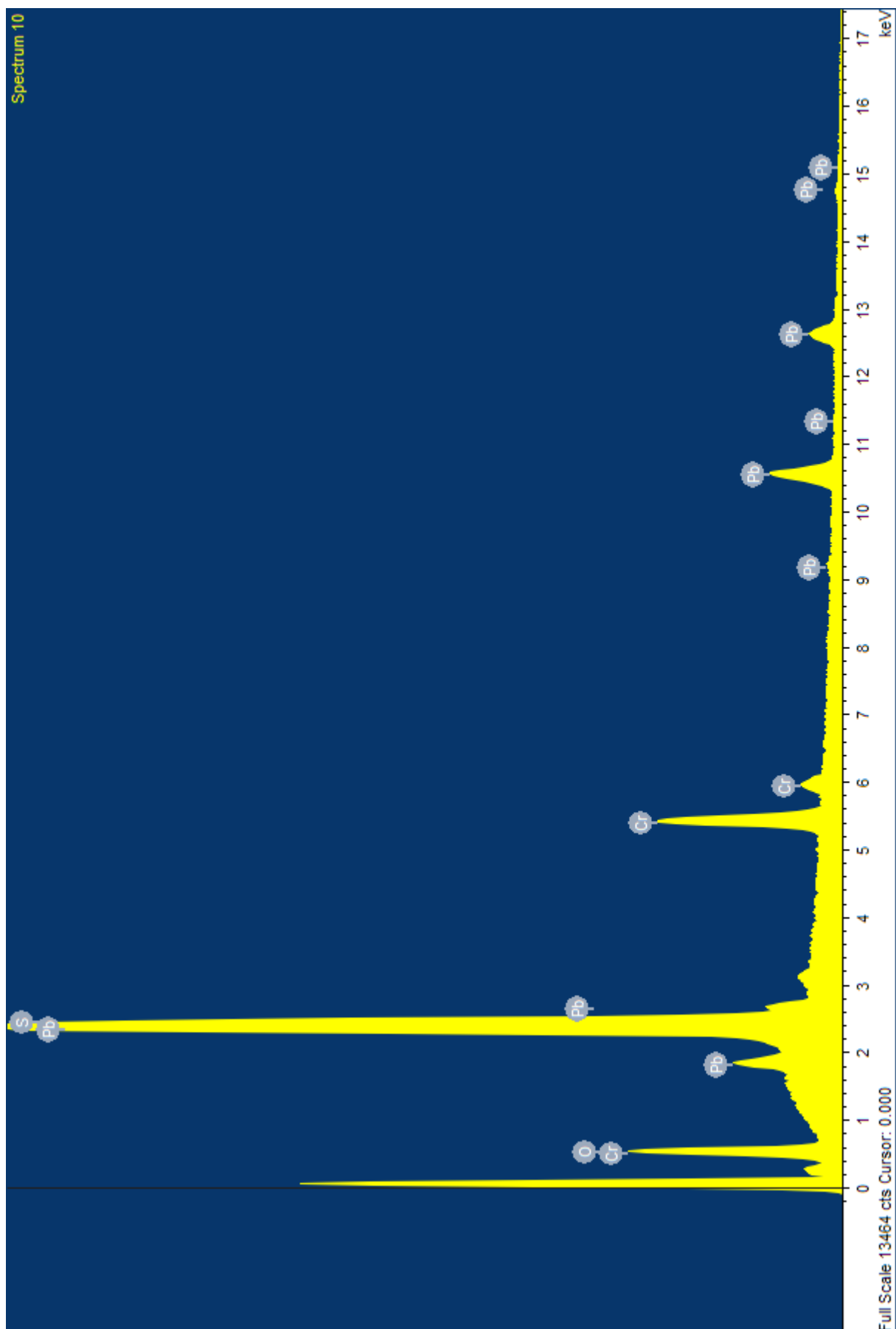
Pb La1

Kommentar: Prov 2, lokaliserat i bildytan. Gult och delvis blågrönt färgskikt. Även underliggande skikt delvis synliga.

Bilaga 11. SEM-EDX-diagram. Experiment, *kap. 5.* Pigment 1.



Bilaga 12. SEM-EDX-diagram. Experiment, *kap. 5.* Pigment 2.



Bilaga 14. Produkt- och informationsblad.

LED-spotlight Cantax:

Artikelnummer: 75804.000

Hemsida: www.erco.com

Produktblad pdf:

http://www.erco.com/download/data/27_specsheets/_artno/en/en_1_erco_75804_000.pdf

Hämtad: 2013-03-27

Halogenspotlight Arctic 65EF/EMF:

Artikelnummer: 065-502-10

Hemsida: eu.nordiclight.com

Produktblad pdf:

<http://eu.nordiclight.com/assets/documents/products/Europe/track%20lights/Arctic-65EF-EMF.pdf>

Hämtad: 2013-03-27

Halogenlampa:

Namn: Radium halogen Mega

Artikelnummer: 22311512

Hemsida: www.radium.de

Produktblad pdf: <http://www.radium.de/en/radium/pdf/products/323958>

Hämtad: 2013-03-27

Beckers "A" zinkvitt:

Produktinformation, Beckers oljefärger: <http://www.colart.se/Beckers-A.html>

Produktblad pdf:

http://www.colart.se/pdf/Produktguide/EN/Beckers-A_72dpi_EN.pdf (s.12)

Hämtad: 2013-04-02