

**KALIMAASÄLPÄ- JA KAOLIINIPOHJAISTEN LASITTEIDEN
TUTKIMINEN**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Muotoilun koulutusohjelma

Kevät 2019

Tiina Hassinen

Muotoilu
Visamäki

Tekijä	Tiina Hassinen	Vuosi 2019
Työn nimi	Kalimaasälpä- sekä kaoliinipohjaisten lasitteiden tutkiminen	
Työn ohjaaja/t	Mirja Niemelä	

TIIVISTELMÄ

Työn aiheena on kalimaasälpä- sekä kaoliinipohjaisten lasitteiden kokeileminen muuntelemalla sekä kehittämällä uusia lasitteita. Tavoitteena oli tehdä lasitesarja rajoitetuilla raaka-aineilla omaan keramiikkastudioon.

Lasitteet valmistettiin kokeilujen kautta. Teorian pohjana käytettiin kirjall lähteitä. Käytännön osuus jakautui kolmeen osaan. Ensimmäiseksi valmistettiin lasitteita valmiista resepteistä, toisessa vaiheessa muokattiin ensimmäisen vaiheen lasitteita sekä kolmannessa vaiheessa kehitettiin uusia lasitteita.

Työn tuloksena oli lasitesarja, josta valikoituna kokeiltiin lasitteita keramiikkatuotteen pintaan. Lasitteita valmistettiin kaikkiaan 66, joista jokaisesta analysoitiin pintaa sekä laskettiin seger-kaava.

Avainsanat keramiikka, lasite, seger-kaava

Sivut 50 sivua, joista liitteitä 7 sivua

Degree programme in Design
Visamäki

Author	Tiina Hassinen	Year 2019
Subject	Researching feldspar and kaolin based glazes	
Supervisors	Mirja Niemelä	

ABSTRACT

The subject of this thesis is to research feldspar and kaolin based glazes by changing formulas and developing new ones. The goal is to have a set of glazes with restricted materials. The thesis is prepared for the author's own ceramic studio.

The glazes are made by experimenting different materials. The theory part is from literature. Practice is divided into three parts: first finding glaze formulas and making them, second changing some of them a bit with changing formulas, and lastly making up new formulas based on the experiments.

The result contains 66 different glazes with analysis of the surface and Seger analysis. Some glazes were sampled on ceramic prototypes.

Keywords ceramics, glazes, Seger analysis

Pages 50 pages including appendices 7 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Työn tavoitteet.....	1
1.2	Kysymysasettelu.....	2
1.3	Viitekehys.....	2
1.4	Käsitteiden määrittely.....	3
2	LASITE.....	4
2.1	Käytetyt lasiteraaka-aineet.....	4
2.2	Raaka-aineiden oksidit.....	5
2.3	Seger-kaava.....	7
2.4	Lasitevirheet.....	8
3	LASITEKOKKEET.....	12
3.1	Koepalat ja määritelmät.....	12
3.2	Ensimmäinen lasitekoesarja.....	16
3.3	Toinen lasitesarja.....	19
3.4	Kolmas lasitesarja.....	29
3.5	Raaka-aineiden vaikutus lasitesarjojen kokeilujen pohjalta.....	35
4	LASITEKOKKEILUT TUOTTEISSA.....	37
4.1	Valoteos.....	37
4.2	Pitsituikut.....	38
4.3	Laatat.....	39
5	POHDINTA JA ARVIOINTI.....	42
	LÄHDELUETTELO.....	43

Liitteet

Liite 1	Lasitteiden 1-14 alkuperäiset reseptit
Liite 2	Lasitteiden 1-14 seger-kaavat
Liite 3	Lasitteiden 3 ja 4 muunnosten seger-kaavat
Liite 4	Lasitteiden 8 ja 9 muunnosten seger-kaavat
Liite 5	Lasitteiden 10 ja 13 muunnosten seger-kaavat
Liite 6	Kehitettyjen lasitteiden 45-54 seger-kaavat
Liite 7	Kehitettyjen lasitteiden 55-66 seger-kaavat

1 JOHDANTO

Lasitteet ovat olennainen osa keramiikkaa. Ne muodostavat keramiikkatuotteen pinnan ja raaka-aineista riippuen pinta voi olla esimerkiksi kiiltävä tai matta. Pienikin määrä raaka-ainemuutoksia voi vaikuttaa lasitteen ulkonäköön esimerkiksi vähentämällä kiiltoa. Valitsin lasitteiden tutkimisen aiheeksi, koska halusin tutustua lasitekemiaan sekä eri raaka-aineiden vaikutuksiin lasitteissa.

1.1 Työn tavoitteet

Työn keskeisenä ideana on tutkia kivitavaralasilteita kivitavarasavelle teorian ja kokeilujen kautta. Työ jakaantuu kolmeen osaan: valmiiden lasitteiden analysointi seger-kaavoilla ja silmämääräisesti arvioida lasitteen pintaa, niiden pohjalta lasitekokeilujen tekeminen sekä lopuksi uusien lasitteiden kehittäminen.

Työn tavoitteena on lasitesarja, johon sisältyy ulkonäöllisesti erilaisia lasitteita. Tavoitteena on opaali-, matta-, kiiltävä läpinäkyvä-, kraklee- ja kuroutuva lasite. Valmistetuista lasitteista valitaan muutama, joita kokeillaan mahdollisten tuotteiden pintaan.

Työ tehdään tulevalle omalle keramiikkapajalle. Rajoitetuista raaka-aineilla koostuva lasitesarja on sekä edullinen että tilaa säästävä, koska ei ole tarvetta varastoida eri raaka-aineita suuria määriä erilaisiin lasitteisiin. Raaka-aineet ovat rajoittuneet ensimmäisen sarjan jälkeen kalimaasälpään, kaoliiniin, kvartsiin, liituun, dolomiittiin, wollastoniittiin sekä talkkiin.

Työhön kuuluu lasitereseptien muuntaminen, valmistaminen sekä analysointi. Lasitteet ovat kivitavaralasilteita. Koepalat sekä muut työssä olevat keramiikkatuotteet ovat kivitavarasavea. Raaka-aineet ovat pääosin Suomessa louhittavia raaka-aineita. Työhön ei kuulu raaka-ainerajauksen ulkopuoliset aineet. Koepaloissa on värimetallioksidiraidat, joista näkee lasitteen käyttäytymistä värillisenä suuntaa-antavasti, mutta värilasitteet eivät kuulu työhön.

1.2 Kysymysasettelu

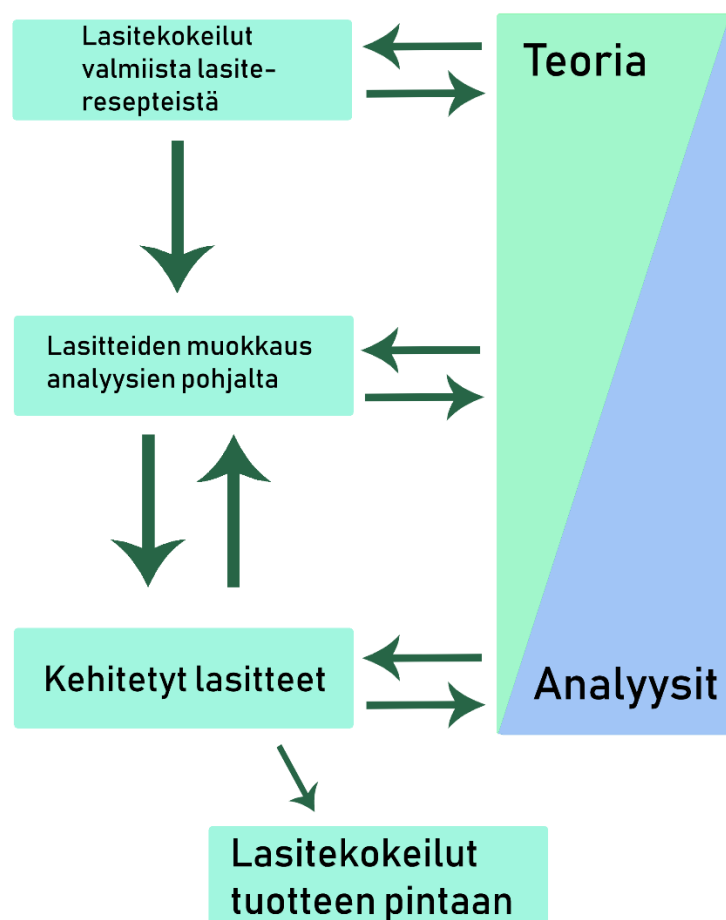
Pääkysymys:

- Millaisia ovat lasitteet, jotka soveltuvat Tiina Hassisen keramiikkastudioon?

Alakysymykset:

- Mitä on lasite?
 - Miten eri raaka-aineet vaikuttavat lasitteeseen?
 - Miten seger-kaava toimii lasitteiden muuntelussa?

1.3 Viitekehys



Kuva 1. Viitekehys

Työ etenee suoraviivaisesti valmiiden lasiterseptien kokeilemisestä aina lasitteiden kokeilemiseen tuotteen pinnalla. Käytännön tukena kulkee koko ajan teoriapohja. Työn edetessä tukeudutaan enemmän aiempiin kokeiluihin teorian sijaan.

1.4 Käsitteiden määrittely

Kivitavarasavi: Yleisnimitys savilaaduille, jotka poltetaan yli 1200 asteessa, poikkeuksena posliinit (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 25).

Kivitavaralasiite: Lasite, joka poltetaan lämpötilassa 1020–1300 astetta (Salmenhaara, 1986, s.107).

Punnitusresepti: Lasitteen raaka-aineiden määrällinen suhde toisiinsa, yleensä tasataan 100%

Segeer-kaava: Lasitteen kemiallinen koostumus (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 102).

2 LASITE

Lasite on keramiikkatuotteen pinnalla oleva ohut lasimainen kerros. Korkeassa lämpötilassa raaka-aineseos sulaa muodostaen keramiikkaesineelle pinnan. Pinnan ulkonäkö riippuu raaka-aineista ja niiden suhteesta, esimerkiksi väri, kirkkaus, läpinäkyvyys sekä tuntuma. Lasite lisää ulkonäön lisäksi keramiikkatuotteen hygieenisyyttä, kestävyyttä sekä peittää mahdolliset pintavirheet. (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 88-90; Burleson, 2001, s. 12)

2.1 Käytetyt lasiteraaka-aineet

Saviraaka-aineet jaetaan kahteen ryhmään: plastisiin sekä epäplastisiin aineisiin. Plastiset aineet lisäävät muovailtavuutta sekä kuivalujuutta, mutta suuren vedenimukykyensä takia hidastavat kuivumista ja suurina määrinä kutistuvat paljon. Lasitteissa plastiset aineet estävät sakkautumista lasiteastian pohjaan sekä parantavat tasaista kiinnittymistä. Näitä ominaisuuksia voidaan muokata epäplastisilla aineilla. Valitut raaka-aineet ovat myrkyttömiä, joten ne sopivat käyttökeramiikkaan. (Jylhä-Vuorio, 2003, s.42)

Seuraavana on käytettyjen raaka-aineiden kuvauksia, käytettyjen raaka-aineiden oksidikoostumukset polton jälkeen ovat merkittynä nimen alle (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 42-55, s. 102-106; Burleson, 2001, s. 14-22; Salmenhaara, 1983, s. 9-15, 42-47):

Maasälpä

Kemiallinen koostumus: 0,47 Na₂O, 0,47 K₂O, 0,06 CaO, 1,01 Al₂O₃, 6,5 SiO₂
Maasälpä on epäplastinen aine. Maasälvät ovat tärkeitä niihin sekoittuneiden alkalioksidien, sulattajien takia. Tärkeimpiä maasälpäitä ovat kalimaasälpä, natronmaasälpä, kalkkimaasälpä sekä litiummaasälpä (spodumeeni). Alkalioksidista riippuen sulamisväli vaihtelee.

Kaoliini

Kemiallinen koostumus: 0,005 Na₂O, 0,047 K₂O, 0,003 CaO, 0,019 MgO, 0,011 Fe₂O₃, 1 Al₂O₃, 2,2 SiO₂
Kaoliini on plastinen raaka-aine, vaikkakin sen plastisuus on vähäistä. Siitä saadaan lasitteeseen alumiinioksidia. Puhdasta kaoliinia kutsutaan kaoliiniksi, mutta yleensä kaoliinissa on muitakin mineraaleja.

Kvartsi

Kemiallinen koostumus: 1 SiO₂
Kvartsi on epäplastinen aine. Puhdas kvartsi sisältää piioksidia.

Liitu

Kemiallinen koostumus: 1 CaO
Liitu on epäplastinen aine. Liitu sisältää kalsiumoksidia. Liidun sulamislämpötila on matala, joten se toimii sulattajana lasitteissa. Suurina määrinä himmentävä.

Wollastoniitti

Kemiallinen koostumus: 1 CaO, 1 SiO₂

Wollastoniitti on liidun kaltainen, mutta se sisältää kalsiumoksidin lisäksi piioksidia. Wollastoniitti vähentää kutistumista sekä vahvistaa lasitetta. Se myös auttaa muodostamaan kuplattoman, sileän lasitepinnan.

Dolomiitti

Kemiallinen koostumus: 1 CaO, 1 MgO

Dolomiitti on epäplastinen aine. Sitä käytetään sulattajana. Sisältää sekä kalsiumoksidia sekä magnesiumoksidia. Suurina määrinä tekee lasitteeseen himmeän satiinipinnan.

Talkki

Kemiallinen koostumus: 3 MgO, 4 SiO₂

Talkki sisältää piioksidia sekä magnesiumoksidia. Suurina määrinä talkki himmentää lasitteen pintaa.

Bentoniitti

Kemiallinen koostumus: 0,036 K₂O, 0,059 CaO, 0,277 MgO, 0,109 Fe₂O₃, 1 Al₂O₃, 5,14 SiO₂

Bentoniitti on hyvin plastinen aine ja se lisää massan plastisuutta pieninäkkin määrinä. Lasitteeseen bentoniittia lisätään vähentämään lasitteen sakkautumista.

2.2 Raaka-aineiden oksidit

Raaka-aineiden oksidit jaetaan kolmeen pääryhmään: sulattajiin RO(R₂O), tasapainottaviin R₂O₃, sekä lasinmuodostajiin RO₂. RO-ryhmä toimii sulattajina ja se voidaan jakaa kahteen ryhmään: R₂O- sekä RO-ryhmiin. R₂O-ryhmän alkalimetallit (K₂O, Na₂O sekä Li₂O) ovat tehokkaita sulattajia. RO-ryhmän maa-alkalimetallit ovat yleensä apusulatusaineita tai pääsulattajia, sekä mahdollisesti muodostavat mattapinnan. Koska eri alkaleilla on eri ominaisuuksia, tulee lasitteista erilaisia riippuen mitä alkaleja niissä on ja minkä verran. Ryhmään kuuluu myös värimetallioksideja. (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 95-98; Burleson, 2001, s. 13)

R₂O₃-ryhmä toimii tasapainottajana. Se lisää lasitteen plastisuutta, kestävyttä sekä peittävyttä, mutta tekee samalla vähentää pinnan kiiltoa. Ilman tasapainottavaa ainetta lasite olisi sula ja hyvin hauras. (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 95-98; Burleson, 2001, s. 13)

RO₂-ryhmä toimii lasinmuodostajana. Lasitteissa RO₂-ryhmän muodostaa pääasiassa piioksidi, jota saa esimerkiksi kvartista. Koska piioksidilla on korkea sulamislämpötila, tarvitsee se RO-ryhmän sulattajia laskemaan sulamislämpötilaa. (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 95-98; Burleson, 2001, s. 13)

Valittujen raaka-aineiden oksidit rajoittuvat seitsemään eri oksidiin, sekä lasitteessa 2 on lisäksi litiumia. RO-ryhmän oksideja ovat Na₂O, K₂O sekä

Li_2O voimakkaina sulattajina, sekä CaO ja MgO apusulattajina. R_2O_3 -ryhmän tasapainottajana toimii Al_2O_3 sekä pieni määrä Fe_2O_3 . RO_2 -ryhmän lasinmuodostaja on SiO_2 . (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 107-116; Salmenhaara, 1983, s. 43-45)

Alla on lueteltu mainittujen oksidien ominaisuuksia. Kaoliinissa on hyvin vähän rautaoksidia, joten sen ominaisuuksia ei luetella (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 107-116; Salmenhaara, 1983, s. 43-45):

Na_2O & K_2O

Natriumoksidi ja kaliumoksidi ovat tehokkaita sulattajia. Ne vähentävät lasitteen pintajännitystä sekä lisäävät kiteytymistä.

Li_2O

Litiumoksidi on vahva sulattaja. Se lisää lasitteen kiiltoa sekä vähentää viskositeettia.

CaO

Kalsiumoksidi toimii sulattajana. Se vähentää suurina määrinä kirkkautta muodostaen lasitteen pintaan tekstuuria. Sitä saadaan esimerkiksi liidusta, dolomiitista ja wollastoniitista.

MgO

Magnesiumoksidi toimii sulattajana jo pienissä määrissä. Se lisää lasitteen viskositeettia, joten suurina määrinä se voi kuroutua tai muodostaa neulanreikiä. Joissain tapauksissa se muodostaa kuivan pinnan lasitteeseen. Magnesiumoksidin lämpölaajeneminen on pientä, joten suurina määrinä se voi vääntää keramiikkakappaleita tai jopa särkeä sen. Sitä saadaan esimerkiksi dolomiitista ja talkista.

Al_2O_3

Alumiinioksidi on tasapainottava aine. Se lisää lasitteen kovuutta, kestävyyttä sekä viskositeettia. Lisäksi se vähentää säröilyä ja kiteytymistä. Suurina määrinä se tekee lasitteesta himmeän. Alumiinioksidia saadaan pääasiassa plastisista saviaineista, kuten kaoliinista.

SiO_2

Pioksidi on lasitteen tärkeimpiä ainesosia lasin muodostuksessa ja ainoa RO_2 -ryhmän aine. Sillä on korkea sulamislämpötila, joten lasitteen muodostumiseen se tarvitsee muita aineita. Pii lisää lasitteen viskositeettia. Jos lasitteessa on paljon piioksidia, niin se on todennäköisesti kirkas ja kiiltävä. Piioksidia saadaan pääasiassa kvartsista. Muita lähteitä ovat esimerkiksi talkki ja wollastoniitti.

2.3 Seger-kaava

Seger-kaava, kertoo lasitteen oksidikaavan teoreettisen koostumuksen. Se ei ole tarkka, koska oksidikoostumus vaihtelee raaka-aineen louhimispai- kasta riippuen, sekä savesta liukenee lasitteeseen massan oksideja. Kaava auttaa lasitteiden vertailua toisiinsa, koska siitä näkee lasitteen todellisen koostumuksen. (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 102-106)

Ohessa on opinnäytetyössä käytettävien raaka-aineiden kemialliset ana- lyysit ja teoreettiset oksidikoostumukset mooleina polton jälkeen (Tau- lukko 1). Poltossa osa aineista muuttaa muotoaan, esimerkiksi Dolomiitin CaCO_3 muuttuu muotoon CaO . Taulukko on koottu Jylhä-Vuorion raaka- ainetaulukon mukaan. (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 102-106, s. 290-296)

Taulukko 1. Raaka-aineiden kemialliset analyysit

			RO/R ₂ O				R ₂ O ₃			RO ₂
		mol	Na ₂ O	K ₂ O	Li ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Kalimaasälpä	Lohja FFF	570,58	0,47	0,47		0,06			1,01	6,5
Kaoliini	Standard Porcelain	277,7	0,005	0,047		0,003	0,019	0,011	1	2,2
Kvartsi	FFQ	60,1								1
Liitu	Queensfil	100,1				1				
Dolomiitti	Microdol	184,4				1	1			
Wollastoniitti	FW 325	116,2				1				1
Talkki		379,3					3			4
Litiummaasälpä	Spodumene	413,7	0,03	0,03	0,94				1,16	4,37
Bentoniitti	Quest 3411	443,1		0,036		0,059	0,277	0,109	1	5,14

Ohessa on esimerkkioksidianalyysi lasitteesta 11 (Taulukko 2). Lasitteesta lasketaan raaka-aineittain painoprosentin mukaan eri oksidien painopro- sentit. Esimerkkilasitteessa maasälvän prosenttiosuus on 40% ja maasälvän moolimassa on 570,58. Painoprosentti 40 jaetaan moolimas- salla 570,58 jolloin saadaan lasitteessa oleva maasälvän määrä mooleissa 0,0701. Tällä luvulla kerrotaan taulukon 1 mukaan oksidien moolimäärä. Laskemalla jokaisen aineen eri oksidimäärät yhteen saadaan laskettua jo- kaisen oksidin määrä lasitteessa. (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 102-106)

Taulukko 2. Esimerkkioksidianalyysi lasitteesta 11

Lasite 11	%	g/mol	mol	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Maasälpä	40	570,58	0,0701	0,0329	0,0329	0,0042			0,0708	0,4557
Kaoliini	10	277,7	0,036	0,0002	0,0017	0,0001	0,0007	0,0004	0,036	0,0792
Kvartsi	25	60,1	0,416							0,416
Liitu	25	100,1	0,2498			0,2498				
Bentoniitti	5	443,1	0,0113		0,0004	0,0007	0,0031	0,0012	0,0113	0,058
	105			0,0331	0,035	0,2548	0,0038	0,0016	0,1181	1,0089

Kaavan tasaaminen lasketaan RO-ryhmän oksidien määrästä. Se tasataan lukuun 1. Samassa suhteessa tasataan myös R₂O₃- sekä RO₂-ryhmät (Tau- lukko 3). Lisäksi lasketaan RO₂- sekä R₂O₃-ryhmien suhdeluku, josta voi- daan päätellä esimerkiksi lasitteen kiiltävyyttä. Tasauksen jälkeen lasitteet ovat vertailukelpoisia toisiinsa nähden. (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 102-106)

Taulukko 3. Seger-kaava lasitteesta 11

Lasite 11			
	Tasaamaton	Tasattu	
Na ₂ O	0,0331	0,1013	
K ₂ O	0,035	0,1071	
CaO	0,2548	0,7799	
MgO	0,0038	0,0116	RO ₂ /R ₂ O ₃
Fe ₂ O ₃	0,0016	0,0049	8,50
Al ₂ O ₃	0,1181	0,3615	
SiO ₂	1,0089	3,0882	
RO	0,3267	1	
R ₂ O ₃	0,1187	0,3633	
RO ₂	1,0089	3,0882	

2.4 Lasitevirheet

Raaka-aineilla on erilaisia ominaisuuksia, joten tietyissä suhdemäärissä voi lasitteeseen tulla virheitä. Joissain lasitteissa kyseiset virheet ovat suunniteltuja, esimerkiksi kuroutuvat tai krakleelasitteet. Seuraavien lasitevirheiden selostukset on koottu kirjasta "The Ceramic Glaze Handbook" (Burleson, 2001, s. 83-85):

Yli/alipoltto

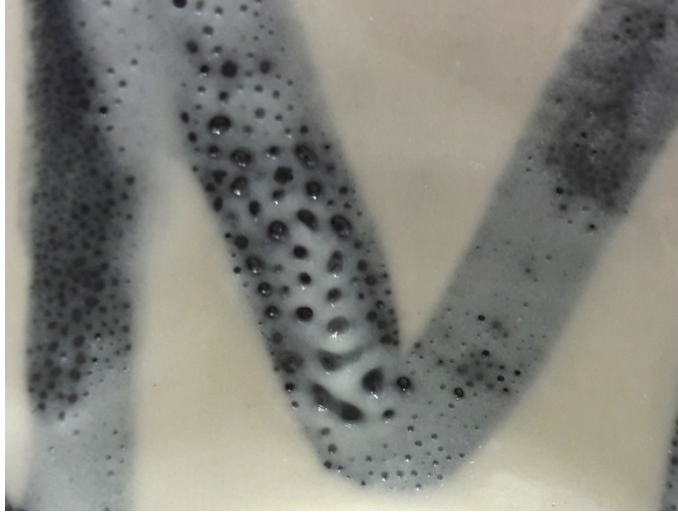
Jokaisella lasitteella on optimaalinen polttolämpötila, josta poikkeaminen voi aiheuttaa virheitä lasitteissa. Esimerkiksi ylipoltossa mattalaseite voi su- laa kirkkaaksi (Kuva 2) tai pintaan syntyy neulanreikiä.



Kuva 2. Vasemmalla ylipoltettu mattalaseite 20

Neulanreiät

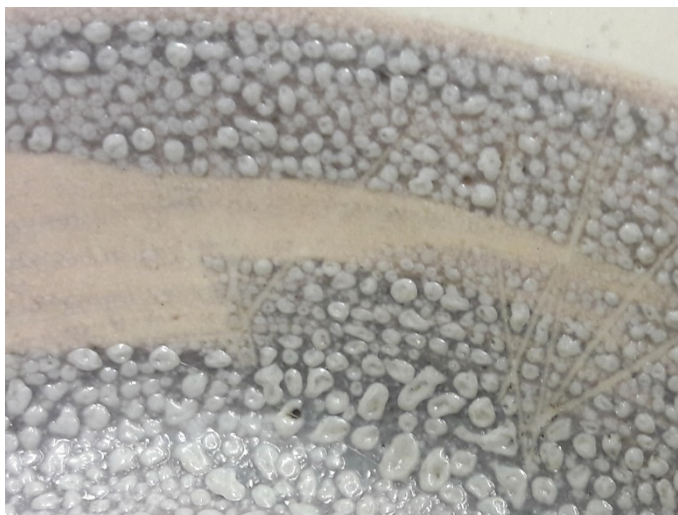
Neulanreikinä tarkoitetaan lasitteen pinnassa olevia pieniä reikiä (Kuva 3). Ne syntyvät, kun lasite ei ehdi sulaa tarpeeksi poltossa. Lasitteeseen jää ilmakuplia, jotka puhkeavat jäähtyessä. Niitä voi kokeilla estää ohuemalla lasitteella, pidemmällä haudutusajalla sekä tasoittamalla lasituksen pinnan ennen lasituspoltoa.



Kuva 3. Neulanreikäinen ja kuroutunut lasite 32

Kuroutuminen

Kuroutumisessa lasite kuroutuu epätasaiseksi (Kuva 4) tai paljastaa alla olevan saven pinnan. Kuroumat johtuvat pääasiassa liian paksusta lasitteesta tai lasitettavan pinnan epäpuhtauksista, kuten pölystä. Kuroutumista voidaan käyttää myös tehokeinona.



Kuva 4. Kuroutunut lasite 28

Rakot

Rakot ovat isoja kuplia (Kuva 5). Ne syntyvät esimerkiksi liian paksusta tai epätasaisesta lasitteesta tai ylipolttamisesta.



Kuva 5. Rakkoutunut lasite 30

Kraklee

Krakleella tarkoitetaan lasitteen säröilyä. Usein syynä on lasitteen liiallinen kutistuminen tai kutistumattomuus verrattuna keramiikkaan tai liian nopea uunin jäähtyminen, jolloin lasitteen jännite aiheuttaa säröilyn (Kuva 6). Säröillyt lasite voi aiheuttaa terveysriskejä säröihin mahdollisesti pääsevistä bakteereista ja kosteudesta, joten sitä ei tule käyttää käyttöesineissä.



Kuva 6. Säröillyt lasite 65

Hajoaminen

Lasitteeseen voi kutistumisen seurauksena tulla niin suuria jännitteitä, että se repeää (Kuva 7), irttoa keramiikasta tai hajoittaa koko tuotteen kokonaan.



Kuva 7. Repeämä lasitteessa 40

3 LASITEKOKKEET

Lasitekokeiden tarkoituksena on löytää lasitteita ja punnitusreseptejä, joissa käytetään samoja raaka-aineita eri suhteissa, mutta ovat ulkonäöllisesti erilaisia.

Ensimmäisessä vaiheessa valmistetaan koesarja lasitteista, joissa on samoja raaka-aineita eri suhteissa. Lasitteista tehdään koepalat, joista analysoidaan lasitteen pintaa lasituspolton jälkeen, kuten kirkkautta tai mattapinnan laatua. Lasitteista tehdään myös teoreettinen seger-analyysi, jotta nähdään lasitteiden kemiallinen koostumus sekä tehdään alustava pohdinta. Seger-kaavat on laskettu neljän desimaalin tarkkuudella.

Toisessa vaiheessa tutkitaan lasitteiden seger-kaavoja ja niiden kautta lasitteen käyttäytymistä. Kaavoista pyritään löytämään samankaltaisuuksia eri lasitteiden välillä, esimerkiksi mikä tekee pinnasta matan. Näitä johtopäätöksiä kokeillaan muokkaamalla lasitteita joko lisäämällä tai poistamalla niistä raaka-aineita. Lopuksi analysoidaan lopputuloksia.

Kolmannessa vaiheessa valmistetaan kokeiluiden pohjalta kehitetyt lasitteet. Lasitteet muodostetaan tekemällä seger-kaava toisin päin, eli määritellään oksidien määrät, josta lasketaan raaka-ainemäärät. Tehdyistä punnitusresepteistä valmistetaan koepaloja.

Työn lopputuloksena on lasitesarja, joiden punnitusresepteissä on samat raaka-aineet eri suhteissa, mutta lasitteen pinta on erilainen. Muutamaa valittua lasitetta kokeillaan keramiikkatuotteiden pintaan.

3.1 Koepalat ja määritelmät

Koepalat ovat kivitavarasavesta tehtyjä suorakulmioita (Kuva 8), joissa toisella sivulla on painettu reliefi. Siitä näkee lasitteen käyttäytymisen epätasaisella pinnalla. Koepalan toisella puolella on engobe- ja värimetallioksidiraitoja. Vasemmanpuoleisin raita on ruskeaa engobeaa, josta näkee lasitteen peittävyuden. Sen vieressä on punainen rautaoksidi-, kuparioksidisekä kobolttioksidiraita.



Kuva 8. Koepala ja -kuppi lasitteesta 62

Oksidit oli sekoitettu pieneen määrään vettä ja lisätty koepalaan ennen raakapolttoa. Raitojen on tarkoitus näyttää millainen lasite olisi värillisenä. Koepalat on raakapoltettu 960 asteessa.

Koepalat kastettiin lasitteeseen kahteen kertaan: ensimmäisellä kerralla kokonaan ja toisella kerralla puoliksi. Näin saadaan näkyviin lasitteen toimivuus sekä ohuena että paksuna. Koepalojen tueksi tein koekuppeja mahdollisen valumisen näkemiseksi (Kuva 8). Koepalat ja -kupit poltettiin lasitettuina 1240 asteessa.

Koepaloista tarkastellaan kiiltävyyttä, peittävyttä, tekstuuria, sulavuutta sekä mahdollisia muita ominaisuuksia silmämääräisesti.

Kiilto määritellään valon heijastuksesta. Kiiltävä lasite heijastaa valoa paljon, kun taas mattalasite heijastaa hyvin vähän tai ei ollenkaan (Burleson, 2001, 55-57). Lasitekoesarjassa kiilto on merkitty kiiltävä, hieman kiiltävä sekä kokonaan matta (Kuva 9).



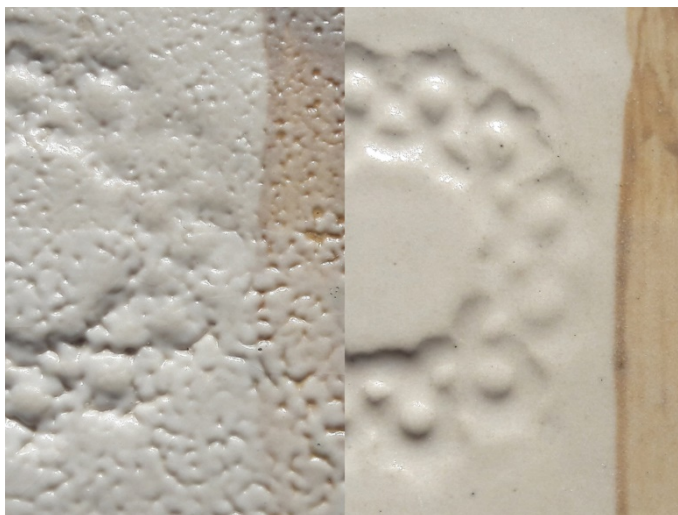
Kuva 9. Lasitteen kiilto: kiiltävä, semimatta ja matta

Lasite voi olla kirkas, himmeä tai kokonaan läpinäkymätön, opaali. Lasite on läpinäkyvä, jos kaikki sen sisältämät oksidit sulavat. Mitä enemmän lasitteessa on vähän sulavia oksideja, sitä opaalimpi lasite on (Salmenhaara. 1983, s. 75). Läpinäkyvyys nähdään koepalan engoberaidasta. Lasitesarjassa läpinäkyvyys on merkitty kokonaan kirkkaana, himmeänä sekä opaalina (Kuva 10).



Kuva 10. Lasitteen läpinäkyvyys: läpinäkyvä, himmeä ja opaali

Pintatekstuuri on lasitteen pinnan tuntu. Esimerkiksi onko pinta sileä, karhea tai samettinen (Burlison, 2001, s.55). Lasitesarjassa tekstuuria joko on tai ei ole. Lisätiedoissa on tarkennus, millainen pinta on (Kuva 11).



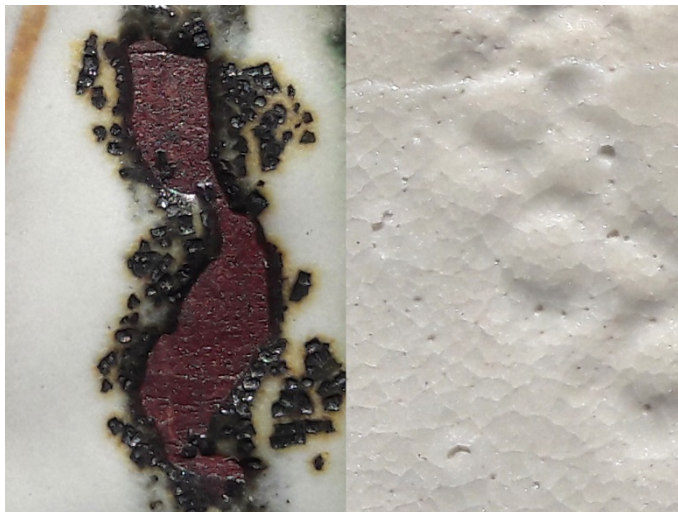
Kuva 11. Lasitteen tekstuuri: tekstuuri ja sileä

Pintajännitys kertoo lasitteen sulavuudesta; sulaako lasite tasaiseksi vai jääkö se aaltoilevaksi. Esimerkiksi epätasainen lasitus jää näkyviin (Jylhä-Vuorio, 2003, s. 128). Lasitesarjassa sulavuus nähdään lasitekerrosten rajasta. Raja voi olla sileä tai siinä voi olla selvä raja (Kuva 12).



Kuva 12. Lasitteen sulavuus: sulanut ja sulamaton

Edellisten lisäksi lasitteissa voi olla muuta huomioitavaa tai tarkentavaa. Esimerkiksi oksidiraitojen käyttäytymistä tai käyttäytymistä lasituksen aikana (Kuva 13).



Kuva 13. Muuta huomioitavaa: kuroutuma, säröilyä

3.2 Ensimmäinen lasitekoesarja

Ensimmäisen lasitekoesarjan punnitusreseptit valikoin kahdesta kirjasta: ”Clays and glazes” (Cooper, 2001) sekä ”The potter's complete book of clay and glazes” (Chappel, 1991). Aluksi etsin lasitteita missä olisi pääosin suomalaisia raaka-aineita. Koska suurin osa lasitteista sisälsivät sekä maasälpää että kaoliinia, päätin keskittyä niihin pohjautuviin lasitteisiin. Lasitesarjaan tuli 14 lasitetta (Taulukko 4).

Taulukko 4. Lasitteiden 1-14 punnitusreseptit





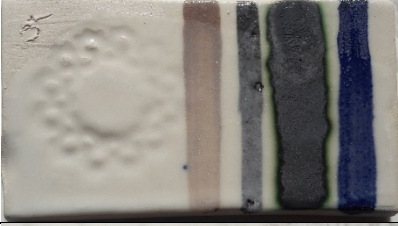


	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Maasälpä	46,9	38	39,2	23	36	44	49	50	45	20	40	64	64	55
Kaoliini	25	26,1	12,5	30	22	20	25	13,6	36	21	10	12	12	15
Kvartsi		13	28	18	15	12		22,7	10	27	25			15
Liitu		18,8	27,5	16			4	9,1	9		25	26	13	10
Dolomiitti	26						22			12			13	
Wollastoniitti	5				26	16								
Talkki				14		8		4,5		20				5
Spodumeeni		4,4												
Bentoniitti			2								5			
	103	100	109	101	99	100	100	99,9	100	100	105	102	102	100


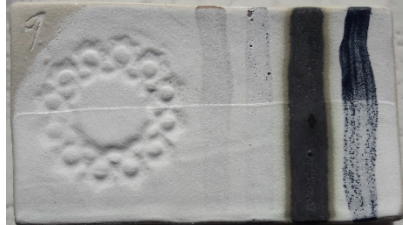



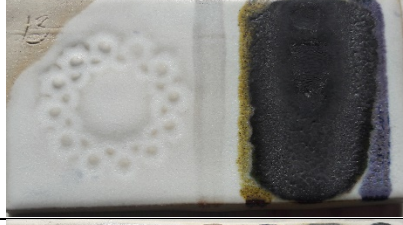

Maasälvän alkalit vaihtelivat reseptistä riippuen, mutta käytin kaikissa lasitteissa kalimaasälpää, poikkeuksena resepti 2 jossa oli lisäksi spodumeeniä. Kaoliini oli standard porcelainia.

Muina raaka-aineina on kvartsi, liitu, dolomiitti, wollastoniitti ja talkki. Ensimmäisen lasitesarjan punnitusresepteissä käytetään myös spodumeeniä sekä bentoniittia, mutta jätin ne pois myöhemmistä koesarjoista.

Lasitteiden analyysit löytyvät taulukosta 5 (sinisellä pohjalla ovat jatkoketjykykseen menneet lasitteet). Lasitteiden alkuperäiset punnituskaavat löytyvät liitteestä 1 ja seger-kaavat löytyvät liitteestä 2.

Taulukko 5. Lasitteiden 1-14 analyysit

Kuva	Nro	Kiilto			Kirkkaus			Tekstuuri	Sulavuus	Muuta huomioitavaa
		Kiiltävä-			Kirkas-			On	Hyvin	
		matta 1-3			opaali 1-3					
	1	X			X				X	
	2		X		X					
	3	X			X				X	
	4		X		X		X			Kuroutuu hieman
	5	X			X					
	6	X			X					
	7		X		X				X	

	8	X			X					Reagoi rautaoksidin kanssa
	9			X		X				Liitumainen pinta
	10		X			X		X		Kuroutuu
	11	X			X				X	
	12			X		X			X	Satiinimainen pinta
	13			X		X			X	Satiinimainen pinta
	14		X		X					

Ensimmäisen koesarjan tulokset

Lasitteiden ulkonäöstä ja niiden seger-kaavoista voidaan tehdä muutamia päätelmiä. Tarkastelen niitä muutaman lasitteen näkökulmasta.

Lasitteet 3 ja 11

Lasitteiden reseptit ovat samankaltaisia pienillä muutoksilla. Kummatkin ovat kirkkaita kiiltäviä. Verrattuna muihin lasiteresepteihin niissä on vähän natrium- ja kaliumoksidia. RO_2/R_2O_3 suhdeluku on suuri.

Lasite 9

Lasitteessa on vähän kalsiumia. Lisäksi RO_2/R_2O_3 on pieni

Lasitteet 10 ja 4

Kummatkin lasitteet kuroutuvat. Lasitteissa on hyvin vähän maasälpää sekä kaoliinia, joten natrium- ja kaliummäärät ovat pieniä. Sen sijaan magnesiumimäärä on suuri.

Lasitteet 13 ja 12

Lasitteessa on paljon Na_2O sekä K_2O . Toisiinsa verrattuna 13 on peittävämpi, ja siinä on enemmän magnesiumia ja hiukan vähemmän kalsiumia.

3.3 Toinen lasitesarja

Näistä johtopäätöksistä lähdin muokkaamaan lasitteita 3, 4, 8, 9, 10 ja 13 kolmessa osasarjassa: kaksi ensimmäistä vaihtamalla raaka-aineita ja niiden määriä, kolmannella kerralla muuttamalla maasälvän ja kaoliinin määriä. Ensimmäinen osasarjaan kuuluu lasitteet 15-24, toiseen 25-35 ja kolmanteen 36-44.

Lasitemuokkaukset keskitin muutamaan lasitteeseen, joita muokkasin hieman jokaisessa sarjassa. Lasitteet eivät ole numerojärjestyksessä tämän takia, vaan lasitekohtaisesti alkuperäisen lasitteen mukaan. Näin niitä pystyy helposti vertailemaan toisiinsa.

Lasitteen 3 muunnelmät






Lasite 3 on kiiltävä, joten halusin saada siihen mattapintaa muutoksilla. Ensimmäiseen kokeiluun alensin piioksidin määrää vähentämällä kvartsin määrää punnitusreseptissä. Samalla lasitteen pinta muuttui semimattapintaiseksi (lasite 21). Toiseen kokeiluun poistin kvartsin kokonaan. Lasitteesta tuli mattapintainen, mutta samalla lasitteessa on pieniä, tummahkoja kiteytymiä (25). Kaoliinin määrää lisäämällä ja maasälpää vähentämällä lasitteesta tuli hieman pehmeämmän oloinen, mutta muuten on samankaltainen kuin alkuperäinen (36 ja 37).

Lasitteiden reseptit löytyvät taulukosta 6, analysoinnit taulukosta 7 (siniellä taustalla lasitteet, jotka tulevat lasitesarjaan) sekä seger-kaavat liitteestä 3.

Taulukko 6. Lasitteen 3 muunnelmat

	3	21	25	36	37
Maasälpä	39,2	39,2	39,2	35	30
Kaoliini	12,5	12,5	12,5	16,7	21,7
Kvartsi	28	14		28	28
Liitu	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5
Bentoniitti	2				
	109,2	95,2	79,2	107,2	107,2

Taulukko 7. Lasitteen 3 muunnelmien analyysit

Kuva	Nro	Kiilto			Kirkkaus			Tekstuuri	Sulavuus	Muuta huomioitavaa
		Kiiltävä-			Kirkas-			On	Hyvin	
		matta 1-3			opaali 1-3					
	3	X			X				X	
	21		X		X				X	
	25			X	X				X	Rusehtava efekti
	36		X		X				X	
	37		X		X				X	

Lasitteen 4 muunnelmät




Lasite 4 hieman kuroutui, joten muunsin sitä yrittäen saada lasitetta kuroutumaan enemmän. Ensimmäiseen kokeiluun lisäsin talkkia lisätäkseni magnesiumoksidin määrää. Lasite kuroutui pelkästään rautaoksidin kohdalta (lasite 18). Toiseen kokeiluun lisäsin dolomiittia, jolloin peittävydestä tuli pistemäistä (19). Viimeiseen kokeiluun muutin liidun kokonaan dolomiitiksi. Tämä kirkasti lasitteen kokonaan (26). Mikään muunnoksista ei kuroutunut.

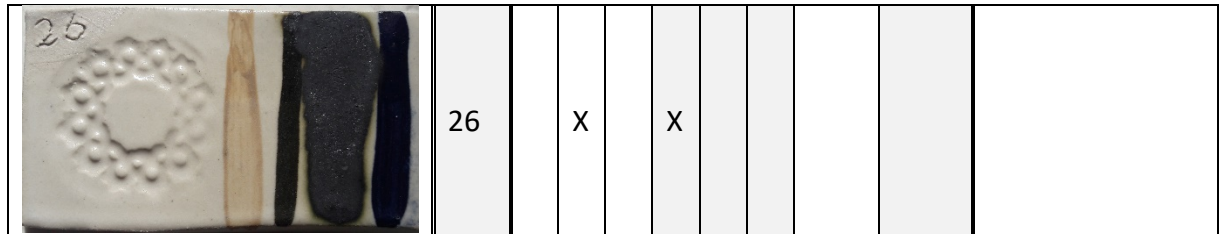
Lasitteiden reseptit löytyvät taulukosta 8, analysoinnit taulukosta 9 (sinisellä taustalla lasitteet, jotka tulevat lasitesarjaan) sekä seger-kaavat liitteestä 3.

Taulukko 8. Lasitteen 4 muunnelmät

	4	18	19	26
Maasälpä	23	23	23	23
Kaoliini	30	30	30	30
Kvartsi	18	18	18	18
Liitu	16	16	16	
Dolomiitti			5	16
Talkki	14	19	14	14
	101	106	106	101

Taulukko 9. Lasitteen 4 muunnelmien analyysit

Kuva	Nro	Kiilto			Kirkkaus			Tekstuuri	Sulavuus	Muuta huomioitavaa
								On	Hyvin	
	4		X			X		X		Kurotutuu hieman
	18			X		X			X	Reagoi rautaoksidin kanssa
	19			X		X		X	X	Pistemäinen peitto



Lasitteen 8 muunnelmat






Lasite 8 on kiiltävä, joten kokeilin saada sen mattapintaiseksi. Ensimmäisestä kokeilusta poistin talkin. Pinnasta tuli epätasainen sekä paksuna osittain peittävä (lasite 15). Toiseen kokeiluun muutin talkin kvartsiiksi. Lasitteesta tuli samantapainen kuin edellinen, mutta se sulaa paremmin (16). Kolmanteen kokeiluun muutin talkin dolomiitiksi. Lasite sulaa paremmin sekä se ei ole peittävä (27). Viimeisessä kokeilussa vaihdoin osan kvartsista kaoliiniksi. Lasitteesta tuli semimatta ja hieman peittävä (28). Jokainen kokeilu reagoi rautaoksidin kanssa kuroutuen.

Lasitteiden reseptit löytyvät taulukosta 10, analysoinnit taulukosta 11 sekä seger-kaavat liitteestä 4.

Taulukko 10. Lasitteen 8 muunnelmat

	8	15	16	27	28
Maasälpä	50	50	50	50	50
Kaoliini	13,6	13,6	13,6	13,6	25
Kvartsi	22,7	22,7	27,3	22,7	11,3
Liitu	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
Dolomiitti				4,5	
Talkki	4,5				4,5
	99,9	94,4	100	99,9	99,9

Taulukko 11. Lasitteen 8 muunnelmien analysit

Kuva	Nro	Kiilto			Kirkkaus			Tekstuuri	Sulavuus	Muuta huomioitavaa
		Kiiltävä-			Kirkas-			On	Hyvin	
		matta 1-3			opaali 1-3					
	8	X			X					Reagoi rautaoksidin kanssa
	15	X			X		X			
	16	X			X					
	27	X			X					
	28		X		X					Reagoi rautaoksidin kanssa

Lasitteen 9 muunnelmät

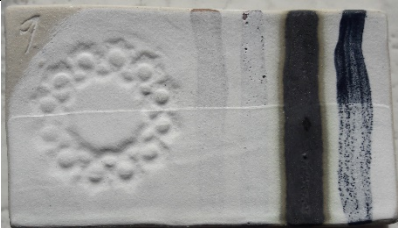
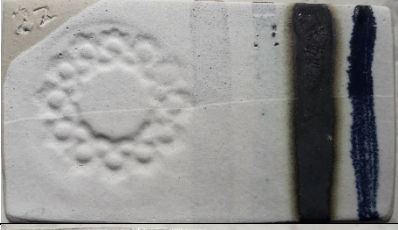

Lasitteessa 9 on matta, liitumainen pinta. Halusin kokeilla miten eri raaka-aineiden vaihtaminen vaikuttaisi pintaan. Liidun lisääminen ei vaikuta pintaan (lasite 22). Liidun vaihtaminen dolomiittiin sen sijaan tuo lasitteeseen hieman kiiltoa ja ”kuivan liimamaisen” pinnan (23). Jos vain puolet liidusta vaihdetaan dolomiittiin tulee pinnasta enemmän ”kuivan jugurttimainen” (29). Liidun vaihtaminen wollastoniittiin tekee pinnasta hieman sileämmän (30). Maasälvän ja kaoliinin suhdetta muuttamalla lasitteen peittävyys muuttuu. Mitä enemmän kaoliinia sitä valkoisempi lasite on (38, 39, 40).

Lasitteiden reseptit löytyvät taulukosta 12, analysoinnit taulukosta 13 (sinisellä taustalla lasitteet, jotka tulevat lasitesarjaan) sekä seger-kaavat liitteestä 4.

Taulukko 12. Lasitteen 9 muunnelmät

	9	22	23	29	30	38	39	40
Maasälpä	45	45	45	45	45	49	53	40
Kaoliini	36	36	36	36	36	32	28	41
Kvartsi	10	10	10	10	10	10	10	10
Liitu	9	14		4,5		9	9	9
Dolomiitti			9	4,5				
Wollastoniitti					9			
	100	105	100	100	100	100	100	100

Taulukko 13. Lasitteen 9 muunnelmien analyysit

Kuva	Nro	Kiilto			Kirkkaus			Tekstuuri	Sulavuus	Muuta huomioitavaa
		Kiiltävä-matta 1-3			Kirkas-opaali 1-3			On	Hyvin	
	9			X						Liitumainen pinta
	22			X						Kuiva matta
	23		X			X				”Liimamainen pinta”

	29			X	X					"Jugurttimainen pinta"
	30			X	X					Kuiva pinta, reagoi kuparioksidin kanssa
	38			X		X				Liitumainen pinta
	39			X	X					Liitumainen pinta
	40			X		X				Liitumainen pinta

Lasitteen 10 muunnelmat






Lasitteessa 10 on pieniä kuroutumia ja kokeilin saada lasitetta kuroutumaan suuremmin pyöreäpintaisemmaksi. Ensimmäiseen kokeiluun lisäsin dolomiitin määrää, mutta unohdin kokonaan talkin. Lasitteesta hävisi kuroumat (lasite 17). Dolomiitin lisääminen suurentaa kuroumia ja on peittävämpi (24). Jos osan dolomiitista muuttaa talkiksi kuroumat tasoittuvat (31). Jos sen muuttaa joko liiduksi tai wollastoniitiksi on tuloksena kirkas kiiltävä pinta (32, 33). Maasälvän ja kaoliinin suhteen muuttaminen vaikuttaa hieman kuroumien kokoon. Maasälvän lisääminen pienentää kokoa (41), kaoliinin lisääminen suurentaa kuroumia samalla tasoittaen niitä (42). Mikään muunnelmista ei kuroutunut halutulla tavalla.




Lasitteiden reseptit löytyvät taulukosta 14, analysoinnit taulukosta 15 sekä seger-kaavat liitteestä 5.

Taulukko 14. Lasitteen 10 muunnemat

	10	17	24	31	32	33	41	42
Maasälpä	20	20	20	20	20	20	25	15
Kaoliini	21	21	21	21	21	21	16	26
Kvartsi	27	27	27	27	27	27	27	27
Liitu						6		
Dolomiitti	12	17	17	6	6	6	12	12
Wollastoniitti					6			
Talkki	20		20	26	20	20	20	20
	100	85	105	100	100	100	100	100

Taulukko 15. Lasitteen 10 muunnelmien analyysit

Kuva	Nro	Kiilto			Kirkkaus			Tekstuuri	Sulavuus	Muuta huomioitavaa
		Kiiltävä-			Kirkas-			On	Hyvin	
	10	X			X			X		Kuroutuu
	17	X			X				X	
	24	X			X			X		Kuroutuu
	31	X			X			X		Kuroutuu
	32	X			X					

	33	X			X					
	41		X		X		X			Pientä kuroumaa
	42		X				X	X		Kuroutuu

Lasitteen 13 muunnelmat

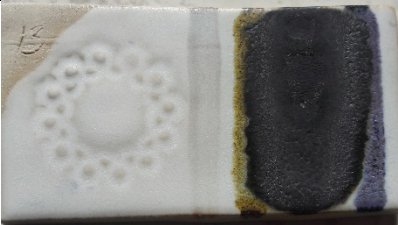




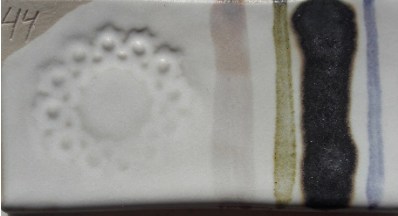
Lasite 13 on satiinimainen matta, hieman kiteytyvä. Tarkoituksena oli kokeilla, miten eri raaka-ainemuutokset näkyvät pinnassa. Liidun vaihtaminen dolomiittiin vähentää satiinimaisuutta (lasite 20). Dolomiitin muuttaminen talkiksi kirkastaa lasitteen (34). Liidun muuttaminen wollastoniittiin lisää kiteytymistä ja samalla satiinimaista pintaa (35). Maasälvän lisääminen kirkastaa lasitetta (43), kun taas kaoliinin lisääminen vaalentaa (44). Jokaisessa lasitteessa kupari metallisoituu paljon.

Lasitteiden reseptit löytyvät taulukosta 16, analysoinnit taulukosta 17 (sisällä taustalla lasitteet, jotka tulevat lasitesarjaan) sekä seger-kaavat liitteestä 5.

Taulukko 16. Lasitteen 13 muunnelmat

	13	20	34	35	43	44
Maasälpä	64	64	64	64	70	58
Kaoliini	12	12	12	12	6	18
Liitu	13		13		13	13
Dolomiitti	13	24		13	13	13
Wollastoniitti				13		
Talkki			13			
	102	100	102	102	102	102

Taulukko 17. Lasitteen 13 muunnelmien analyysit

Kuva	Nro	Kiilto			Kirkkaus			Tekstuuri	Sulavuus	Muuta huomioitavaa
								On	Hyvin	
	13			X		X			X	Satiinimainen pinta
	20			X		X		X	X	
	34		X			X		X	X	Satiinimainen pinta
	35		X			X		X	X	Satiinimainen pinta, pistemäinen peitto
	43		X			X		X	X	Satiinimainen pinta
	44			X		X			X	

Tulokset toisesta lasitekoesarjasta

Seger-kaavassa RO₂/R₂O₃ suhteen sulattajien yhteenlaskettu moolimassan ollessa suuri on lasite todennäköisesti hyvin sulavan. Sulattajien vähäinen määrä taas tekee lasitteesta todennäköisemmin huonosti sulavan.

Jos seger-kaavan RO₂/R₂O₃ on suuri, lasite on todennäköisesti kiiltävä. Suhdeluvun ollessa pieni lasite on matta. Tästä voidaan todeta, että kiiltävässä lasitteessa on paljon piioksidia, mattalassitteessa taas paljon alumiinioksidia.

Maasälvän ja kaoliinin suhteen muuttaminen vaikuttaa lasitteen kirkkauteen sekä peittävyteen. Enemmän maasälpää tekee lasitteesta kirkkaampaa, paljon kaoliinia tuo mattapintaa ja peittävyttä.

Liidun vaihtaminen dolomiittiin kirkastaa lasitetta, mutta muuttaa pinnan sävyä lämpimästä kylmään. Muuttaminen wollastoniittiin sulattaa pintaa tasaisemmaksi ja kiiltävämmäksi.

Talkissa on paljon piioksidia, joten sen lisääminen lisää lasitteen kiiltoa. Magnesiumoksidi taas himmentää pintaa.

3.4 Kolmas lasitesarja

Lähdin tekemään kolmatta lasitesarjaa laskemalla piin ja alumiinin suhdetta yhtälöparin avulla. Tällä tavalla saadaan tietyille oksidimäärille oikean määrän maasälpää ja kaoliinia.

Ensimmäisen yhtälöparin tein RO₂/R₂O₃ suhdelukuun 6: alumiinioksidia 0,15 mol ja piioksidia 0,9 mol. Merkitään maasälvän moolimassaa kirjaimella a ja kaoliinin b. Maasälvässä on 1,01 Al₂O₃ ja 6,5 SiO₂. Kaoliinissa 1 Al₂O₃ ja 2,2 SiO₂ (Kuva 14)

a = maasälvän moolimäärä

b = kaoliinin moolimäärä

$$1 \quad \begin{cases} 6,5a + 2,2b = 0,9000 & / \text{SiO}_2 \text{ määrä} \\ 1,01a + 1b = 0,1500 & / \times 2,2 \quad / \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ määrä} \end{cases}$$

$$2 \quad \begin{cases} 6,5a + 2,2b = 0,9000 \\ 2,222a + 2,2b = 0,3300 & / \times -1 \\ \hline 6,5a + 2,2b = 0,9000 \\ -2,222a - 2,2b = 0,3300 \\ \hline 4,287a = 0,57 & // 4,287 \\ a = 0,13324 \end{cases}$$

$$3 \quad \begin{aligned} 1,01(0,13324) + 1b &= 0,1500 \\ 0,13457 + 1b &= 0,1500 \\ b &= 0,1500 - 0,1346 \\ b &= 0,0154 \end{aligned}$$

Kuva 14. Yhtälöparin laskenta

Aluksi muodostetaan lauseke (kohta 1). Al_2O_3 kerrotaan 2,2, jotta lausekkeet voidaan miinustaa toisistaan. Erotuksesta saadaan laskettua a:n arvo (kohta 2). B:n arvo saadaan sijoittamalla a:n arvo Al_2O_3 lausekkeeseen (kohta 3). Lopulliset painoprosenttimäärät saadaan kertomalla saatu moolimassa raaka-aineen moolimassalla. Maasälvän määräksi tulee näin 76 ja kaoliinin 4,3. Lasitteen seossuhde ei ole täysin 100 (Taulukko 18).

Lasitteeseen tuli pelkästään maasälpää ja kaoliinia. Koska kaoliinia tuli vähän, saostui lasite saman tien lasiteastian pohjalle. Lasitteesta tuli kirkas kiiltävä, mutta pinnassa on tekstuuria (lasite 45). Koska raaka-ainemäärä ei mennyt sataan painoprosenttiin paikkasin seuraavassa lasitteessa puuttuvat prosentit kvartsilla. Lasitteessa ei ole eroa edelliseen (46).

Kolmanteen lasitteeseen laskin 20 painoprosenttia kvartsia, ja sen jälkeen maasälvän ja kaoliinin määrät yhtälöparilla $\text{RO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ suhdelukuun 8. Saadakseni painoprosentit sataan lisäsin punnitusreseptiin liitua. Lasite sulii taiseksi (lasite 47). Seuraavaan käytin samaa pohjaa, mutta liidun sijaan reseptiin tuli talkkia. Kvartsin sijaan talkkia tuli 20 painoprosenttia ja kvartsin määrän laskin suhdelukuun 10. Lasitteesta tuli semimatta (48).

Viides lasite oli maasälpä-kaoliinilasite vaaleahkolla pinnalla, jonka laskin $\text{RO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ suhdelukuun 5,3 (lasite 49). Lisäämällä liitua täyttämään painoprosentit lasitteesta tuli hyvin sulava matta, joka reagoi värimetallioksidiin (50). Seuraavat kaksi lasitetta tein pienillä $\text{RO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ -suhdeluvuilla. Lasitteisiin tuli paljon kaoliinia ja vähän maasälpää. Ensimmäisessä suhdeluku on 3,5 ja dolomiitin kanssa lasite sulii epätasaiseksi (51). Liidun kanssa

ja suhdeluvulla 3 lasite suli tasaisemmaksi, mutta lasite kutistui vähemmän kuin keramiikka, joten koepala vääntyi (52).




Lasitteet 53 ja 54 on kummatkin laskettu RO_2/R_2O_3 suhdelukuun 4,5. Liitua lisätessä lasitteesta tuli matta (lasite 53), kun taas dolomiittia lasitteessa on hieman kiiltoa (54).

Lasitteiden 45-54 analyysit löytyvät taulukosta 19 (sinisellä taustalla lasitteet, jotka tulevat lasitesarjaan) ja seger-kaavat liitteestä 6.

Taulukko 18. Kehitettyjen lasitteiden 45-54 punnitusreseptit

	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Maasälpä	76	76	52,3	52,3	62,7	62,7	34,7	26,7	52,7	52,7
Kaoliini	4,2	4,3	9	9	10,8	10,8	38,5	56,3	22,4	22,4
Kvartsi		19,7	20	23,7						
Liitu			18,7			26,5		17	24,9	
Dolomiitti							26,8			24,9
Wollastoniitti										
Talkki				20						
	80,3	100	100	105	73,5	100	100	100	100	100








Taulukko 19. Kehitettyjen lasitteiden 45-54 analyysit


Kuva	Nro	Kiilto			Kirkkaus			Tekstuuri	Sulavuus	Muuta huomioitavaa
		Kiiltävä-			Kirkas-			On	Hyvin	
	45	X			X			X		Kuoppainen pinta
	46	X			X			X		Kuoppainen pinta
	47	X			X				X	

	48		X			X		X		Kuroutuu hieman
	49	X			X			X		
	50		X			X			X	Reagoi oksidiraitoihin
	51			X		X				
	52			X				X		Vääntyy
	53			X		X				
	54			X		X			X	

Viimeisen lasiteosasarjan tein muokkaamalla aiemmin kehitettyjä lasitteita (Taulukko 20). Lasite 47 oli onnistunut, joten muokkasin muuttamalla liidun dolomiitiksi. Lasite on samanlainen kuin alkuperäinen (lasite 55). Sen sijaan kvartsin ja liidun muuttaminen talkiksi samalla pitäen RO_2/R_2O_3 -suhdeluvun samana tekee lasitteesta semimatan ja pintaan tekstuuria

Taulukko 21. Kehitettyjen lasitteiden 45-66 analysit

Kuva	Nro	Kiilto			Kirkkaus			Tekstuuri	Sulavuus	Muuta huomioitavaa
		Kiiltävä-			Kirkas-			On	Hyvin	
		matta 1-3			opaali 1-3					
	55	X			X				X	
	56		X		X		X			Pientä kuroumaa
	57	X			X				X	
	58		X		X		X		X	
	59			X	X				X	
	60			X	X				X	
	61			X	X					

	62			X	X					
	63			X		X				
	64			X		X			X	
	65	X			X			X		Säröilevä kraklee
	66		X			X		X		Kuroutuu

3.5 Raaka-aineiden vaikutus lasitesarjojen kokeilujen pohjalta

Lasitekokeilujen jälkeen voidaan todeta lasitteista raaka-aineiden käyttäytymismalleja. Tarkastelun kohteena on raaka-aineen vaikutus lasitteen pintaan sekä vaikutus lasittamisen aikana. Toteamusten esimerkkilasitteet ovat suluissa.

Maasälvässä on kaikki lasitteeseen tarvittavat oksidit, joten se voi muodostaa lasitteen yksinään. Lasittaessa se sakkautuu heti lasiteastian pohjalle, mikä vaikeuttaa lasittamista (lasite 45). Lasittaessa suuren määrän maasälvää sisältävän lasitteen tunnistaa punertavasta väristä (46).

Kaoliini tekee lasitteesta helpommin lasitettavan, koska se estää lasitteen sakkautumista. Suurina määrinä se myös himmentää lasitetta (lasitteet 38/40). Lasittaessa suuri määrä kaoliinia näkyy kellertävänä pintana (52).

Kvartsi lisää piioksidin määrää ja siten tekee lasitteesta kiiltävämpää (lasitteet 3/21/25).

Liitu tekee lasitteeseen lämpimän punertavan pinnan verrattuna dolomiittiin (lasitteet 53/54). Suurina määrinä sulattaa pinnan tasaiseksi (50).

Dolomiitti tekee lasitteeseen sinertävän kylmän pinnan verrattuna liituun (lasitteet 53/54). Jos liitu vaihdetaan dolomiittiin lasitteen opaalisuus vähenee (4/19) sekä pinnasta tulee kiiltävämpi (9/23). Pieni lisäys dolomiittia reseptiin tekee opaalisuudesta pistemäistä (4/26).

Wollastoniitti lisää kiiltävyyttä pintaa sen sisältämän piioksidin takia (lasitteet 10/33) Jos wollastoniittia käytetään kvartsin sijasta sulaa lasite tasaisemmin (61/62)

Talkki tekee lasittaessa pintaan savumaisen verhon ja lasite tulee seuloa hyvin, koska kuiva talkki kelluu veden pinnalla. Talkki lisää kiiltoa lasitteeseen pienissä määrin (lasitteet 13/34), mutta himmentää pintaa (47/56).

4 LASITEKOKEILUT TUOTTEISSA

Valitsin lasitesarjoista muutaman lasitteen ja kokeilin niitä tuotteiden pinnalle. Jokaisella tuotteella on eri käyttötarkoitus, joten lasitteilta vaaditaan eri ominaisuuksia. Testikappaleiden lasituspoltto meni ylipoltoksi, mutta testikappaleista näkee suuntaa-antavasti millainen lasite olisi käytössä.

4.1 Valoteos

Ensimmäinen tuote on laattamainen valoteos (Kuva 15). Se on geometrinen ja siinä on hieman koholla olevia onttoja laattoja. Pinnassa on pieniä reikiä, joista valo pääsee läpi. Teos on vielä prototyypivaiheessa, mutta siihen voi jo etsiä sopivan lasitteen.



Kuva 15. Valoteoksen prototyyppi

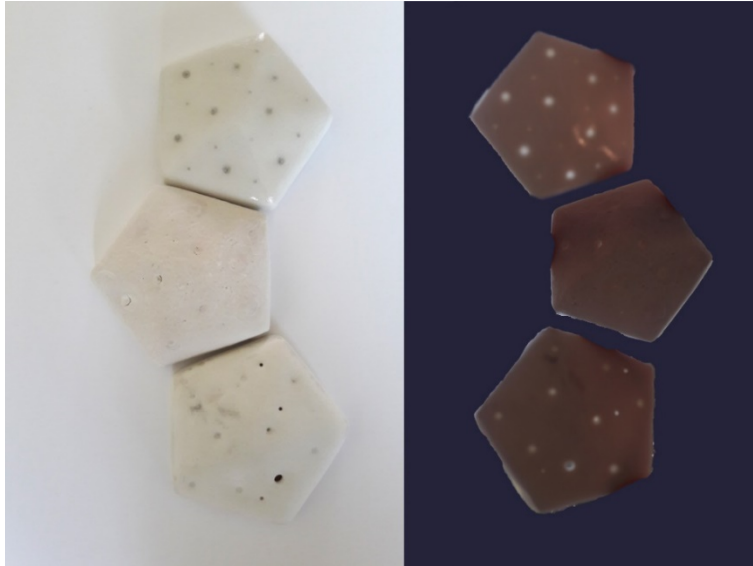
Haluan lasitteen olevan peittävä, jolloin sen reiät eivät näy ilman valoa, mutta valon kanssa ne näkyvät. Lasitesarjoista valitsin peittävät mattalasiitteet 35, 38 ja 44. Jokaisesta tein yhden kokeilulaatan. Lasittaessa jokaisen kohdalla ongelmana oli pinnan reiät, joiden kohdalla lasite painui kuopaksi.

Lasite 35 on satiipintainen, osittain opaali lasite. Valitsin lasitteen tekstuurin takia. Se on osittain opaali, joten tuotteen pinnan reiät saattava näkyä lasitteen alta, ja siten epäsopiva tarkoitukseensa. Polton jälkeen lasite kuroutui pois reikien kohdalta. Valo kuitenkin pääsee läpi.

Lasite 38 on kuiva matta. Se peittää hyvin, mutta toisaalta se ei sula tasaiseksi pinnaksi. Lasittaessa tulisi näin olla tarkka pinnan sileydestä, mutta reikien kohdalta painuessa se voi jäädä epätasaiseksi. Polton jälkeen lasite on repeillyt sekä valo ei pääse reikäkohdista läpi.

Lasite 44 on hieman kiiltävä opaali. Pinta on tasaisen sulanut, ja koepalojen perusteella se sopisi parhaiten peittämään laattojen reiät. Polton jälkeen lasite on vähemmän opaali kuin koepalassa, joten reiät näkyvät, mutta lasite sulaa tasaiseksi sekä päästää valon läpi.

Kokeilujen perusteella lasite 35 on sopiva hieman viskositeettia parantamalla, jolloin se ei kuroudu pois rei'istä. Lasite 38 taas ei päästä valoa läpi, joten se ei sovi valoteokseen. Lasite 44 on vain hieman opaali, mutta kokeiluista se onnistui parhaiten (Kuva 16).



Kuva 16. Koelasitukset ylhäältä alaspäin: Lasite 35, 38 ja 44.

4.2 Pitsituikut

Pitsituikut ovat keraamisia tuikkuja, jotka on leikattu pitsin muotoon (Kuva 17). Pinnassa on langoista tulevaa tekstuuria ja haluan niiden näkyvän lasitteen alta. Lisäksi lasitteen tulisi olla sulava, jotta pintaan ei tulisi tahatonta tekstuuria. Kokeilulasitteiksi valikoituivat lasitteet 34 ja 60.



Kuva 17. Pitsituikku

Lasite 34 on läpinäkyvä, satiinipintainen lasite. Lasitteessa on tekstuuria, mutta se peittää virheelliset leikkaukset sekä saumakohdat. Polton jälkeen lasitteesta katosi tekstuuri.

Lasite 60 on läpinäkyvä mattalaseite. Lasite ei peitä pinnanmuotoja sekä mattapintaisena se tekee suojaavan kerroksen ilman kiiltoa. Tämä on hyvä esimerkiksi värillisen saven kanssa, jolloin lasite ei vie huomiota väreiltä. Polton jälkeen lasite hieman halkeilee ja paksuna se on hieman opaali.

Näistä kahdesta vaihtoehdosta lasite 60 sopii työhön. Lasitetta tulee olla ohut kerros, jottei se pääse halkeilemaan tai muodosta opaalia pintaa (Kuva 18).



Kuva 18. Koekappaleet: vasemmalla lasite 60 ja oikealla lasite 34

4.3 Laatat

Seinälaatat ovat vasta ideatasolla (Kuva 19). Laatoissa on pitsikuviota reliefipintana. Kokeilin kahta eri vaihtoehtoa: krakleeta sekä kirkasta pintaa. Lasitekokeilut tein kahteen eri laattaan, molemmat puoliksi kastettuina eri lasitteisiin. Ensimmäisen laatan kastoin lasitteisiin 20 ja 21, toisen 36 ja 43.



Kuva 19. Laatan esimerkkiluonnos

Lasitteissa 20 ja 21 on molemmissa pienikokoisia säröjä. 20 on hieman satiinipintainen ja opaali lasite. Lasite 21 on vähän peittävä semimatta. Säröt tulivat esiin musteen avulla. Polton jälkeen lasitteessa 21 on onnistuneemmat säröt: ulkonevassa reliefissä säröt ovat pitsin ulkopuolella, kun taas painetussa ne ovat pitsin sisällä (Kuva 20).

Lasitteet 36 ja 43 valitsin niiden erilaisuutensa takia. Lasite 36 on kirkas, jossa on pehmeäntuntuinen pinta. Se sulaa myötäillen reliefin muotoja, joten se sopii kirkkaaksi lasitteeksi. Lasite 43 on peittävä satiinimatta. Poltossa se muodostaa ilmakuplia lasitteeseen (Kuva 20).



Kuva 20. Laattatestit; lasitteet vasemmalta oikealle: 20, 21, 36 ja 43

Vaihtoehtoista lasitteet 21 sekä 36 sopivat laattoihin (Kuva 21). Lasitteen 21 säröt muodostavat hyvännäköisen pinnan, koska ulkonevassa reliefissä se täyttää pitsin väliin jäävät osuudet sekä painetussa reliefissä se säröilee

pitsikohdista tuoden efektiä. Lasite 36 tuo pitsipinnan hyvin esiin lasittuen pitsin pintaa mukailleen.



Kuva 21. Vasemmalla krakleelasite 21, oikealla kirkas lasite 36

5 POHDINTA JA ARVIOINTI

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda lasitesarja studiotuotantoon. Eri lasitteita tuli kokeiltua yhteensä 66 kappaletta. Vaikka raaka-aineita on vain muutamia eri suhteissa, on lasitteiden ulkonäkö hyvin vaihteleva. Työlle asetetut tavoitteet täyttyvät.

Lasitekokeilut onnistuivat vaihtelevasti. Esimerkiksi osa lasitteista säröilee tahattomasti. Moni lasite kuitenkin onnistui ja ovat sellaisenaan käyttökelpoisia. Muunnelluista lasitteista lasitesarjaan tulee 8 lasitetta sekä kehitetyistä lasitteista 6. Kaikkia lasitteita en testannut tuotteiden pintaan, mutta ne, joita kokeilin, toimivat pääosin toivotulla tavalla. Muutamaa pitää hienman vielä muuttaa. Testauksista myös muutama lasite tippui pois, koska ne eivät näyttäneetkään sellaiselta kuin ajattelin.

En asettanut työlle tarkkaa aikataulua, vaan tein kokeilut ja laskelmat muun työskentelyn ohessa. Käytännön osuus alkoi hitaasti, mutta työn edetessä ja tuloksia saadessa myös motivaatio kasvoi. Lasitteita tulikin enemmän kuin aluksi suunnittelin.

Uunien poltot ja lasitteiden paksuus vaikuttivat jonkin verran lopputulokseen. Esimerkiksi lasite 43 on satiinimatta koepalassa ja kuppikokeilussa, mutta prototyypipilaatassa siitä katosi tekstuuri. Paksuuden vaikutuksen voi taas huomata lasitteesta 60. Koepalassa se on läpinäkyvä, mutta prototyypipitsissä se on opaali.

Opin paljon lasitteiden teosta sekä eri raaka-aineiden vaikutuksista. Pelkästä punnitusreseptistä voi sanoa suuntaa antavasti, millainen se on. Poikkeuksia toki on. Tämä tieto auttaa uusien raaka-aineiden vaikutuksien arvioinnissa, koska uudenlainen reaktio on todennäköisesti uudesta raaka-aineesta johtuvaa.

Ainoa toteutumaton lasitetavoite oli kuroutuva lasite. Lasitekokeilut kyllä kuroutuivat, mutta eivät toivotulla tavalla. Muilta osin opinnäytetyö on onnistunut.

LÄHDELUETTELO

Burleson, M. (2001). *The Ceramic Glaze Handbook*. New York: Lark Books, a division of Sterling Publishing Co., Inc.

Chappel, J. (1991). *The potter's complete book of clay and glazes*. New York: Watson-Guptill Publications.

Cooper, E. (2001). *Clays and glazes: the ceramic review book of clay bodies and glaze recipes, over 900 recipes from professional potters*. London: Ceramic Review

Jylhä-Vuorio, H. (2003). *Keramiikan Materiaalit*. Kuopio: Kuopion Muotoiluakatemia

Salmenhaara, K. (1983). *Keramiikka*. Keuruu: Otava

Lasitteiden 1-14 alkuperäiset reseptit

Lasitteet 1-3 ovat kirjasta "The potter's complete book of clay and glazes" (1991)		Lasitteet 4-14 ovat kirjasta "Clays and glazes" (2001)							
Lasite 1		Lasite 2		Lasite 3		Lasite 4		Lasite 5	
SG-128	s. 304	SG-131	s. 304	SEG-5e	s. 191	Christ Aston	s. 105-106	Christ Aston	s. 106
Opaque matt glaze	Cone 8-10	Opaque ochre-yellow dry mat glaze	Cone 8	Dry stony mat top glaze	Cone 6	Calcium magnesium matt glaze		Milky satin glaze	
Feldspar (potash)	46,9	Feldspar (custer)	38	Feldspar (potash)	39,2	Soda feldspar	23	Soda feldspar	36
Kaolin	25	Kaolin	26,1	Silica	28	Talc	14	Wollastonite	26
Dolomite	26	Whiting	18,5	Whiting	27,5	China clay	30	China clay	22
Wollastonite	5	Silica	13	Kaolin	12,5	Whiting	16	Quartz	15
(Superprax)	6	Spodumene	4,4	Bentonite	2	Quartz	18		
		(Rutile)	8	(C.M.C.)	1 tsp				
		(Yellow orche)	1						
		(C.M.C)	1tsp						
Lasite 6		Lasite 7		Lasite 8		Lasite 9		Lasite 10	
Christ Aston	s. 106	Deian Cookson	s. 121	Daring pottery	s. 125	Billy Eccles	s. 138	Gilles Le Corre	s. 174
Magnesium		Dolomite Glaze		Base white Glaze		Dru Glaze		White Glaze base	
Semi opaque		Reduction		Reduction		Reduction		For decoration	
Soda feldspar	44	Feldspar	49	Potash feldspar	50	Potash feldspar	45	Potash feldspar	20
Talc	8	China clay	25	Quartz	22,7	China clay	36	Quartz	27
China clay	20	Dolomite Glaze	22	China clay	13,6	Whiting	9	China clay	21
Wollastonite	16	Whiting	4	Whiting	9,1	Quartz	10	Dolomite	12
Quartz	12			Talc	4,5			Talc	20
Lasite 11		Lasite 12		Lasite 13		Lasite 14			
Anne and Laurie	s. 189	Lucie Rie	s. 214	Lucie Rie	s. 215	Janice Tchalenko	s. 234		
McIllichael		Whiting glaze		Dolomite Glaze		White (base glaze)			
Clear satin Glaze		Oxidation		Oxidation		Reduction			
Potash feldspar	40	Feldspar	64	Feldspar	64	Potash feldspar	55		
Whiting	25	Whiting	26	Dolomite	13	China clay	15		
Kaolin	10	China clay	12	Whiting	13	Quartz	15		
Quartz	25			China clay	12	Whiting	10		
Bentonite	5			Talc		Talc	5		

Lasitteiden 1-14 seger-kaavat

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Na2O	0,0391	0,0318	0,0325	0,0194	0,0303	0,0366	0,0409	0,0414	0,0377	0,0169	0,0331	0,0519	0,0529	0,0456
K2O	0,0428	0,0357	0,0346	0,024	0,0334	0,0396	0,0446	0,0435	0,0413	0,0201	0,035	0,0536	0,0547	0,0478
CaO	0,1678	0,1891	0,2792	0,1625	0,2278	0,1425	0,1648	0,0963	0,095	0,0674	0,2548	0,2613	0,2072	0,1059
MgO	0,1472	0,0018	0,0021	0,1128	0,0015	0,0647	0,121	0,0366	0,0025	0,2246	0,0038	0,0008	0,0713	0,0406
Fe2O3	0,0001	0,001	0,001	0,0012	0,0009	0,0008	0,001	0,0005	0,0014	0,0008	0,0016	0,0005	0,0005	0,0006
Al2O3	0,173	0,179	0,119	0,1487	0,1429	0,1499	0,1759	0,1357	0,2093	0,1111	0,1181	0,1534	0,1565	0,1514
SiO2	0,7539	0,9026	1,0348	0,9467	1,0578	1,0814	0,7564	1,1025	0,9644	1,0546	1,0089	0,8081	0,8243	1,0478
Li2O		0,0118												
RO	0,3969	0,2584	0,3484	0,3187	0,293	0,2834	0,3713	0,2178	0,1765	0,329	0,3267	0,3676	0,3861	0,2399
R2O3	0,1731	0,18	0,1191	0,1499	0,1438	0,1507	0,1769	0,138	0,2107	0,1119	0,1187	0,1539	0,157	0,152
RO2	0,7539	0,9026	1,0348	0,9467	1,0578	1,0814	0,7564	1,1025	0,9644	1,0546	1,0089	0,8081	0,8243	1,0478
TASATTU														
Na2O	0,0985	0,1231	0,0933	0,0609	0,1034	0,1291	0,1102	0,1901	0,2136	0,0514	0,1013	0,1412	0,1370	0,1901
K2O	0,1078	0,1382	0,0993	0,0753	0,1140	0,1397	0,1201	0,1997	0,2340	0,0611	0,1071	0,1458	0,1417	0,1992
CaO	0,4228	0,7318	0,8014	0,5099	0,7775	0,5028	0,4438	0,4421	0,5382	0,2049	0,7799	0,7108	0,5366	0,4414
MgO	0,3709	0,0070	0,0060	0,3539	0,0051	0,2283	0,3259	0,1680	0,0142	0,6827	0,0116	0,0022	0,1847	0,1692
Fe2O3	0,0003	0,0039	0,0029	0,0038	0,0031	0,0028	0,0027	0,0023	0,0079	0,0024	0,0049	0,0014	0,0013	0,0025
Al2O3	0,4359	0,6927	0,3416	0,4666	0,4877	0,5289	0,4737	0,6230	1,1858	0,3377	0,3615	0,4173	0,4053	0,6311
SiO2	1,8995	3,4930	2,9701	2,9705	3,6102	3,8158	2,0372	5,0620	5,4640	3,2055	3,0882	2,1983	2,1349	4,3677
Li2O		0,0457												
RO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R2O3	0,4361	0,6966	0,3418	0,4703	0,4908	0,5318	0,4764	0,6336	1,1938	0,3401	0,3633	0,4187	0,4066	0,6336
RO2	1,8995	3,4930	2,9701	2,9705	3,6102	3,8158	2,0372	5,0620	5,4640	3,2055	3,0882	2,1983	2,1349	4,3677
RO2/R2O3	4,36	5,01	8,69	6,32	7,36	7,18	4,28	7,99	4,58	9,42	8,50	5,25	5,25	6,89

Lasitteiden 3 ja 4 muunnosten seger-kaavat

3							4					
	21	25	36	37			18	19	26			
Na ₂ O	0,0325	0,0325	0,0325	0,0291	0,0251	Na ₂ O	0,0194	0,0194	0,0194	0,0194		
K ₂ O	0,0346	0,0344	0,0344	0,0316	0,0284	K ₂ O	0,024	0,024	0,024	0,024		
CaO	0,2792	0,2789	0,2789	0,2786	0,2781	CaO	0,1625	0,1615	0,1896	0,0895		
MgO	0,0021	0,0009	0,0009	0,0011	0,0015	MgO	0,1128	0,1524	0,1399	0,1996		
Fe ₂ O ₃	0,001	0,0005	0,0005	0,0007	0,0009	Fe ₂ O ₃	0,0012	0,0012	0,0012	0,0021		
Al ₂ O ₃	0,119	0,1145	0,1145	0,1213	0,1312	Al ₂ O ₃	0,1487	0,1487	0,1487	0,1487		
SiO ₂	1,0348	0,7787	0,5458	0,9951	0,9796	SiO ₂	0,9467	0,9995	0,9467	0,9467		
RO	0,3484	0,3467	0,3467	0,3404	0,3331	RO	0,3187	0,3573	0,3729	0,3325		
R ₂ O ₃	0,1191	0,115	0,115	0,122	0,1321	R ₂ O ₃	0,1499	0,1499	0,1499	0,1508		
RO ₂	1,0348	0,7787	0,5458	0,9951	0,9796	RO ₂	0,9467	0,9995	0,9467	0,9467		
TASATTU						TASATTU						
Na ₂ O	0,0933	0,0937	0,0937	0,0855	0,0754	Na ₂ O	0,0609	0,0543	0,0520	0,0583		
K ₂ O	0,0993	0,0992	0,0992	0,0928	0,0853	K ₂ O	0,0753	0,0672	0,0644	0,0722		
CaO	0,8014	0,8044	0,8044	0,8184	0,8349	CaO	0,5099	0,4520	0,5084	0,2692		
MgO	0,0060	0,0026	0,0026	0,0032	0,0045	MgO	0,3539	0,4265	0,3752	0,6003		
Fe ₂ O ₃	0,0029	0,0014	0,0014	0,0021	0,0027	Fe ₂ O ₃	0,0038	0,0034	0,0032	0,0063		
Al ₂ O ₃	0,3416	0,3303	0,3303	0,3563	0,3939	Al ₂ O ₃	0,4666	0,4162	0,3988	0,4472		
SiO ₂	2,9701	2,2460	1,5743	2,9233	2,9409	SiO ₂	2,9705	2,7974	2,5388	2,8472		
RO	1	1	1	1	1	RO	1	1	1	1		
R ₂ O ₃	0,3418	0,3317	0,3317	0,3584	0,3966	R ₂ O ₃	0,4703	0,4195	0,4020	0,4535		
RO ₂	2,9701	2,2460	1,5743	2,9233	2,9409	RO ₂	2,9705	2,7974	2,5388	2,8472		
RO ₂ /R ₂ O ₃	8,69	6,77	4,75	8,16	7,42	RO ₂ /R ₂ O ₃	6,32	6,67	6,32	6,28		

Lasitteiden 8 ja 9 muunnosten seger-kaavat

	8	15	16	27	28		9	22	23	29	30	38	39	40
Na ₂ O	0,0414	0,0414	0,0414	0,0414	0,0417	Na ₂ O	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,0377	0,041	0,0442	0,0336
K ₂ O	0,0435	0,0435	0,0435	0,0435	0,0454	K ₂ O	0,0413	0,0432	0,0432	0,0432	0,0462	0,0458	0,0484	0,0398
CaO	0,0963	0,0963	0,0963	0,1207	0,0965	CaO	0,095	0,145	0,0539	0,0745	0,0826	0,0954	0,0958	0,0945
MgO	0,0366	0,0009	0,0009	0,0253	0,0374	MgO	0,0025	0,0025	0,0513	0,0269	0,0025	0,0022	0,0019	0,0028
Fe ₂ O ₃	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	Fe ₂ O ₃	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0013	0,0011	0,0016
Al ₂ O ₃	0,1357	0,1375	0,1375	0,1375	0,1785	Al ₂ O ₃	0,2093	0,2093	0,2093	0,2093	0,2093	0,202	0,1946	0,2184
SiO ₂	1,1025	1,0549	1,1314	1,0549	1,003	SiO ₂	0,9644	0,9644	0,9644	0,9644	1,0419	0,9782	0,9921	0,9468
RO	0,2178	0,1821	0,1821	0,2309	0,221	RO	0,1765	0,2284	0,1861	0,1823	0,169	0,1844	0,1903	0,1707
R ₂ O ₃	0,138	0,138	0,138	0,138	0,1795	R ₂ O ₃	0,2107	0,2107	0,2107	0,2107	0,2107	0,2033	0,1957	0,22
RO ₂	1,1025	1,0549	1,1314	1,0549	1,003	RO ₂	0,9644	0,9644	0,9644	0,9644	1,0419	0,9782	0,9921	0,9468
TASATTU						TASATTU								
Na ₂ O	0,1901	0,2273	0,2273	0,1793	0,1887	Na ₂ O	0,2136	0,1651	0,2026	0,2068	0,2231	0,2223	0,2323	0,1968
K ₂ O	0,1997	0,2389	0,2389	0,1884	0,2054	K ₂ O	0,2340	0,1891	0,2321	0,2370	0,2734	0,2484	0,2543	0,2332
CaO	0,4421	0,5288	0,5288	0,5227	0,4367	CaO	0,5382	0,6349	0,2896	0,4087	0,4888	0,5174	0,5034	0,5536
MgO	0,1680	0,0049	0,0049	0,1096	0,1692	MgO	0,0142	0,0109	0,2757	0,1476	0,0148	0,0119	0,0100	0,0164
Fe ₂ O ₃	0,0023	0,0027	0,0027	0,0022	0,0045	Fe ₂ O ₃	0,0079	0,0061	0,0075	0,0077	0,0083	0,0070	0,0058	0,0094
Al ₂ O ₃	0,6230	0,7551	0,7551	0,5955	0,8077	Al ₂ O ₃	1,1858	0,9164	1,1247	1,1481	1,2385	1,0954	1,0226	1,2794
SiO ₂	5,0620	5,7930	6,2131	4,5686	4,5385	SiO ₂	5,4640	4,2224	5,1822	5,2902	6,1651	5,3048	5,2133	5,5466
RO	1	1	1	1	1	RO	1	1	1	1	1	1	1	1
R ₂ O ₃	0,6336	0,7578	0,7578	0,5977	0,8122	R ₂ O ₃	1,1938	0,9225	1,1322	1,1558	1,2467	1,1025	1,0284	1,2888
RO ₂	5,0620	5,7930	6,2131	4,5686	4,5385	RO ₂	5,4640	4,2224	5,1822	5,2902	6,1651	5,3048	5,2133	5,5466
RO ₂ /R ₂ O ₃	7,99	7,64	8,20	7,64	5,59	RO ₂ /R ₂ O ₃	4,58	4,58	4,58	4,58	4,94	4,81	5,07	4,30

Kehitettyjen lasitteiden 45-54 seger-kaavat

	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Na2O	0,0627	0,0627	0,0433	0,0433	0,0519	0,0519	0,0293	0,0478	0,0438	0,0438
K2O	0,0633	0,0633	0,0446	0,0446	0,0534	0,0534	0,0351	0,0563	0,0472	0,0472
CaO	0,0081	0,0081	0,1924	0,0056	0,0067	0,2714	0,1493	0,1732	0,2545	0,1407
MgO	0,0003	0,0003	0,0006	0,1881	0,0007	0,0007	0,1479	0,0039	0,0015	0,1365
Fe2O3	0,0002	0,0002	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0015	0,0022	0,0009	0,0009
Al2O3	0,15	0,15	0,125	0,125	0,15	0,15	0,2	0,25	0,175	0,175
SiO2	0,9	1,2277	1	1,125	0,8	0,8	0,7	0,75	0,78	0,78
RO	0,1344	0,1344	0,2809	0,2816	0,1127	0,3774	0,3616	0,2812	0,347	0,3682
R2O3	0,1502	0,1502	0,1254	0,1254	0,1504	0,1504	0,2015	0,2522	0,1759	0,1759
RO2	0,9	1,2277	1	1,125	0,8	0,8	0,7	0,75	0,78	0,78
TASATTU										
Na2O	0,4665	0,4665	0,1541	0,1538	0,4605	0,1375	0,0810	0,1700	0,1262	0,1190
K2O	0,4710	0,4710	0,1588	0,1584	0,4738	0,1415	0,0971	0,2002	0,1360	0,1282
CaO	0,0603	0,0603	0,6849	0,0199	0,0594	0,7191	0,4129	0,6159	0,7334	0,3821
MgO	0,0022	0,0022	0,0021	0,6680	0,0062	0,0019	0,4090	0,0139	0,0043	0,3707
Fe2O3	0,0015	0,0015	0,0014	0,0014	0,0035	0,0011	0,0041	0,0078	0,0026	0,0024
Al2O3	1,1161	1,1161	0,4450	0,4439	1,3310	0,3975	0,5531	0,8890	0,5043	0,4753
SiO2	6,6964	9,1347	3,5600	3,9950	7,0985	2,1198	1,9358	2,6671	2,2478	2,1184
RO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R2O3	1,1176	1,1176	0,4464	0,4453	1,3345	0,3985	0,5572	0,8969	0,5069	0,4777
RO2	6,6964	9,1347	3,5600	3,9950	7,0985	2,1198	1,9358	2,6671	2,2478	2,1184
RO2/R2O3	5,99	8,17	7,97	8,97	5,32	5,32	3,47	2,97	4,43	4,43

Kehitettyjen lasitteiden 55-66 seger-kaavat

	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
NazO	0,0433	0,0433	0,0433	0,0519	0,0293	0,0183	0,0438	0,0438	0,0438	0,0438	0,044	0,044
K ₂ O	0,0446	0,0446	0,0446	0,0534	0,0351	0,0251	0,0474	0,0472	0,0472	0,0472	0,0446	0,0446
CaO	0,107	0,0056	0,3378	0,1504	0,2717	0,3223	0,1975	0,2393	0,1098	0,1758	0,0056	0,0056
MgO	0,102	0,2496	0,0006	0,1444	0,0026	0,0031	0,0015	0,0015	0,1056	0,0769	0,0006	0,3066
Fe ₂ O ₃	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0015	0,0018	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0004	0,0004
Al ₂ O ₃	0,125	0,125	0,125	0,15	0,2	0,2001	0,174	0,174	0,1741	0,174	0,125	0,125
SiO ₂	1,0002	0,9992	0,9994	0,8002	0,7001	0,6996	0,8726	0,8725	0,8726	0,8722	1,4043	1,0752
RO	0,2969	0,3431	0,4263	0,4001	0,3387	0,3688	0,2902	0,3318	0,3064	0,3437	0,0948	0,4008
R ₂ O ₃	0,1254	0,1254	0,1254	0,1504	0,2015	0,2019	0,1749	0,1749	0,175	0,1749	0,1254	0,1254
RO ₂	1,0002	0,9992	0,9994	0,8002	0,7001	0,6996	0,8726	0,8725	0,8726	0,8722	1,4043	1,0752
TASATTU												
NazO	0,1458	0,1262	0,1016	0,1297	0,0865	0,0496	0,1509	0,1320	0,1430	0,1274	0,4641	0,1098
K ₂ O	0,1502	0,1300	0,1046	0,1335	0,1036	0,0681	0,1633	0,1423	0,1540	0,1373	0,4705	0,1113
CaO	0,3604	0,0163	0,7924	0,3759	0,8022	0,8739	0,6806	0,7212	0,3584	0,5115	0,0591	0,0140
MgO	0,3436	0,7275	0,0014	0,3609	0,0077	0,0084	0,0052	0,0045	0,3446	0,2237	0,0063	0,7650
Fe ₂ O ₃	0,0013	0,0012	0,0009	0,0010	0,0044	0,0049	0,0031	0,0027	0,0029	0,0026	0,0042	0,0010
Al ₂ O ₃	0,4210	0,3643	0,2932	0,3749	0,5905	0,5426	0,5996	0,5244	0,5682	0,5063	1,3186	0,3119
SiO ₂	3,3688	2,9123	2,3444	2,0000	2,0670	1,8970	3,0069	2,6296	2,8479	2,5377	14,8133	2,6826
RO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
R ₂ O ₃	0,4224	0,3655	0,2942	0,3759	0,5949	0,5475	0,6027	0,5271	0,5711	0,5089	1,3228	0,3129
RO ₂	3,3688	2,9123	2,3444	2,0000	2,0670	1,8970	3,0069	2,6296	2,8479	2,5377	14,8133	2,6826
RO ₂ /R ₂ O ₃	7,98	7,97	7,97	5,32	3,47	3,47	4,99	4,99	4,99	4,99	11,20	8,57