

Keraamiset liidut

Viivi Hirvikangas
Empiirinen tutkimus-kurssin raportti
Muotoilun pääaine
Muotoilun laitos
Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu
Aalto-yliopisto
15.04.2024

Tiivistelmä

Tutkimukseni aiheena on keraamisten liitujen valmistusmenetelmät. Keraamisia liituja käytetään keramiikka esineiden koristelemiseen. Ideana on selvittää eri raaka-aineiden vaikutukset keraamisten liitujen ominaisuuksiin. Muuttujina toimivat pigmentit ja niiden eri prosenttimäärät, liitujen eri polttolämpötilat sekä sidosaineet. Tavoitteena on luoda keraamisia liituja, joiden jälki ja tuntu muistuttaa tavallisen pastelliliidun tuottamaa jälkeä. Sen lisäksi haluan myös laajentaa omaa ymmärrystäni keramiikassa käytettävistä raaka-aineista, sekä pigmenteistä ja niiden vaikutuksista. Liitujen sivutuotteena syntyi keraamisia vesivärejä, joiden tuottamaa jälkeä tutkin tutkimuksen ohessa.

Lopputuloksena syntyi 54 liitua ja 37 koepalaa, joissa näkyy pigmenttimäärien, polttolämpötilojen sekä sidosaineiden muutokset. Liitujen värinkylläisyys nousi pigmentti prosenttimäärän noustessa ja liitujen poltosta ei ollut hyötyä. Eri sidosaineiden vaikutukset liitujen ominaisuuksiin osoittivat yllättäviä tuloksia ja osoittivat, että käyttämässäni reseptissä olisi vielä parantamisen varaa.

Pidän liitujen tuottamasta jäljestä esteettisesti, joten tutkimukseni tulokset ovat itselleni hyödyllisiä ja tullen käyttämään liituja tulevilla projekteilla keramiikka esineiden koristelemiseen.

Suuret kiitokset Tomi Pelkoselle, joka on auttanut minua projektissa.

Sisällysluettelo

1. Johdanto	4
1.1. Keskeisiä käsitteitä tutkimuksessani	4-5
2. Menetelmä	6
2.1 Koepalojen valmistus	6
2.2 Pigmentit ja metalli oksidit	6-7
2.3 Polttolämpötilat	7
2.4 Sidosaineet	8
2.5 Massan valmistus	8
2.6 Massan kuivaminen ja liitujen valmistus	9
2.7 Liitujen poltto	9
2.8 Koepalojen lasitus	10
3. Tulokset	11
3.1 Polttolämpötila ja värinkylläisyys	11-12
3.2 Sidosaineet	13-14
3.3 Arabian vaaleanpunainen	14
4. Johtopäätökset	15
5. Lähdeluettelo	16

1. Johdanto

Pidän esteettisesti liitujen tuottamasta jäljestä, joten halusin siitä syystä lähteä kehittämään omat liituni. Tutkimuksessani tutkin pigmenttien ja metallioksidien prosenttimäärän vaikutusta keraamisten liitujen ominaisuuksiin. Keskityn tutkimuksessani pääasiassa neljään eri pigmenttiin ja kahteen metallioksidiin ja analysoin tuloksia koepaloja vertailemalla. Päädyin useampaan pigmenttiin, sillä pigmentit vaihtelevat paljon raaka-aineiltaan ja ominaisuuksiltaan, joten tiesin, että tulokset saattavat vaihdella paljon. Kaikki käyttämäni pigmentit ovat Arabian vanhoja pigmenttejä, joten tuloksiani ei pysty vertailemaan muiden valmistajien pigmentteihin.

Prosenttimäärien lisäksi tutkin liitujen kovuusasteita ja niiden tuottamaa jälkeä, polttamalla liituja 600°C ja 800°C asteeseen. Jätän osan liiduista myös polttamatta, jotta voin vertailla tuloksia polttamattomaan massaan.

Tutkin ja vertailen myös keramiikassa käytettäviä sidosaineita liitujen teossa. Sidosaineina toimii vesi, 1% CMC-liuos, sekä bentoniitti.

Pyrin tutkimukseni avulla selvittämään vaikuttaako pigmenttien ja metallioksidien prosenttimäärä liitujen plastisuuteen ja värinkylläisyyteen. Sen lisäksi selvitän vaikuttaako liidun kovuusaste sen käytettävyyteen, sekä mikä on paras mahdollinen sidosaine liitujen valmistamiseen.

1.1 Keskeisiä käsitteitä tutkimuksessani

Kaoliini

Kaoliini on yleisnimitys primääri- ja sekundaarisaville, jotka koostuvat pääasiassa kaoliiniitista, joka on puhdas mineraali. Kaoliiniin lisäksi kaoliini sisältää pieniä määriä muitakin mineraaleja. Kaoliini on valkoista, hyvin kevyttä ja herkästi polisevää jauhetta. Kaoliinin plastisuus on melko alhainen, joten sen lisäksi on oltava muitakin savia, kuten pallosavea tai bentoniittia, lisäämään massaan plastisuutta (eli muovailtavuutta). Kaoliini lisää myös poltettuun massaan valkoisuutta (Jylhä-Vuorio 1992, 43.) Kaoliini nostaa massan sulamislämpötilaa (Brinck, Camilo Cortes, Falin, Halko, Jokinen, Latva-Sompp, Lautenbacher, McPartlan, Pelkonen, Turkoglu & Karen Visuri 2021, Kaoliini).

Kalimaasälpä

Kalimaasälpä on yleisin maasälpätyyppi (Jylhä-Vuorio 1992, 49). Sitä käytetään sulatusaineena massoissa ja lasitteissa (Brinck ym. 2021, Maasälpä).

Kvartsi

Kvartsi tekee savimassan rakenteen avoimemmaksi ja helpottaa sen kuivumista. Se on luonteeltaan ei-plastinen ja kova raaka-aine, ja sitä käytetään vähentämään massan plastisuutta. Se vähentää massan kuivumiskutistumista, mutta samalla heikentää sen kuivalujuutta. Sitä käytetään myös nostamaan massojen ja lasitteiden sulamislämpötiloja. (Jylhä-Vuorio 1992, 52.)

Bentoniitti

Bentoniitti on lähtöisin vulkaanisesta tuhkasta ja koostuu pääasiassa montmorilloniittista. Montmorilloniitti pystyy sitoamaan itseensä poikkeuksillisen paljon vettä, sen erittäin pienen hiukkaskoon ansiosta. Tämä turvottaa montmorilloniittihiukkasia huomattavan paljon ja lisää bentoniittiin plastisuutta. (Jylhä-Vuorio 1992, 40.) Se parantaa massan kuivalujuutta ja lasitteissa sitä käytetään lasitteissa mm. liima aineena (Brinck ym. 2021, Bentoniitti).

Väripigmentit

Väripigmenttejä käytetään lasitteiden ja massojen värjäämiseen. Väripigmentit ovat lähtökohtaisesti turvallisempia kuin metallioksidit ja niillä voi saavuttaa tasaisempia värejä kuin metallioksidoilla, sillä ne ovat reagoimattomia väriainehiukkasia, eikä ne liukene lasitesulaan poltossa (Jylhä-Vuorio 1992, 149 & 158).

Värimetallioksidit

Lasitteiden ja massojen värjäämiseen käytetään värimetallioksidoja (Brinck ym. 2021, Värimetallioksidit). Ne ovat hinnaltaan edullisempia kuin teollisesti valmistetut pigmentit ja niiden avulla saavutetaan elävämpiä ja mielenkiintoisempia pintoja lasitteisiin, verrattuna tasaisesti värjääviin pigmentteihin. Useimmat metallioksidit ovat erittäin myrkyllisiä, joten niitä käyttäessä on oltava erityisen huolellinen työturvallisuudesta. (Jylhä-Vuorio 1992, 158.)

Karboksimetyyliselluloosa

CMC eli karboksimetyyliselluloosa on monipuolinen selluloosatutannon sivuvirta, jota käytetään useaan eri käyttötarkoitukseen, esim. parantamaan tuotteiden virtausominaisuuksia. Tekstiiliteollisuudessa sekä keramiikkateollisuudessa CMC:tä käytetään sidosaineena. (Mäntyranta 2020.)

2. Menetelmä

2.1 Koepalojen valmistus

Aloitin tutkimuksen valmistamalla koesarjoihin vaadittavat koepalat. Käytin tutkimuksessa kahta eri massaa koepalojen valmistukseen, valuposliinia ja kivitavaraa, nähdäkseni miten pigmentit ja metallioksidit käyttäytyvät eri massojen päällä. Liitujen pohjana toimi Ceramic Arts Network sivustolta löydetty resepti "Ceramic Pencil Slip Recipe" (Hopper 2023, Ceramic Underglaze Pencils). Korvasin alkuperäisessä reseptissä käytettyä pallosavea kaoliinilla, sillä kaoliini on valkoisempaa, jolloin pigmenttien ja metallioksidien tuottavat värit näyttäytyisivät kirkkaimpia. Reseptin pohja on sama kuin valuposliinin, eli se koostuu 50% kaoliinista, 25% kalimaasälvästä sekä 25% kvartsista. Bentoniittiä on lisätty pienessä määrin reseptiin lisäämään liituihin kuivalujuutta (Jylhä-Vuorio 1992, 47). (Taulukko 1)

Liitupohja	
Kaoliini	50%
Kalimaasälpä	25%
Kvartsi	25%
	100%
Bentoniitti	5%
Pigmentti	10-30%
	115-135%





Taulukko 1

2.2 Pigmentit ja metallioksidit

Valitsin tutkimukseeni neljä pigmenttiä ja kaksi metallioksidia. Pigmenttiväreiksi valikoitui mahdollisimman paljon toisistaan poikkeavia värejä; ruskea, tummansininen, vaaleanpunainen sekä harmahtavan vaaleansininen. Kiinnitin huomiota siihen, että värien sävyt ja tummuuserot poikkesivat tarpeeksi paljon toisistaan, jotta prosenttimäärien erot tulisivat varmasti ilmi (taulukko 2). Metallioksideiksi valikoitui kaikista turvallisimmat oksidit, eli rauta ja kupari. Rauta tuottaa keltaruskeaa sävyä ja kupari tuottaa vihreää sävyä hapettavassa poltossa (taulukko 3).



Halusin selvittää, mikä pigmentti/metallioksidi prosenttimäärä olisi kaikista suotuisin liiduissa. Käyttämässäni reseptissä mainitaan, ettei kannata ylittää 15% pigmentti määrää, sillä se vaikuttaisi massan plastisuuteen, jolloin massaa olisi hankalampaa muovata. Päätin siitä huolimatta kokeilla suuremmilla pigmenttipitoisuuksilla, sillä Underglaze Pencils (Broad 2021) youtube videossa mainitaan, että pigmenttiä voi lisätä jopa 30%. Metallioksidit ovat haitallisia suurissa pitoisuuksissa, joten niiden prosenttimäärät ovat huomattavasti pienemmät. Hypoteesini on, että pigmenttimäärien eroilla tulee olemaan suuri merkitys liitujen tuottamaan värinkylläisyyteen. Uskon myös, että metallioksidien tuottamat jäljet tulevat leviämään lasituspoltoissa, sillä se on niille ominaista.

Käyttämäni pigmentit

				Pigmenttimäärät prosentteina kuivatavaran painosta.
Har.sininen	Sininen	Ruskea	V.punainen	
				10% 15% 20% 30%

Taulukko 2

Käyttämäni metallioksidit

		Metallioksidimäärät prosentteina kuvatavaran painosta.
Rauta	Kupari	
		1,5% 7%

Taulukko 3

2.3 Polttolämpötilat

Pigmentti ja metallioksidien prosenttimäärien lisäksi halusin selvittää, miten liitujen kovuus vaikuttaa liitujen tuottamaan jälkeen. Käyttämässäni reseptissä kehoitetaan polttamaan liidut 600°C ja 800°C, riippuen kuinka kovia niistä haluaa. 600°C kaikki vesi haihtuu massasta ja liiduista tulee hieman kovempia kuin polttamattomasta massasta. Sintraaminen tapahtuu 800°C, jolloin liiduista tulee huomattavasti kovempia. Poltettujen liitujen lisäksi, päätin jättää osan liiduista polttamatta, jotta poltettuja liituja voisi vertailla polttamattomiin liituihin. Hypoteesini on, että polttamattomat liidut ovat liian hauraita ja murenevat helposti piirtäessä ja että, 800°C poltetut liidut ovat liian kovia. Tein jokaisesta pigmentistä 12 liitua; 3 liitua/pigmentti prosentti kolmeen eri polttolämpötilaan. Metallioksideista tein 3 liitua/metallioksidi, eli yksi liitu/polttolämpötila. Ensimmäinen koesarja koostui siis 42:sta liidusta.

Käyttämäni polttolämpötilat

600°C 800°C

Taulukko 4

2.4 Sidosaineet

Halusin myös selvittää miten liitujen eri raaka-aineet vaikuttavat liitujen ominaisuuksiin ja niiden tuottamaan jälkeen. Tutkin yhtä pigmenttiä samalla prosenttimäärällä, mutta eri sidosaineilla. Valitsin ruskean pigmentin, sillä halusin nähdä tuleeko jäljestä tummempi, jos lisään pigmenttiä vielä 20%. Halusin myös nähdä vaikuttaako pigmentin prosenttimäärän lisäys massan ominaisuuksiin ja vaikeuttaisiko se massan muovaamista. Eri sidosaineet näkyvät alla olevassa taulukossa (taulukko 5).

Hypoteesini on, että vedellä sidottu liitu tulee olemaan liian hauras, ja siksi vaikea käyttää. Uskon, että 1% CMC-liuos tulee toimimaan hyvin sidosaineena ja, että CMC tuo liituun toivottua kovuutta. Bentoniitillä sidottu liitu tulee luultavasti toimimaan hyvin, sillä sitä on käytetty alkuperäisessä reseptissä. Bentoniitillä ja CMC-liuosksella tehty liitu tulee luultavasti olemaan hieman kovempi kuin muut liidut.

Eri sidosaineet

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. Vesi (ilman bentoniittia)2. 1% CMC-liuos (ilman bentoniittia)3. 5% bentoniitti + vesi4. 5% bentoniitti + 1% CMC-liuos |
|---|

Taulukko 5

2.5 Massan valmistus

Tein kaikki työvaiheet sarjassa ja aloitin punnitsemalla raaka-aineet omiin kippoihinsa. Punnitsemisen jälkeen kävin morttelilla läpi kaikki pohjat, sillä käyttämäni kaoliini oli erittäin rakeista. Seuraavaksi lisäsin kaikkiin pohjiin 50% vettä kuivatavaran painosta ja sekoitin huolellisesti. Sen jälkeen siivilöin massat erittäin tiiviin siivilän läpi. Raaka-aineiden jauhaminen morttelissa, sekä massan siivilöinti ovat tärkeitä työvaiheita tasaisen lopputuloksen saamiseksi (kuva 2 ja 3).



Kuva 2: Raaka-aineiden jauhaminen hienoksi morttelin avulla



Kuva 3: Massan siivilöinti

2.6 Massan kuivaminen ja liitujen muovaaminen

Siivelöityäni massat, kuivatin niitä puhtaan kipsialustan päällä (kuva 4) noin minuutin verran, jonka jälkeen kaavin massat kipsialustalta ja muovailin niistä liituja (kuva 5). Tein samasta massasta liitujen lisäksi vesivärinappeja. Vesivärinapit toimivat, kuten tavalliset vesivärit, eli siveltimellä kostutetaan nappi ja sivelletään väriä raakapoltettun esineen pintaan (kuva 6).



Kuva 4: Massan kuivatus kipsialustan päällä.



Kuva 5: Liitujen muovaus.



Kuva 6: Vesivärinapit näkyvät kuvan alalaidassa.

2.7 Liitujen poltto

Seuraavaksi annoin liitujen kuivua pari vuorokautta, jonka jälkeen liidut kävivät 600°C ja 800°C poltossa. Saatuaani liidut uunista tein ensimmäiset koepalat. Numerointi viittaa pigmenttimäärään prosentteina (Kuva 7-8). F merkintä viittaa rautaan ja C viittaa kupariin (kuva 7).



Kuva 7-8: Koepalat ennen lasitusta.

2.8 Koepalojen lasitus

Tässä vaiheessa liitujen jäljet, ovat vain värjättyä savipölyä koepalojen päällä. Sen vuoksi on tärkeää lasittaa koepalat lasitteella, jotta savipöly kiinnittyy. Ruiskutin koepaloihin kirkasta KXXX5 lasitetta (taulukko 2), sillä siveltäminen ja dippaaminen olisi pilannut liitujen tuottamat jäljet.

Lasite KXXX5	
Maasälpä FFF K7	45%
Liitu FC-7	18%
Kaoliini	6%
Kvartsi FFQ	25%
Sinkkioksidi	6%
	100%

Taulukko 6

3. Tulokset

3.1 Polttolämpötila ja värinkylläisyys

Piirtäessäni koepaloille, huomasin jo selkeät erot liiduissa. Polttamattomat liidut tuntuivat riittävän kovilta ja niistä irtosivat väri kaikista parhaiten. 600°C poltetut liidut olivat huomattavasti kovempia, ja niiden tuottama jälki oli hienompi, mutta myös haaleampi. 800°C poltetut liidut olivat liian kovia ja ne naarmuttivat posliini koepalojen pintaa. Niistä ei pahemmin irronnut mitään väriä. Alapuolen kuvassa näkyy selkeät erot polttamattomien liitujen ja 800°C poltettujen liitujen välillä (kuva 9).



Kuva 9: Tummmimmat merkinnät ovat tehty polttamattomilla liiduilla ja haaleimmat merkinnät ovat tehty 800°C liiduilla. Numerointi viittaa pigmentin prosenttimäärään. Vesiväri koepalat näkyvät kuvan oikealla.

Vertailemalla koepaloja toisiinsa pystyy päättämään, että eri pigmenttien värinkylläisyys/voimakkuus vaihtelee, mutta voi kuitenkin todeta, että polttamattomien liitujen tuottamat jäljet ovat kaikista voimakkaimmat ja selkeimmät (kuva 10) ja että, 800°C poltetut liidut olivat liian kovia tuottaakseen mitään näkyvää jälkeä koepaloihin. Tiedyt pigmentit toimivat 600°C poltossa myös, mutta väri oli selkeästi haaleampi verrattuna polttamattomien liitujen tuottamaan jälkeen. Tulos osoitti, että liituja on turha polttaa. Hienovaraisia eroja näkyy myös pigmentti prosenttimäärien välillä. Haaleimmat olivat ne joissa oli vähiten pigmenttiä ja tummmimmat olivat ne missä oli eniten.

Yllätyksenä tuli, että ruskea, eli kaikista tummin pigmentti olikin yllättävän haalea (kuva 11) ja, että sininen pigmentti oli jopa sitä tummempi (kuva 12). Sininen pigmentti sisältää luultavasti paljon kobolttia, mikä on erittäin värikylläinen metallioksidi, jonka ansiosta sen tuottama väri on niin tumma. Sininen pigmentti on ainoa, joka erottuu selkeästi kaikista koepaloista. Vaaleanpunainen pigmentti ei toiminut lainkaan (kuva 13). Punertavat sävyt palavat helposti pois liian korkeissa lämpötiloissa, joten näin on luultavasti käynyt tässä tapauksessa.

Vesiväri napit

Polttamattomat

600°C

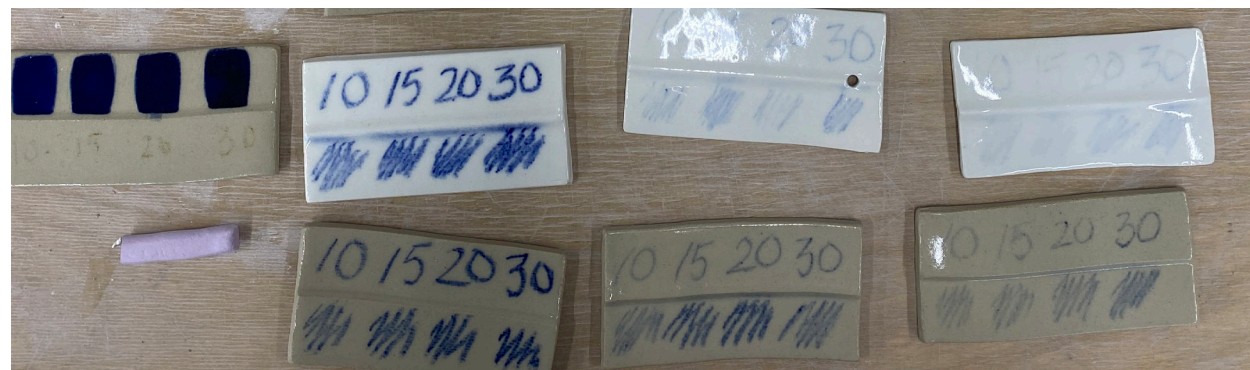
800°C



Kuva 10: Sinertävän harmaa sävy näkyy parhaiten polttamattomilla liiduilla tehdyllä koepalalla.



Kuva 11: Ruskea pigmentti oli odotettua haaleampi.



Kuva 12: Sininen pigmentti toimi erittäin hyvin.



Kuva 13: Vaaleanpunainen pigmentti on palannut pois korkeassapoltossa.

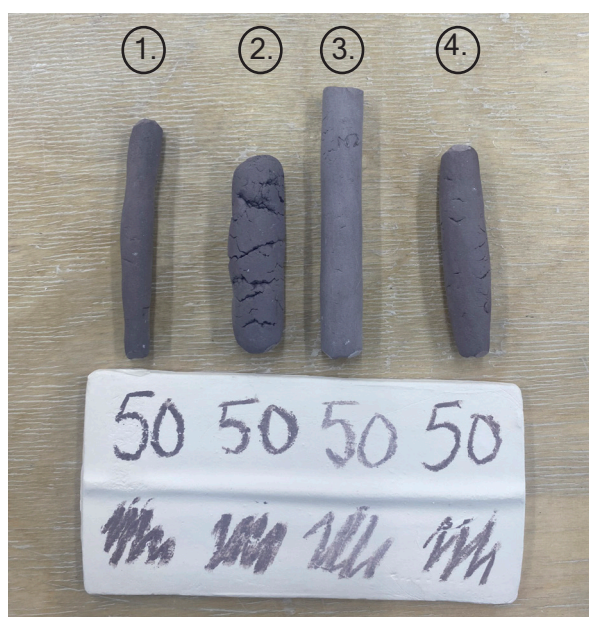
Metallioksidien tuottamat jäljet eivät pahemmin erottuneet koepaloista (kuva 14). Metallioksidit ovat vaarallisia ihmisen terveydelle, etenkin jauhemuodossa, sillä ne kulkeutuvat helposti hengityksen kautta. Päätin olla käyttämättä metallioksideita jatkossa, koska en saanut niitä sidottua liituihin ilman, että hienoa pölyä irtoaisi käytössä.



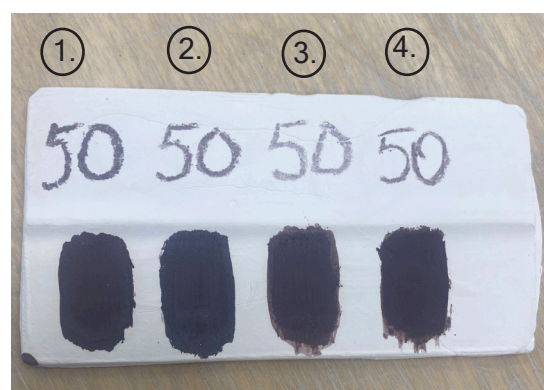
Kuva 14: Metallioksidit eivät toimineet liiduissa, mutta vesiväriä näkyvä jälkeä.

3.2 Sidosaineet

1. Vedellä sidottu massa oli hyvin vetistä, mutta sen muovaaminen onnistui ongelmitta saatuaani liiallisen veden pois massasta. Se oli myös kovuudeltaan selkeästi pehmein ja tuntui hauraimmalta kaikista liiduista.
 2. CMC-liuoksella sidottu massa oli erittäin hankalaa muovata ja se pysyi huonosti kasassa. Sillä piirtäminen oli hankalaa, koska en saanut tarpeeksi terävää kärkeä muovattua.
 3. Bentoniitillä tehty liitu oli kaikista helpoin muovata ja oli tunnultaan ja kovuudeltaan sopiva.
 4. CMC:llä ja bentoniitillä tehty liitu oli hankala muovata ja oli kuvattuaan kaikista kovin.
- Eri sidosaineilla tehdyt koepalat (kuva 15-16).



Kuva 15: Eri sidosaineilla tehdyt liidut ja polttamaton koelaatta.



Kuva 16: Vesiväriä koepala eri sidosaineilla.

1. Vedellä sidottu liitu on selkeästi kaikista tummin (kuva 17).
2. CMC:llä tehty liitu erottuu koepaloista toiseksi huonnoiten.
3. Bentoniitti vaikutti selkeästi pigmentin väriin ja oli kaikista vaalein.
4. Bentoniitillä sekä CMC:llä tehty liitu tuotti toiseksi tummimman jäljen.



Kuva 17: Eri sidosaineilla tehdyt koelaatat.

3.3 Arabian vaaleanpunainen

Tein uudet koepalat Arabian vaaleanpunaisella liiduilla, sillä halusin nähdä vaikuttaako polton lämpötila liitujen tuottamaan väriin. Poltin uudet koepalat 1100°C, ja nyt väri erottuu selkeästi molemmilta pohjilta.



Kuva 18: Arabian vaaleanpunainen 1100°C poltossa

4. Johtopäätökset

Selkeästi eri väripigmenteillä on eroa niiden värinkylläisyydessä, ja tietyt väripigmentit toimivat paremmin kuin toiset. Hienovaraisia eroja näkyy myös pigmentti prosenttimäärien välillä. Tuloksiani ei voi suoraan soveltaa muihin pigmentteihin, sillä eri pigmentit vaihtelevat raaka-aineiltaan ja ominaisuuksiltaan paljon. En kokenut suurta eroa massan muovailtavuudessa riippuen pigmenttiprosentista.

Värimetallioksidit eivät toimineet lainkaan, luultavasti koska niiden prosenttimäärät olivat liian alhaiset.

Värinkylläisyydeltään vedellä sidottu liidu toimi kaikista parhaiten, sillä siitä irtosi väri kaikista eniten. Kovuudeltaan bentoniitillä sidottu liitu oli kaikista paras, joten jatkoa ajatellen voisi esimerkiksi kokeilla pienemmällä bentoniitti määrällä, esim 2-3% antamaan liituun vain hieman lisää kovuutta.

Vesiväriänpit toimivat erittäin hyvin ja niillä saa tasaista jälkeä aikaiseksi.

Liitujen poltto osoittautui turhaksi, mutta jatkoa ajatellen voisi kokeilla polttaa liituja vielä matalammassa poltossa, esim. 400°C, jolloin liiduista tulisi hieman kovempia, kuin polttamattomista liiduista ja ne tuottaisivat hienompaa jälkeää. Sen lisäksi voisi myös kokeilla vahan tai öljyn lisäämistä liitupohjaan sidosaineiksi. Tällöin voisi käyttää metallioksidgeja suuremmissa määrin, jolloin oksidit sitoutuu massaan eri tavalla, eikä ole vaaraa, että metallioksidgeja kulkeutuu ilmaan liituja käyttäessä.

Lähdeluettelo

Brinck, J. Camilo, C. Falin, P. Halko, S. Jokinen, E. Latva-Somppi, A. Lautenbacher, N. McPartlan, M. Pelkonen, T. Turkoglu, E. & Visuri, K. 2021. Keramiikan käsikirja 2021. Aalto-yliopiston Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulun Aalto Online Learning <<https://openlearning.aalto.fi/mod/book/view.php?id=19271>>

Broad, J. (2021, heinäkuu 9). *Underglaze Pencils*. [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=2RB-SB76VKQ>

Hopper, H. Drawn to Surface: How to Make and Use Underglaze Pencils, Crayons, Pens and Trailers. 2023. [Artikkeli]. Ceramic Arts Network Daily. <<https://ceramicartsnetwork.org/daily/article/Drawn-to-Surface-How-to-Make-and-Use-Underglaze-Pencils-Crayons-Pens-and-Trailers>>. Viitattu 12.04.2024

Jylhä-Vuorio, H. 1992. Keramiikan materiaalit. Jylhä-Vuorio.

Mäntyranta, H. CMC on metsän salaisin tuote - käyttökohteita on useita satoja. 2020. [Artikkeli]. Forest. <<https://forest.fi/fi/artikkeli/cmc-on-metsan-salaisin-tuote-kayttokohteita-on-useita-satoja/#8fc15bde>>. Viitattu 12.04.2024