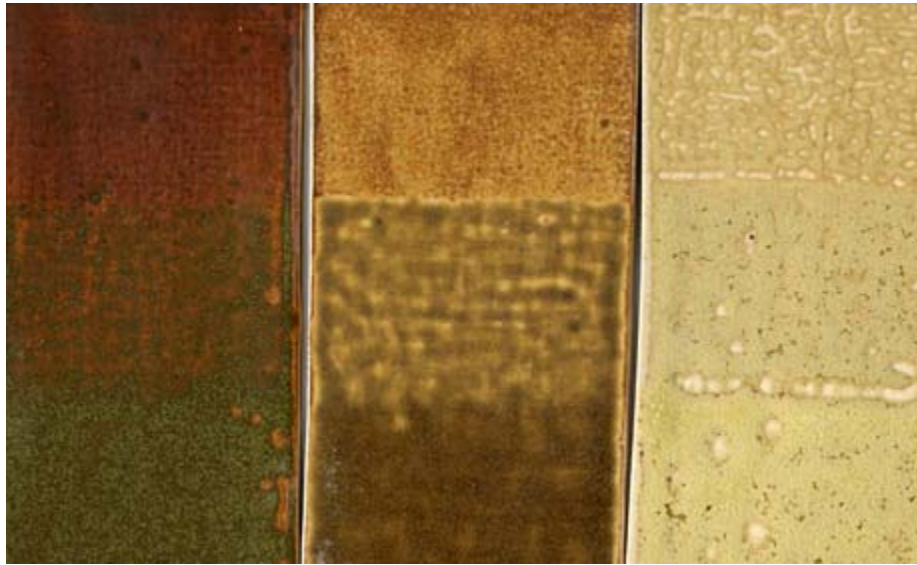


Suomalaisen punasaven ja kalsiumoksidin aiheuttamat värimuutokset kivitavaralasisitteissa

Airi Hortling, keramiikkamateriaalit, lehtori
Kirsi-Marja Siren, keramiikkataiteen opiskelija, tutkimusassistentti
Keramiikka- ja lasitaiteen laitos, Taideteollinen korkeakoulu, Helsinki 1991



Published, Hortling A., Siren K-M., Color Changes in Finnish Earthenware Clay and Calcium Oxide in Stoneware Glazes. Conference: Interaction, in Ceramics Art, Design and Research, Ed. Anne Valkonen UIAH, Helsinki. 1992

Sisältö

1 Johdanto

2 Kokeellinen osa

2.1 Raaka-aineet

Finn slip, Someron savi ja Albany slip
Liitu, Dolomiitti, Wollastoniitti

2.2 Lasiteseokset

2.3 Poltot

3 Tulokset

3.1 Lasitteet LPL1-5

3.2 Lasitteet LPD1-5

3.3 Lasitteet LPW1-5

3.4 Poltetun lasitteen väri

3.5 Stereomikroskooppitutkimus

3.6 Tummuusarvomittaukset

4 Johtopäätökset

Lähteet

Kuvat lasitteista eri poltoissa

Liite: Suomalainen punasavi

1 Johdanto

Suomalaisella punasavella on koostumus, joka on keramiikan matalanpolton polttolämpötila-alueelle soveltuva. Sillä on korkea rautapitoisuus, 5-9 % välillä. Siitä syystä sen värisävy on polton jälkeen punainen. Saven oksidianalyysi muistuttaa hyvin paljon kuuluisaa amerikkalaista matalanpolton savea, Albany slip clay savea. Matalanpoltoista suomalaista luonnosta löytyvää savea voidaan käyttää muovailtavuusominaisuuksiensa takia sellaisenaan esineiden valmistamiseen. Pulverimuodossa se on käyttökelpoinen eri lasituksien yhtenä osaraaka-aineena, kuten perinteisissä kivitavaralasilteissa Temmoku ja Celadon, sekä pelkästään savilasilteissa (slip-glazes) (Koreana 1991, Salmenhaara 1974).

Kalsiumoksidi muodostaa rautaoksidin kanssa poltettaessa eri punaruskean ja keltaisen värisävyjä. Tässä työssä on tutkittu suomalaisen saven kanssa niitä pohjoismaisia raaka-aineita, liitua (kalsiumkarbonaattia), dolomiittia ja wollastoniittia. Ne sisältävät erityisen paljon kalsiumoksidia. Eri oksidiyhdisteiden aiheuttamia värimuutoksia tutkittiin kahden aineen lasiteseoksena. Värisävytutkimusta varten kokeet suoritettiin eri polttoatmosfääriissä, sekä hapettavassa (sähköuuni) että pelkistävässä (kaasu- ja puu-uuni) tilassa. Lasituksien värisävyjen muutoksia analysoitiin vertaamalla empiirisen kaavan ja analyysin keskinäisiä muutoksia.

2 Kokeellinen osa

2.1 Raaka-aineet

Työssä käytetään matalanpolton saven, Someron punasaven (Finn slip, merkki LP) kanssa kalkkipitoisia raaka-aineita liitua ((L), dolomiittia (D) ja wollastoniittia (W), jotka kaikki ovat suomalaisia louhintamineraaleja. Niitä ei karkeusasteen takia kuitenkaan käytetä keramiikan valmistuksessa vaan ainoastaan rakennus- ja lannoiteteollisuudessa. Tutkimuksen raaka-aineen liitu on valittu Tanskasta (Rollovit Faxekalk),

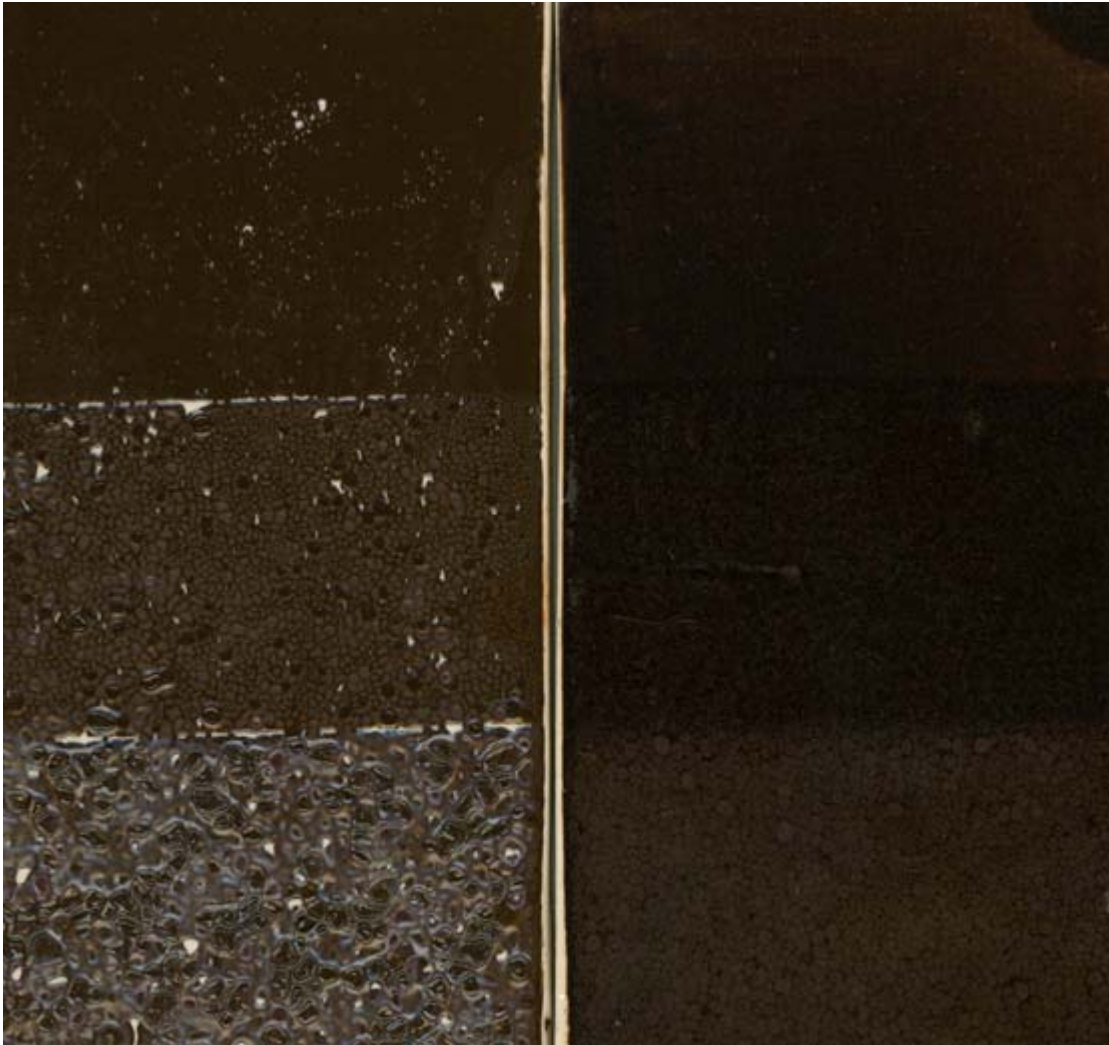
Finn slip, Someron savi ja Albany slip

Suomalaista matalanpoltoista savea, joka poltettuna on punaruskean värinen, kutsutaan tässä työssä nimellä Finn slip (näytteissä merkitty LP). Erityisesti tämän tutkimuksen kokeissa on käytetty savea Somerolta, Kultelan kylästä.

Tutkimuksessa käytetty somerolainen matalanpolton savi sisältää rautaoksidia 9,0% (Taulukko 1). Someron savi on nimetty suomalaista savea markkinoivaksi nimellä Finn slip. Sen oksidianalyysi on määritetty Teknillisessä korkeakoulussa Helsingissä ja siitä ei ole määritetty titaanidioksidia. Analyysistä ilmenee että piidioksidia siinä on vähemmän kuin Albany slip variaatioissa. Alumiinioksidia on enemmän kuin muissa savianalyysissä. Someron savi vaatii korkeamman polttolämpötilan kuin vertailusavet. Se muodostaa sellaisenaan ruskean helposti tasaantuvan lasitepinnan kivitavaralämpötilassa, noin 1220°C:ssa tai korkeammassa. Rautapitoinen savi muodostaa vielä korkeammalle poltettuna punaruskean lysterimäisen, metallinhoitoisen lasitepinnan 1260 - 1300°C:ssa (Orton keila 9-12).

Amerikkalaista lähes vastaavan koostumuksen omaavaa matalanpolton savea kutsutaan nimellä Albany slip (Kuva 1). Nämä matalanpolton luonnonsavet sulavat

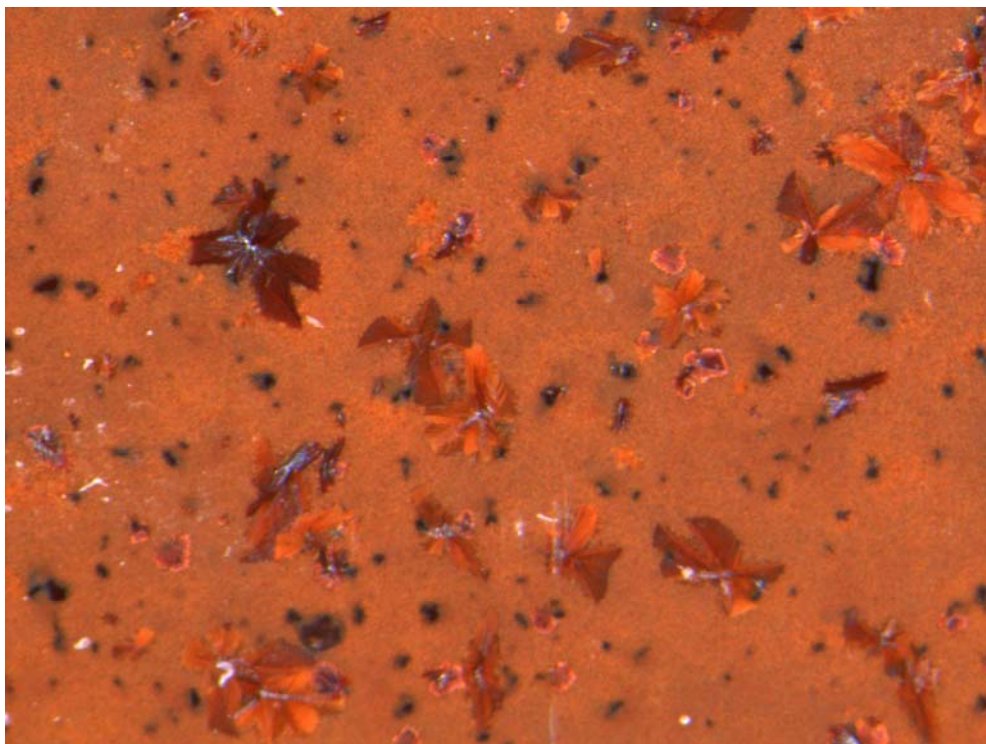
sellaisenaan kivitavaralasisitteen polttolämpötilassa, ja muodostavat sulkaan ruskean lasitepinnan, mikä kosketeltaessa tuntuu silkkimäisen pehmeältä. Näistä emotionaalisista kokemuksista on Albany slip savi saanut myyttisen aseman lukemattomien muiden savilaatujen joukossa ympäri maapalloa. Jopa Suomesta asti keraamikot ovat tilanneet tällaista ihailtua amerikkalaista savipulveria.



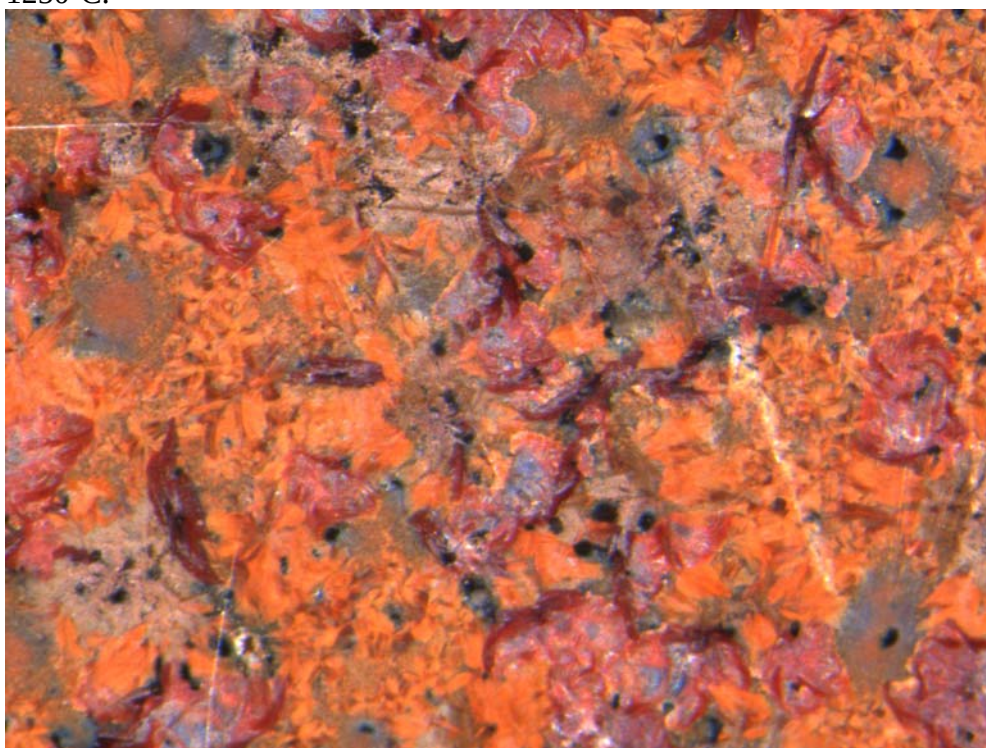
Kuva 1. Punasavinäyte LP1, Somero 1992 (vas.) ja Albany slip savi vuodelta 1964 Amerikasta (oik.). Näytteet on poltettu sähköuunissa, hapettavassa polttoatmosfäärissä 1250°C ja 10 min. haudutus. Näytteissä on kolme eri kerrosta lasitetta. Ylinnä on yksi kerros keskellä kaksi kertaa ja alhaalla kolme, paksuin kerros. Kuvasta ilmenee ero kahden eri savilajin sulamisesta samoissa olosuhteissa. Tässä tutkimuksessa käytetty Somerolta tuotu suomalainen savi vaatii korkeamman polttolämpötilan.



Kuva 2. Punasavinäyte LP1, Somero 1992 (vas.) on poltettu puu-uunissa pelkistävässä poltossa 1250°C ja Albany slip savi vuodelta 1964 Amerikasta (oik.). Näyte on poltettu pelkistävässä atmosfäärissä kaasu-uunissa 1250°C . Albany slip savi sulaa paremmin kuin Someron savi. Näytteissä on kolme eri kerrosta lasitetta. Ylinnä on yksi kerros keskellä kaksi kertaa ja alhaalla kolme, paksuin kerros.



Kuva 2a. Mikroskooppikuva suurennos on 40. Albany slip savea on ohut kerros kivitavaramassan päällä. Näyte on poltettu kaasu-uunissa, pelkistävässä atmosfäärissä 1250°C.



Kuva 2b. Mikroskooppikuva suurennos on 40. Albany slip savea on kivitavaramassan päällä kolme kerrosta. Näyte on poltettu kaasu-uunissa pelkistävässä atmosfäärissä 1250°C.

Alkuperäisen Albany slip saviesiintymän kaivanto sijaitsi New Yorkin osavaltion pohjoisosassa ja se suljettiin saviesiintymän loppumisen takia. Keramiikka-alan lehdissä mainittiin kyynelehtivin otsikoin suuresta raaka-aineen puutteesta. Sen jälkeen nimi Albany slip on keraamikkojen käytössä sovellettu tarkoittamaan sellaisia punaiseksi palavia matalanpolton savia tai myös nykyään eri savista koostettuja saviseoksia, jotka sulavat kivitavaralämpötilassa lasitteeksi. Albany slip savesta on olemassa useita eri analyysejä, jotka poikkeavat vähän toisistaan. Kaikkia nimitetään kuitenkin kirjallisuudessa yleisesti Albany slip saveksi. Tämän perusteella voi olettaa, että Albany slip nimikettä käytetään yleisemmässä merkityksessä matalanpolton rautapitoisesta savesta kuin ainoastaan yhdestä ainoasta saviesiintymästä (Hortling 1992). Albany slip-savesta on tehty koostumusehdotuksia, missä on käytetty useita kivitavaralasilteelle tyypillisiä raaka-aineita, kuten maasälpää, nefeliinisyeeniittiä, kaoliinia, kvartsia ja rautaoksidia (Rowan 1988: 49). Myös muita korvikesavia on pyritty löytämään Albany slipin sijaan. Esimerkiksi korvaavana savena on käytetty Cerdar Heights Redart Clayta (Taulukko 1).

Suomalainen matalanpolton savi sisältää 1950-luvulla tehdyn Soverin tutkimuksen mukaan rautaoksidia keskimäärin 5-9 %. Keramiikan koulutuksessa on tehty 1960 luvun lopulla jatkuen 1970-luvulla Kyllikki Salmenhaaran johdolla soveltavaa tutkimusta eri matalanpolton savilaaduilla ja kokeellisesti testattu niiden sopivuutta sekä kivitavaralasilteeksi että eri lämpötila-alueiden massojen raaka-aineeksi (Salmenhaara 1968). Monivuotisen tutkimuksen tavoitteena on ollut oppia tuntemaan suomalaisten mineraalien käyttöä ja luoda materiaalitietoa pienteollisuuden tuotteiden valmistusta varten.

Edelleen 1990- luvulla on tavoitteena hyödyntää läheltä saatavien erilaisten suomalaisten mineraalien käyttöä mahdollisen monipuolisesti yksinkertaisissa seoksissa piensarjatuotteissa, jotka sallivat vaihteluita. Tutkimuksessa on verrattu Finn slip savea vanhaan alkuperäiseen, amerikkalaiseen Albany slip -saveen. Kyllikki Salmenhaara tilasi ensimmäisen korkeanpolton keramiikan sähköuunin (maks. polttolämpötila 1200°C) Amerikasta ja samassa yhteydessä Albany slip -savea, jota on säilytetty käyttämättä kuin aarretta 1990 luvun alkuun asti. Kyllikki Salmenhaara tilaaman savijauheen on toimittanut Suomeen tilauskuitin mukaan The Pottery Supply House Ltd marraskuussa vuonna 1964. Kyseisestä Albany slipistä on ollut saatteena tieto, että se sulaa 1170-1190°C ja tasaantuu lasitteeksi kivitavaralämpötilassa 1240°C:ssa.

Taulukko 1: Finn slip (Someron savi näyte LP) ja Albany slip savien eri analyysit

Savien kemiallinen analyysi					
Oksidit	Finn slip ¹⁾	Albany s ²⁾	Albany s ³⁾	Albany s. ⁴⁾	Redart clay ⁵⁾
SiO ₂	50,0	59,48	57,6	59,48	64,27
Al ₂ O ₃	17,1	11,54	14,6	10,60	16,41
Fe ₂ O ₃	9,0	4,13	5,2	4,13	7,04
CaO	1,5	6,28	5,8	6,28	0,23
MgO	3,3	3,35	2,7	3,35	1,55
K ₂ O	4,2	2,75	3,2	2,75	4,07
Na ₂ O	2,0	0,40	0,8	0,40	0,40
TiO ₂	-	0,90	0,4	0,90	1,06
MnO	-	-	-	0,08	-
C	3,7	-	-	-	-

1) Finn slip, Someron punasavi, Kultelan tiilitehdas, Finland

2) Albany slip, Salmenhaara:1964, Tichane 1978: 204 ja Zakin 1981:89

3) Albany slip, Nelson 1966: 286 ja Smyser 1988:49

4) Albany slip, Cooper et al.1984: 49

5) Cedar Heights redart clay, Smyser 1988:49

Liitu, kalsiumkarbonaatti

Suomesta louhittu kalkkikivi on tarkoitettu ainoastaan rakennus- ja paperiteollisuutta varten. Keramiikan tekijöiden käyttämä kalsiumkarbonaatti tuodaan ulkomailta Ranskasta (nimi Violette Etikette), Ruotsista tai Tanskasta (nimi Rollovit, Faxekalk). Tutkimuksessa käytetty liitu eli kalsiumkarbonaatti on liituvalkoinen, jota käytetään pinnoitteissa maalausteollisuudessa ja jonka tarkkaa analyysiä ei tunneta. Kalsiumkarbonaatin kemiallinen hajoamisreaktio kalsium oksidiksi ja hiilidioksidiksi tapahtuu 900°C lämpötilassa. Keramiikan poltossa karbonaatin kaasujen poistuminen vie aikaa ja vaatii hitaampaa polttonopeuden säätöä. Karbonaatin kaasujen poistumisen estyminen aiheuttaa massaan paikoitellen kohoavia kuplia. Kalsiumkarbonaatista saatu kalsiumoksidi (CaO) sulattaa punasavea ja muuttaa rautaoksidin väriä keltaiseksi tai punaruskeaksi. Poltettaessa kalsiumkarbonaatista saadaan kalsiumoksidia.

Kalsiumkarbonaatin reaktiokaava: $\text{CaCO}_3 \rightarrow (600-900^\circ\text{C}) \text{CaO} + \text{CO}_2$

Karbonaattien hajoamisreaktioon on varattava riittävästi aikaa keramiikkamassoja ja lasitteita poltettaessa, koska reaktio tapahtuu hitaasti ja kestää 600-900°C pitkän polttovälin.

Dolomiitti

Suomessa on runsaasti dolomiittiesiintymiä, mutta tässä tutkimuksessa on käytetty norjalaista dolomiittia. Se koostuu sekä kalsium- että magnesiumkarbonaatista (CaCO_3 . MgCO_3). norjalaisella dolomiitilla on seuraava kemiallinen analyysi:

Dolomiitti, Norja, Elkem Oy, 1992

Kemiallinen analyysi:

Al ₂ O ₃	0,10
Fe ₂ O ₃	0,06
CaO	30,27
MgO	21,6
Polttohäviö	47,37

Wollastoniitti

Wollastoniitti on kalsiumsilikaattimineraali (CaSiO₃). Se on maapallolla yleinen pieninä esiintyminä, mutta melko harvinainen suurina esiintyminä. Harvinainen suuri mineraaliesiintymä löytyy Suomesta Lappeenrannan läheltä. Suomalaisen wollastoniitin hyvät ominaisuudet ovat kalkkipitoisuuden määrä ja vähärautaisuus.

Wollastoniitti, Lappeenranta, Partek Oy, 1991

Kemiallinen analyysi

SiO ₂	52,00	+	1,0 %
CaO	43,20	+	0,7 %
Al ₂ O ₃	1,00	%	
MgO	1,00	%	
Na ₂ O	max.0,20	%	
K ₂ O	max.0,20	%	
Fe ₂ O ₃	max 0,25	%	
S	0,02	%	
P	0,02	%	
Polttohäviö	max 1,20	%	

Partek OY louhii wollastoniittia, joka on vientimineraali. Suomalaista wollastoniittia käytetään valkoisessa kaakelimassassa osa raaka-aineena. Rautapitoiseen matalapolttoiseen luonnonsaveen sekoitettuna wollastoniitin sisältämä kalsiumoksidi lisää keltaista värisävyä 1000 °C:n lämpötilassa poltettuna. Lämpötilan kohotessa muuttuu massaseoksen väri rauta- ja kalsiumoksidin lisääntyvän vaikutuksen johdosta. Kalsiumoksidin ja rautaoksidin yhteinen reagointi muuttaa massan vihertäväksi sintraantumislämpötilassa, noin 1100°C:n lämpötila-alueella. Puhtaan wollastoniitin sulamisaalueeksi Partek Oy ilmoittaa noin 1390-1410°C.

2.2 Lasiteseokset

Lasiteseoksissa on tutkittu kalkkipitoisten raaka-aineiden vaikutusta Finn slip saven väriin ja sulamiseen. Lasiteseoksia suunniteltaessa on tavoiteltu erilaisia keltaisia tai keltavihreitä savilasitteita (slip lasitteet, slip glazes). Slip lasitteiksi kutsutaan sellaisia lasimaiseksi pinnaksi sulavia seoksia, joissa suurin osa on luonnon savilajia. Nämä lasitteet ovat usein himmeitä ja peittäviä, kädellä kosketeltaessa silkkimäisen pehmeitä. Tämän tyyppisten

lasitteiden peittävä pinta kehittyy tiheästä päällekkäin muodostuvasta kidekerroksesta. Slip-lasitteiden värit vaihtelevat lasitekerroksen vahvuuden mukaan. Paksuissa lasitekerroksissa tapahtuu kalsiumoksidin ja rautaoksidin välillä kolmiulotteista kiteytymistä lasitteen sisällä. Kiteytyminen kehittyy tietyissä olosuhteissa, jossa vaikuttavat aineen vahvuus ja polttolämpötilan korkeus. Kidekerroksen muodostumisen vahvuus ja valmiusaste näkyy lasitteen värisävymuutoksena vaalean keltaisesta vihertävän keltaiseen. Kiteytymätön slip-lasite on ohuena kerroksena väriltään vaalea keltaruskea tai tumma ruskea.

Lasiteraaka-aineista Finn slip (merkitään LP) savea käytetään 90, 80, 70, 60 ja 50 %:a. Näytteitä, joissa on liitua, merkitään LPL1-5. Dolomiittia sisältävät näytteet merkitään LPD1-5 ja samoin wollastoniittia sisältävät, merkitään LPW1-5. Liitua, dolomiittia ja wollastoniittia käytetään seoksissa 10, 20, 30, 40 ja 50 %:a, kutakin erikseen. Lasiteseokset LPL1-5, LPD1-5 ja LPW1-5 on esitetty taulukoissa 2a, b ja c. Seokset lasitetaan näytteissä kolmena vahvuutena, ensin on koko näyte lasitettu yhden kerran, sen jälkeen puoleen väliin toinen ja alin osa lasitettu kolmas kerta. Eri paksuus kerroksilla haluttiin tutkia lasitteen kerrospaksuuden vaikutusta kiteisen pinnan muodostukseen ja värin sävy muutokseen. Ennalta oli tiedossa että lasitekerroksen vahvuuden mukaan väri voi muuttua ohuesta tummanruskeasta paksun kerroksen keltaiseen sävyyn.

Taulukko 2a: Lasiteseokset LPL1-5

Raaka-aine	LPL1	2	3	4	5
Finn slip (LP) ¹⁾	90	80	70	60	50
Liitu (L) ²⁾	10	20	30	40	50

1) Someron punasavi, Kultelan tiilitehdas, Suomi

2) Liitu, Rollovit 1991, Kööpenhamina, Tanska

Taulukko 2b: Lasiteseokset LPD1-5

Raaka-aine	LPL1	2	3	4	5
Finn slip (LP) ¹⁾	90	80	70	60	50
Dolomiitti (D) ²⁾	10	20	30	40	50

1) Someron punasavi, Kultelan tiilitehdas, Suomi

2) Dolomiitti, Elkem Oy 1990 Norja

Taulukko 2c: Lasiteseokset LPW1-5

Raaka-aine	LPL1	2	3	4	5
Finn slip (LP) ¹⁾	90	80	70	60	50
Wollastoniitti (W) ²⁾	10	20	30	40	50

1) Someron punasavi, Kultelan tiilitehdas, Suomi

2) Wollastoniitti, Partek Oy 1991, Lappeenranta, Suomi

2.3 Poltot

Näytteet on poltettu kolmessa eri poltossa. Pelkistävä poltto on tapahtunut kaasu- ja puu-uunissa 1240 – 1260°C (Orton Cone 8-9) lämpötilassa. Sähköuunilämpötilat ovat olleet 1250°C ja 1300°C (Orton cone 8 ja 11). Uunien lämmönnousunopeus on ollut 60 ja 100°C:ta tunnissa ja haudutusaika 10 minuuttia lämpötilan tasaantumiseksi uunitilassa.



Itsestään seisovat Orton keilat taipuneet eri polttolämpötiloissa.

3 Tulokset

Slip- lasitteille on tyypillistä korkea viskositeetti, himmeäpintaisuus ja kellertävän kiteen muodostus. Ne lasitteet, jotka ovat himmeitä tai kokonaan mattapintaisia ovat peittäviä pintoja ja muodostavat tiheitä kideverkostoja. Kiteiden muodostus riippuu viskoosisen lasitteen sulamisen asteesta. Kiteiden runsaus värjää lasitteen vaaleammaksi. Lasimaiseksi sulavat lasitteet ovat läpikuultavia ja värin tummuus riippuu käytetyn rautaoksidin määrästä. CaO- ja MgO- pitoisuudet vaikuttavat lasitteen viskositeettiin.

3.1 Lasitteet LPL1-5

Lasitesarja LPL 1-5 on kalkkipitoisin. Lasite LPL5 sisältää 0,82 ekvivalenttia CaO:ta RO-ryhmästä. Sarjan lasitteet LPL4 ja 5 eivät muodosta yhtenäistä pintaa vaan ovat ns. struktuurilasitteita. Empiirisessä kaavassa alumiinioksidin ja piidioksidin suhde kalsiumoksidin määrään nähden on liian suuri.

Taulukoissa 3a ja b on esitetty koelevyjen empiiriset kaavat ja ominaisuuksia poltettuna kolmessa lämpötilassa 1240, 1250, 1300°C sekä pelkistävässä, että hapettavassa poltossa. Jokaisen lasitesarjan kohdalla on esitetty yleisesittely koelasituksista

Taulukko3a: LPL1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

Oksidit	LPL1	LPL2	LPL3	LPL4	LPL5
SiO ₂	2,40	1,74	1,29	0,96	0,70
Al ₂ O ₃	0,48	0,35	0,26	0,19	0,13
Fe ₂ O ₃ *	0,16	0,12	0,09	0,06	0,05
CaO*	0,38	0,55	0,67	0,75	0,82
MgO*	0,24	0,17	0,13	0,09	0,07
K ₂ O*	0,13	0,09	0,07	0,05	0,04
Na ₂ O*	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03

Lasitteiden LPL1-5 empiiriset kaavat on laskettu Insight laskentaohjelmalla

*Merkitty RO ryhmä

Taulukko 3b: Lasitteet LPL 1 5, ominaisuudet poltettuna

Lasitesarja LPL (punasavi, Somero ja liitu)

Poltettu väri vaihtelee: Tumman ruskean sävyjä. Himmeä pinta, läpinäkymätön lasite. Paksusti kuroutuu.

Seos	Poltto ^{OC}	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPL1	pelk. 1240	tum pun.rusk.	matta	ohut
	hap. 1250	musta.rusk	himmeä	ohut
	hap. 1300	ruskea	himmeä	paksu
LPL2	pelk. 1250	tum.rusk./kelt.vihr	matta	ohut/ paksu
	hap., 1250	pun.rusk./kelt.rusk	himmeä	ohut/paksu
	hap. 1300	ruskea	himmeä	ohut/paksu
LPL3	pelk. 1240	kelt./vihr.kelt.	matta	ohut /paksu
	hap. 1250	kelt./kelt.rusk.	himmeä	ohut/paksu
	hap. 1300	orans./vihr.kelt.	himmeä	ohut/paksu
LPL4	pelk. 1240	rusk./rusk.vihr	matta	ohut/kuroutuu
	hap. 1250	vaal.kelt./kelt.rusk	himmeä	ohut/paksu
	hap. 1300	vaal.kelt./vihr.kelt.	himmeä	ohut/kuroutuu
LPL5	pelk. 1240	orans.rusk./orans.vihr	matta	kuroutuu
	hap. 1250	oranssi./kelt.orans	himmeä	kuroutuu
	hap. 1300	vaal.kelt/kelt.rusk	himmeä	kuroutuu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut, paksu kerros ja kolmikertainen kerros

3.2 Lasitteet LPD1-5

Lasitesarjan LPD kaikki seokset muodostavat tasaisen pinnan, himmeästä pinnasta läpikuultavaan kiiltävään pintaan. Lasitteissa LPD1-5 on alumiinioksidin suhde piidioksidiin määrään lähes sama kuin lasitteissa LPL1-5. (Taulukko 4a ja b). Magnesiumoksidin määrän lisääntyessä sen vaikutus aiheuttaa yhdessä rautaoksidin ja kalsiumoksidin kanssa kiteisyyttä. Se näkyy kidepiteenä lasitteen pinnassa. Magnesium-

ja kalsiumoksidin yhteisvaikutus sulattavina oksideina vaatii korkeita polttolämpötiloja. Nämä lasitenäytteet ovat himmeäpintaisia.

Taulukoissa 4a ja b on esitetty koelevyjen empiiriset kaavat ja ominaisuudet poltettuna kolmessa lämpötilassa 1240, 1250, 1300°C sekä pelkistävässä, että hapettavassa polttoatmosfäärissä.

Taulukko 4a: LPD 1-5 lasitteiden empiiriset kaavat ¹⁾

Oksidit	LPD1	LPD2	LPD3	LPD4	LPD5
SiO ₂	2,34	1,67	1,22	0,90	0,66
Al ₂ O ₃	0,47	0,33	0,24	0,18	0,13
*Fe ₂ O ₃	0,16	0,11	0,08	0,06	0,04
*CaO	0,24	0,31	0,36	0,40	0,43
*MgO	0,39	0,42	0,44	0,46	0,47
*K ₂ O	0,13	0,09	0,07	0,05	0,04
*Na ₂ O	0,09	0,06	0,05	0,03	0,02

Lasitteiden LPD1-5 empiiriset kaavat on laskettu Insight laskentaohjelmalla

*Merkitty RO ryhmä

Taulukko 4b: Lasitteet LPD 1 5, ominaisuudet poltettuna

Lasitesarja LPD (punasavi, Somero +dolomiitti)

Tumma ruskeasävyinen. Himmeä pinta, läpinäkymätön lasite. Paksusti kuroutuu.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPD1	pelk., 1240	pun.rusk.	matta	ohut /kuroutuu
	hap., 1250	musta.rusk	kiiltävä	ohut/kuroutuu
	hap., 1300	tumm.ruskea	kiiltävä	ohut/kuroutuu
LPD2	pelk., 1240	ruskea	matta	ohut/kuroutuu
	hap., 1250	ruskea.	himmeä	ohut/kuroutuu
	hap., 1300	rusk.kelt.	himmeä	ohut/kuroutuu
LPD3	pelk., 1240	rusk/vihr.rusk.	matta	ohut /paksu
	hap., 1250	rusk.orans./ rusk.	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1300	rusk./kelt.rusk.	himmeä	ohut/paksu
LPD4	pelk., 1240	keltainen	matta	ohut/paksu
	hap., 1250	keltainen	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1300	kelt./vaal.kelt.	himmeä	ohut/paksu
LPD5	pelk., 1240	orans./orans.vihr	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1250	oranssi./kelt.orans	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1300	vaal.keltainen	himmeä	ohut/paksu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

3.3 Lasitteet LPW1-5

Lasitesarjan LPW kaikki seokset toimivat, ja muodostavat tasaisen pinnan, himmeästä pinnasta läpikuultavaan kiiltävään pintaan.

Taulukoissa 5a ja b on esitetty koelevyjen empiiriset kaavat ja ominaisuudet poltettuna kolmessa lämpötilassa 1240, 1250, 1300°C sekä pelkistävässä, että hapettavassa polttoatmosfäärissä.

Taulukko 5a: LPW1-5 lasitteiden empiiriset kaavat. *Merkitty RO ryhmä

Oksidit	LPW1	LPW2	LPW3	LPW4	LPW5
SiO ₂	2,78	2,33	2,00	1,75	1,56
Al ₂ O ₃	0,50	0,37	0,28	0,21	0,16
*Fe ₂ O ₃	0,17	0,13	0,10	0,07	0,05
*CaO	0,35	0,52	0,64	0,73	0,80
*MgO	0,25	0,18	0,14	0,10	0,08
*K ₂ O	0,14	0,10	0,08	0,06	0,04
*Na ₂ O	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03

Lasitteiden LPW1-5, empiiriset kaavat on laskettu Insight laskentaohjelmalla

Taulukko 5b: Lasitteet LPW1-5, ominaisuudet poltettuna

Lasitesarja LPW (punasavi, Somero +wollastoniitti

Tumma ruskeasävyinen. Himmeä pinta, läpinäkymätön lasite. Paksusti kuroutuu.				
Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPW1	pelk. 1240	tum.rusk.	matta	ohut /paksu
	hap. 1250	musta. rusk	kiiltävä	ohut/paksu
	hap. 1300	punaruskea	kiiltävä	ohut/kuroutuu
LPW2	pelk. 1240	rusk./rusk.vihr	himmeä	ohut/ paksu
	hap., 1250	pun.rusk./kelt.rusk	himmeä	ohut/paksu
	hap. 1300	ruskea	himmeä	ohut/paksu
LPW3	pelk., 1240	vihr./vihr.rusk.	matta	ohut /paksu
	hap. 1250	orans./kelt.rusk.	himm/kiiltävä	ohut/paksu
	hap., 1300	tum.rusk/vaal.rusk	himmeä/kiiltävä	ohut/paksu
LPW4	pelk. 1240	rusk.vihr./rusk.vihr	himmeä	ohut/paksu
	hap. 1250	vaal.kelt./kelt.rusk	himm./kiiltävä	ohut/paksu
	hap. 1300	vaal.kelt./kelt.vihr.	himm./kiiltävä	ohut/paksu
LPW5	pelk., 1240	vihr./vihr.rusk	kiiltävä	ohut/paksu
	hap. 1250	vaal.kelt./kelt.rusk.	kiilt./himmeä	ohut/paksu
	hap. 1300	vaal.kelt/vaal.kelt	kiiltävä	ohut/paksu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

3.4 Poltetun lasitteen väri

Rautaoksidin aiheuttamaan värin muutokseen vaikuttaa kalsiumoksidin ja alumiinioksidin suhteen muutos. Rautaoksidin muuttuva suhde kalsiumoksidiin nähden säätelee värimuutosta lasiteseoksissa (Helovu 1969). Alumiinioksidin pysyessä vakiona niin seuraavat suhteet synnyttävät kalsium-rautaoksidikiteiden värimuutokset (Fritsche 1967).

Taulukko 6: Kalsiumoksidin ja rautayhdisteen suhteen värin kehitykseen (Fritsche 1967)

$\text{CaO} \cdot 2 \text{Fe}_2\text{O}_3$	punaruskea
$\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	musta, läpikuultava
$2 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	keltainen
$4 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	punaruskea
$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{Fe}_2\text{O}_3$	punertava
$14 \text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10 \text{Fe}_2\text{O}_3$	punertava

Koelasitteiden analyysistä on laskettu rautaoksidin, kalsiumoksidin ja alumiinioksidin suhde. Tuloksissa rautaoksidia on verrattu muihin muuttujiin, jolloin voidaan todeta, että alumiinioksidi pysyy vakiona ja kalsiumoksidin suhdeluku muuttuu.

Taulukko 6a: Koelasitteiden LPL 1-5 rauta- kalsium ja alumiinioksidin suhteet

LPL ¹⁾	Fe_2O_3	CaO	Al_2O_3
1	1	0,80	1,19
2	1	1,62	1,19
3 ²⁾	<u>1</u>	<u>2,67</u>	<u>1,19</u>
4	<u>1</u>	<u>4,06</u>	<u>1,19</u>
5	<u>1</u>	<u>5,60</u>	<u>1,19</u>

1) Ks. Taulukko 2a lasiteseokset

2) Alleviivatut lukuarvot keltaisia

Taulukko 6b: Koelasitteiden LPD 1-5 rauta- kalsium ja alumiinioksidin suhteet

LPD ¹⁾	Fe_2O_3	CaO	Al_2O_3
1	1	0,51	1,19
2	1	0,96	1,19
3	1	1,52	1,19
4 ²⁾	<u>1</u>	<u>2,28</u>	<u>1,19</u>
5	<u>1</u>	<u>3,35</u>	<u>1,19</u>

1) Ks. Taulukko 2b lasiteseokset

2) Alleviivatut lukuarvot keltaisia

Taulukko 6c: Koelasitteiden LPW 1-5 rauta-, kalsium- ja alumiinioksidin suhteet

LPW ¹⁾	Fe ₂ O ₃	CaO	Al ₂ O ₃
1	1	0,72	1,19
2	1	0,42	1,19
3 ²⁾	<u>1</u>	<u>2,33</u>	<u>1,19</u>
<u>4</u>	<u>1</u>	<u>3,5</u>	<u>1,19</u>
<u>5</u>	<u>1</u>	<u>5,21</u>	<u>1,19</u>

1) Ks. Taulukko 2c lasiteseokset

2) Alleviivatut lukuarvot keltaisia

Kalsiumoksidin suhdeluvun ylittäessä 2, sen jälkeen rauta-kalsiumsuhteen värimuutos lasiteseoksissa muuttuu ja vaikuttaa keltaisuuden lisääntymiseen (Fritsche 1967).

Rautaoksidin suhteen kalsiumoksidiin ollessa alle 2 niin lasiteseoksien värisävyt ovat ruskeita tai ruskeakeltaisia.

3.5 Stereomikroskooppitutkimus

Koelasitteiden tuloksia on tarkasteltu stereomikroskoopin avulla ja voidaan huomata erilaista kiteytymistä. Lasitesarjan LPW1-5 lasitteet sulavat ja muodostavat parhaimman lasimaisen pinnan verrattuna muihin testattuihin lasitteisiin. Ne muodostavat läpikuultavan lasimaisen kerroksen näytemassan pinnalle ja kiteytyvät vähiten. Mikroskoopilla havaitaan näytemassan ja lasitteiden tartunta-alueella heikkoa kidemuodostelmaa. Vähäiset kidereaktiot osoittavat, että lasite on herkkä lämmönsiirtoreaktiolle. Lähellä massaa on alempi lämpötila kuin lasitekerroksen uloin pinta-alue, joka on kosketuksissa uunin lämpötilaan suoraan.

Lasitteissa LPD 1-5 kiteytymistä tapahtuu pinnassa. Massan ja lasitteen rajapinnassa on erilainen lasifaasi. Kiteet ovat väriltään keltaisia ja vaalentavat lasitteen tummaa yleisvärisävyä. Lasitesarjassa LPL 1-5 muodostuu runsaasti kellertävää kideverkkoa. Kalsiumoksidi pystyy reagoimaan helposti massan tarjoaman piidioksidin kanssa, koska alumiinioksidia on vähän

Taulukko 7: Lasitteiden LPW1 ja LPW2 analyysjä on verrattu Albany slip saven analyysiin

Oksidit	LPW1	LPW2	Albany s
SiO ₂	56,81	56,20	57,6
Al ₂ O ₃	17,42	15,35	14,6
Fe ₂ O ₃	9,29	8,19	5,2
CaO	6,75	11,69	5,8
MgO	3,37	2,97	2,7
K ₂ O	4,34	3,83	3,2
Na ₂ O	2,01	1,77	0,8

3. 6 Tummuusarvomittaukset

Lasitteista mitattiin LPL sarjasta muutamia esimerkkejä värimittarilla, Minolta Croma Meter CR- 200 (1991). Mittarin Lightness arvon ollessa 100 on väri sävyltään valkoinen. Finn slipistä mitatut tummuusarvot ovat (Lightness) 45,93 ja 39,81 välillä. Albany slipistä samassa lämpötilassa 1250⁰C on mitatut tummuusarvot 31,92 ja 39,26 välillä. Käyrät kuvassa 1 osoittavat kolmen eri kerrosvahvuuden värisävyyn muutokset. Koska LPL 1-5 koelasitesarja sisältää suurimman määrän kalsiumoksidia RO- ryhmästä on tätä sarjaa käytetty testimittauksessa. Lasitteen LPL1:n eri kerroksien Lightness – arvojen (L – arvo, valkoisuus arvo) keskiarvo on 36,2. Lasitteen LPL2 L-arvon keskiarvo on 43,75. Lasitteen LPL 3 L-arvojen keskiarvo on 47,74. Lasitteen LPL4:n L-arvojen keskiarvo on 45,04 ja lasitteen LPL5:n L-arvojen keskiarvo on 43,05, mikä on lähellä LPL2- lasitteiden tummuusarvoa. Tästä voi päätellä, että keltaisin ja lasituksen vaalein väri on LPL3 lasituksella. Jatkuvasta kalkin lisäyksestä lasite kasaantuu ja muodostaa sulaessaan perinteisen mustan Temmoku lasitteen värisävyyn.



Värimittari Minolta Croma Meter CR- 200 (Taideteollinen korkeakoulu 1991)

4 Johtopäätökset

Lasitesarjoista on valittu lasitteet LPW1 ja 2, joiden analyysijä on verrattu Albany slip-saven analyysiin. Poikkeavat erot ovat piidioksidin ja alumiinioksidin määrässä sekä kalsium- ja rautaoksidin määrissä. Edellä mainituilla oksideilla on myös vaikutusta slip-lasitteen pinnan sulamiseen ja tasoittumiseen sekä värisävyyteen.

Finn slip savea sovellettaessa slip- lasitteeksi yhtenä raaka-aineena tulee käyttää wollastoniittia, mikä tuottaa seokseen piidioksidia ja kalsiumoksidia. Piidioksidin riittävän suurella määrällä (Albany slip savi analyysissä SiO₂ 57,6 %) on merkitystä lasituksen tummaan värisävyyteen. Kalkkipitoista wollastoniittia ei voi käyttää koko lisäyksen tarvetta, vaan on käytettävä osa puhdasta kvartsia. Albany slip savea vastaavien uusien suhdelukujen tulisi olla 80 % Finn slip savea, 10 % wollastoniittia ja 10 % kvartsia.

Lasitesarjan LPD lasituksien 1-5 värisävyt muuttuvat Finn slipin ja Albany slipin kaltaisesta tummasta sävystä LPD 5:n vaaleaan sävyyn, mikä on vaaleiden kiteiden peittämä.

Lasitesarjan LPW1-5 värisävyt muuttuvat tummasta Temmoku mustasta (LPW2, lämpötila 1300°C) läpikuultavaan vaalean ruskeaan värisävyyteen.

Lasitesarjan LPL1-5 värisävyt ovat ruskeita ja keltaruskeita.

Lasitteiden LPD4, LPW3 ja LPL3 keltaiset värisävyt vastaavat sävyltään toisiaan.

Lähteet

COOPER, EMMANUEL ROYLE, DEREK 1984: Glazes for the Studio Potter. Batsford Ltd. London. England.

FRITSCH, J. 1967: Brennfärbungen im Dreistoffdiagramm Kalk-Tonerde-Eisenoxid, Sprechsaal für Keramik, Glas, Email, Silikate. 100 Jahrg. 687-695.

KOREANA 1991, A Quarterly on Korean culture Vol.5 No. 3 International Cultural Society of Korea, 526, 5-ga Namdaemunno, Chung-gu, Seoul, Korea.

NELSON, GLENN C. 1966: Ceramics, A Potter's Handbook. University of Minnesota. Duluth. Holt, Rinehart and Winston, Inc. USA.

ROWAN, GERALD 1988: Synthetic Albany Slip, Journal: Ceramics Monthly, 36 (8) 49

SALMENHAARA, KYLLIKKI 1974: Keramiikka, Massat Lasitteet Työtävät. Otava. Keuruu.

SMYSER, MICHAEL 1988: An Albany Substitute, Journal: Ceramics Monthly, 36 (8) 49. USA.

TICHANE, ROBERT 1978: Those Celadon Blues. The New York State Institute for Glaze Research, New York. USA.

ZAKIN RICHARD 1981: Electric Kiln Ceramics, A Potter's Guide to Clays and Glazes. Chilton Book Company. Radnor, Pennsylvania and Don Mills, Ontario. Canada.

Julkaisemattomat lähteet

HELOVUO (nyk HORTLING), AIRI 1969: Rautaoksidin vaikutus massoihin ja lasituksiin. Taideteollisen oppilaitoksen keramiikkataiteen osaston tutkimustyö. Säilytteillä Taideteollinen Korkeakoulu, keramiikan oppilastöiden arkisto Helsinki.

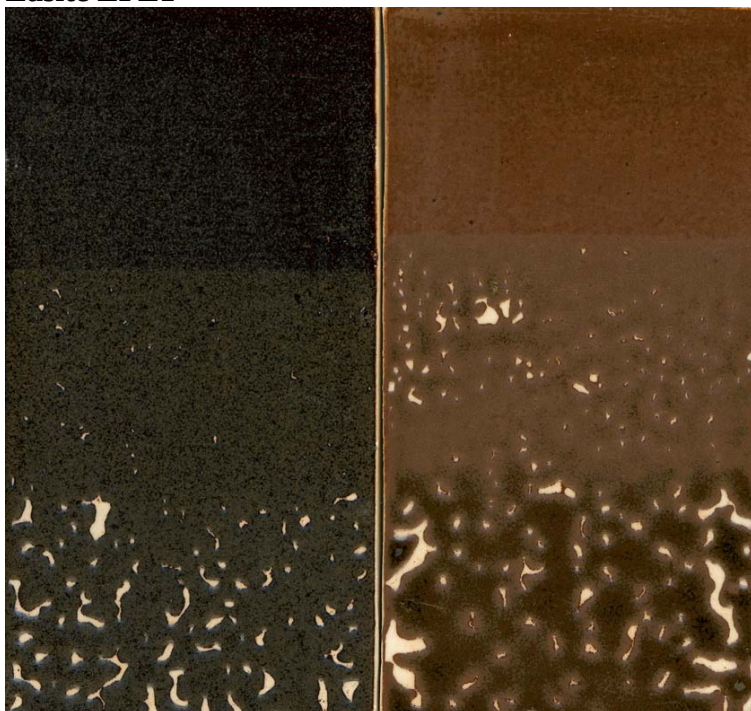
HORTLING, AIRI 1992: Albany Slip. Keramiikan raaka-aineet, oppimateriaali. Taideteollinen korkeakoulu. Helsinki

SALMENHAARA, KYLLIKKI 1968: Savet ja lasitteet, Tutkimustyö. Säilytteillä Taideteollinen korkeakoulu. Salmenhaara-arkisto. Helsinki

SALMENHAARA, KYLLIKKI 1964: Albany slip Clay- tilauskuitti, 1 päivä marraskuuta 1964. The POTTERY SUPPLY HOUSE Ltd, P.O.BOX 1922- 844-9826 Oakville - Ontario. Säilytteillä Taideteollinen korkeakoulu. Salmenhaara-arkisto. Helsinki.

Kuvat lasitteista eri poltoissa

Lasite LPL1



Kuva 1. LPL1 lasite (punasavi ja liitu) hapettava poltto 1250°C haudutus 10 min ja 1300°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa, kuroutunut alue.

LPL1 lasiteseos: Punasavi 90 % ja liitu 10 %. Polttotulos

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPL1	pelk. 1240	tum pun.rusk.	matta	ohut
	hap. 1250	musta.rusk	himmeä	ohut
	hap. 1300	ruskea	himmeä	paksu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

LPL1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

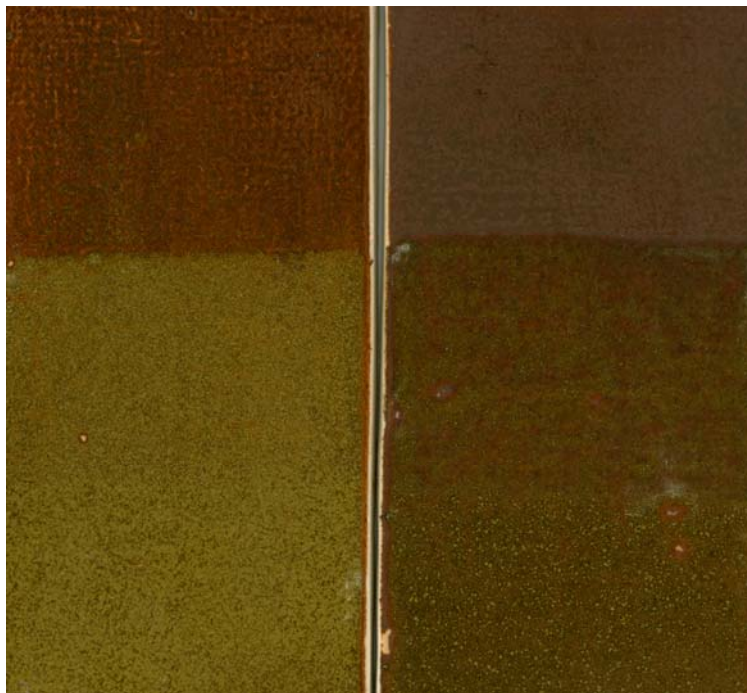
Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPL1	2,40	0,48	0,16	0,38	0,24	0,13	0,09
LPL2	1,74	0,35	0,12	0,55	0,17	0,09	0,07
LPL3	1,29	0,26	0,09	0,67	0,13	0,07	0,05
LPL4	0,96	0,19	0,06	0,75	0,09	0,05	0,04
LPL5	0,70	0,13	0,05	0,82	0,07	0,04	0,03

*Merkitty RO ryhmä

Empiirisessä kaavassa on sekä piidioksidia että alumiinioksidia enemmän kuin muissa LPL1-5 lasitteissa. Ne, yhdessä RO- ryhmän sulattajien, kanssa muodostavat hyvän

lasitepinnan. Lasite sulaa tasaiseksi ohuena kerroksena 1280-1300°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. RO- ryhmän oksideista lasitteissa LPL1-5 rauta- ja magnesiumoksidia on eniten ja ne vaativat korkean polttolämpötilan.

Lasite LPL2



Kuva 2. LPL2 lasite on poltettu hapettavassa polttoatmosfäärissä sähköuunissa 1250°C ja haudutus 10 min ja 1300°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasite muuttaa väriä ruskeasta keltaiseen (paksuin alin kerros).

LPL2 lasiteseos: Punasavi 80 % ja liitu 20 %. Polttotulos

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPL2	pelk. 1250	tum.rusk./kelt.vihr	matta	ohut/ paksu
	hap. 1250	pun.rusk./kelt.rusk	himmeä	ohut/paksu
	hap. 1300	ruskea	himmeä	ohut/paksu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

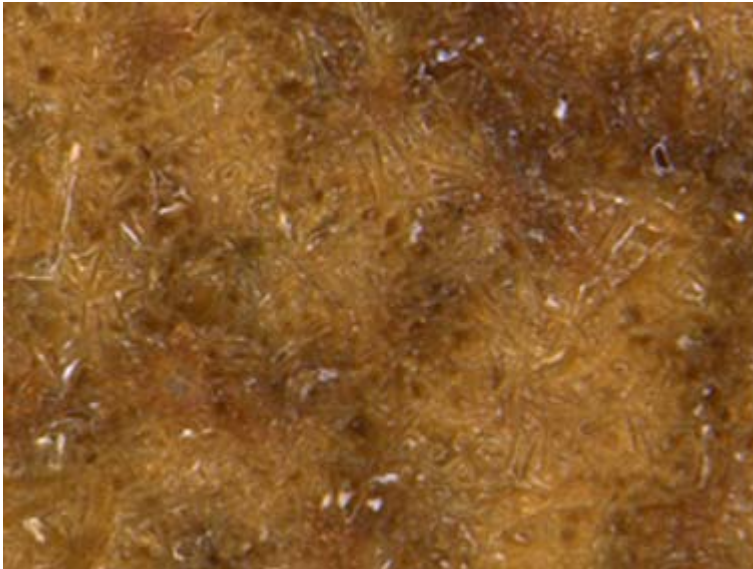
2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

LPL1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

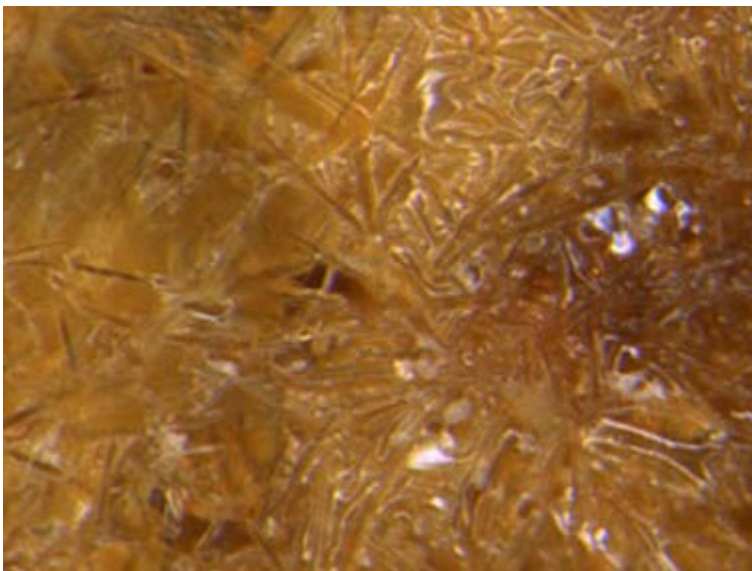
Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPL1	2,40	0,48	0,16	0,38	0,24	0,13	0,09
LPL2	1,74	0,35	0,12	0,55	0,17	0,09	0,07
LPL3	1,29	0,26	0,09	0,67	0,13	0,07	0,05
LPL4	0,96	0,19	0,06	0,75	0,09	0,05	0,04
LPL5	0,70	0,13	0,05	0,82	0,07	0,04	0,03

*Merkitty RO ryhmä

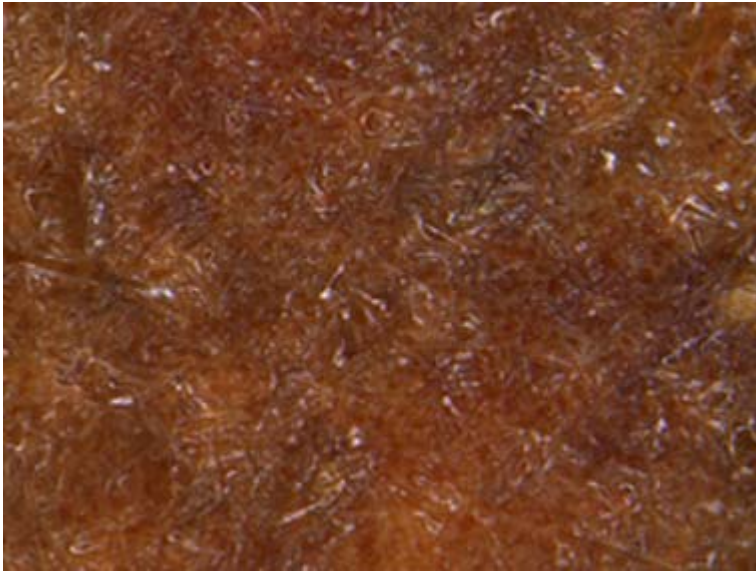
Empiirisessä kaavassa on sekä piidioksidin että alumiinioksidin määrät vähenevät suhteessa edelliseen LPL1 lasitteeseen. Ne, yhdessä RO- ryhmän sulattajien, kanssa muodostavat hyvän lasitepinnan. Lasite sulaa tasaiseksi ohuena kerroksena 1200-1250°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. RO- ryhmän oksideista kalsiumoksidin (CaO) vaikutus lisääntyy. Se yhdessä rautaoksidin kanssa lisää keltaisien pienten kiteiden muodostusta.



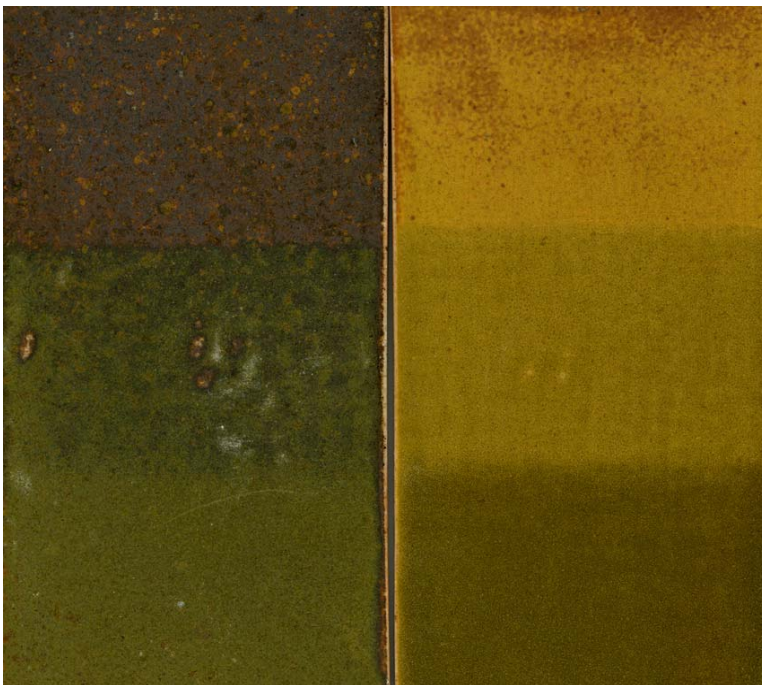
Kuva 2a. LPL2
mikroskooppikuvan suurennus
40. Sähköuuni poltto 1250°C
10 min haudutus. Lasitteen
vahvuus on kolme kertaa.



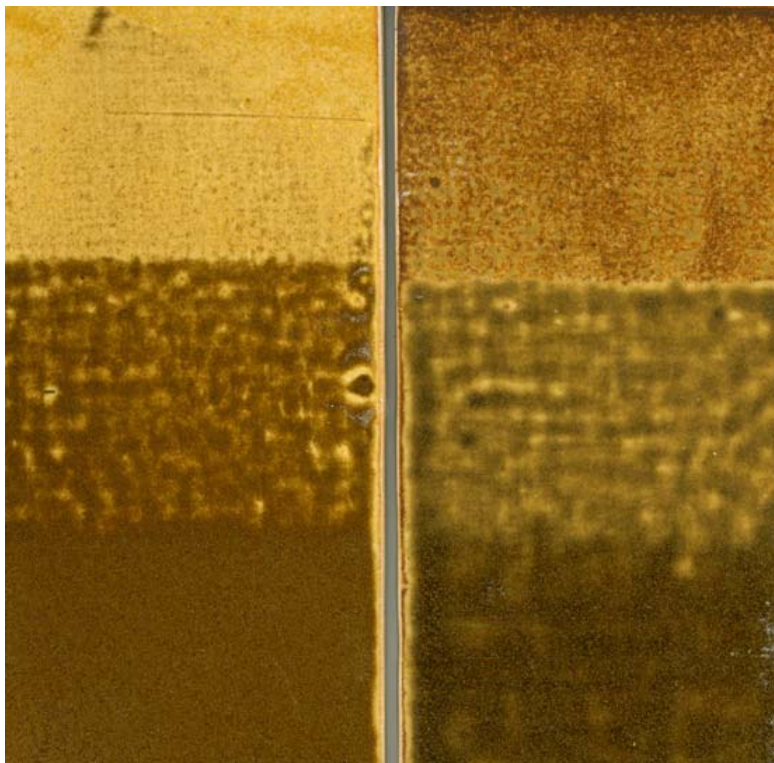
Kuva 2b. LPL2
mikroskooppikuvan suurennus
100. Sähköuuni poltto 1250°C
10 min haudutus. Lasitteen
vahvuus on kolme kertaa.



Kuva 2c. LPL2
mikroskooppikuvan suurennus
40. Sähköuuni poltto 1300°C.
Lasitteen vahvuus on kolme
kertaa.



Kuva 3. LPL2 lasite. Näytteet on poltettu pelkistävässä poltossa kaasu- (vas.) ja puu-
uunissa 1260°C ja 1300°C. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja
alinna kolme kertaa, kuroutunut alue. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden
mukaan. Kiteitä muodostuu lasitteen pintaan, jotka tiheänä kerrostumana vaikuttavat
keltavihreältä lasitepinnalta.

Lasite LPL3

Kuva 4. LPL3 lasite on poltettu hapettavassa polttoatmosfäärissä sähköuunissa 1250°C ja haudutus 10 min ja 1300°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasite muuttaa väriä ruskeasta keltaiseen (paksuin alin kerros).

LPL3 lasiteseos, Punasavi 70% ja liitu 30%. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPL3	pelk., 1240	kelt./vihr.kelt.	matta	ohut /paksu
	hap., 1250	kelt./kelt rusk.	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1300	orans./vihr.kelt.	himmeä	ohut/paksu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

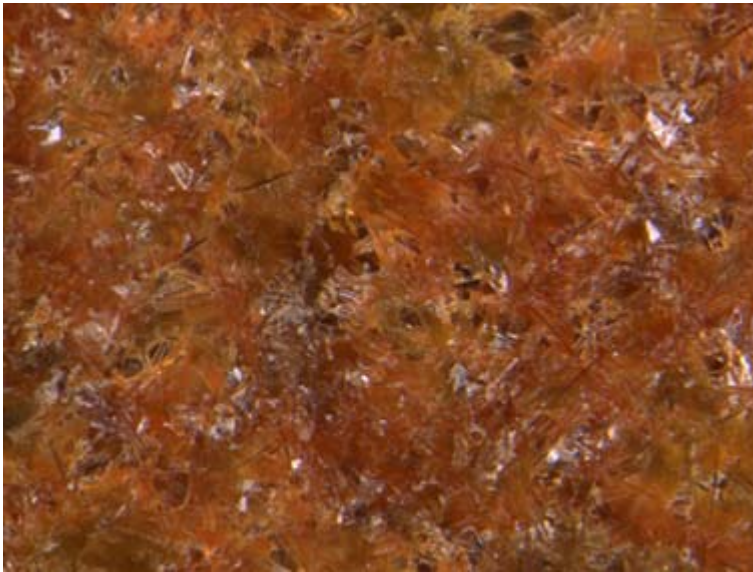
2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

LPL 1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

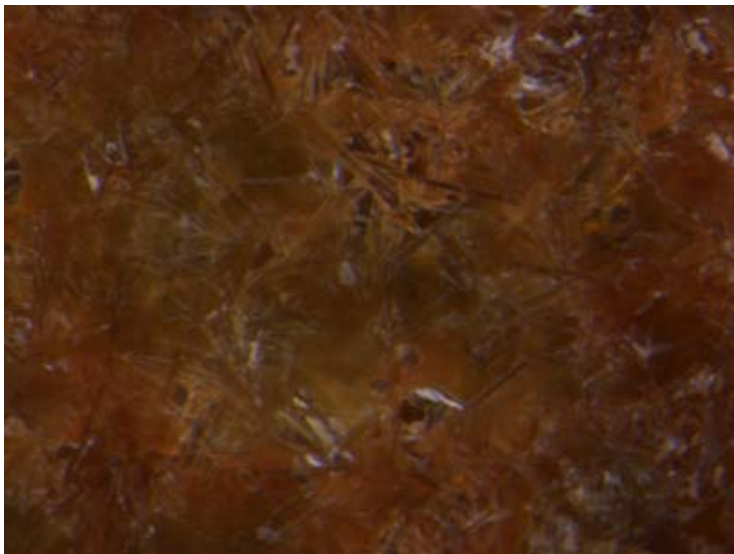
Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPL1	2,40	0,48	0,16	0,38	0,24	0,13	0,09
LPL2	1,74	0,35	0,12	0,55	0,17	0,09	0,07
LPL3	1,29	0,26	0,09	0,67	0,13	0,07	0,05
LPL4	0,96	0,19	0,06	0,75	0,09	0,05	0,04
LPL5	0,70	0,13	0,05	0,82	0,07	0,04	0,03

*Merkitty RO ryhmä

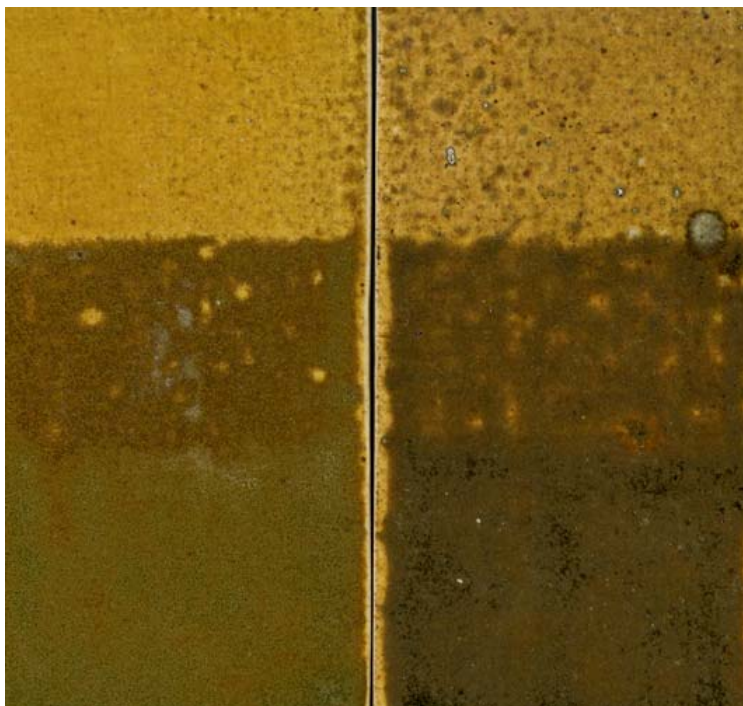
Lasitteiden LPL1-5 empiirisissä kaavoissa sekä piidioksidin että alumiinioksidin määrät vähenevät suhteessa edelliseen. Lasitteessa LPL3 on riittävästi piidioksidia suhteessa alumiinioksidiin, jotta syntyy hyvä lasitepinta RO- ryhmän sulattajilla. Lasite sulaa tasaiseksi ohuena kerroksena 1200-1250°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. RO- ryhmän oksideista kalsiumoksidin (CaO) määrä kasvaa ja sen vaikutus lisääntyy kiteiden muodostajana, joka näky himmeänä pintana. Se yhdessä rautaoksidin kanssa lisää keltaisten kiteiden muodostusta.



Kuva 4a. LPL3
mikroskooppikuvan suurennus
40. Näyte on poltettu
sähköuunissa 1250°C.
Lasitteen vahvuus on kaksi
kertaa.



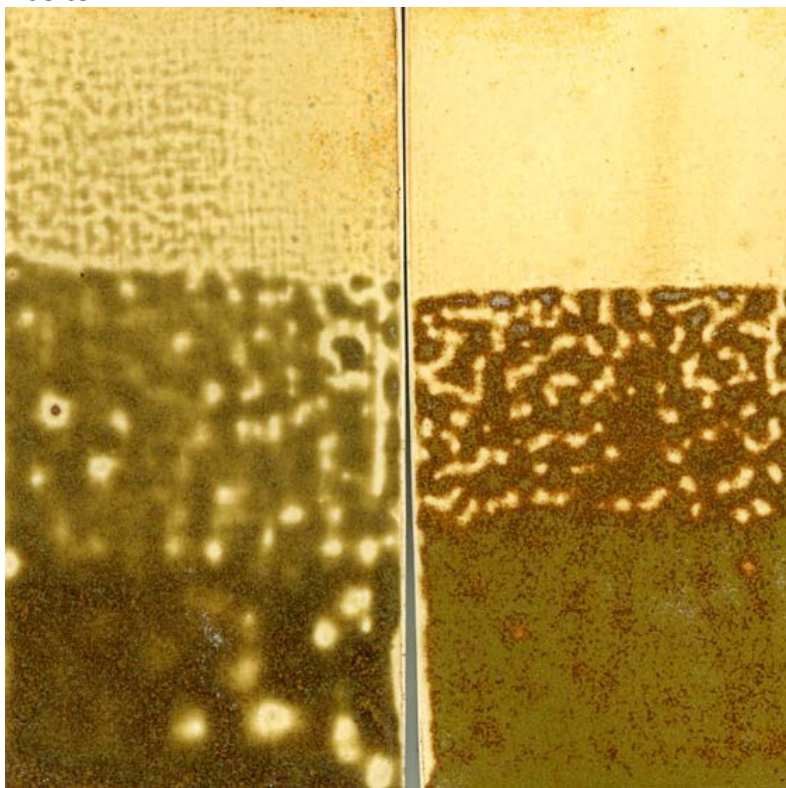
Kuva 4b. LPL3
mikroskooppikuvan suurennus
80. Näyte on poltettu
sähköuunissa 1250°C.
Lasitteen vahvuus on kolme
kertaa.



Kuva 5. LPL3 pelkistävä poltto puu-uunissa 1250°C ja 1300°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa, kuroutunut alue. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan.



Kuva 5a. LPL3 mikroskooppikuvan suurennus 40. Pelkistävä poltto puu-uunissa 1250°C. Lasitteen vahvuus on kaksi kertaa.

Lasite LPL4

Kuva 6. LPL4 sähköuuni poltto 1250°C 10 min haudutus ja 1300°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan.

LPL4 lasiteseos: Punasavi 60 % ja liitu 40 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPL4	pelk., 1240	rusk./rusk.vihr	matta	ohut/kuroutuu
	hap., 1250	vaal.kelt./kelt.rusk	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1300	vaal.kelt./vihr.kelt.	himmeä	ohut/kuroutuu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

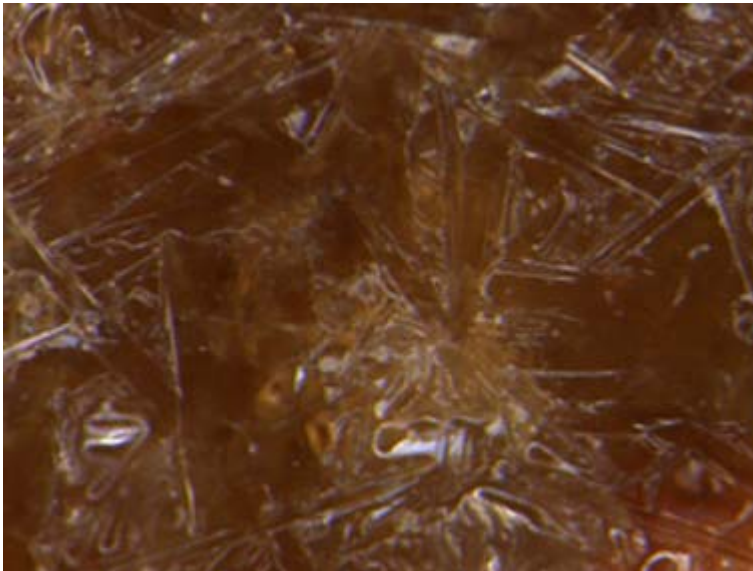
2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

LPL 1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

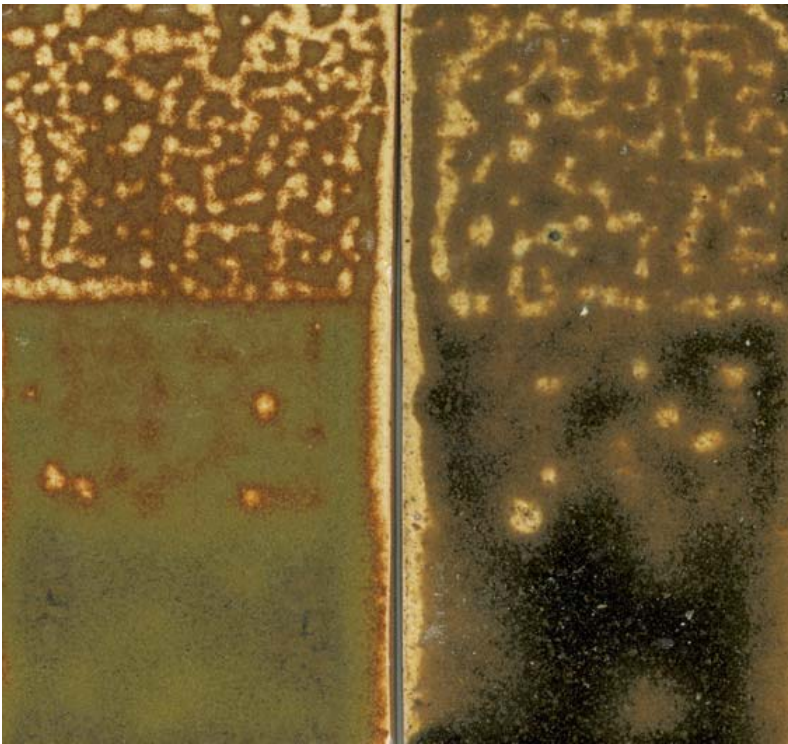
Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPL1	2,40	0,48	0,16	0,38	0,24	0,13	0,09
LPL2	1,74	0,35	0,12	0,55	0,17	0,09	0,07
LPL3	1,29	0,26	0,09	0,67	0,13	0,07	0,05
LPL4	0,96	0,19	0,06	0,75	0,09	0,05	0,04
LPL5	0,70	0,13	0,05	0,82	0,07	0,04	0,03

*Merkitty RO ryhmä

Lasitteiden LPL1-5 empiirisissä kaavoissa sekä piidioksidin että alumiinioksidin määrät vähenevät suhteessa edelliseen. Lasitteessa LPL4 jää piidioksidin määrä alle yhden. Se näkyy lasitteen kuroutumisena paksuna kerroksena. Lasite sulaa tasaiseksi ohuena kerroksena 1200-1250°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. RO- ryhmän oksideista kalsiumoksidin (CaO) määrä kasvaa ja se lisää kiteiden muodostumista, joka näkyy himmeänä pintana. Se yhdessä rautaoksidin kanssa lisää keltaisten kiteiden muodostusta. CaO reagoi myös massan pinnan kanssa. Himmeän keltaisen kidepinnan alla on sulanut punaruskea lasitekerros.



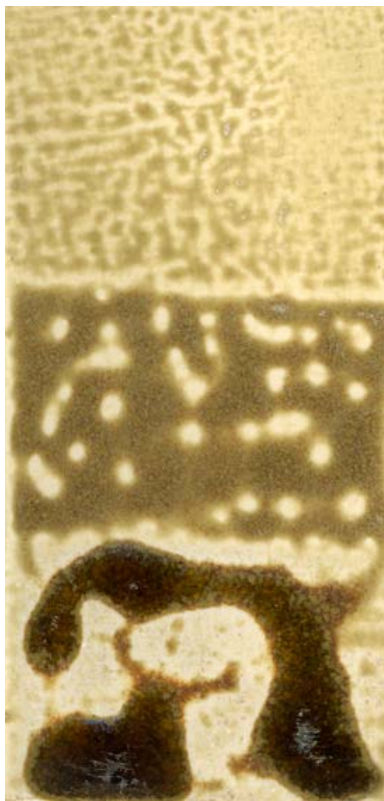
Kuva 6a. LPL4
mikroskooppikuvan suurennus
80. Sähköuuni poltto 1250°C
10 min haudutus. Lasitteen
vahvuus on kolme kertaa.



Kuva 7. LPL4 pelkistävä poltto puu-uunissa 1250°C ja 1300°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan.



Kuva 7a. LPL4 mikroskooppikuvan suurennus 40. Pelkistävä poltto puu-uunissa 1250°C. Lasitteen vahvuus on yksi kerta.

Lasite LPL5

Kuva 8. LPL5 sähköuuni poltto 1300°C. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan.

LPL5 lasiteseos: Punasavi 50 % ja liitu 50 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPL5	pelk., 1240	orans.rusk./orans.vihr	matta	kuroutuu
	hap., 1250	oranssi./kelt.orans	himmeä	kuroutuu
	hap., 1300	vaal.kelt/kelt.rusk	himmeä	kuroutuu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

LPL1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPL1	2,40	0,48	0,16	0,38	0,24	0,13	0,09
LPL2	1,74	0,35	0,12	0,55	0,17	0,09	0,07
LPL3	1,29	0,26	0,09	0,67	0,13	0,07	0,05
LPL4	0,96	0,19	0,06	0,75	0,09	0,05	0,04
LPL5	0,70	0,13	0,05	0,82	0,07	0,04	0,03

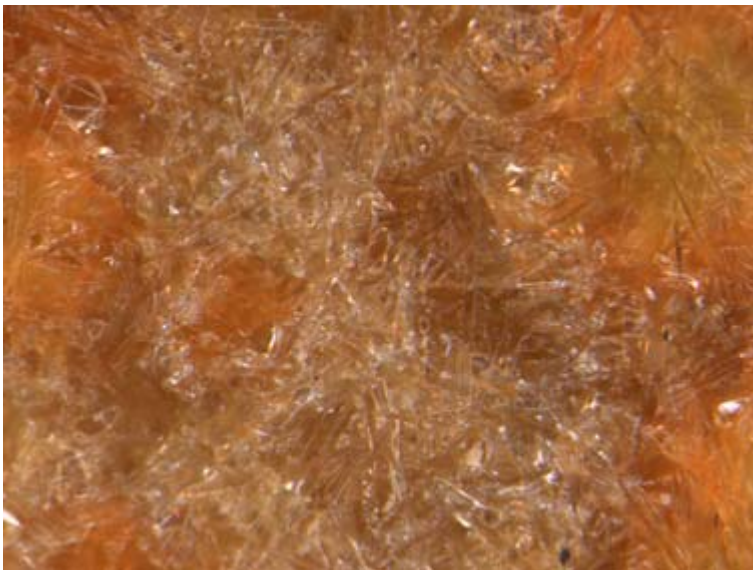
*Merkitty RO ryhmä

Lasitteiden LPL1-5 empiirisissä kaavoissa sekä piidioksidin että alumiinioksidin määrät vähenevät suhteessa edelliseen. Lasitteessa LPL5 jää piidioksidin määrä liian pieneksi suhteessa alumiinioksidin määrään. Se näkyy lasitteen kuroutumisena. Raaka-aineseos

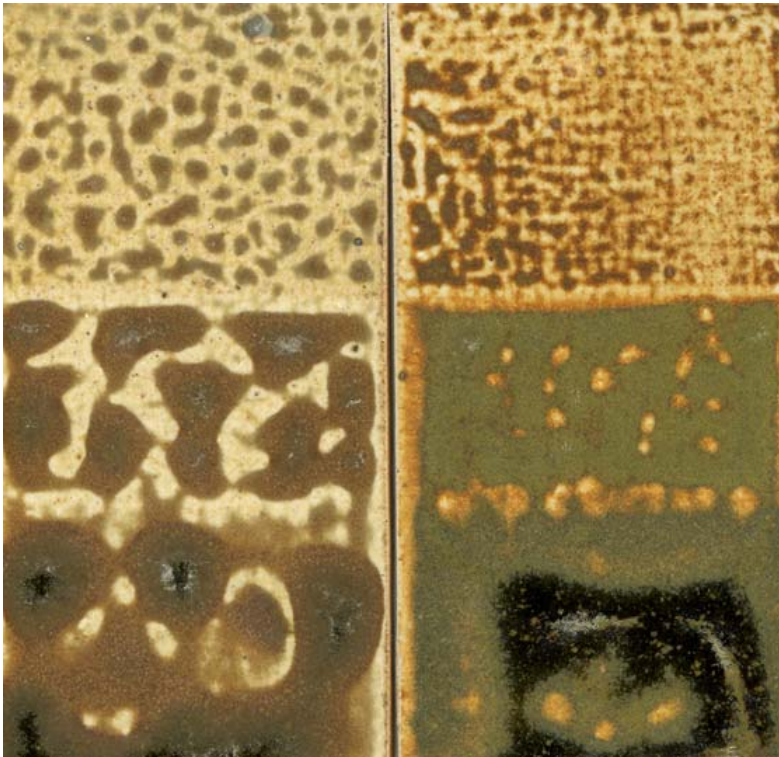
punasavi 50 % ja liitu 50 % ei sula tasaiseksi kerrokseksi vaan kasaantuu 1240-1300° poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa. RO- ryhmässä kalsiumoksidi vaikuttaa sulattajana. Rautaoksidin määrä on pienentynyt ja lasite on vaalean kellertävä. Tällaisia pintoja voi kokeilla värillisten engobien kanssa.



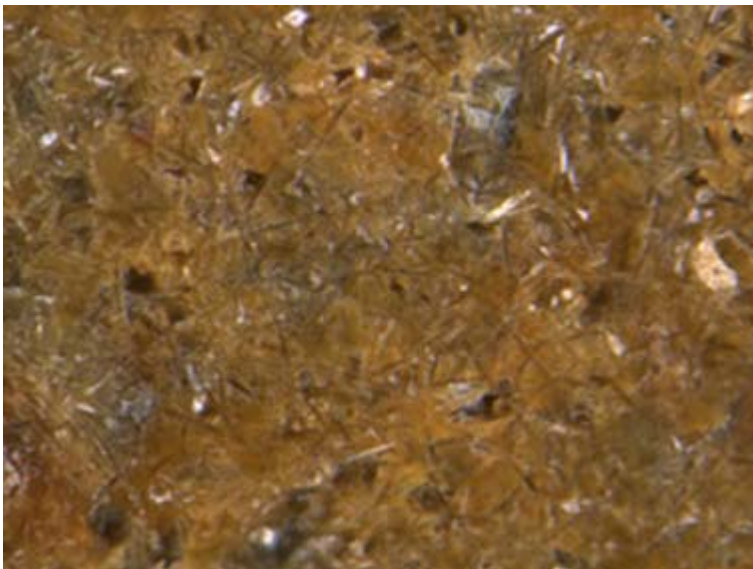
Kuva 8a. LPL5.
mikroskooppikuvan suurennus
11.2. Sähköuuni poltto
1300°C. Lasitteen vahvuus on
kaksi kertaa.



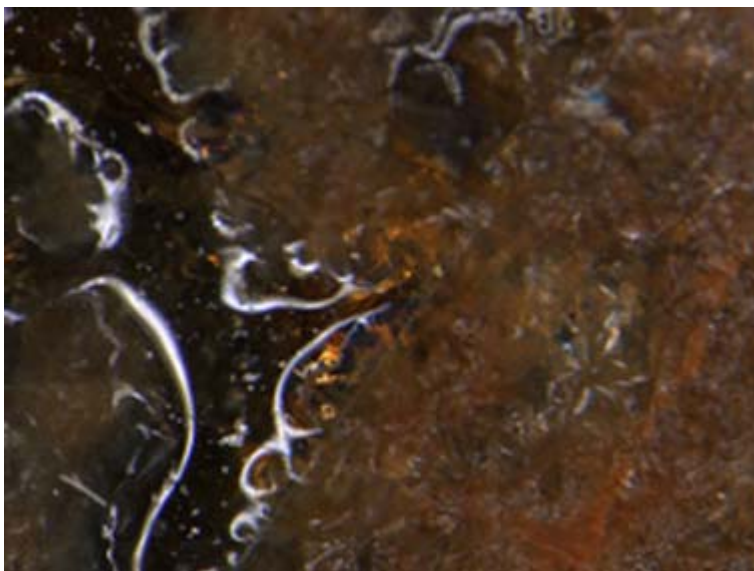
Kuva 8b. LPL5
mikroskooppikuvan suurennus
40. Sähköuuni poltto 1300°C.
Lasitteen vahvuus on kaksi
kertaa.



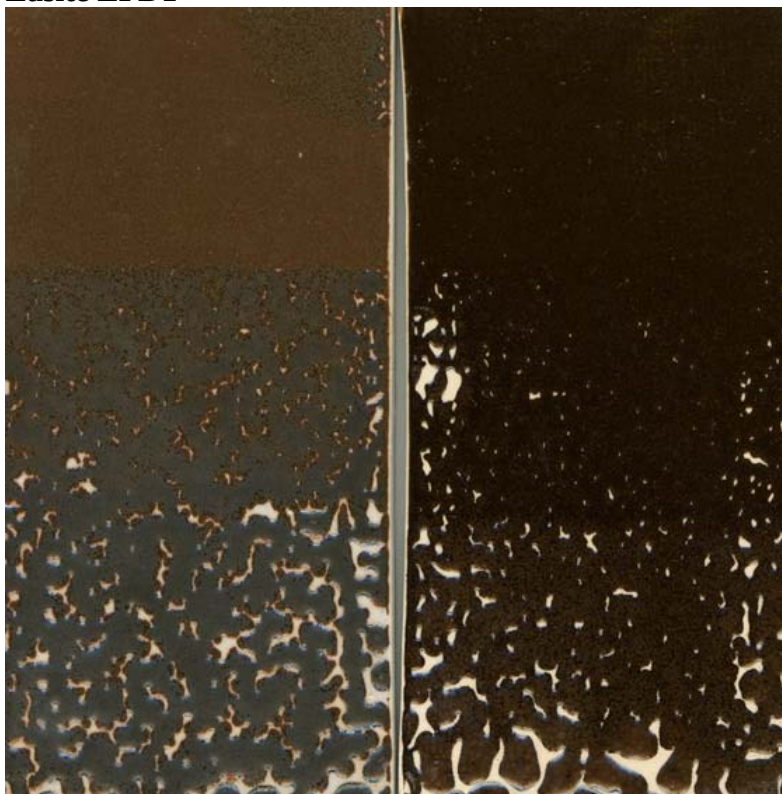
Kuva 9. LPL5 pelkistävä poltto puu-uunissa 1250°C ja 1300°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa, kuroutunut alue. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan.



Kuva 9a. LPL5 mikroskooppikuvan suurennus 40. Pelkistävä poltto puu-uunissa 1250°C. Lasitteen vahvuus on kaksi kertaa.



Kuva 9b. LPL5
mikroskooppikuvan
suurennus 40. Pelkistävä
poltto puu-uunissa 1250°C.
Lasitteen vahvuus on kolme
kertaa.

Lasite LPD1

Kuva 10. LPD1 lasite (punasavi ja dolomiitti) hapettava poltto 1250°C haudutus 10 min ja 1300°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa, kuroutunut alue.

LPD1 lasiteseos: Punasavi 90 % ja dolomiitti 10 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPD1	pelk., 1240	pun.rusk.	matta	ohut /kuroutuu
	hap., 1250	musta.rusk	kiiltävä	ohut/kuroutuu
	hap., 1300	tumm.ruskea	kiiltävä	ohut/kuroutuu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

LPD1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

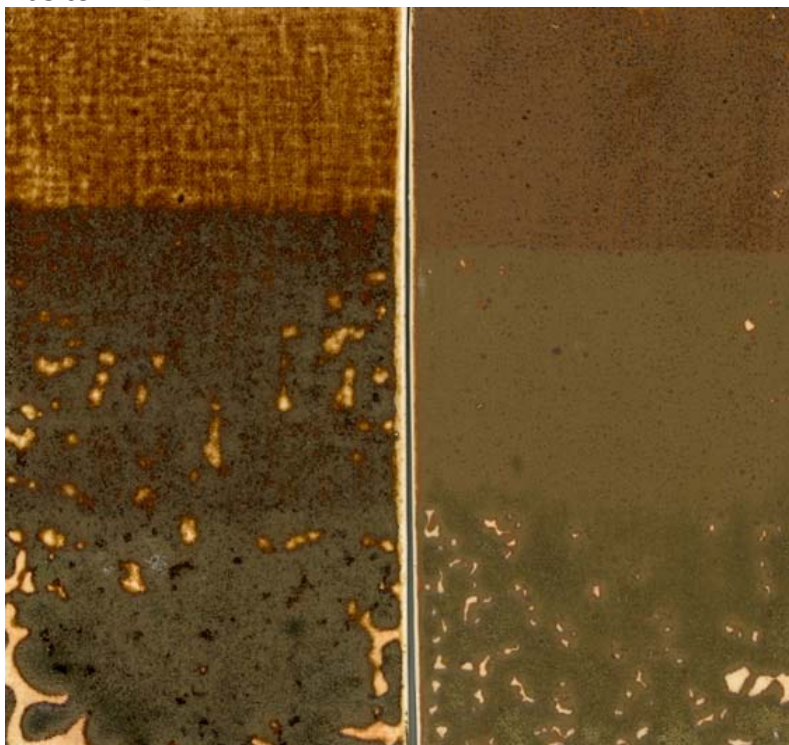
Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPD1	2,34	0,47	0,16	0,24	0,39	0,13	0,09
LPD2	1,67	0,33	0,11	0,31	0,42	0,09	0,06
LPD3	1,22	0,24	0,08	0,36	0,44	0,07	0,05
LPD4	0,90	0,18	0,06	0,40	0,46	0,05	0,03
LPD5	0,66	0,13	0,04	0,43	0,47	0,04	0,02

*Merkitty RO ryhmä

Dolomiitista saadaan sekä kalsium- että magnesiumoksidia lasitteeseen. Empiirisessä kaavassa LPD1 on sekä piidioksidia että alumiinioksidia enemmän kuin muissa LPD1-5 lasitteissa. RO- ryhmässä sulattavina oksideina vaikuttavat kalsiumoksidi (CaO) ja

magnesiumoksidi (MgO). Ne vaativat korkean polttolämpötilan kyetäkseen sulattamaan lasitetta. Näytteen lasitepinta sulaa tasaiseksi ohuena kerroksena 1280-1300°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. Paksu lasitekerros ei sula ja kykene tasaantumaan.

Lasite LPD2



Kuva 11. LPD2 hapettava poltto 1250°C haudutus 10 min ja 1300°C. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa, kuroutunut alue. Lasite muuttaa väriä ruskeasta keltaiseen (paksuin kerros)

LPD2 lasiteseos: Punasavi 80 % ja dolomiitti 20 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPD2	pelk., 1240	ruskea	matta	ohut/kuroutuu
	hap., 1250	ruskea	himmeä	-
	hap., 1300	rusk.kelt.	himmeä	ohut/kuroutuu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

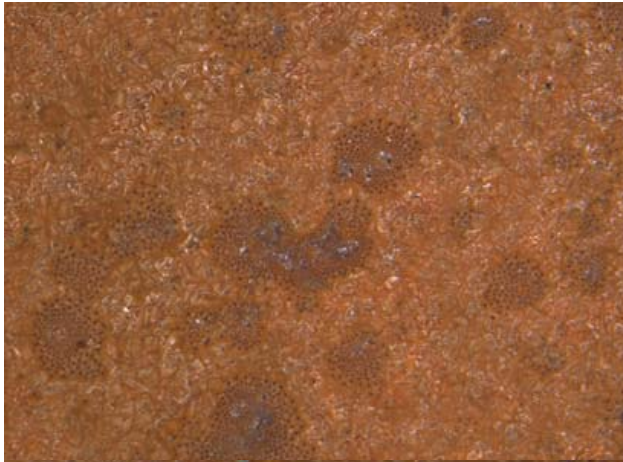
2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

LPD1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPD1	2,34	0,47	0,16	0,24	0,39	0,13	0,09
LPD2	1,67	0,33	0,11	0,31	0,42	0,09	0,06
LPD3	1,22	0,24	0,08	0,36	0,44	0,07	0,05
LPD4	0,90	0,18	0,06	0,40	0,46	0,05	0,03
LPD5	0,66	0,13	0,04	0,43	0,47	0,04	0,02

*Merkitty RO ryhmä

Empiirisissä kaavoissa lasitteissa LPD1-5 sekä piidioksidi että alumiinioksidi vähentyvät ja vastaavasti RO- ryhmässä kalsium- ja magnesiumoksidien määrät sekä vaikutus sulattajina lisääntyvät. Ne vaativat korkean polttolämpötilan kyetäkseen toimimaan sulattajina. Kalsiumoksidi muodostaa rautaoksidin kanssa keltaisia värissävyjä ja magnesiumoksidin kanssa punaruskeita ja vihertävän ruskeita sävyjä. Näytteen lasitepinta sulaa tasaiseksi ohuena kerroksena 1280-1300°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. Paksu lasitekerros ei sula ja kykene tasaantumaan.



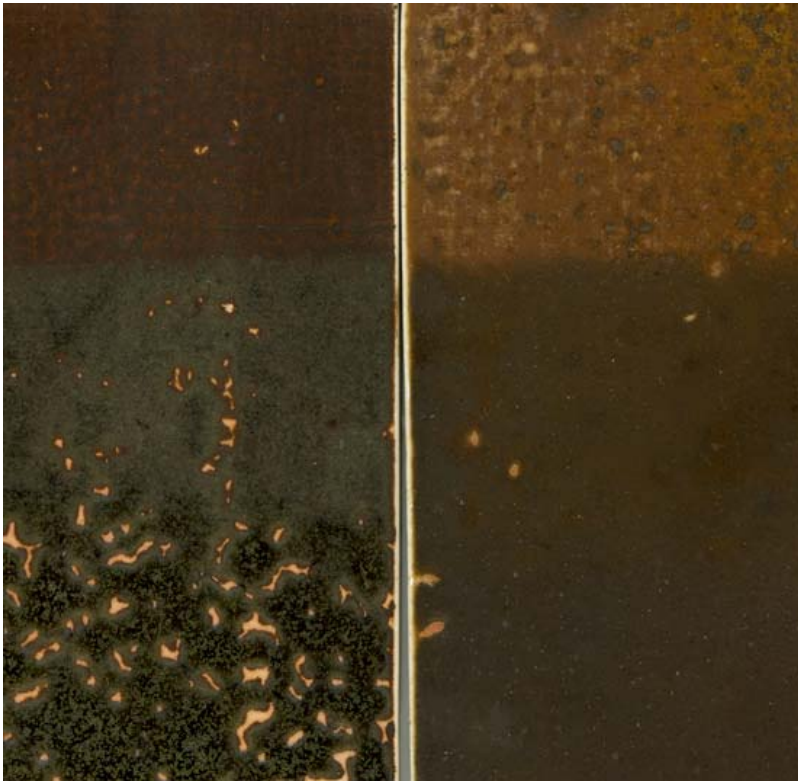
Kuva 11a. LPD2
mikroskooppikuvan suurennus 20.
Sähköuuni poltto 1250°C 10 min
haudutus. Lasitteen vahvuus on
kaksi kertaa.



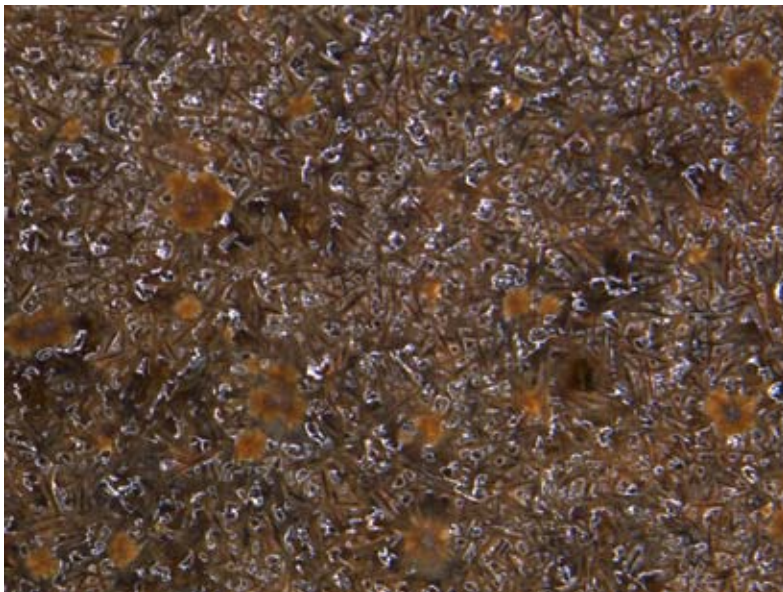
Kuva 11b. LPD2
mikroskooppikuvan suurennus 40.
Sähköuuni poltto 1250°C 10 min
haudutus. Lasitteen vahvuus on
kolme kertaa.



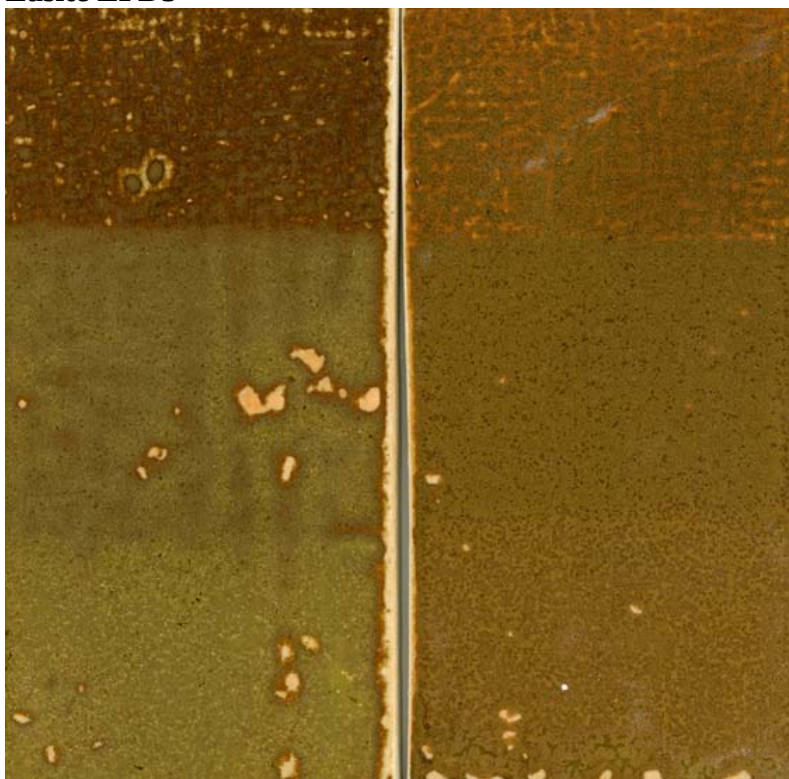
Kuva 11c. LPD2
mikroskooppikuvan suurennus 11.2.
Sähköuuni poltto 1300°C. Lasitteen
vahvuus on kaksi kertaa.



Kuva 12. LPD2 lasite. Näytteet on poltettu pelkistävässä poltossa kaas- (vas.) ja puu-uunissa 1260°C ja 1300°C. Lasitteen vahvuudet ovat, ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Kaasu-poltossa on syntynyt kuroutunut alue. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan.



Kuva 12a. LPD2 lasite mikroskooppikuvan suurennus 20. Pelkistävä poltto puu-uunissa 1250°C. Lasitteen vahvuus on kaksi kertaa. Lasitteen vahvuus on kaksi kertaa.

Lasite LPD3

Kuva 13. Lasite LPD3 on poltettu sähköuunissa 1250°C haudutus 10 min ja 1300°C. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasite muuttaa väriä ruskeasta keltaiseen (paksuin kerros).

LPD3 lasiteseos: Punasavi 70 % ja dolomiitti 30 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPD3	pelk., 1240	rusk./vihr.rusk.	matta	ohut /paksu
	hap., 1250	rusk.orans./ rusk.	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1300	rusk./kelt.rusk.	himmeä	ohut/paksu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

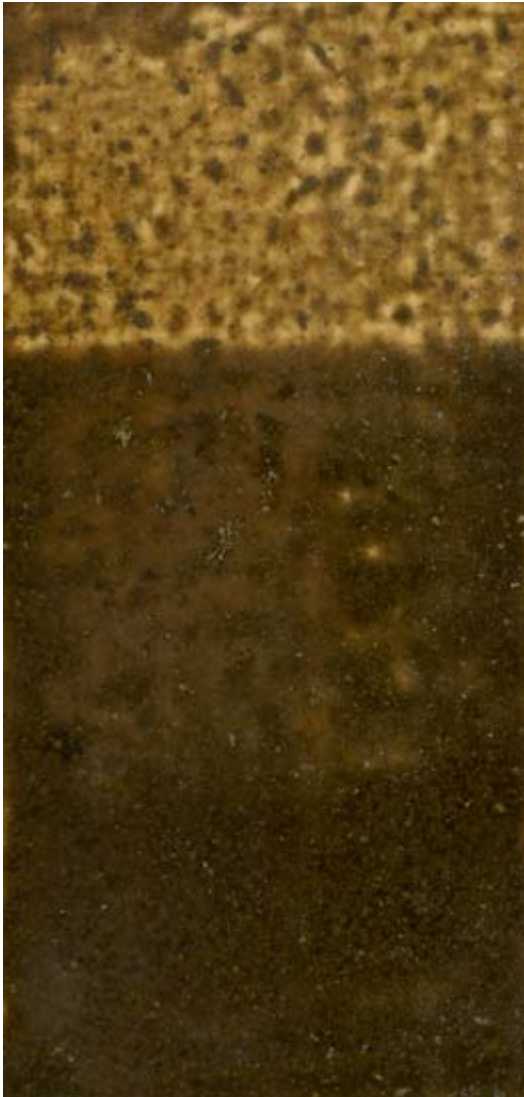
LPD1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPD1	2,34	0,47	0,16	0,24	0,39	0,13	0,09
LPD2	1,67	0,33	0,11	0,31	0,42	0,09	0,06
LPD3	1,22	0,24	0,08	0,36	0,44	0,07	0,05
LPD4	0,90	0,18	0,06	0,40	0,46	0,05	0,03
LPD5	0,66	0,13	0,04	0,43	0,47	0,04	0,02

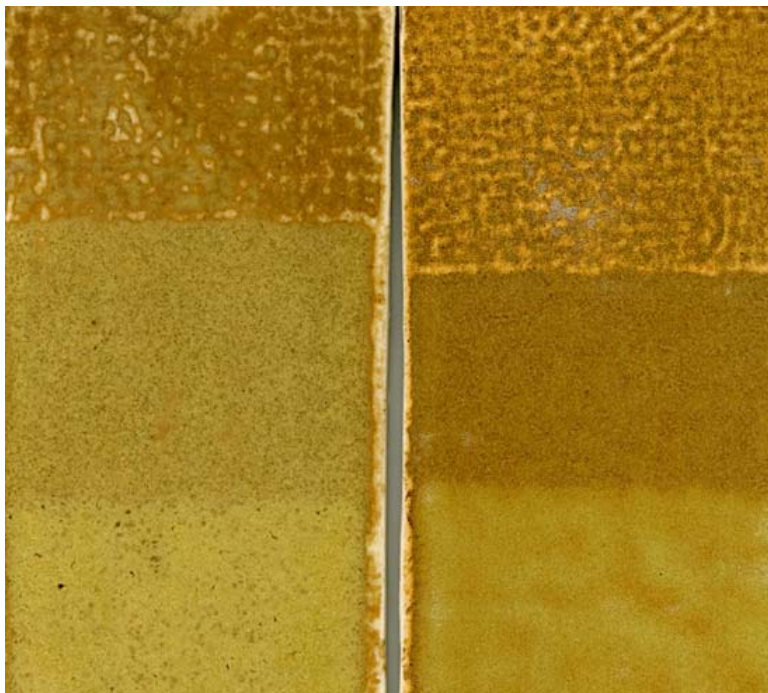
*Merkitty RO ryhmä

Lasitteen LPD3 empiirisen kaavan RO- ryhmässä kalsium- ja magnesiumoksidien määrät lisääntyvät ja vaikuttavat sulattajina piidioksidin ja alumiinioksidin vähentyessä.

Kalsiumoksidi muodostaa rautaoksidin kanssa keltaisia värisävyjä, pieniä kiteitä ja magnesiumoksidin kanssa punaruskeita ja vihertävän ruskeita sävyjä. Näytteen lasitepinta ei ole tasaisesti lasimainen ja sillä on korkea viskositeetti. Se sulaa tasaiseksi eri vahvuuksina 1280-1300°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa.



Kuva 14. LPD3 pelkistävä poltto puu-uunissa 1260°C. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen vahvuuden mukaan. Puu-uunissa lentävä tuhka laskeutuu lasitteen pinnalle ja lisää lasitteen paksuutta ja läpikuultavuutta. Rautaoksidi pelkistyyessään muuttuu oliivin vihreäksi sävyksi.

Lasite LPD4

Kuva 15. Lasite LPD4 näyte on poltettu sähköuunissa 1250°C haudutus 10 min ja 1300°C (oik.). Lasitteen vahvuudet ovat: ohut ylin kerros, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasite muuttua väriä ruskeasta keltaiseen (paksuin kerros)

LPD4 lasiteseos: Punasavi 60 % ja dolomiitti 40 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPD4	pelk., 1240	keltainen	matta	ohut/paksu
	hap., 1250	keltainen	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1300	kelt./vaal.kelt.	himmeä	ohut/paksu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

LPD1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPD1	2,34	0,47	0,16	0,24	0,39	0,13	0,09
LPD2	1,67	0,33	0,11	0,31	0,42	0,09	0,06
LPD3	1,22	0,24	0,08	0,36	0,44	0,07	0,05
LPD4	0,90	0,18	0,06	0,40	0,46	0,05	0,03
LPD5	0,66	0,13	0,04	0,43	0,47	0,04	0,02

*Merkitty RO ryhmä

Lasitteen LPD4 empiirisessä kaavassa RO- ryhmässä kalsium- ja magnesiumoksidien määrät lisääntyvät. Niitä on yhteensä 0,86 ja vaikuttavat erikseen sulattajina voimakkaasti piidioksidin ja alumiinioksidin vähentyessä. Kalsiumoksidi muodostaa rautaoksidin ja piidioksidin kanssa keltaisia pieniä kiteitä ja magnesiumoksidi reagoi massan ja lasitteen

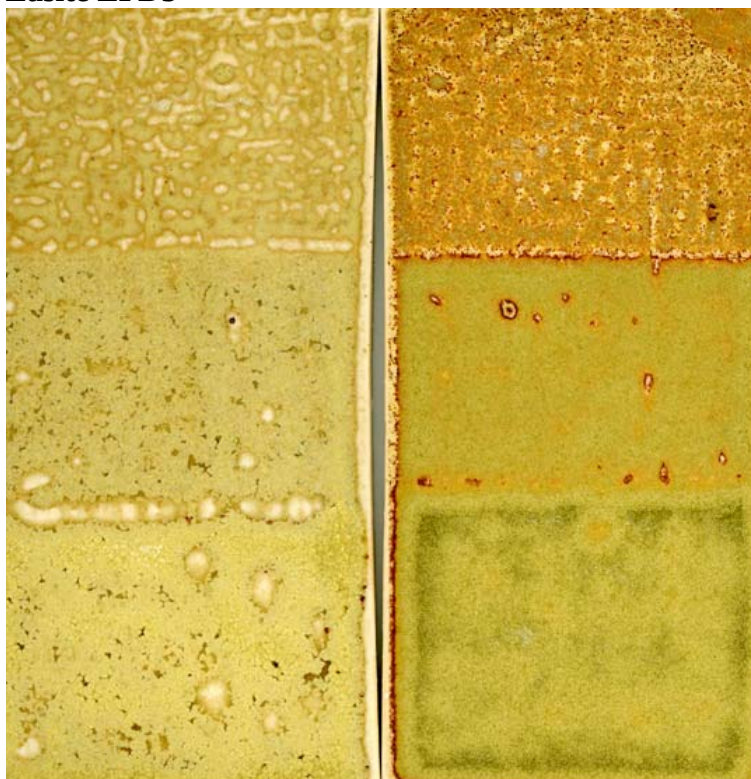
rajapinnassa massan piidioksidin kanssa. Näytteen reunoilla magnesiumin ja rautaoksidin yhteisvaikutuksesta syntyy punaruskea sävy. Se sulaa tasaiseksi eri vahvuuksina 1280-1300°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa.



Kuva 15a. Lasite LPD4 mikroskooppikuvan suurennus 20. Näyte on poltettu sähköuunissa 1300°C. Lasitteen vahvuus on kaksi kertaa.



Kuva 16. LPD4 pelkistävä poltto puu-uunissa 1250°C ja 1260°C. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa, kuroutunut alue. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan.

Lasite LPD5

Kuva 17. LPD5 hapettava poltto 1250°C haudutus 10 min ja 1300°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa, vähän kuroutuva alue. Lasite muuttaa väriä oranssin keltaisesta keltaiseen (paksuin kerros)

LPD5 lasiteseos: Punasavi 50 % ja dolomiitti 50 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPD5	pelk., 1240	orans./orans.vihr	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1250	oranssi./kelt.orans	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1300	vaal.keltainen	himmeä	ohut/paksu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

LPD1-5 lasitteiden empiiriset kaavat.

Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPD1	2,34	0,47	0,16	0,24	0,39	0,13	0,09
LPD2	1,67	0,33	0,11	0,31	0,42	0,09	0,06
LPD3	1,22	0,24	0,08	0,36	0,44	0,07	0,05
LPD4	0,90	0,18	0,06	0,40	0,46	0,05	0,03
LPD5	0,66	0,13	0,04	0,43	0,47	0,04	0,02

*Merkitty RO ryhmä

Lasitteen LPD5 empiirisessä kaavassa RO- ryhmässä kalsium- ja magnesiumoksidien määrät lisääntyvät ja rautaoksidin määrä pienenee. Kalsiumoksidi muodostaa rautaoksidin

ja piidioksidin kanssa keltaisia pieniä kiteitä. Lasite värjäytyy voimakkaan keltaiseksi ja sulaa pienien kiteiden peittämäksi pinnaksi.



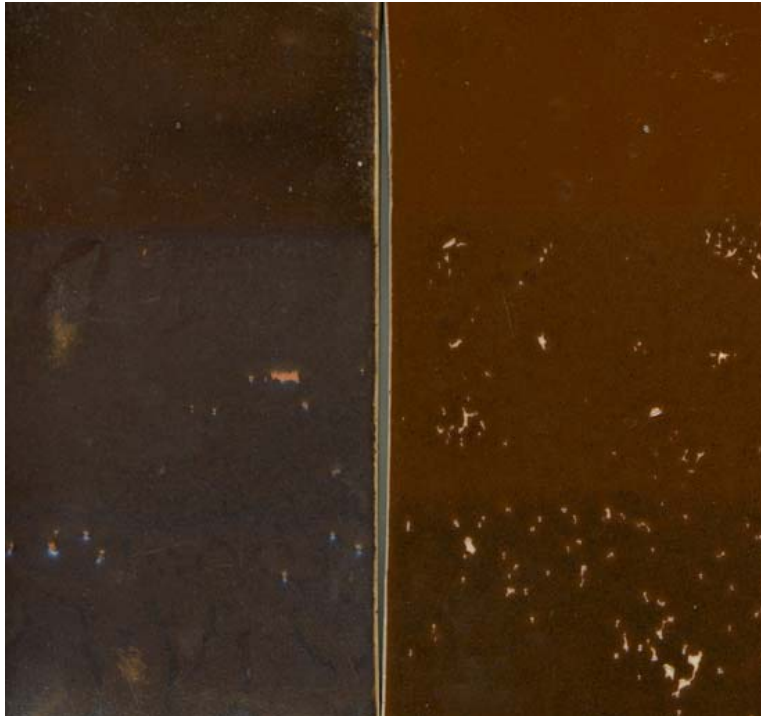
Kuva 17a. Lasite LPD5 mikroskooppikuvan suurennus 11.2. Sähköuuni poltto 1250°C 10 min haudutus. Lasitteen vahvuus on kaksi kertaa.



Kuva 17b. LPD5 mikroskooppikuvan suurennus 11.2. Sähköuuni poltto 1250°C 10 min haudutus. Lasitteen vahvuus on kolme kertaa.



Kuva 18. Lasite LPD5 on poltettu puu-uunissa 1240°C ja 1260°C (oik.), pelkistävä poltto. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan. Näyte on värikkäin keltaoranssi ja vihreä sävy.

Lasite LPW1

Kuva 19. Lasite LPW1 on poltettu sähköuunissa (vas.) ja pelkistävässä polttoatmosfäärissä kaasuuunissa 1250°C(oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasite kuroutuu vähän.

LPW1 lasiteseos: Punasavi 90 % ja wollastoniitti 10 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPW1	pelk., 1240	tum .rusk.	matta	ohut /paksu
	hap., 1250	musta. rusk	kiiltävä	ohut/paksu
	hap., 1300	punaruskea	kiiltävä	ohut/kuroutuu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

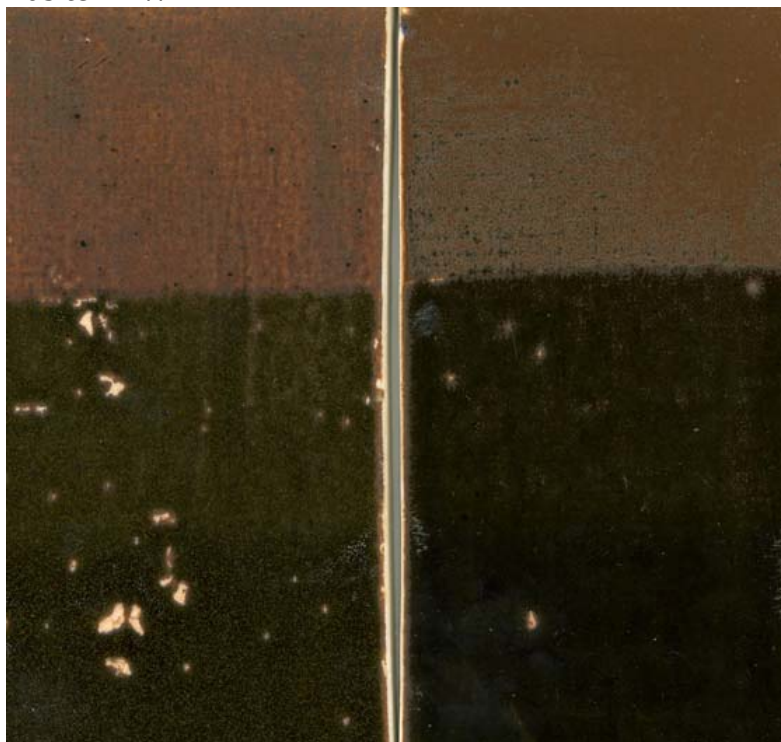
2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

LPW1-5 lasitteiden empiiriset kaavat

Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPW1	2,78	0,50	0,17	0,35	0,25	0,14	0,10
LPW2	2,33	0,37	0,13	0,52	0,18	0,10	0,07
LPW3	2,00	0,28	0,10	0,64	0,14	0,08	0,05
LPW4	1,75	0,21	0,07	0,73	0,10	0,06	0,04
LPW5	1,56	0,16	0,05	0,80	0,08	0,04	0,03

*Merkitty RO ryhmä

Lasitteilla LPW1-5 on korkein piidioksidin määrä empiirisissä kaavoissa. Piidioksidi lisääntyy wollastoniitista. RO- ryhmässä kalsiumoksidin määrä ja vaikutus suurenee wollastoniitin käytön lisääntyessä ja samalla magnesiumoksidin määrä vähentyy. Näytteet sulavat tasaiseksi lasimaiseksi ja kiiltäväksi pinnaksi eri vahvuuksina 1280-1300°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. Värit ovat tummaruskeita ja punaruskeita sävyjä.

Lasite LPW2

Kuva 20. LPW2 hapettava poltto 1250°C haudutus 10 min ja 1300°C. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa, kuroutunut alue.

LPW2 lasiteseos: Punasavi 80 % ja wollastoniitti 20 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPW2	pelk., 1240	rusk./rusk.vihr	himmeä	ohut/ paksu
	hap., 1250	pun.rusk./kelt.rusk	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1300	ruskea	himmeä	ohut/paksu

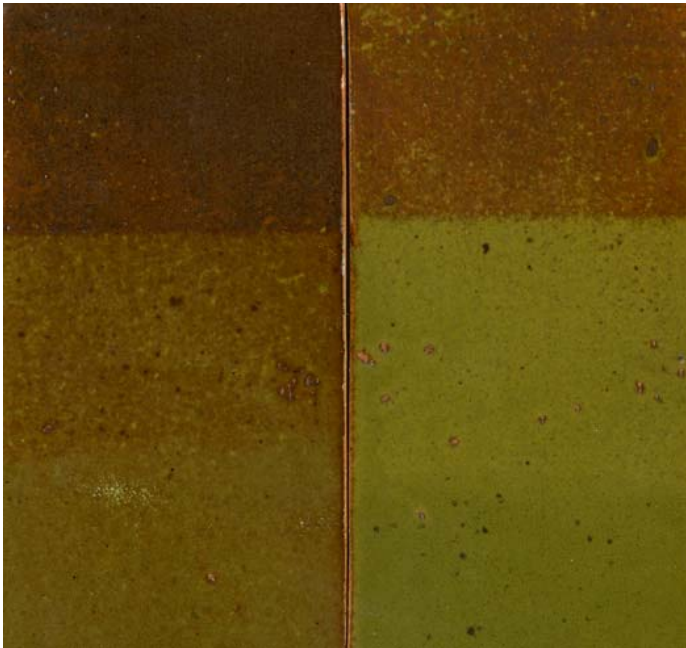
1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

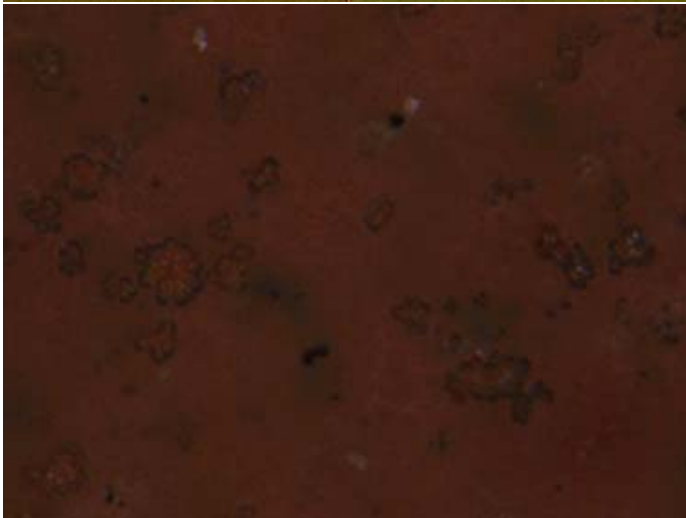
LPW1-5 lasitteiden empiiriset kaavat *Merkitty RO ryhmä

Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPW1	2,78	0,50	0,17	0,35	0,25	0,14	0,10
LPW2	2,33	0,37	0,13	0,52	0,18	0,10	0,07
LPW3	2,00	0,28	0,10	0,64	0,14	0,08	0,05
LPW4	1,75	0,21	0,07	0,73	0,10	0,06	0,04
LPW5	1,56	0,16	0,05	0,80	0,08	0,04	0,03

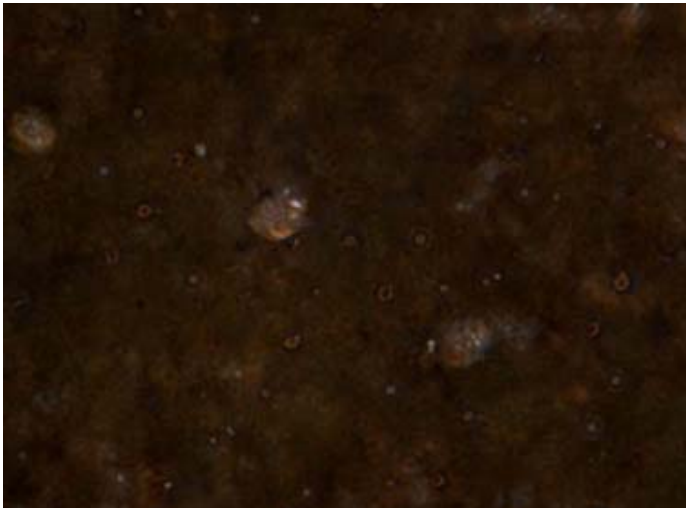
Lasitteessa LPW2 RO- ryhmässä kalsiumoksidin määrä ja vaikutus suurenee wollastoniitin käytön lisääntyessä ja magnesiumoksidin määrä vähenee. Näyte sulaa tasaiseksi pinnaksi eri vahvuuksina 1280-1300°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. Värit ovat punaruskeita sävyjä ohuena kerroksena.



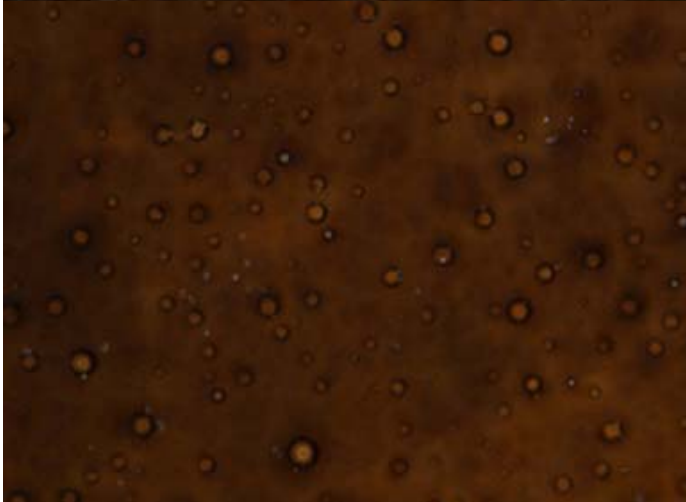
Kuva 21. LPW2 pelkistävä poltto puu-uunissa 1240°C ja 1260°C. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa, kuroutunut alue. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan.



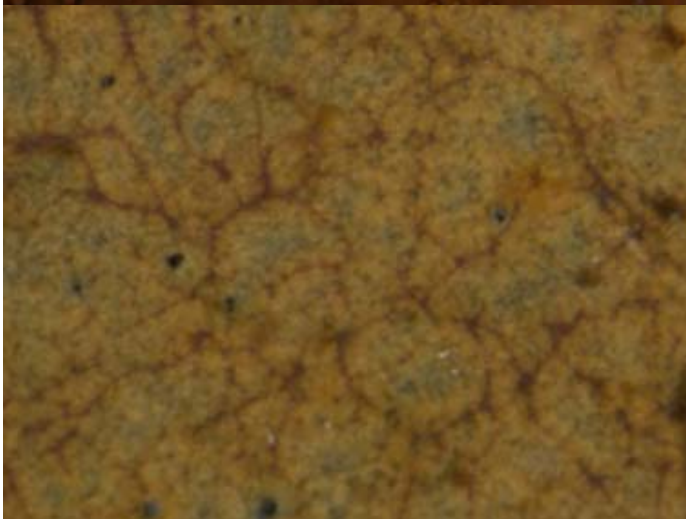
Kuva 21a. Lasite LPW2 mikroskooppikuvan suurennus 64. Kaasu-uuni, pelkistävä poltto 1300°C. Lasitteen vahvuus on ohut ylin kerros.



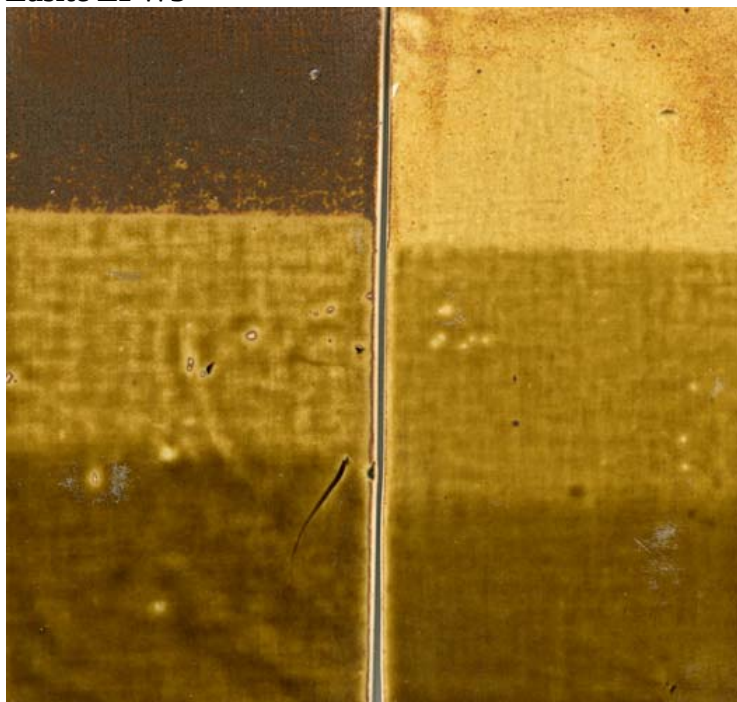
Kuva 21b. Lasite LPW2
mikroskooppikuvan suurennus 20.
Pelkistävä poltto kaasu-uunissa
1300°C. Lasitteen vahvuus on kaksi
kertaa.



Kuva 21c. Lasite LPW2
mikroskooppikuvan suurennus 20.
Pelkistävä poltto kaasu-uunissa
1300°C. Lasitteen vahvuus on ohut
kerros kolme kertaa. Lasite sulaa
täysin läpikuultavaksi
lasikerrokseksi.



Kuva 21d. LPW2
mikroskooppikuvan suurennus 40.
Pelkistävä poltto puu-uunissa
1250°C. Lasitteen vahvuus on kaksi
kertaa.

Lasite LPW3

Kuva 22. LPW3 hapettava poltto 1300°C ja 1250°C haudutus 10 min. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasite muuttaa väriä ruskeasta keltaiseen (paksuin kerros)

LPW3 lasiteseos: Punasavi 70 % ja wollastoniitti 30 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPW3	pelk., 1240	vihr./vihr.rusk.	matta	ohut /paksu
	hap., 1250	orans./kelt rusk.	himm/kiiltävä	ohut/paksu
	hap., 1300	tum.rusk/vaal.rusk	himmeä/kiiltävä	ohut/paksu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

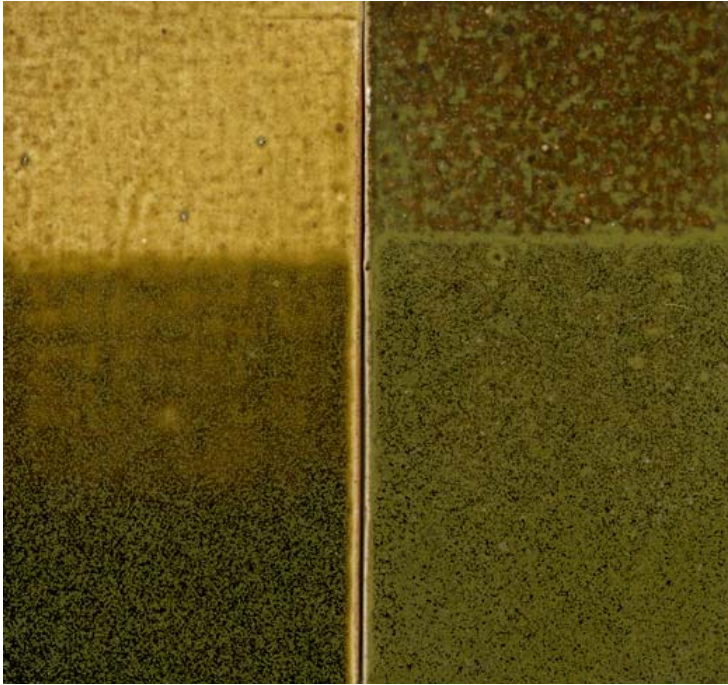
LPW1-5 lasitteiden empiiriset kaavat

Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPW1	2,78	0,50	0,17	0,35	0,25	0,14	0,10
LPW2	2,33	0,37	0,13	0,52	0,18	0,10	0,07
LPW3	2,00	0,28	0,10	0,64	0,14	0,08	0,05
LPW4	1,75	0,21	0,07	0,73	0,10	0,06	0,04
LPW5	1,56	0,16	0,05	0,80	0,08	0,04	0,03

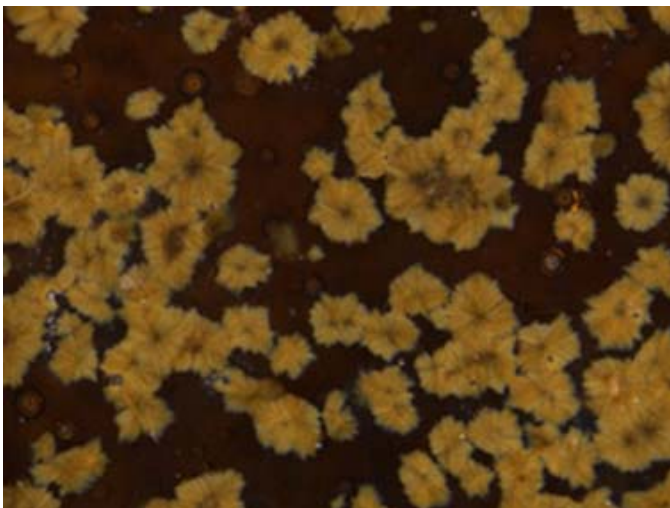
*Merkitty RO ryhmä

Lasitteen LPW3 empiirinen kaava osoittaa että siinä on piidioksidin ja alumiinioksidin suhde RO- ryhmän kalsiumoksidin määrään oikea, mikä näkyy lasimaisena pintana näytteessä. Näyte sulaa tasaiseksi pinnaksi eri vahvuuksina 1280-1300°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. Värit ovat keltaruskeita sävyjä,

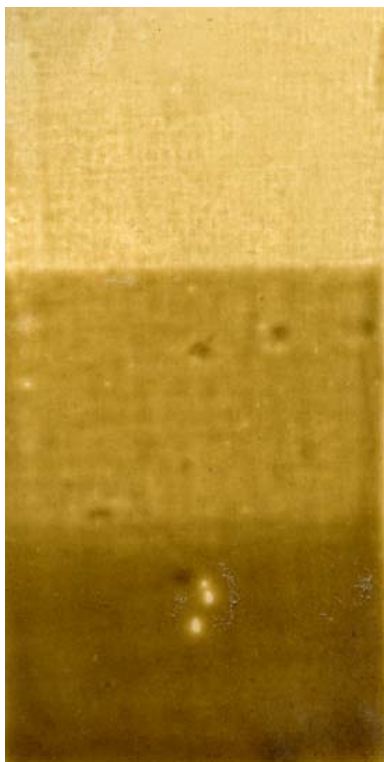
jotka syntyvät magnesiumoksidin vaikutuksesta rautaoksidin kanssa. Puu-uunipoltossa lisääntyy rautaoksidin kanssa kalsiumkiteitä, jotka antavat keltasuutta.



Kuva 23. LPW3 pelkistävä poltto puu-uunissa 1240°C ja 1260°C. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan.



Kuva 23a. LPW3 mikroskooppikuvan suurennus 20. Pelkistävä poltto puu-uunissa 1240°C. Lasitteen vahvuus on kaksi kertaa.

Lasite LPW4

Kuva 24. LPW4 hapettava poltto 1250°C haudutus 10 min. Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa, kuroutunut alue. Lasite muuttaa väriä ruskeasta keltaiseen (paksuin kerros)

LPW4 lasiteseos: Punasavi 60 % ja wollastoniitti 40 %. Polttotulos.

Seos	Poltto°C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPW4	pelk., 1240	rusk.vihr./rusk.vihr	himmeä	ohut/paksu
	hap., 1250	vaal.kelt./kelt.rusk	himm./kiiltävä	ohut/paksu
	hap., 1300	vaal.kelt./kelt.vihr.	himm./kiiltävä	ohut/paksu

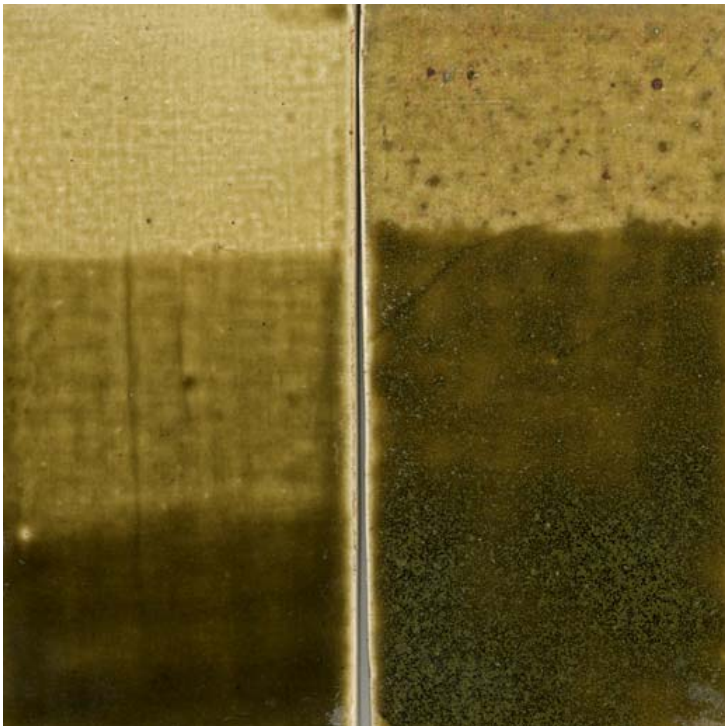
1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

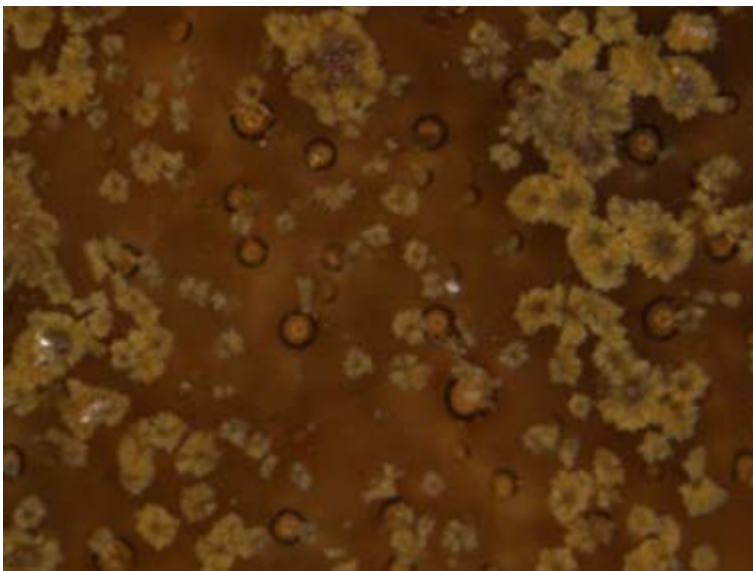
LPW1-5 lasitteiden empiiriset kaavat (*Merkitty RO ryhmä)

Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPW1	2,78	0,50	0,17	0,35	0,25	0,14	0,10
LPW2	2,33	0,37	0,13	0,52	0,18	0,10	0,07
LPW3	2,00	0,28	0,10	0,64	0,14	0,08	0,05
LPW4	1,75	0,21	0,07	0,73	0,10	0,06	0,04
LPW5	1,56	0,16	0,05	0,80	0,08	0,04	0,03

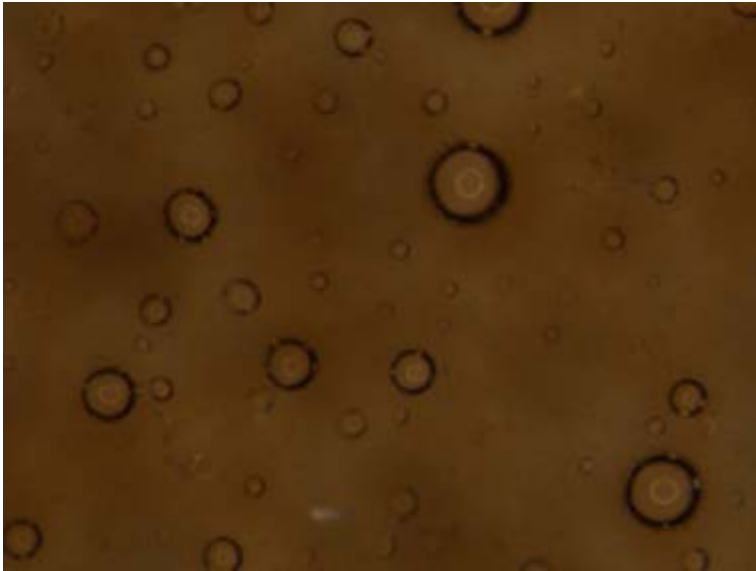
Lasitteessa LPW4 RO- ryhmässä kalsiumoksidin määrä ja vaikutus suurenee ja magnesiumoksidin määrä vähenee. Sen vaikutuksesta sulaminen heikkenee. Alumiinioksidin määrä pienenee ja se lisää sulamista. Näyte sulaa tasaiseksi lasitepinnaksi eri vahvuuksina 1280-1300°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. Värit ovat keltaruskeita sävyjä ohuena ja paksuna kerroksena.



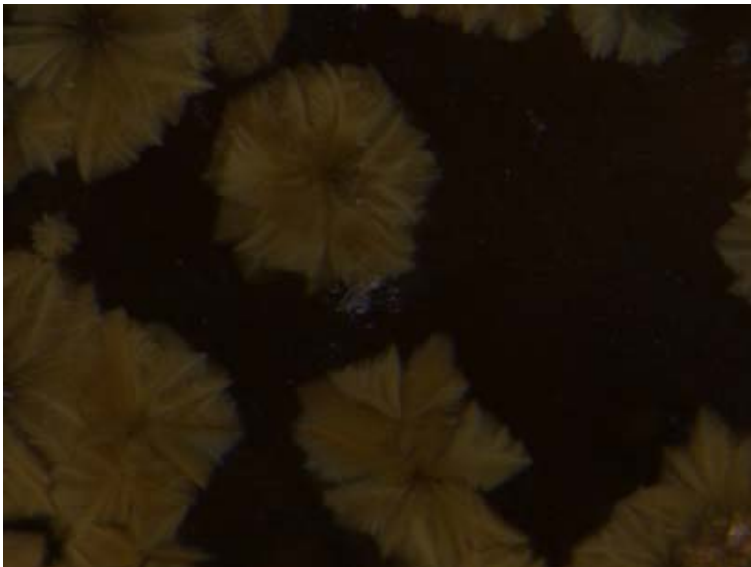
Kuva 25. LPW4 pelkistävä poltto kaasu- ja puu-uunissa 1250°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan. Rautaoksidi pelkistyy ja antaa oliivin vihreän värin.



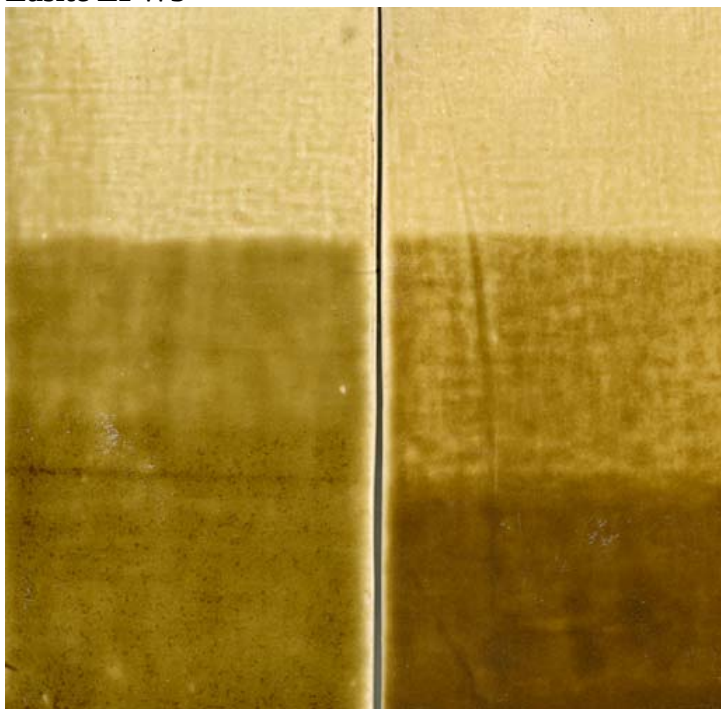
Kuva 25a. LPW4 mikroskooppikuvan suurennus 20. Pelkistävä poltto puu-uunissa 1250°C. Lasitteen vahvuus on ohut kerros kaksi kertaa. Lasitteessa on kalsiumoksidin ja rautaoksidin muodostamia kiteitä. Kuplat kertovat runsaasta lasimaisen lasitteen sulamisesta.



Kuva 25b. Lasite LPW4 mikroskooppikuvan suurennus 80. Pelkistävä poltto kaasuuunissa 1250°C. Lasitteen vahvuus on kaksi kertaa. Kuplat kertovat runsaasta lasimaisen lasitteen sulamisesta.



Kuva 25c. LPW4 mikroskooppikuvan suurennus 80. Pelkistävä poltto puu-uunissa 1260°C. Lasitteen vahvuus on kolme kertaa.

Lasite LPW5

Kuva 26. Lasite LPW5 on poltettu sähköuunissa, hapettavassa poltossa 1300°C ja 1250°C haudutus 10 min (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasite muuttaa väriä vaaleasta keltaisesta keltaiseen (paksuin kerros)

LPW5 lasiteseos: Punasavi 50 % ja wollastoniitti 50 %. Polttotulos.

Seos	Poltto °C	Väri ¹⁾	Kiilto	Kerrosvahvuus ²⁾
LPW5	pelk., 1240	vihr./virh.rusk	kiiltävä	ohut/paksu
	hap., 1250	vaal.kelt./kelt.rusk.	kiilt./himmeä	ohut/paksu
	hap., 1300	vaal.kelt/vaal.kelt	kiiltävä	ohut/paksu

1) Värimuutos ohuessa ja kolmikertaisessa lasitekerroksessa

2) Lasitteet on lasitettu ohut ja erittäin paksu, kolmikertainen kerros

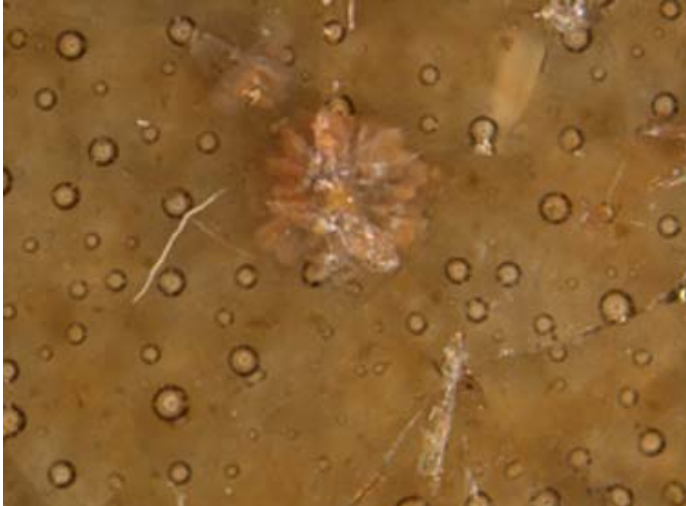
LPW1-5 lasitteiden empiiriset kaavat (*Merkitty RO ryhmä)

Oksidi t	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	CaO*	MgO*	K ₂ O*	Na ₂ O*
LPW1	2,78	0,50	0,17	0,35	0,25	0,14	0,10
LPW2	2,33	0,37	0,13	0,52	0,18	0,10	0,07
LPW3	2,00	0,28	0,10	0,64	0,14	0,08	0,05
LPW4	1,75	0,21	0,07	0,73	0,10	0,06	0,04
LPW5	1,56	0,16	0,05	0,80	0,08	0,04	0,03

Lasitteessa LPW5 RO- ryhmässä kalsiumoksidin määrä on 0,80. Pintaan syntyy muutamia kiteitä, jotka näkyvät pisteinä. Lasite tasoittuu ja sillä on alhaisin viskositeetti kaikista tutkimuksissa olleista lasitteista. Se sulaa tasaiseksi pinnaksi eri vahvuuksina 1280-1300°C poltettaessa sekä hapettavassa että pelkistävässä poltossa haudutettaessa. Värit ovat keltaruskeita hapettavassa poltossa ja pelkistyspoltossa oliivin vihreitä sävyjä.



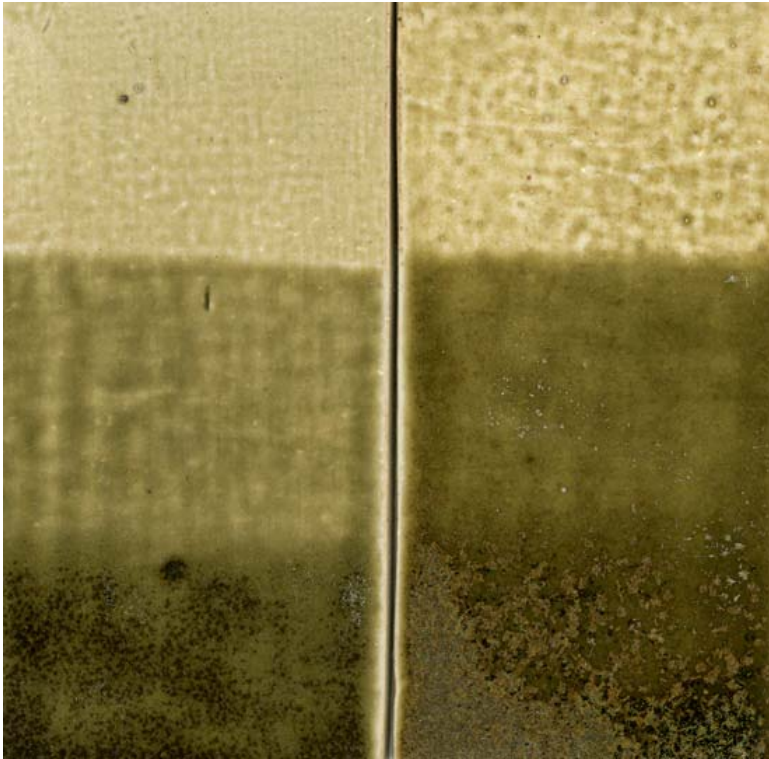
Kuva 26a. Lasite LPW5
mikroskooppikuvan suurennus 20.
Hapettava poltto sähköuunissa
1250°C. Lasitteen vahvuus on kaksi
kertaa.



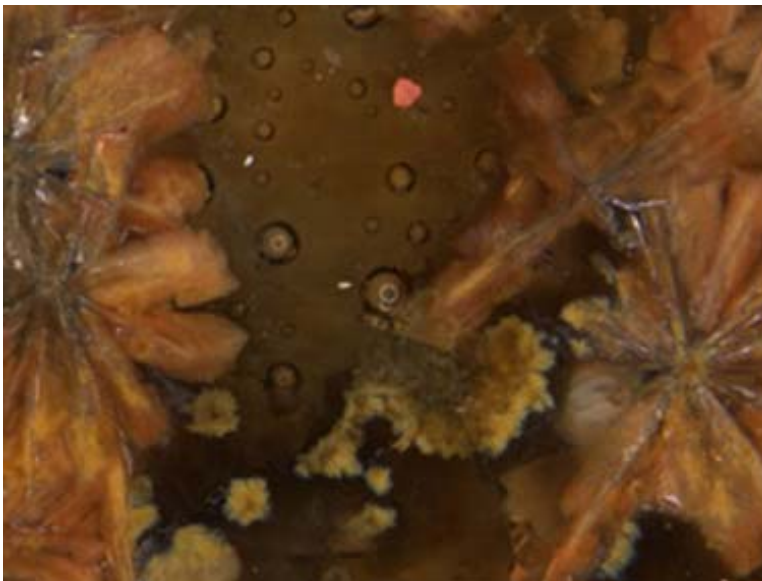
Kuva 26b. LPW5
mikroskooppikuvan suurennus 40.
Hapettava poltto sähköuunissa
1250°C. Lasitteen vahvuus on kaksi
kertaa.



Kuva 26c. LPW5
mikroskooppikuvan suurennus 60.
Rautaoksidin ja sekä kalsiumin ja
magnesiumoksidin muodostama
yhdistelmä, joka näkyy
tummana pisteenä lasitteen pinnalla.
Hapettava poltto sähköuunissa
1250°C. Lasitteen vahvuus on
kolme kertaa.



Kuva 27. LPW5 pelkistävä poltto kaasu- ja puu-uunissa 1240 ja 1260°C (oik.). Lasitteen vahvuus on ohut kerros ylin, keskellä kaksi kertaa ja alinna kolme kertaa. Lasitteen väri vaihtelee kerroksen paksuuden mukaan.



Kuva 27a. LPW5 mikroskooppikuvan suurennus 40. Pelkistävä poltto puu-uunissa 1260°C. Puu-uunissa lasite hautuu ja kiteen koko kasvaa. Kiteet näkyvät pieninä ryynimäisinä ryhmittyminä lasitteen pinnassa. Lasitteen vahvuus on kolme kertaa.

Liite

Suomalainen punasavi Mielipide saven käytöstä ja sen arvosta

**Airi Hortling
2009**

Skandinavian alueella maaperäsavi on jääkauden rapautumistuote. Savi koostuu rautapitoisista mineraaleista. Sen poltettu väri on kaunis, punaruskea. Suomalaisessa savessa on vähemmän kalkkimineraaleja kuin Etelä-Euroopan vastaavissa savissa. Suomalaista savesta valmistettuja tuotteita voi polttaa yli 1000°C, jolloin ne ovat parhaimmillaan värisävyiltään. Kalkkipitoiset ja dolomiittiset punasavet muuttuvat alle 1000°C poltettaessa kellertäviksi ja nopeasti sintraantumislämpötilan ylittäessään väri muuttuu vihertäväksi. Suomalainen savi pysyy samanlaisena punaruskeana polttoväriältään, vaikka sävy tummenee. Tämä värimaailma on mielestäni yksi suuri suomalaisen saven käyttöarvo.

Suomalaista savea voidaan käyttää sellaisenaan tai sekoittaa muiden savien kanssa. Siitä saadaan sävyjä kivitavarasaviin ja poltettuna siruna pilkkuja. Saven koostumuksesta johtuen se sulaa kivitavaramassojen polttolämpötiloissa lasitteeksi, mitä tässä työssä on tutkittu.

Taideteollisessa korkeakoulussa järjestettiin kansainvälinen konferenssi keramiikka alan tutkijoille ja alan tekijöille, keraamikoille sekä taiteilijoille. Pidin tämän esitelmän konferenssissa ja pakkasin suomalaista punasavea pieniin muovipusseihin, joiden päällä oli Suomen lippu ja saven analyysi. Pakkauksessa oli etiketti Finn Slip. Jokainen kuulija sai mukaansa pienen savinäytteen matkamuistoksi ja kokeiltavaksi kotona omassa polttouunissaan.

Suomessa eletään voimakasta studiokeramiikan aikakautta 2000-luvun alussa. Se on voimistunut koko ajan 1990-luvun aikana ja samalla on otettu käyttöön posliininomaiset massat. Mitä valkoisempi savi sitä suurempi mieltymys siihen on. Aina välillä opiskelijat ihastuvat suomalaisen saven ominaisuuksiin polttoväriin ja ekoloogisuuden takia. Sitä saadaan läheltä ja se on halpaa. Suomalainen savi vaatii käyttäjältään kärsivällisyyttä ja analysointitaitoa. On opittava saven kuivatusprosessit ja empiirisesti selvitettävä kulloinkin sopiva polttolämpötila suhteessa tuotteiden kokoon. Kun savensa oppii hallitsemaan antaa se paljon iloa sekä massana että lasitteena. Edelleen voi markkinoida suomalaista ja skandinaavista savea etelä-eurooppalaisille.