

Taideteollinen korkeakoulu
Keramiikan materiaalitutkimus
Airi Hortling, 1971, 2006

Lasitteet LK1-8, 1200°C (Sk. 6a)

Kivitavarylämpötilan lasitteissa LK1- 8 on tavoitteena värin muutosten havaitseminen, kun peruslasite muuntuu. Oksidiväreinä näytteissä on koboltti-, kupari- ja rautaoksidi. Oksideilla on maalattu viiru polttamattoman lasitteen päälle.

Lasitteet testataan eri kivitavaramassojen päällä. Harmaat ja ruskeasävyiset kivitavaramassat sisältävät suomalaista punasavea n. 3- 8 paino %. Pilkullisissa massoissa punasavi on lisätty poltettuna jauheena vaaleaan massaan, se näkyy poltettuna tummina pisteinä. Punasavi hiukkanen kiehuu korkeassa poltossa ja sen vaikutuksesta syntyy ohueen lasitekerroksen läpi pieniä reikiä. Massojen eri ominaisuudet, sintraantumisen, kutistuminen ja huokoisuus, vaikuttavat lasitteen pinnan sulamiseen ja säröilyyn. Näytteet poltetaan sähköuunissa 1200°C.

Lasitteissa on testattu kalimaasälvän käyttöä suuria määriä. LK lasitteissa ei ole kaikissa kaoliinia ja niissä lasitteissa alumiinioksidi saadaan kalimaasälvästä. Kaoliini tai muu saviaines on tärkeä lasiteraaka-aine myös lasittamisen onnistumisen kannalta. Se tekee lasitteesta plastisen, joustavan lietteen, joka tarttuu raakapoltettuun huokoiseen tuotteen pintaan. Lasitteita, jotka sisältävät bariumkarbonaattia, ei tule käyttää pinnoissa, jotka ovat kosketuksissa elintarvikkeiden kanssa.

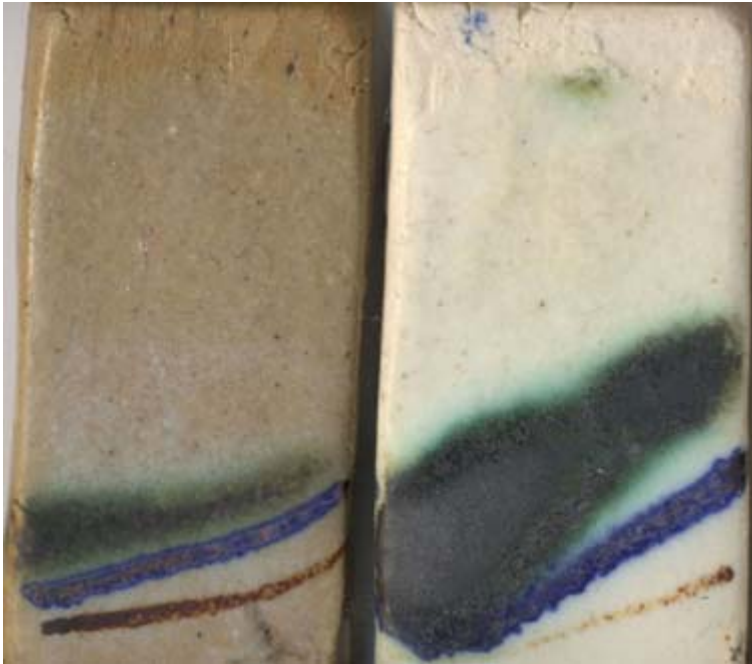
Lasitteet LK1-2

Lasite LK1



Kuva 1:
Lasite LK1, 1200°C,
on testattu kahden eri
kivitavaramassan päällä.
Lasite LK1 sisältää sekä
sinkkioksidia että
bariumkarbonaattia.
Kuparioksidi värjää
lasitteen turkoosin
vihreäksi ja kobolttioksidi
antaa hehkuvan sinisen
sävyä. Lasitteen
läpikuultavuus lisääntyy
poltettaessa korkeampaan
lämpötilaan

Lasite LK2



Kuva 2:
Lasite LK2, 1200°C,
on poltettu harmaan ja
valkoisen
kivitavaramassan päällä.

Taulukko 1: Lasitteet LK1 ja LK2, polttolämpötila 1200°C, Sk 6a

Raaka-aineet	1	2
Kalimaasälpä	59	71
Liitu	4	7
Sinkkioksidi*	9	8
Bariumkarbonaatti**	19	14
Kaoliini	-	-
Kvartsi	9	-
Kuvaus		
Sulamainen	Himmeä	Matta
Pinta	Ei säröä	Ei säröä

* Sinkkioksidia sisältävät lasitelietteet tulee hävittää ekologisesti. Liika sinkki turmelee maaperässä kasvien juuria.

** Lasitteita LK1 ja LK2 ei suositella elintarvikekäyttöön tarkoitettuihin esineisiin, koska niihin sisältyy bariumkarbonaattia 19% ja 14%.

Lasitteissa LK1 ja LK2 ei ole kaoliinia eli saviainesta. Kaoliini tekee lasitelietteestä plastisen. Sen tehtävänä on kiinnittää lasite raakapoltetun esineen huokoiseen pintaan. Lasittamisen ja lasitteen säilyttämisen helpottamiseksi lasitelietteeseen lisätään pohjaan painumisen estoainetta n.2-3% (teollinen valmiste Stellmittel- (Zschimmer & Schwarz, Germany).

Lasite LK1 on himmeä ja LK2 on matta polttolämpötilassa 1200°C. Lasitteiden LK1 ja LK2 empiiriset kaavat on esitetty taulukossa 2. Lasitteissa alumiinioksidin ja piidioksidin ekvivalenttilukujen suhde ilmaisee että LK1 on himmeä ja LK2 on matta. LK2 lasitteessa alumiinioksidin korkea määrä suhteessa piidioksidiin lisää viskositeettia ja estää sulamista 1200°C. Lasitteet voi polttaa korkeammalle.

Taulukko 2: Lasitteiden LK1-LK2 empiiriset kaavat on laskettu Insight ohjelmalla.

Oksidi	CaO*	ZnO*	BaO*	K ₂ O*	Na ₂ O*	Fe ₂ O ₃ *	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al:Si	Expan** arvo
LK1	0,135	0,317	0,276	0,141	0,129	0,002	0,299	2,358	7,875	3,212
LK2	0,217	0,271	0,196	0,164	0,150	0,002	0,347	2,236	6,439	3,127

*Tähdellä on merkitty empiirisen kaavan sulattavat oksidit, (RO- ryhmä=1)

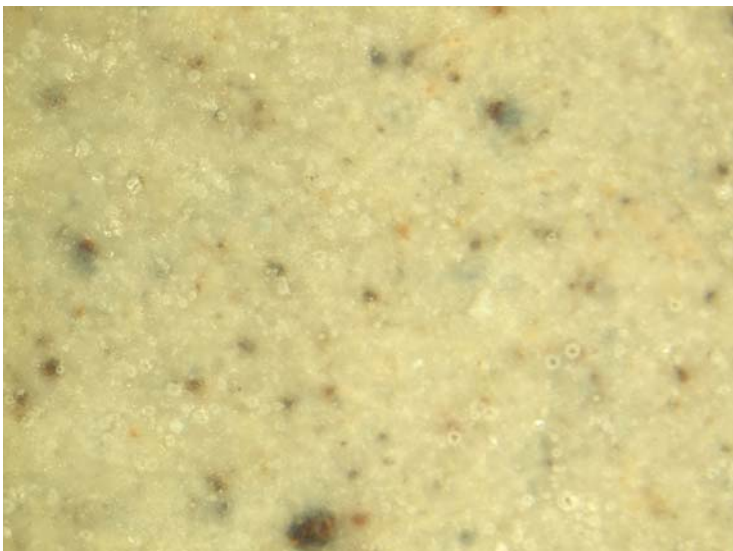
**Lämpölaajentuma poltossa, Insight ohjelma

Lasitteessa LK2 saadaan empiiriseen kaavaan sekä alumiinioksidi että piidioksidi kalimaasälvästä, koska lasitteesta puuttuvat kaoliini ja kvartsi. Bariumkarbonaattia ei suositella käyttää elintarvikelasitteissa ja erityisesti sellaisissa joissa ei tapahdu täydellinen sulaminen läpikuultavaksi lasitteeksi eli silikaatiksi.

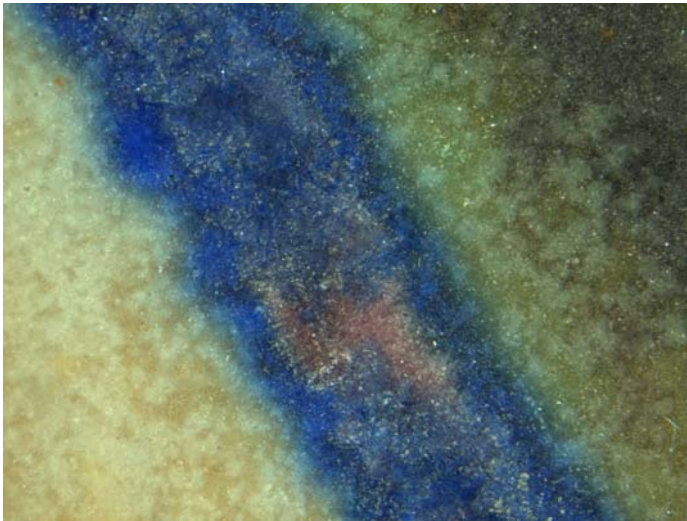
Kuvia lasitteista LK1 ja LK2, 1200°C



Kuva 3: Lasite LK1 1200°C, alin viiruväri on tumman ruskea rautaoksidi (Fe₂O₃), keskellä sininen kobolttioksidi (CoO) ja ylin on vihreä kuparioksidi (CuO), höyrystyy ja leviää ympäristöön



Kuva 4: Lasite LK1 1200°C, mikroskooppikuva suurennus 25.6. Stereomikroskooppikuvassa näkyy tiheä kuplien verkosto harmaan massan pinnassa. Pieniä valkoisia sinkkikiteitä muodostuu lasitteen pintaan. Ne näkyvät kuvassa 1 pieninä ryhminä näytteen reunoissa, joissa lasite on paksumpi.

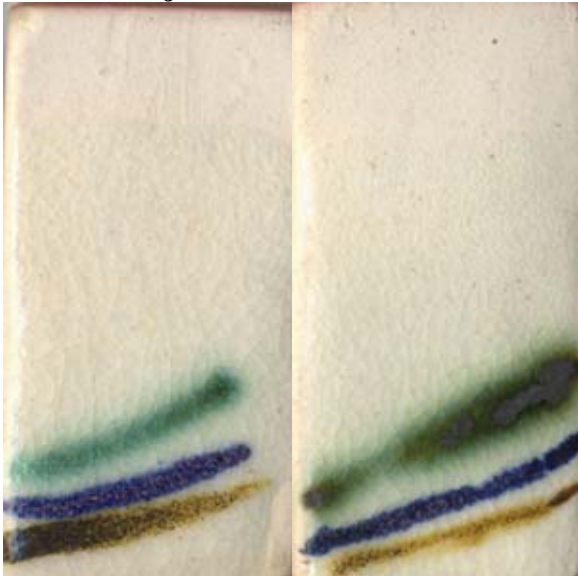


Kuva 5: Lasite LK2, 1200°C, mikroskooppikuva suurennus, 25.6. Kobolttioksidi (CoO) viirun pinnassa näkyy vaaleanpunertavia koboltin muodostamia kiteitä. Kiteet näkyvät myös kuvassa 2.

Kuparioksidi (CuO) muuttuu turkoosin vihreäksi. Himmeä lasite pinta, joka sisältää bariumkarbonaattia on hauras, ja muuttuu aikaa myöten ”pölymäiseksi”. Pinta alkaa ilman kosteuden vaikutuksesta vähitellen rapautua.

Lasitteet LK3-4

Lasite LK3 ja LK4



Kuva 6 ja 7: Lasitteet LK3 ja LK4, 1200°C.

Lasitteissa LK3-4 on kalimaasälvän osuus korkea, joka painuu lasitusastian pohjaan. Lasitetta valmistettaessa seokseen lisätään saksalaista Stellmittel- (Zschimmer&Schwarz, Germany) pohjaanpainumisen estoinetta n.2-3%.

Taulukko 3: Lasitteet LK3 ja LK4, polttolämpötila 1200°C, Sk 6a

Raaka-aineet	3	4
Kalimaasälpä	69	76
Liitu	8	5
Sinkkioksidi	1	-
Dolomiitti	9	11
Kaoliini	4	4
Kvartsi	9	4
Sulaminen	Kiiltävä	Kiiltävä
Pinta	Säröä	Säröä

Taulukko 4: Lasitteiden LK3 ja LK4 empiiriset kaavat. Laskettu Insight ohjelmalla

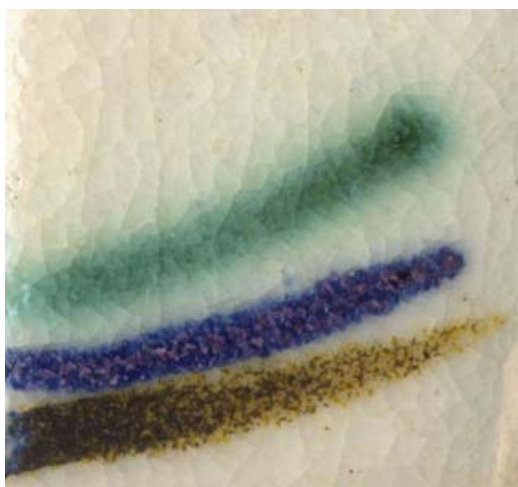
Oksidi	CaO*	ZnO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*	Fe ₂ O ₃ *	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al:Si	Expan** arvo
LK3	0,442	0,040	0,158	0,188	0,170	0,003	0,441	3,122	7,085	1,838
LK4	0,394	-	0,198	0,212	0,192	0,003	0,494	3,197	6,473	1,794

*Tähdellä on merkitty empiirisen kaavan sulattavat oksidit, (RO- ryhmä=1)

**Lämpölaajentuma poltossa. Insight ohjelma.

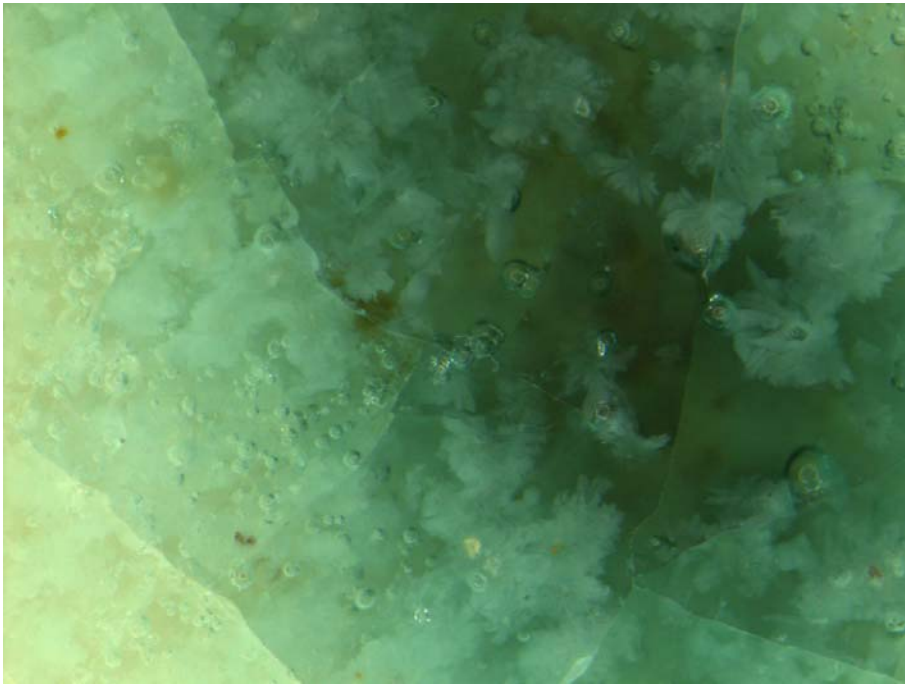
Lasite LK3 ja LK4 ovat kiiltäviä poltettuna lämpötilassa 1200°C. Lasitteiden LK3 ja LK4 empiiriset kaavat on esitetty taulukossa 4. Lasitteiden LK3 ja LK4 empiiristä kaavoista näkyy alumiinioksidin ja piidioksidin suhteet. Lasia muodostavaa piidioksidia on enemmän kuin lasitteissa LK1 ja LK2. Todennäköisesti dolomiitista saaduilla CaO:lla ja MgO:lla on hyvä vaikutus RO- ryhmän sulattajina. Pieni määrä ZnO sulattaa ja lisää kiiltoa lasitteeseen. Lasitteilla on korkea viskositeetti ja ne säröilevät tutkimusmassojen päällä. Lasitteiden säröisyyttä voi parantaa lisäämällä kvartsia ja vähentämällä kalimaasälpää.

Kuvia lasitteista LK3 ja LK4, 1200°C



Kuva 8: LK3 lasite 1200°C, kupari-, koboltti- ja rautaoksidiviirut. Valkoinen huokoinen massa.

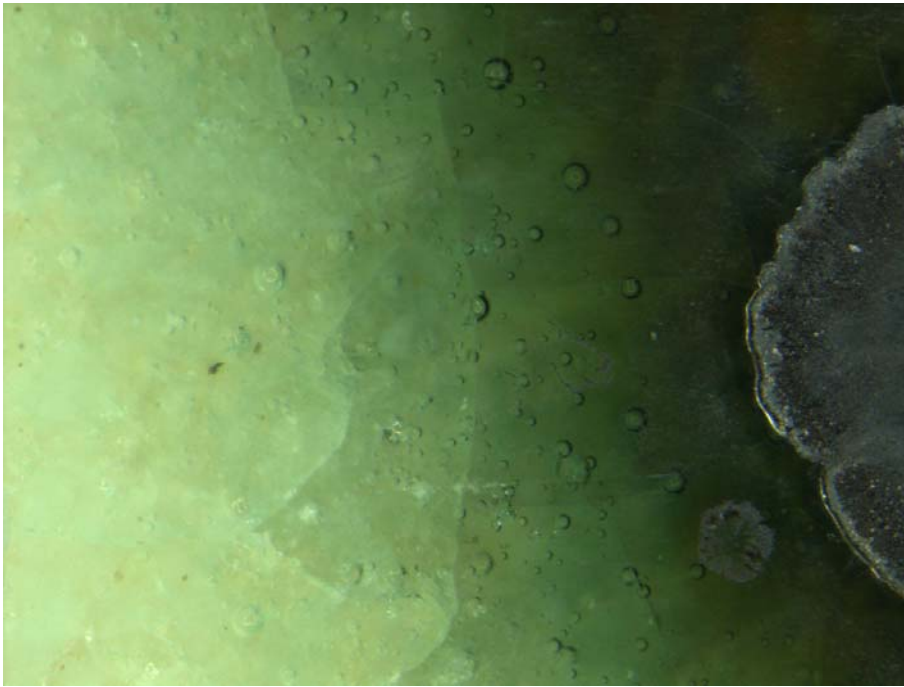
Sinkkioksidin pieni määrä RO- ryhmässä (0,040 ekv.) vaikuttaa rautaoksidin värin sävyyn, joka muuttuu keltaisen tai vihertävän ruskeaksi. Suurempi määrä sinkkiä muuttaa rautaoksidia punaruskeaksi (vertaa lasite LK5).



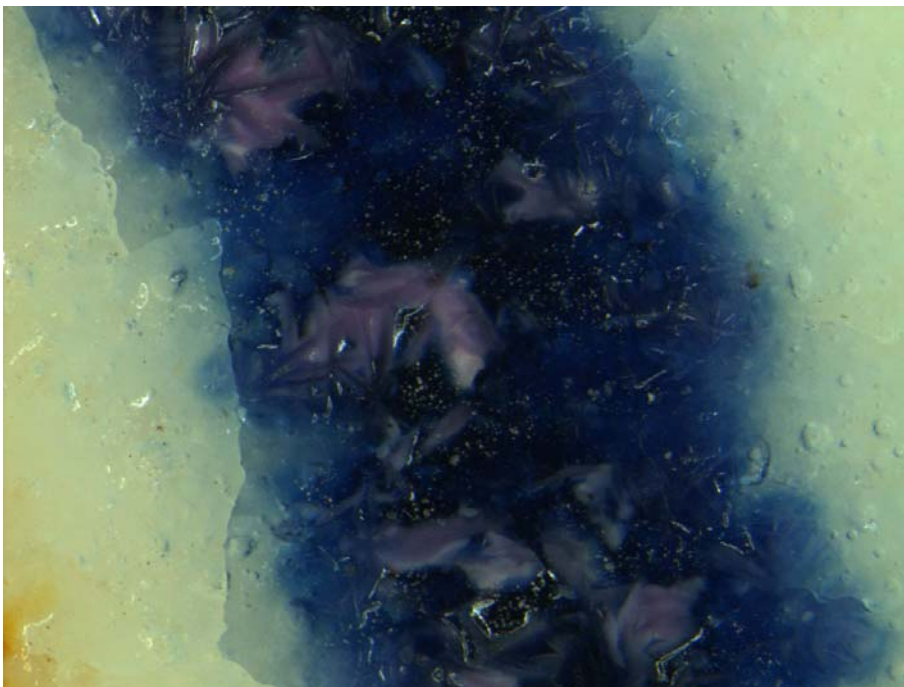
Kuva 9: LK3 lasite, 1200°C, mikroskooppikuva suurennus, 25.6 Kuparioksidiviiru (CuO),



Kuva 10: LK4 lasite, alin rautaoksidi (Fe_2O_3) viiru, keskellä kobolttioksidi (CoO) viiru ja ylinnä kuparioksidi (CuO)viiru, valkoinen huokoinen massa.



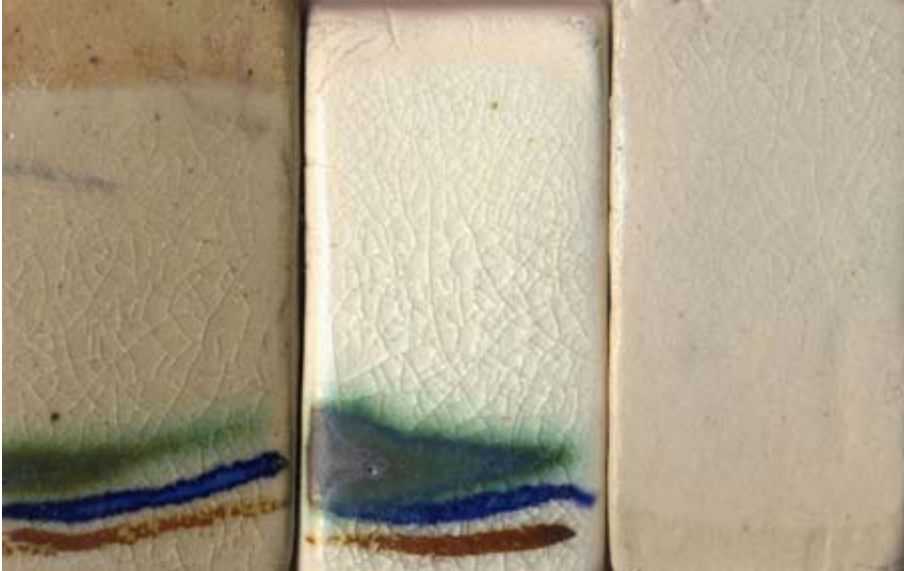
Kuva 11: LK4 lasite 1200°C. Mikroskooppikuva suurennus, 25.6. Kuparioksidiviiru (CuO) metalloituu harmaa alue oikealla. Kuvasta näkyy kuparioksidin voimakas sulattava vaikutus. Vasemmalla tiheät kuplat muuttuvat oikealle päin suuriksi kupliksi. Lasite sulaa enemmän ja muuttuu läpikuultavaksi.



Kuva 12: LK4 lasite 1200°C. Mikroskooppikuva suurennus, 25.6 Kobotttioksidin (CoO) viirusta.

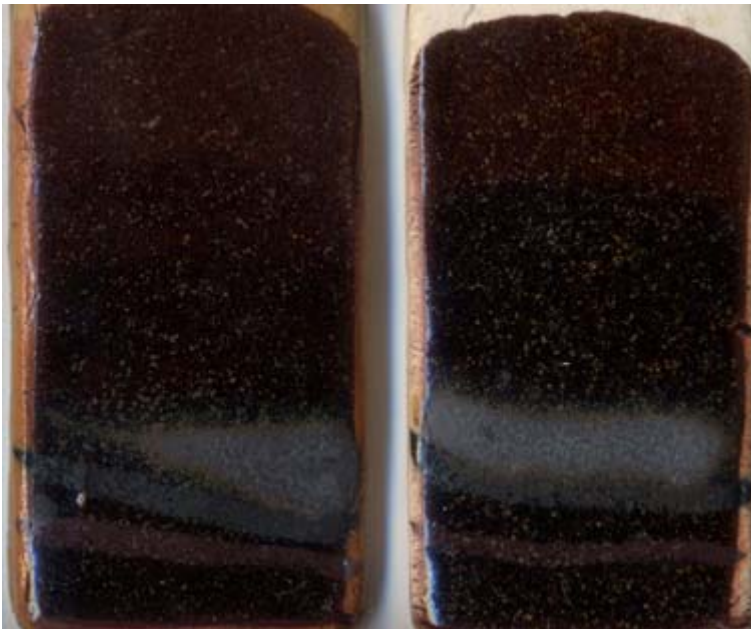
Lasitteet LK5-6

Lasite LK5



Kuva 13: Lasite LK5 on poltettu kahden eri harmaan ja valkoisen (keskellä) kivitavaramassan päällä. Viiruvärit: vihreä, kuparioksidi (CuO), sininen kobolttioksidi (CoO) ja punaruskea rautaoksidi (Fe_2O_3) 1200°C .

Lasite LK6



Kuva 14: Lasite LK6 sisältää rautaoksidia 7 %. Tumma ruskealasite ja harmaa, sintraantuva kivitavaramassa, 1200°C .

Taulukko 5: Lasitteiden LK5 ja LK6 raaka-aineet, 1200°C, Sk 6a

Raaka-aineet	5	6
Kalimaasälpä	69	80
Liitu	14	3
Sinkkioksidi	12	-
Dolomiitti	-	10
Kvartsi	5	-
Rautaoksidi	-	7
Kuvaus		
Sulaminen	Kiiltävä	Kiiltävä
Pinta	Ei säröä	Ei säröä

Taulukko 6: Lasitteiden LK5 ja LK6 empiiriset kaavat. Laskettu Insight ohjelmalla

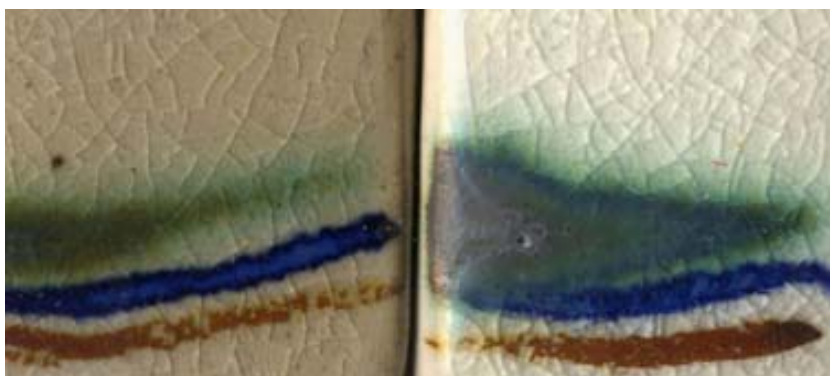
Oksidi	CaO*	ZnO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*	Fe ₂ O ₃ *	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al:Si	Expan** arvo
LK5	0,365	0,363	-	0,142	0,130	0,002	0,300	2,139	7,120	2,718
LK6	0,293	-	0,169	0,208	0,190	0,139	0,441	2,843	6,439	1,755

*Tähdellä on merkitty empiirisen kaavan sulattavat oksidit, (RO- ryhmä=1)

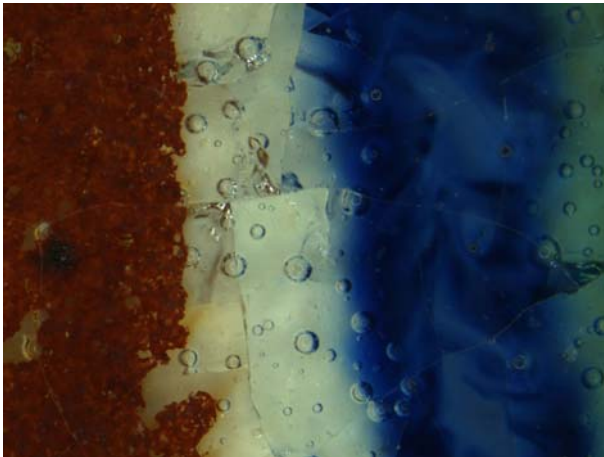
**Lämpölaajentuma poltossa. Insight ohjelma.

Lasitteet LK5 ja LK6 ovat kiiltäviä lasitepintoja poltettuna lämpötilassa 1200°C. Lasitteiden LK5 ja LK6 empiiriset kaavat on esitetty taulukossa 6. Lasitteesta puuttuvat sekä kaoliini että kvartsi. Kaikki alumiinioksidi ja piidioksidi saadaan kalimaasälvästä. Lasitteissa alumiinioksidin ja piidioksidin ekvivalenttilukujen suhde ilmaisee että lasimaisuus vähenee lasitteessa. Se lisää lasitteen viskositeettiä. Lasitteet voi polttaa korkeampaan lämpötilaan. RO- ryhmässä ZnO (ekv. 0,362) vaikuttaa sulamiseen ja kiillon lisääntymiseen sekä tässä tapauksessa rautaoksidin ruskean värin punertavaan sävyyn. ZnO voimistaa väriä. Kun ZnO:n ekvivalenttiluku on hyvin pieni (alle 0,3) sen vaikutus näkyy rautaoksidin kanssa vihertävän keltaisena sävynä.

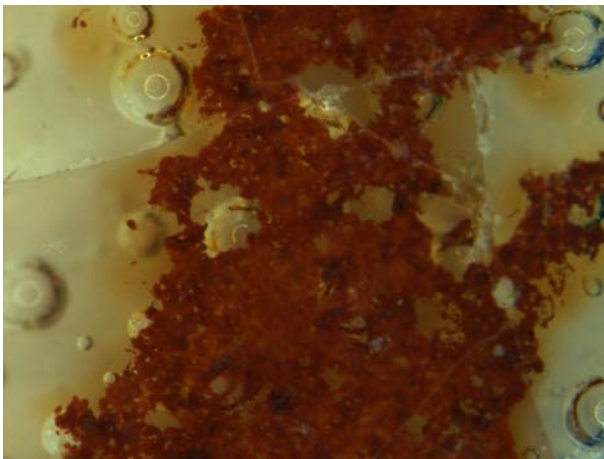
Kuvia lasitteista LK5 ja LK6, 1200°C



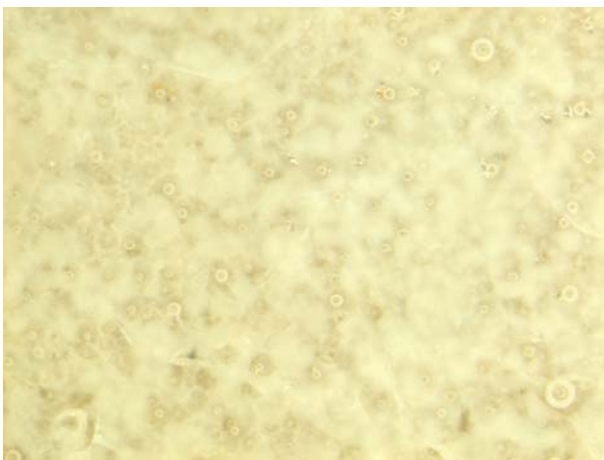
Kuva 15: Lasite LK 5, harmaa sintraantuva kivitavaramassa ja valkoinen huokoinen massa, polttolämpötila 1200°C. Lasite säröilee voimakkaammin valkoisen, ei sintraantuneen kuin harmaan sintraantuvan massan päällä.



Kuva 16: Lasite LK 5, 1200°C, mikroskooppikuva suurennus 25.6. Rautaoksidi (Fe_2O_3) ja kobolttioksidi (CoO) viirut ja valkoinen huokoinen massa, 1200°C. Kuvassa näkyvät suuret kuplat osoittavat että lasite sulaa hyvin lasimaiseksi ja läpikuultavaksi.



Kuva 17: Lasite LK5, 1200°C, mikroskooppikuva suurennus 40. Yksityiskohta rautaoksidi (Fe_2O_3) viirusta, valkoinen huokoinen massa 1200°C. Kuvassa näkyy lasitteen säröily ja rautaoksidin sulamattomuus suurena määränä. Viirun reuna-alueilla pienet rautaoksidin hiukkaset liukenevat lasitteeseen, syntyy vaalean keltaista väriä.

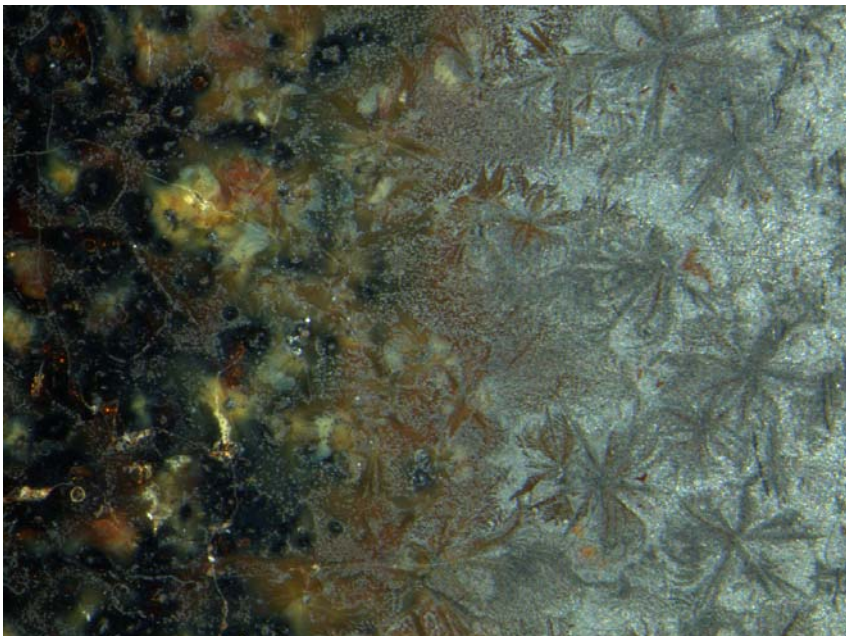


Kuva 18: Lasite LK5, 1200°C, stereomikroskooppikuva suurennus 16. Huokoinen kivitavaramassa 1200°C. Kuvassa näkyy suuret kuplat pinnassa ja massarajassa on tiheä kuplakerros, johon vaikuttaa sintraantumaton korkean polton valkoinen massa.

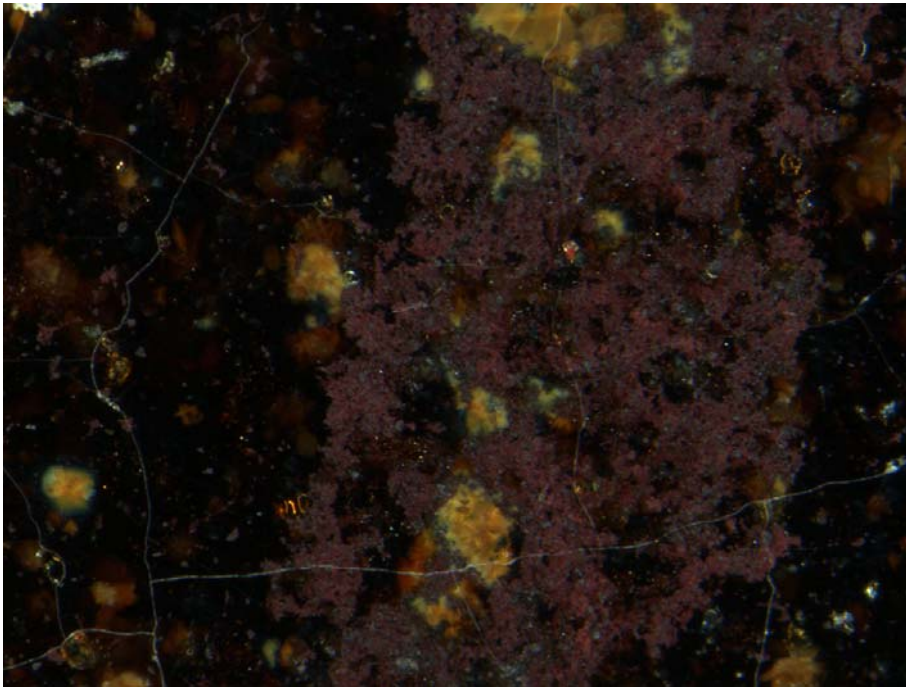
Mustaa lasitetta valmistettaessa käytetään kaikkia värjääviä oksideja. Musta ja tummat värisävyt muuttuvat lasitekoostumuksen raaka-aineiden ja valittujen värioksidien mukaan. Mustassa ei yleensä käytetä kuparioksidia, koska se haihtuu korkeissa lämpötiloissa, sen sijaan rauta- (5-8%) ja kobolttioksidin (2-3%) lisäksi käytetään mangaanioksidia enemmän (6-8%) ja kromioksidia 1-3% edellä mainittujen lisäksi. Kromioksidin tarkoituksena on tasoittaa muiden värien yhteisvaikutuksena syntyvää mustuutta.



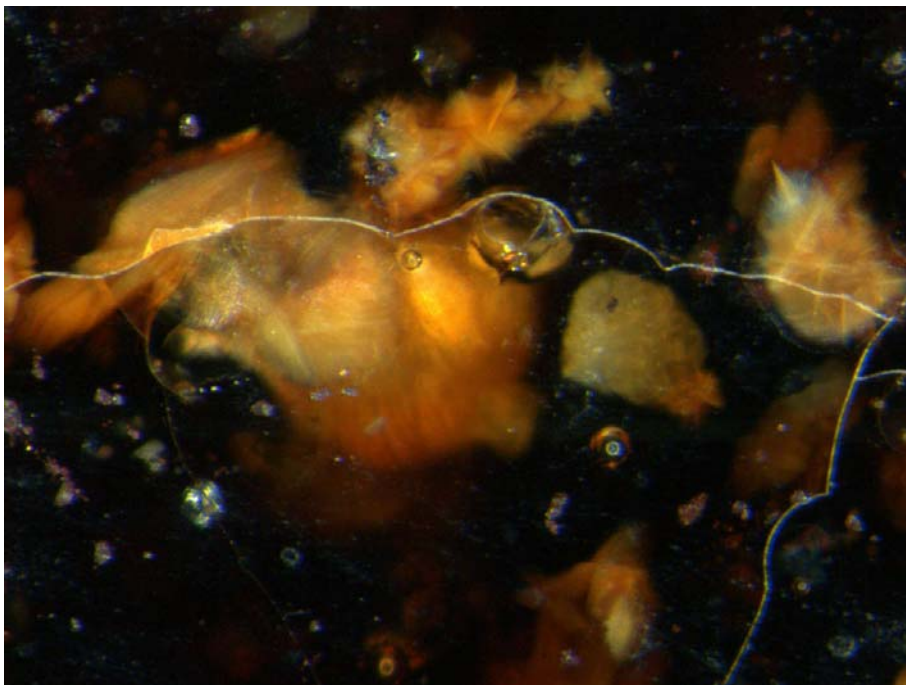
Kuva 19: Lasite LK6, harmaa kivitavaramassa. Viiruvärit ovat (ylin) metallinen mustaharmaa kuparioksidi (CuO), (keskellä) siniharmaa kobolttioksidi (CoO) ja (alin) punaruskea rautaoksidi (Fe_2O_3) 1200°C .



Kuva 20: Lasite LK6 1200°C , mikroskooppikuva suurennus 25.6. Harmaa kivitavaramassa. Viiruväri metallinen mustaharmaa, kuparioksidi (CuO) 1200°C . Mustaharmaaseen metalloituneeseen kuparioksidi viirun pintaan syntyy pieniä kiteitä. Lasitteen RO-ryhmässä on MgO:ta ja CaO:ta.



Kuva 21: Lasite LK6 1200°C, mikroskooppikuva suurennus 25.6. Harmaa kivitavaramassa. Viiruväri punaruskea rautaoksidi (Fe_2O_3) näkyy tumman punaruskeana pinnassa 1200°C.



Kuva 22: Lasite LK6 1200°C, mikroskooppikuva suurennus 80. Harmaa kivitavaramassa. Viiruväri punaruskea rautaoksidi (Fe_2O_3) 1200°C. Lasitteessa syntyy hyvin pieniä kolmiulotteisia kiteitä rauta- ja kalsiumoksidin yhteisvaikutuksesta, jotka näkyvät luonnollisessa koossa pieninä pisteinä.

Lasitteet LK7-8

Lasite LK7 ja LK8



Kuva 23: Lasite LK7 (vasen) harmaa kivitavaramassa ja LK8, harmaa kivitavaramassa ja valkoinen huokoinen massa. Viiruvärit vihreä, kuparioksidi (CuO), sininen kobolttioksidi (CoO) ja punaruskea rautaoksidi (Fe₂O₃) 1200°C.

Taulukko 7: Lasitteiden LK7-LK8 raaka-aineseokset, polttolämpötila 1200°C, Sk 6a

Raaka-aineet	7*	8
Kalimaasälpä	53	68
Liitu	11	5
Sinkkioksidi	-	13**
Bariumkarbonaatti	13***	3
Kaoliini	-	5
Kvartsi	23	6
Sulaminen	Kiiltävä	Kiiltävä
Pinta	Ei säröä	Kiteinen

*Lasitetta LK7 valmistettaessa seokseen lisätään Stellmittel- (Zschimmer&Schwarz, Germany) pohjaanpainumisen estoaainetta n.2-3%

**Sinkkipitoinen lasite on hävitettävä siten, ettei se joudu luontoon. Sinkkioksidin korkea käyttömäärä tuhoaa kasvien juuria.

***Bariumkarbonaattia sisältäviä lasitteita ei saa käyttää elintarvikkeiden kanssa kosketuksissa olevissa pinnoissa.

Taulukko 8: Lasitteiden LK7-LK8 empiiriset kaavat on laskettu Insight ohjelmalla

Oksidi	CaO*	ZnO*	BaO*	K ₂ O*	Na ₂ O*	Fe ₂ O ₃ *	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Al:Si	Expan** arvo
LK7	0,435	-	0,246	0,165	0,151	0,002	0,351	3,692	10,523	2,216
LK8	0,169	0,465	0,044	0,168	0,151	0,003	0,403	2,663	6,605	2,499

*Tähdellä on merkitty empiirisen kaavan sulattavat oksidit, (RO- ryhmä=1)

**Lämpölaajentuma poltossa, Insight ohjelma

Lasitteet LK7 ja LK8 ovat kiiltäviä lasitepintoja poltettuna lämpötilassa 1200°C. LK8 on kiteinen johtuen suuresta sinkkioksidin käytöstä. Lasitteiden LK7 ja LK8 empiiriset kaavat on esitetty taulukossa 8. Lasitteessa LK8 alumiinioksidin ja piidioksidin ekvivalenttilukujen suhde ilmaisee että lasitteessa on vähän lasia muodostavaa piidioksidia suhteessa alumiinioksidiin. LK7 lasitteessa on alumiinioksidin määrään suhde piidioksidiin tasapainoisempi kuin lasitteessa LK8, jonka RO- ryhmässä ZnO määrä (ekv. 0,465) on lähes puolet. Sinkkioksidi vaikuttaa sulamiseen ja kiteiden lisääntymiseen sekä tässä tapauksessa rautaoksidin ruskean värin punertavaan sävyyn, kobolttioksidin sinisyyteen ja kuparioksidin kiteytyymiin, pieniä tummia kuvioita.

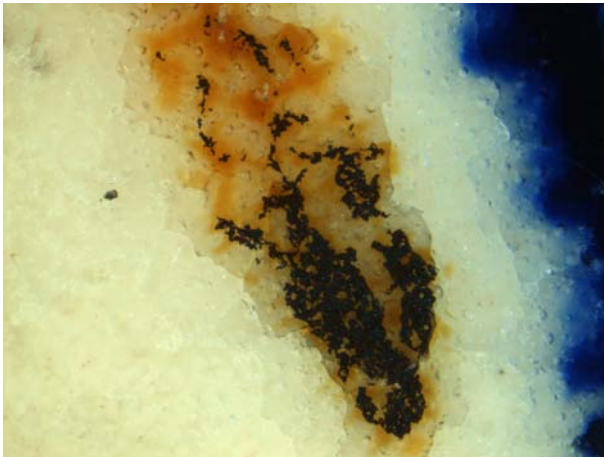
Sinkkipitoisen lasitteen tulee sulaa täysin läpikuultavaksi ja korkeakiiltoiseksi pinnaksi esineessä, ellei näin tapahdu alkaa sinkkipitoisen lasitteen hauras pinta kulua ja himmetä vähitellen taloustavaroissa käytössä. Astianpesukoneiden kuluttava vaikutus näkyy esineissä kahden kolmen vuoden kuluttua himmentyneenä pintana.

Taide-esineissä käytetään lasitteita, jotka sisältävät suuria määriä sinkkioksidia, jolloin tavoitteena on saada erilaisia kiteisiä kuviopintoja. Lasitteen sulattamiseen (1-5%) tarvittavan määrän ylituottamisella (18-28%) sinkkioksidilla saadaan myös himmeitä ja puolihimmeitä, opaaleja pintoja joita värjätään eri värjäävillä oksideilla. Sinkkioksidi tehostaa eri värisävyjä. Taidelasitteissa tulee huomioida ekologia hävittämisessä.

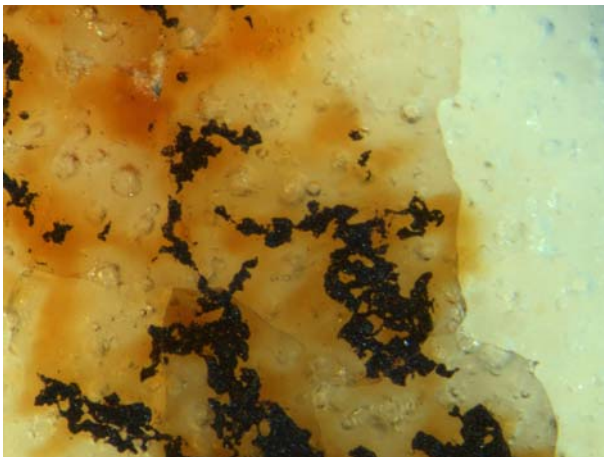
Kuvia lasitteista LK7 ja LK8, 1200°C



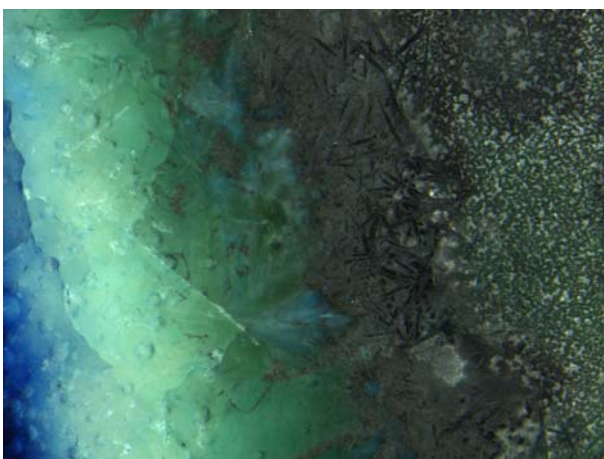
Kuva 24: Lasite LK7 kivitavaramassa. Yksityiskohta ohuen ja paksun lasitteen rajakohdasta, 1200°C. Massaan on sekoitettu punasavipulveria n. 2-3%, mikä näkyy pisteinä. Punasavi kiehuu ja muodostuu reikä lasitteen pinnan läpi. Reiän ympäritys värjäytyy rautaoksidin vaikutuksesta kellertäväksi. Väriefekti lisää pisteen vaikutusta.



Kuva 25: Lasite LK8 1200°C, mikroskooppikuva suurennus 16. ja valkoinen huokoinen massa. Viiruväri sininen kobolttioksidi (CoO) ja punaruskea rautaoksidi (Fe_2O_3) 1200°C.



Kuva 26: Lasite LK8, 1200°C, mikroskooppikuva suurennus 40 valkoinen huokoinen massa 1200°C. Viiruvärit sininen kobolttioksidi (CoO) ja punaruskea rautaoksidi (Fe_2O_3). Rautaoksidi sulaa lasitteeseen mukaan ja on väriltään punaruskea. Tummat alueet kuvassa ovat lasitteen kanssa reagoimatonta rautaoksidia pinnassa.



Kuva 27: Lasite LK8, 1200°C, mikroskooppikuva suurennus, 25.6. Viiruvärit vihreä metalloituva, kiteinen kuparioksidi (CuO), sininen kobolttioksidi (CoO) 1200°C.