

Łukasz Nawrocki*

orcid.org/0000-0003-1799-4016

Wielofunkcyjne zastosowanie szkła w malarstwie Rafaela Santi

Multifunctional use of glass in Raphael Santi's paintings

Słowa kluczowe: Rafael Santi, sykatywa, szkło wapienno-sodowe, szkło ołowiowe, wielofunkcyjna rola szkła, właściwości laserunkowe, czas schnięcia farb, dawne traktaty i manuskrypty

Key words: Raphael Santi, siccative, soda-lime glass, lead glass, the multifunctional role of glass, glazing properties, paint drying time, old treaties and manuscripts

Wstęp

W dawnych traktatach i manuskryptach poświęconych malarstwu, począwszy od pierwszej połowy XV wieku, można znaleźć wiele informacji opisujących zwyczaj dodawania sproszkowanego szkła do farb i spoiw. Jednym z pierwszych źródeł omawiających stosowanie tego materiału w malarstwie jest traktat Cennino Cenniniego¹, charakteryzujący procedurę dodawania szkła do aury pigmentu celem lepszego przytrzymania pigmentu w trakcie jego ucierania na kamiennej płycie². O podobnej roli szkła dowiadujemy się z powstałego w tym czasie co traktat Cenniniego *Manuskryptu bolońskiego*, który określa tę czynność mianem dawnego zwyczaju³. Paolo Lomazzo w traktacie z roku 1584 podaje informację o dodawaniu sproszkowanego szkła do aury pigmentu w technice olejnej, nie uzasadniając jednak celowości takiego zabiegu⁴. Z kolei XVII-wieczny manuskrypt Theodore'a de Mayerne wyjaśnia, że aby aury pigment w technice olejnej mógł wyschnąć, niezbędny jest niewielki dodatek szkła *verre broye*⁵. De Mayerne informuje także o dodawaniu sproszkowanego szkła jako sykatywy do czerwonej laki, a także do innych wolnoschnących pigmentów.

Introduction

Starting from the first half of the fifteenth century, old treatises and manuscripts devoted to painting contain a multitude of information describing the habit of adding colorless powdered glass to paints and binders. One of the first sources describing the use of this material in painting is the Cennino Cennini¹ treatise, in which the author describes the procedure for adding glass to an orpiment in order to better hold the pigment during its grinding on a stone slab². We learn of a similar role of glass from the Bologna Manuscript, created at the time of the Cennini Treaty, describing the addition of glass as an old custom³. Paolo Lomazzo, on the other hand, in his treaty of 1584 provides information on the addition of powdered glass to an orpiment in oil technique, without however justifying the desirability of such a procedure⁴. In contrast, the seventeenth-century manuscript of Sir Theodore de Mayerne explains that in order for the oil painting to dry, a small addition of *verre broye* glass is necessary⁵. De Mayerne also informs of the addition of powdered glass as a siccative to red lake, as well as to other slow-drying pigments. Mary Merrifield also recom-

* dr, Wydział Sztuk Pięknych, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

* Ph.D., Faculty of Fine Arts, Nicolaus Copernicus University in Toruń

Cytowanie / Citation: Nawrocki Ł. Multifunctional use of glass in Raphael Santi's paintings. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2020, 61:145-157

Otrzymano / Received: 10.02.2020 • **Zaakceptowano / Accepted:** 15.05.2020

doi: 10.48234/WK61SANTI

Praca dopuszczona do druku po recenzjach

Article accepted for publishing after reviews

Podobnie Mary Merrifield⁶ rekomenduje stosowanie rozdrobnionego szkła ołowiowego jako sykatywy dla wolnoschnącego karminu.

Pierwsze badania, które potwierdziły używanie rozdrobnionego szkła jako dodatku do farb stosowanych przez Rafaela, opublikowano w roku 2004⁷. Dostarczyły one dowodów, że sproszkowane szkło występuje prawie we wszystkich Rafaelowskich imprimiturach, prawdopodobnie w roli sykatywy⁸. Z analiz, które ukazały się w roku 2007, wynika, że Rafael w wyjątkowo szerokim zakresie używał rozdrobnionego szkła jako dodatku do farb⁹ – było to zwykle, bezbarwne szkło wapienno-sodowe, zawierające stosunkowo niewielką ilość tlenu manganu, który mógł działać na farby olejne sykatywnie. Natomiast badania analityczne obrazu *Madonny Garvagh* ujawniły występowanie szkła kryształowego zawierającego ołów¹⁰. Łącznie szkło zidentyfikowano na 7 obrazach Rafaela pochodzących z Galerii Narodowej w Londynie oraz na 8 z innych kolekcji. W porównaniu z dziełami innych włoskich mistrzów na obrazach Rafaela występuje ono ze zdecydowanie szerszą gamą farb olejnych¹¹. Prawidłowość ta stanowi fundamentalną cechę technologiczną malarstwa Rafaela, która wyróżnia go nawet wśród artystów włoskich¹². Badania wykazały obecność szkła w białokremowej imprimiturze¹³ w brązach i w czerniach, razem z bizmutem i bielą ołowiową, oranżem, żółcienią ołowiowo-cynową, aury pigmentem, bielą ołowiową oraz z czerwieniami organicznymi. Stanowi ono również główny składnik mordantu, przeznaczonego do wykonywania złocień.

Badania technologiczne potwierdziły, ale nie we wszystkich przypadkach, że dodatek szkła wpływa na szybsze wysychanie karminu, bieli ołowiowej i żółcieni ołowiowo-cynowej¹⁴, a także przyspiesza czas schnięcia imprimitury, zwiększając nieznacznie jej transparentność¹⁵. Ustalono również, że dodatek szkła do karminu poprawia jego konsystencję, a także zwiększa grubość warstwy farby przy zachowaniu akceptowalnej czystości i głębi koloru¹⁶. Jednak obecnie badania i rekonstrukcje technologiczne nie koncentrowały się na analizie większej grupy farb olejnych wzbogaconych dodatkiem szkła, co stało się dla autora artykułu głównym powodem przeprowadzenia badań poszerzonych, będących próbą wyjaśnienia, jakimi intencjami kierował się Rafael Santi. Celem badań było:

- ustalenie, w jakim stopniu bezbarwne szkło ołowiowe – dodane do 10 typowych farb olejnych używanych przez Rafaela – wpływa na zmianę ich właściwości optycznych i barwnych;
- sprawdzenie, czy dodatek sproszkowanego szkła ołowiowego ma wpływ na szybszy czas schnięcia farb olejnych, a także czy istnieje zależność pomiędzy czasem ich schnięcia i ilością dodanego do nich szkła;
- sprawdzenie, czy skład chemiczny szkła decyduje o jego właściwościach sykatywnych;
- ustalenie optymalnej proporcji sproszkowanego szkła jako dodatku do poszczególnych pigmentów¹⁷;
- wykazanie niepoznanych dotychczas właściwości sproszkowanego szkła jako dodatku do farb olejnych.

mends the use of crushed lead glass as a siccativ for slow-drying carmine⁶.

The first published studies that confirmed the use of crushed glass as an additive to the paints used by Raphael took place in 2004. The analysis provided evidence that powdered glass is found in almost all of Raphael's imprimitura, probably as a siccativ⁷. Analyses published in 2007 show that Raphael used crushed glass as an addition to paints to an extremely wide extent⁸. The glass used by Raphael was an ordinary, colorless, lime-soda glass, containing a relatively small amount of manganese oxide, which could function as a siccativ when paired with oil paints⁹.

In contrast, analytical studies of the image of *Madonna Garvagh* revealed the presence of crystal glass containing lead¹⁰. In total, glass was identified in seven of Raphael's paintings from the National Gallery in London and eight from other collections. Compared to the works of other Italian masters, in Raphael's paintings glass appears with a much wider range of oil paint¹¹. This regularity is a fundamental technological feature of Raphael's painting that distinguishes it from even Italian artists¹². Studies have shown the presence of glass in a white-cream imprimitura¹³ in browns, blacks, together with bismuth and lead white, with orange, lead-tin yellow, orpiment, lead white and organic reds. It is also the main ingredient of mordant, for making gilding.

Technological studies have confirmed, but not in all cases, that the addition of glass affects the faster drying of carmine, lead white and lead-tin yellow¹⁴, and also accelerates the drying time of imprimitura, slightly increasing its transparency¹⁵. It has also been found that the addition of glass to carmine improves its consistency, and also increases the thickness of the paint layer while maintaining acceptable purity and depth of color¹⁶. However, currently conducted research and technological reconstruction did not focus on the analysis of a larger group of oil paints, enriched with the addition of glass, which became the main reason for the author of this article to conduct extensive research explaining the intention of such behavior by Raphael Santi. The purpose of the research is:

- to determine the extent to which clear leaded glass added to ten typical oil paints used by Raphael changes their optical and color properties;
- to ascertain whether the addition of powdered leaded glass has an effect on the faster drying time of oil paints, and whether there is a relationship between the drying time and the amount of glass added to the paint;
- to determine if the chemical composition of the glass determines its siccativ properties;
- to determine the optimal proportion of powdered glass as an additive for individual pigments¹⁷;
- to demonstrate previously unknown properties of powdered glass as an additive to oil paints;

Materiały i metody badawcze

Do badań technologicznych zastosowano 10 podobrazy drewnianych formatu 20×30 cm, które zagruntowano zaprawą gipsową (*gesso sottile*), izolując każdą z nich 3-procentową izolacją klejową¹⁸. Wszystkie próbki podzielono na cztery jednakowe prostokątne pola, przeznaczone do zamalowania każdej z nich tą samą farbą olejną, ale zawierającą odmienną proporcję szkła (ryc. 1–10). Do wykonania badań posłużono się pigmentami maksymalnie zbliżonymi do pigmentów, które artysta stosował razem ze sproszkowanym szkłem¹⁹ – biel ołowiowa, żółcień ołowiowo-cynowa (I typu), złoty ugier, cynober, kraplak, karmin, grynszpan, umbra, bizmut, czerń kostna. Pigmenty jasne, takie jak biel ołowiowa, żółcień ołowiowo-cynowa i ugier, zostały utarte z olejem orzechowym, natomiast olej lniany posłużył do utarcia kraplaku, karminu, grynszpanu, bizmutu, umbry i czerni kostnej. Do wykonania próbek technologicznych zastosowano współczesne szkło ołowiowe, które zastąpiło szkło wapienno-sodowe używane przez Rafała²⁰. Dostępne w bryłach szkło zostało wstępnie rozkruszone, a następnie bardzo drobno utarte w morderku razem z wodą na krótko przed dodaniem do farb olejnych. Każdy proces rozcierania szkła z wodą trwał około 30 min. Po odparowaniu wody i połączeniu szkła z poszczególnymi farbami proces ucierania był kontynuowany aż do momentu uzyskania zadowalającego stopnia roztarcia farby. Wszystkie próbki wykonano według następującego wzoru: pierwsze pole na próbce zamalowano farbą olejną bez dodatku szkła, natomiast kolejne trzy pola pokryto tą samą farbą, ale z dodatkiem drobno mielonego szkła ołowiowego w proporcji: 1/2, 1 i 2 części szkła na 1 część pigmentu (ryc. 1–10). Następnie obserwowano i zapisywano czas rozpoczęcia schnięcia oraz całkowitego zasychania wszystkich 40 użytych rodzajów farb olejnych. Obserwowano również zmianę właściwości optycznych każdej z nich. Wszystkie próbki farb zwizualizowano w formie załączonych zdjęć, natomiast czas schnięcia zestawiono w tabelkach (tab. 1–10).

Wyniki badań

Przeprowadzone badania wykazały, że właściwości laserunkowe farb olejnych zależą od proporcji dodanego szkła – im większa proporcja szkła względem pigmentu, tym farba zyskuje na transparentności. Zwiększenie transparentności uwidoczniło się zwłaszcza w przypadku pigmentów ciemnych i mających dużą siłę krycia (cynober – ryc. 4, bizmut – ryc. 8, umbra – ryc. 9, czerń kostna – ryc. 10), natomiast szkło razem z kraplakiem i karminem pełni funkcję bezbarwnego wypełniacza, który zwiększając znacząco ilość kosztownych farb, nie zmienia ani ich pięknego koloru, ani właściwości laserunkowych (ryc. 5, 6). Dodatek szkła do farb z natury laserunkowych w mniejszym stopniu wpłynął na dodatkowe zwiększenie ich transparentności (ryc. 5, 6). Biel ołowiowa i żółcień ołowiowo-cynowa wykazały podatność na zmianę koloru. Biel stała się perłowosza-

Research materials and methods

For technological tests, ten wooden 20x30 cm supports were used. The supports were primed with *gesso sottile* and 3% adhesive insulation¹⁸. All samples were divided into four identical rectangular fields, and painted with the same oil paint, albeit containing a different proportion of glass (fig. 1–10). The pigments used were as close as possible to those used with powdered glass by Raphael Santi¹⁹ – lead white, lead-tin yellow (type I), golden ochre, cinnabar, madder, carmine, verdigris, umber, bismuth, bone black. Light pigments, such as lead white, lead tin yellow, ochre were ground with walnut oils. Linseed oil was used to grind the madder, carmine, verdigris, bismuth, umber and bone black. Modern leaded glass was used to make the technological samples, in lieu of the soda-lime glass utilized by Raphael²⁰. Lumps of glass were initially crushed and then – with the addition of water – grated in a mortar into fine powder shortly before adding to oil paints. Each process of grinding glass with water lasted about 30 minutes. After evaporating the water and combining the powder with individual paints, the grinding process was continued until a satisfactory degree of paint spread was obtained. All samples were made according to the same formula. The first area on the sample was painted with oil paint without the addition of glass. In contrast, the next three areas were covered with the same paint, albeit with the addition of finely ground leaded glass in the proportion: 1/2, 1 and 2 parts of glass to 1 part of pigment (fig. 1–10). Next the moment of the commencement of the drying process was logged and carefully followed for all 40 types of oil paints. A change in the optical properties of each of the paints was observed. All paint samples were visualized and are included in the form of attached photos, whilst the drying time of the paints was summarized in the tables (tab. 1–10).

Conclusions

The research showed that the glaze effect (transparency) of oil paints depends on the proportion of glass added – the greater the proportion of glass relative to pigment, the greater transparency the paint gains. The increase in transparency was particularly visible in the case of dark pigments and those with high opacity (cinnabar – fig. 4, bismuth – fig. 8, umber – fig. 9, bone black – fig. 10), while glass mixed with madder and carmine acquires the function of a colorless filler, significantly increasing the volume of costly paints, without altering their beautiful color or glaze properties (fig. 5, 6).

The addition of glass to glaze paints has less impact on the additional increase of their transparency (fig. 5, 6). Lead white and lead tin yellow showed susceptibility to color change. The white turned a pearly gray (fig. 1), the lead-tin yellow has become notice-

ra (ryc. 1), żółcień ołowiowo-cynowa nabrała zauważalnie zielonkawego zabarwienia (ryc. 2). Potwierdziły się wcześniejsze przypuszczenia o wpływie dodatku szkła na lepszy proces ucierania farb. W sposób istotny zwiększyła się także spoiistość otrzymanych farb, zwłaszcza laserunkowych (kraplak, karmin). Ucieranie szkła z wodą dowiodło celowości takiego postępowania – sprawia ono, że szkło rozdrabnia się szybciej i bardziej jednorodnie. Otrzymany tą metodą szklany proszek jest bardzo drobno i jednolicie zmielony, co może przekładać się na lepsze jego działanie jako sykatywy przeznaczonej do farb olejnych. Dodatek sproszkowanego szkła ołowiowego w zdecydowany sposób przyspieszył schnięcie farb olejnych, które potrzebują mnóstwa czasu do całkowitego wyschnięcia; zob. karmin (tab. 6), kraplak (tab. 5), bizmut (tab. 8), cynober (tab. 4), czerń kostna (tab. 10). Najwyraźniej, bo aż kilkukrotnie, czas schnięcia skrócił się w przypadku karminu (tab. 6), bizmutu (tab. 8) i cynobru (tab. 4). Kraplak (tab. 5) i czerń kostna (tab. 10) do całkowitego przeschnięcia potrzebowały prawie o połowę i jedną trzecią czasu mniej. W przypadku pigmentów szybko schnących: biel ołowiowa (tab. 1), żółcień ołowiowo-cynowa (tab. 2), grynspan (tab. 7) i umbra (tab. 9), dodatek rozdrobnionego szkła ołowiowego spowodował nawet wydłużenie czasu zasychania farb olejnych – wniosek ten jest całkowicie nowy na tle dotychczasowych badań²¹.

ably greenish (fig. 2). The research confirmed the opinion that the addition of glass makes for a better grinding process. The density of the obtained paints, especially glaze paints (madder, carmine) was also increased significantly.

Grinding glass with water confirmed the opinion that in doing so the glass breaks down faster and more homogeneously. The glass powder obtained by this method is very finely and evenly ground, which can translate into better performance as a siccatyve for oil paints. The addition of powdered leaded glass definitely accelerated the drying of oil paints, which need a lot of time to dry completely – carmine (tab. 6), madder (tab. 5), bismuth (tab. 8), cinnabar (tab. 4), bone black (tab. 10). Drying times were visibly shortened, most noticeably in the case of carmine (tab. 6), bismuth (tab. 8) and cinnabar (tab. 4). Madder (tab. 5) and bone black (tab. 10) required respectively almost half to a third less time till complete drying. In contrast, the addition of crushed leaded glass to fast-drying pigments: lead white (tab. 1), lead-tin yellow (tab. 2), verdigris (tab. 7) and umber (tab. 9), caused an extension of the drying time of the oil paints – this conclusion is completely original in comparison to previous studies²¹.

Prezentacja badań / Research presentation

biel ołowiowa bez szkła
lead white without glass

biel ołowiowa 1 cz.
+ szkło 1/2 cz.
*1 part lead white
+ 1/2 part glass*

biel ołowiowa 1 cz.
+ szkło 1 cz.
*1 part lead white
+ 1 part glass*

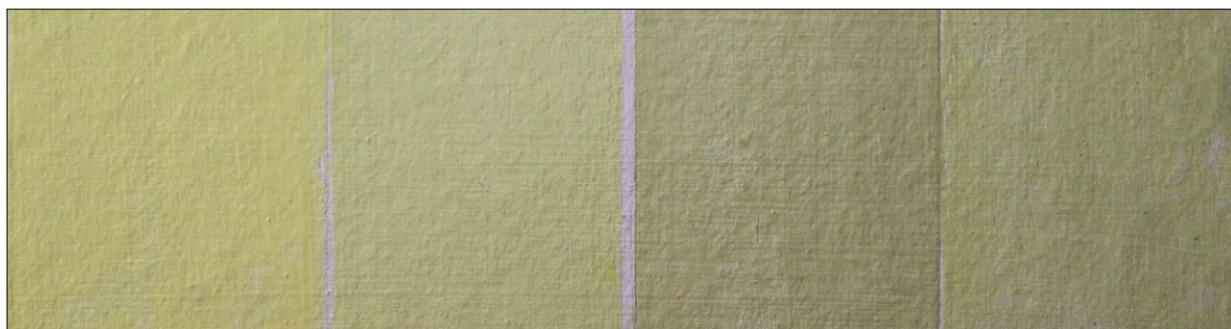
biel ołowiowa 1 cz.
+ szkło 2 cz.
*1 part lead white
+ 2 parts glass*



Ryc. 1. Efekt dodania do bieli ołowiowej sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach.

Fig. 1. The effects of adding powdered glass to lead white in three different proportions.

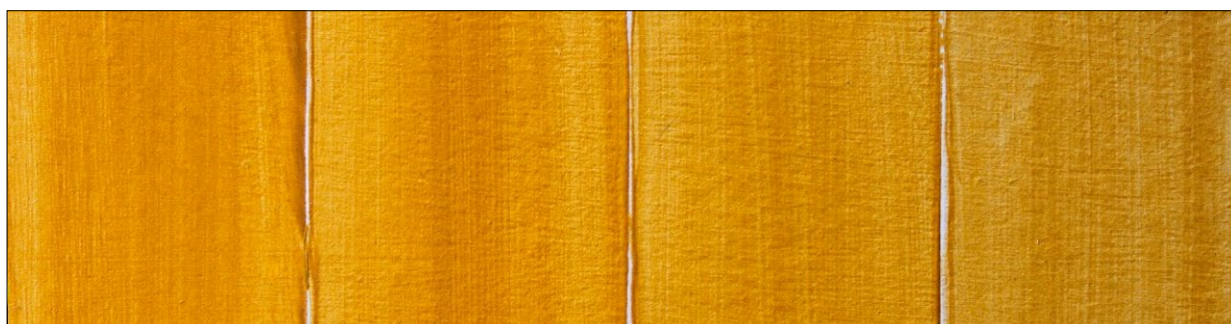
<p>żółcień ołow.-cyn. bez szkła <i>lead-tin yellow without glass</i></p>	<p>żółcień ołow.-cyn. + szkło 1/2 cz. <i>lead-tin yellow</i> + 1/2 part glass</p>	<p>żółcień ołow.-cyn. + szkło 1 cz. <i>lead-tin yellow</i> + 1 part glass</p>	<p>żółcień ołow.-cyn. + szkło 2 cz. <i>lead-tin yellow</i> + 2 parts glass</p>
--	---	---	--



Ryc. 2. Efekt dodania do żółcień ołowiowo-cynowej sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach.

Fig. 2. The effects of adding powdered glass to lead-tin yellow in three different proportions.

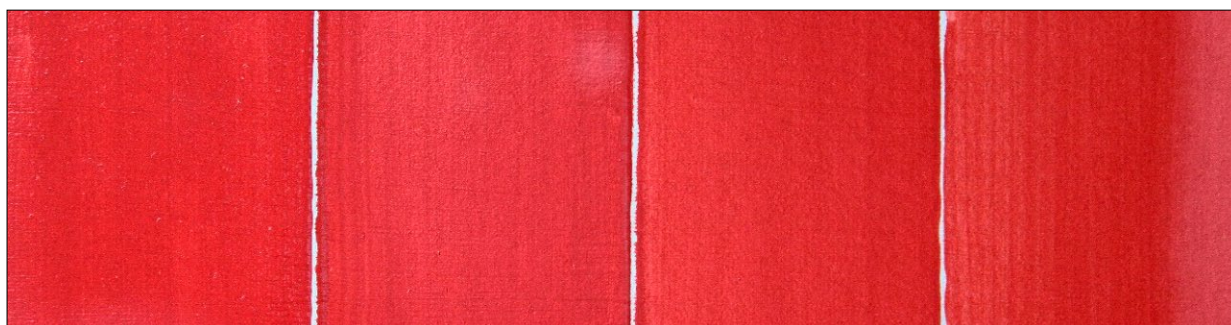
<p>ochra bez szkła <i>ochre without glass</i></p>	<p>ochra 1 cz. + szkło 1/2 cz. <i>1 part ochre</i> + 1/2 part glass</p>	<p>ochra 1 cz. + szkło 1 cz. <i>1 part ochre</i> + 1 part glass</p>	<p>ochra 1 cz. + szkło 2 cz. <i>1 part ochre</i> + 2 parts glass</p>
---	---	---	--



Ryc. 3. Efekt dodania do złotej ochry sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach.

Fig. 3. The effects of adding powdered glass to yellow ochre in three different proportions.

<p>cynober bez szkła <i>cinnabar without glass</i></p>	<p>cynober 1 cz. + szkło 1/2 cz. <i>1 part cinnabar</i> + 1/2 part glass</p>	<p>cynober 1 cz. + szkło 1 cz. <i>1 part cinnabar</i> + 1 part glass</p>	<p>cynober 1 cz. + szkło 2 cz. <i>1 part cinnabar</i> + 2 parts glass</p>
--	--	--	---



Ryc. 4. Efekt dodania do cynobru sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach.

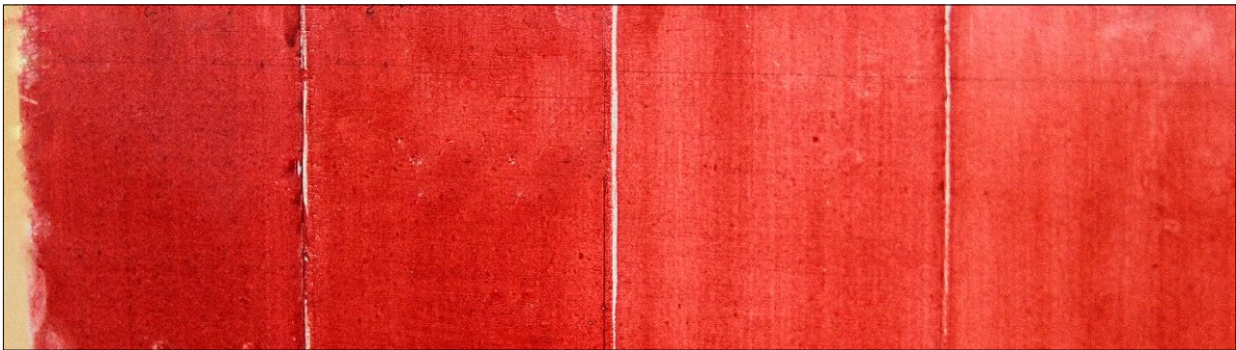
Fig. 4. The effects of adding powdered glass to cinnabar in three different proportions.

kraplak bez szkła
madder without glass

kraplak 1 cz.
+ szkło 1/2 cz.
*1 part madder
+ 1/2 part glass*

kraplak 1 cz.
+ szkło 1 cz.
*1 part madder
+ 1 part glass*

kraplak 1 cz.
+ szkło 2 cz.
*1 part madder
+ 2 parts glass*



Ryc. 5. Efekt dodania do kraplaku sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach.

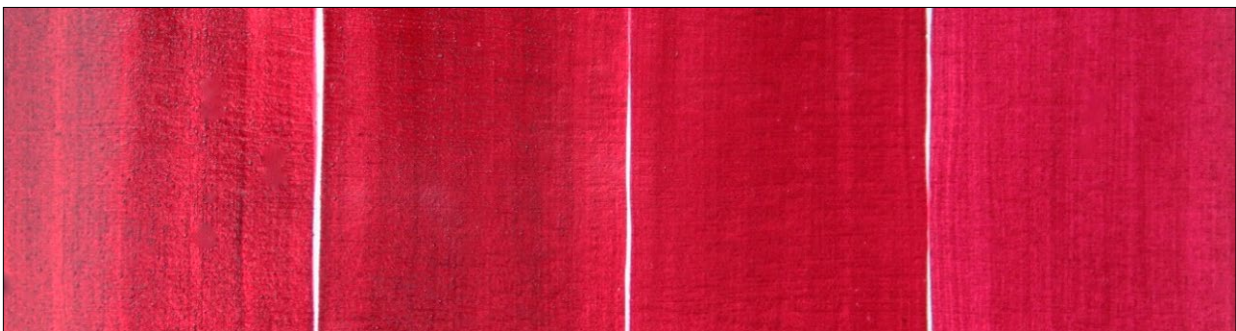
Fig. 5. The effects of adding powdered glass to madder in three different proportions.

karmin bez szkła
carmine without glass

karmin 1 cz.
+ szkło 1/2 cz.
*1 part carmine
+ 1/2 part glass*

karmin 1 cz.
+ szkło 1 cz.
*1 part carmine
+ 1 part glass*

karmin 1 cz.
+ szkło 2 cz.
*1 part carmine
+ 2 parts glass*



Ryc. 6. Efekt dodania do karminu sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach.

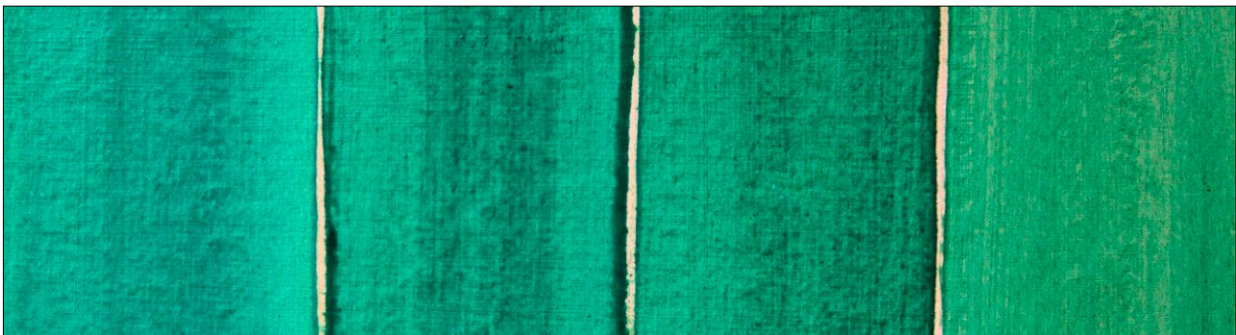
Fig. 6. The effects of adding powdered glass to carmine in three different proportions.

grynszpan bez szkła
verdigris without glass

grynszpan 1 cz.
+ szkło 1/2 cz.
*1 part verdigris
+ 1/2 part glass*

grynszpan 1 cz.
+ szkło 1 cz.
*1 part verdigris
+ 1 part glass*

grynszpan 1 cz.
+ szkło 2 cz.
*1 part verdigris
+ 2 parts glass*



Ryc. 7. Efekt dodania do grynszpanu sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach.

Fig. 7. The effects of adding powdered glass to verdigris in three different proportions.

bismut bez szkła
bismuth without glass

bismut 1 cz.
+ szkło 1/2 cz.
*1 part bismuth
+ 1/2 part glass*

bismut 1 cz.
+ szkło 1 cz.
*1 part bismuth
+ 1 part glass*

bismut 1 cz.
+ szkło 2 cz.
*1 part bismuth
+ 2 part glass*



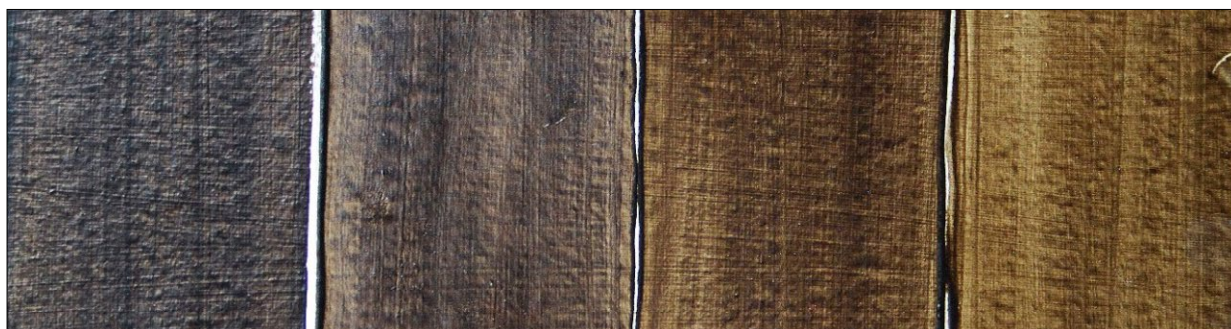
Ryc. 8. Efekt dodania do bizmutu sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach.
Fig. 8. The effects of adding powdered glass to bismuth in three different proportions.

umbra bez szkła
umber without glass

umbra 1 cz.
+ szkło 1/2 cz.
*1 part umber
+ 1/2 part glass*

umbra 1 cz.
+ szkło 1 cz.
*1 part umber
+ 1 part glass*

umbra 1 cz.
+ szkło 2 cz.
*1 part umber
+ 2 parts glass*



Ryc. 9. Efekt dodania do umbry sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach.
Fig. 9. The effects of adding powdered glass to umber in three different proportions.

czern bez szkła
black without glass

czern 1 cz.
+ szkło 1/2 cz.
*1 part black
+ 1/2 part glass*

czern 1 cz.
+ szkło 1 cz.
*1 part black
+ 1 part glass*

czern 1 cz.
+ szkło 2 cz.
*1 part black
+ 2 parts glass*



Ryc. 10. Efekt dodania do czerni kostnej sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach.
Fig. 10. The effects of adding powdered glass to bone black in three different proportions.

Zestawienie czasów schnięcia / Drying time

Skład próbki	biel ołowiowa, brak szkła, olej orzechowy	biel ołowiowa 1 cz., szkło 1/2 cz., olej orzechowy	biel ołowiowa 1 cz., szkło 1 cz., olej orzechowy	biel ołowiowa 1 cz., szkło 2 cz., olej orzechowy
Czas rozpoczęcia schnięcia	20 godz.	28 godz.	28–30 godz.	30–32 godz.
Czas całkowitego schnięcia	48 godz.	60 godz.	60–70 godz.	pow. 70 godz.

Tabela 1. Czas schnięcia bieli ołowiowej z dodatkiem sproszkowanego szkła ołowiowego w trzech różnych proporcjach. Wyniki badań.

Skład próbki	Żółcień ołowiowo- cynowa, brak szkła, olej orzechowy	Żółcień ołowiowo- cynowa 1 cz., szkło 1/2 cz., olej orzechowy	Żółcień ołowiowo- cynowa 1 cz., szkło 1 cz., olej orzechowy	Żółcień ołowiowo- cynowa 1 cz., szkło 2 cz., olej orzechowy
Czas rozpoczęcia schnięcia	44 godz.	pow. 44 godz.	pow. 44 godz.	48 godz.
Czas całkowitego schnięcia	60 godz.	pow. 60 godz.	70 godz.	70–80 godz.

Tabela 2. Czas schnięcia żółcieni ołowiowo-cynowej z dodatkiem sproszkowanego szkła ołowiowego w trzech różnych proporcjach. Wyniki badań.

Skład próbki	złota ochra, brak szkła, olej orzechowy	złota ochra 1 cz., szkło 1/2 cz., olej orzechowy	złota ochra 1 cz., szkło 1 cz., olej orzechowy	złota ochra 1 cz., szkło 2 cz., olej orzechowy
Czas rozpoczęcia schnięcia	44 godz.	pow. 44 godz.	pow. 44 godz.	48 godz.
Czas całkowitego schnięcia	60 godz.	pow. 60 godz.	70 godz.	70–80 godz.

Tabela 3. Czas schnięcia złotej ochry z dodatkiem sproszkowanego szkła ołowiowego w trzech różnych proporcjach. Wyniki badań.

Skład próbki	cynober, brak szkła, olej lniany	cynober 1 cz., szkło 1/2 cz., olej lniany	cynober 1 cz., szkło 1 cz., olej lniany	cynober 1 cz., szkło 2 cz., olej lniany
Czas rozpoczęcia schnięcia	70 godz.	24 godz.	20–22 godz.	20 godz.
Czas całkowitego schnięcia	80 godz.	30 godz.	28–30 godz.	26 godz.

Tabela 4. Czas schnięcia cynobru z dodatkiem sproszkowanego szkła ołowiowego w trzech różnych proporcjach. Wyniki badań.

Skład próbki	kraplak, brak szkła, olej orzechowy	kraplak 1 cz., szkło 1/2 cz., olej orzechowy	kraplak 1 cz., szkło 1 cz., olej orzechowy	kraplak 1 cz., szkło 2 cz., olej orzechowy
Czas rozpoczęcia schnięcia	96 godz.	60 godz.	48 godz.	48 godz.
Czas całkowitego schnięcia	140 godz.	110–120 godz.	90 godz.	96 godz.

Tabela 5. Czas schnięcia kraplaku z dodatkiem sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach. Wyniki badań.

Skład próbki	karmin, brak szkła, olej lniany	karmin 1 cz., szkło 1/2 cz., olej lniany	karmin 1 cz., szkło 1 cz., olej lniany	karmin 1 cz., szkło 2 cz., olej lniany
Czas rozpoczęcia schnięcia	150–160 godz.	120–130 godz.	100 godz.	50–60 godz.
Czas całkowitego schnięcia	ponad 200 godz.	150 godz.	130 godz.	65 godz.

Tabela 6. Czas schnięcia karminu z dodatkiem sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach. Wyniki badań.

Skład próbki	grynszpan, brak szkła, olej lniany	grynszpan 1 cz., szkło 1/2 cz., olej lniany	grynszpan 1 cz., szkło 1 cz., olej lniany	grynszpan 1 cz., szkło 2 cz., olej lniany
Czas rozpoczęcia schnięcia	10 godz.	8–10 godz.	8–10 godz.	8 godz.
Czas całkowitego schnięcia	12 godz.	10–12 godz.	10 godz.	8–10 godz.

Tabela 7. Czas schnięcia grynszpanu z dodatkiem sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach. Wyniki badań.

Skład próbki	bizmut, brak szkła, olej lniany	bizmut 1 cz., szkło 1/2 cz., olej lniany	bizmut 1 cz., szkło 1 cz., olej lniany	bizmut 1 cz., szkło 2 cz., olej lniany
Czas rozpoczęcia schnięcia	96–100 godz.	36 godz.	30 godz.	24 godz.
Czas całkowitego schnięcia	120 godz.	48 godz.	40 godz.	36 godz.

Tabela 8. Czas schnięcia bizmutu z dodatkiem sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach. Wyniki badań.

Skład próbki	umbra, brak szkła, olej lniany	umbra 1 cz., szkło 1/2 cz., olej lniany	umbra 1 cz., szkło 1 cz., olej lniany	umbra 1 cz., szkło 2 cz., olej lniany
Czas rozpoczęcia schnięcia	12 godz.	14 godz.	16 godz.	16 godz.
Czas całkowitego schnięcia	22 godz.	24–26 godz.	26–28 godz.	30 godz.

Tabela 9. Czas schnięcia umbrzy z dodatkiem sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach. Wyniki badań.

Skład próbki	czernь kostna, brak szkła, olej lniany	czernь kostna 1 cz., szkło 1/2 cz., olej lniany	czernь kostna 1 cz., szkło 1 cz., olej lniany	czernь kostna 1 cz., szkło 2 cz., olej lniany
Czas rozpoczęcia schnięcia	24 godz.	20 godz.	18 godz.	16–18 godz.
Czas całkowitego schnięcia	48 godz.	34 godz.	32 godz.	30 godz.

Tabela 10. Czas schnięcia czerni kostnej z dodatkiem sproszkowanego szkła w trzech różnych proporcjach. Wyniki badań.

Sample composition	lead white no glass walnut oil	1 part lead white 1/2 part glass walnut oil	1 part lead white 1 part glass walnut oil	1 part lead white 2 parts glass walnut oil
Drying time start	20 hours	28 hours	28–30 hours	30–32 hours
Total drying time	48 hours	60 hours	60–70 hours	over 70 hours

Table 1. Drying time for lead white with the addition of powdered lead glass in three different proportions. Findings.

Sample composition	lead-tin yellow no glass walnut oil	1 part lead-tin yellow 1/2 part glass walnut oil	1 part lead-tin yellow 1 part glass walnut oil	1 part lead-tin yellow 2 parts glass walnut oil
Drying time start	44 hours	over 44 hours	over 44 hours	48 hours
Total drying time	60 hours	over 60 hours	70 hours	70–80 hours

Table 2. Drying time for lead-tin yellow with the addition of powdered lead glass in three different proportions. Findings.

Sample composition	ochre no glass walnut oil	1 part ochre 1/2 part glass walnut oil	1 part ochre 1 part glass walnut oil	1 part ochre 2 parts glass walnut oil
Drying time start	44 hours	over 44 hours	over 44 hours	48 hours
Total drying time	60 hours	over 60 hours	70 hours	70–80 hours

Table 3. Drying time for yellow ochre with the addition of powdered lead glass in three different proportions. Findings.

Sample composition	cinnabar no glass linseed oil	1 part cinnabar 1/2 part glass linseed oil	1 part cinnabar 1 part glass linseed oil	1 part cinnabar 2 parts glass linseed oil
Drying time start	70 hours	24 hours	20–22 hours	20 hours
Total drying time	80 hours	30 hours	28–30 hours	26 hours

Table 4. Drying time for cinnabar with the addition of powdered lead glass in three different proportions. Findings.

Sample composition	madder no glass walnut oil	1 part madder 1/2 part glass walnut oil	1 part madder 1 part glass walnut oil	1 part madder 2 parts glass walnut oil
Drying time start	96 hours	60 hours	48 hours	48 hours
Total drying time	140 hours	110–120 hours	90 hours	96 hours

Table 5. Drying time for madder with the addition of powdered lead glass in three different proportions. Findings.

Sample composition	carmine no glass linseed oil	1part carmine 1/2 part glass linseed oil	1 part carmine 1 part glass linseed oil	1 part carmine 2 parts glass linseed oil
Drying time start	150–160 hours	120–130 hours	100 hours	50–60 hours
Total drying time	over 200 hours	150 hours	130 hours	65 hours

Table 6. Drying time for carmine with the addition of powdered lead glass in three different proportions. Findings.

Sample composition	verdigris no glass linseed oil	1part verdigris 1/2 part glass linseed oil	1 part verdigris 1 part glass linseed oil	1 part verdigris 2 parts glass linseed oil
Drying time start	10 hours	8–10 hours	8–10 hours	8 hours
Total drying time	12 hours	10–12 hours	10 hours	8–10 hours

Table 7. Drying time for verdigris with the addition of powdered lead glass in three different proportions. Findings.

Sample composition	bismuth no glass linseed oil	1part bismuth 1/2 part glass linseed oil	1 part bismuth 1 part glass linseed oil	1 part bismuth 2 parts glass linseed oil
Drying time start	96–100 hours	36 hours	30 hours	24 hours
Total drying time	120 hours	48 hours	40 hours	36 hours

Table 8. Drying time for bismuth with the addition of powdered lead glass in three different proportions. Findings.

Sample composition	umbre no glass linseed oil	1part umbre 1/2 part glass linseed oil	1 part umbre 1 part glass linseed oil	1 part umbre 2 parts glass linseed oil
Drying time start	12 hours	14 hours	16 hours	16 hours
Total drying time	22 hours	24–26 hours	26–28 hours	30 hours

Table 9. Drying time for umber with the addition of powdered lead glass in three different proportions. Findings.

Sample composition	Bone black no glass linseed oil	1part bone black 1/2 part glass linseed oil	1 part bone black 1 part glass linseed oil	1 part bone black 2 parts glass linseed oil
Drying time start	24 hours	20 hours	18 hours	16–18 hours
Total drying time	48 hours	34 hours	32 hours	30 hours

Table 10. Drying time for bone black with the addition of powdered lead glass in three different proportions. Findings.

Szeroka gama zastosowanych w tym badaniu farb olejnych z dodatkiem sproszkowanego szkła pozwoliła zaobserwować nowe jego funkcje i właściwości. Badania sugerują, że skład chemiczny – w tym przypadku wysoka zawartość ołowiu w użytym szkłe – nie ma bezpośredniego wpływu na szybsze schnięcie farb olejnych, natomiast wydaje się, że to stopień rozdrobnienia szkła, a także jego proporcja względem pigmentu ma zasadniczy wpływ na szybsze wysychanie wolnoschnących farb olejnych. Przypuszcza się, że ta sama prawidłowość dotyczy również szkła stosowanego przez Rafaela, które zawiera kilka procent manganu, mającego podobnie jak ołów właściwości sykatywne. Mangan, również w tej sytuacji, wydaje się nie mieć bezpośredniego wpływu na czas schnięcia farb olejnych. Badania obrazów Rafaela z roku 2012 zweryfikowały wcześniejsze analizy, wykazując zdecydowanie niższą niż wcześniej sądzono zawartość w Rafaelowskim szkłe tlenku manganu, wahając się w granicach 0,2–2,2%²², co może dodatkowo utwierdzać autora pracy w przypuszczeniu, że nie istnieje związek między składem chemicznym szkła a jego zdolnościami sykatywnymi. Jest wysoce prawdopodobne, że dodatek bezbarwnego szkła do farb miał wpływ na tzw. zjawisko luminescencji, rozumianej jako jasność i czystość barw, która w sposób szczególny wydaje się obecna na obrazach Rafaela. Zatem dodatek szkła do materiałów malarskich mógł również decydować o mniejszym zużyciu oleju, co z kolei mogło znaleźć odzwierciedlenie w mniej drastycznym ciemnieniu malatury olejnej obrazów artysty. Badania z poszerzoną gamą farb olejnych pozwoliły uzyskać nowe informacje, pomocne do pełniejszego poznania techniki i technologii malarskiej Rafaela Santi.

In comparison to previous studies, it was the wide range of oil paints with the addition of glass that allowed for the observation of new functions and properties of powdered glass. The research suggests that chemical composition – in this case the high lead content in the glass – does not have a direct impact on the faster drying of oil paints, but it seems that the degree of glass fragmentation, as well as its proportion has a significant impact on the faster drying of slow-drying oil paints. The situation may be similar in the case of glass used by Raphael, which has a percentage of manganese, which, like lead, has siccative properties. Similarly, this study did not find manganese to have a direct impact on the drying time of oil paints. The analysis of Raphael's paintings performed in 2012 verified earlier research showing a significantly lower content of manganese oxide glass than previously thought. The amounts ranged from 0.2–2.2%²², which may further confirm the author's assumption that there is no relationship between the chemical composition of glass and its siccative abilities. It is highly likely that the addition of colorless glass to paints had an effect on the so-called phenomenon of luminescence, understood as the brightness and purity of colors, which in a special way appears to be present in Raphael's paintings. Thus, the addition of glass to painting materials could also be responsible for a lesser amount of oil consumption by the painter, which in turn could translate into a less drastic darkening of the oil painting in Raphael Santi's paintings. Additional research with more pigments would provide new information to help us learn more about Raphael's painting technique and the technologies he implemented.

Bibliografia / References

- Cennini Cennino, *Rzecz o malarstwie*, tłum. Samuel Tyszkiewicz, Wrocław 1955.
- De Mayerne Manuskript, Quellen für Maltechnik Während der Renaissance und deren Folgezeit (XVI XVIII Jahrhundert) in Italien, Spanien, den Niederlanden, Deutschland, Frankreich und England nebst dem de Mayerne Manuskript*, wyd. Ernst Berger, München 1901.
- Merrifield Mary P., *Original Treatises on The Arts of Painting*, New York 1967.
- Roy Ashok, Spring Marika (red.), *Raphael Painting Technique, Working Practise before Rome. Proceedings of the Eu-ARTECH workshop*, Florence 2007.
- Roy Ashok, Spring Marika, Plazzotta Carol, *Raphael's Early Works in The National Gallery: Paintings before Rome*, „National Gallery Technical Bulletin” 2004, t. 25, s. 4–35.
- Spring Marika, *Colourless Powdered Glass as an Additive in Fifteenth and Sixteen-Century European Paintings*, „National Gallery Technical Bulletin” 2012, t. 33, s. 4–26.

- ¹ C. Cennini, *Rzecz o malarstwie*, tłum. S. Tyszkiewicz, Wrocław 1955.
- ² Ibidem, s. 32.
- ³ M. Spring, *Colourless Powdered Glass as an Additive in Fifteenth and Sixteenth-Century European Paintings*, „National Gallery Technical Bulletin” 2012, t. 33, s. 5.
- ⁴ Ibidem.
- ⁵ Ibidem.
- ⁶ M.P. Merrifield, *Original Treatises on The Arts of Painting*, New York 1967, s. 241.
- ⁷ A. Roy, M. Spring, C. Plazzotta, *Raphael's Early Works in The National Gallery: Paintings before Rome*, „National Gallery Technical Bulletin” 2004, t. 25, s. 5, 33.
- ⁸ Ibidem.
- ⁹ A. Roy, M. Spring (red.), *Raphael's Painting Technique: Working Practices Before Rome. Proceedings of the Eu-ARTECH workshop*, Florence 2007.
- ¹⁰ M. Spring, op. cit., s. 16.
- ¹¹ Ibidem, s. 8.
- ¹² Przebadanie obrazów Rafaela pod kątem występowania szkła w wyjątkowo szerokim zakresie umożliwiło autorowi artykułu przeprowadzenie komplementarnej rekonstrukcji procedur warsztatowych.
- ¹³ Szkło jest istotnym składnikiem imprimatury, której skład nie zmieniał się na przestrzeni prawie dwóch dekad twórczości Rafaela.
- ¹⁴ M. Spring, *Colourless Powdered Glass*, s. 8, 9.
- ¹⁵ Ibidem, s. 12.
- ¹⁶ Ibidem, s. 12–13.
- ¹⁷ Według autora artykułu, optymalna proporcja szkła powinna znacząco przyspieszać schnięcie farb olejnych, pełniąc jednocześnie funkcję wypełniacza, który nie obniża ich jakości barwnych.
- ¹⁸ Do wykonania próbek zastosowano zaprawę gipsową *gesso sottile*, którą pokryto izolacją klejową celem uzyskania materiału badawczego maksymalnie zbliżonego do materiału stosowanego przez Rafaela.
- ¹⁹ Do preparowania farb olejnych z dodatkiem szkła posłużyły historyczne pigmenty z manufaktury Kremer-Pigmente oraz wyprodukowane na potrzeby badań przez autora artykułu.
- ²⁰ Ze względu na brak możliwości pozyskania historycznego szkła wapienno-sodowego użyto współczesnego szkła ołowiowego.
- ²¹ Wniosek ten jest odmienny wobec wyników badań zamieszczonych w biuletynie Galerii Narodowej w Londynie, poświęconym badaniom dzieł Rafaela z okresu umbryjsko-florenckiego; por. M. Spring, *Colourless Powdered Glass*, s. 18.
- ²² Ibidem, s. 20–21.

Streszczenie

Od pierwszej połowy XV wieku dawne źródła pisane wspominają o dodawaniu sproszkowanego szkła do farb i pigmentów z dwóch powodów. Pierwszy miał na uwadze przyspieszenie procesu schnięcia wolnoschnących czerwieni organicznych, drugi ułatwiał rozcieranie opornego aurypigmentu. Przeprowadzone badania analityczne obrazów Rafaela Santi wykazały, że sproszkowane szkło występuje z wyjątkowo szeroką gamą farb olejnych. Odkrycia w tym zakresie stały się powodem do przeprowadzenia szczegółowych badań technologicznych wyjaśniających celowość takiego postępowania. Do 10 farb olejnych stosowanych przez Rafaela dodano w trzech różnych proporcjach sproszkowane bezbarwne szkło ołowiowe celem sprawdzenia, w jaki sposób jego obecność wpływa na właściwości poszczególnych farb. Badania wykazały, że dodatek sproszkowanego szkła pełnił – w zależności od rodzaju pigmentu – wiele funkcji. W przypadku farb wolnoschnących dodatek szkła skrócił czas ich schnięcia nawet kilkukrotnie, stając się jednocześnie bezbarwnym wypełniaczem. Dodatek szkła wydłużył natomiast czas schnięcia farb ołowiowych, co stanowi nowe spostrzeżenie w tym zakresie. Farbom silnie kryjącym szklany proszek nadał właściwości laserunkowe. Wyjaśniono również, że preparowanie szkła razem z wodą przyspiesza proces jego rozdrabniania.

Abstract

From the first half of the fifteenth century, old written sources mention two reasons for the addition of soda-lime glass to paints and pigments. The first was to speed up the drying process of slow-drying organic reds, the second facilitated the grinding of resistant orpiment. Analytical studies of Raphael Santi's paintings have shown that soda-lime glass has been detected in a wide range of oil paints. Discoveries in this area have spurred detailed technological research explaining the advisability of such proceedings. As part of the research, colorless powdered leaded glass was added in three different proportions to ten oil paints used by Raphael to check how its presence affects the properties of individual paints. The tests showed that the addition of colorless powdered glass had many functions, depending on the type of pigment. For slow-drying paints, the addition of glass shortened their drying time even severalfold, becoming a colorless filler at the same time. The addition of glass, however, extended the drying time of lead paints, which is a new insight on this topic. In addition, opaque paints became translucent with the addition of powdered glass. Another new insight was the observation that the preparation of glass together with water speeds up the process of its grinding.