

ŠOLSKI CENTER VELENJE
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA VELENJE
Trg mladosti 3, 3320 Velenje

RAZISKOVALNA NALOGA
OGREVALNA SKULPTURA

Tematsko področje: APLIKATIVNI INOVACIJSKI PREDLOGI IN PROJEKTI

Avtor:
Gregor Jeromel, 4. ET

Mentorja:
Peter Vrčkovnik, dipl. inž. Elektrotehnike
Igor Bahor, mojster lončar

Velenje, 2013

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Elektro in računalniški šoli Velenje

Mentorja: Peter Vrčkovnik, dipl. inž. Elektrotehnike
Igor Bahor, mojster lončar

Lektoriranje: Andreja Hazabent Habe, prof.

Datum predstavitve:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Elektro in računalniška šola Velenje, šolsko leto 2012/2013

KG Lončarstvo/Grelci/Meritve

AV JEROMEL Gregor

KZ 2380 Slovenj Gradec, SLO, Podgorska cesta 120

ZA Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola

LI 2013

IN **OGREVALNA SKULPTURA**

TD Raziskovalna naloga

OP IV, 31str., 11 sl., 14 graf., 8 tab.

IJ SL

JI sl / en

AI Izdelal sem 3 pare glinenih kvadrov velikosti A4 pisarniškega lista. Namen tega je bil, da ugotovim katera vrsta gline bi bila najbolj primerna za izdelavo elektro-keramičnega radiatorja. Meritve akumulacije in širjenja toplote sem opazoval in izmeril s pomočjo termo kamere in temperaturnih senzorjev. S to raziskavo sem pripomogel k izdelavi bolj kvalitetnega in električno energijsko bolj varčnega Elektro-keramičnega radiatorja oz ogrevalne skulpture.

KEY WORDS DUCUMENTACION

ND Elektro in računalniška šola Velenje, šolsko leto 2012/2013

CX Pottery/Heaters/Measurements

AU JEROMEL Gregor

PP 2380 Slovenj Gradec, SLO, Podgorska cesta 120

PB Šolski center Velenje, Elektro in računalniška šola

PY 2013

TI **HEATING SCULPTURE**

DT RESEARCH WORK

NO IV, 31 p., 11 fig., 14 graf, 8 tab.

LA SL

AL sl / en

AB I have made 3 pairs of clay blocks in size A4 office paper. The purpose of this was to find out which type of clay would be the most suitable for the manufacture of electro-ceramic radiator. I watched and measured measurements of accumulation and spread of heat by using thermal camera. With this study I helped to produce a better quality and more electrical energy saving Electro-ceramic radiator or heating sculpture.

KAZALO

1. UVOD	1
1.1 HIPOTEZE.....	1
2. IZSLEDKI IN RAZPRAVE	2
3. MATERIAL IN METODE	3
3.1 GLINENI VZORCI	3
3.1.1 Vrste uporabljenih glin	3
3.1.2 Dimenzije	3
3.1.3 Postopek izdelave kalupa	3
3.1.4 Postopek izdelave glinenih vzorcev	7
3.2 GRELEC	12
3.3 MERITVE.....	15
3.3.1 Potek meritev	15
3.3.2 Enkrat pečeni vzorci	17
3.3.3 Dvakrat pečeni vzorci z glazuro	21
4. REZULTATI IN RAZPRAVE	24
5. ZAKLJUČEK.....	25
6. ZAHVALA.....	25
7. VIRI IN LITERATURA	26
8. PRILOGE	27

Kazalo slik

Slika 1: Kalup	3
Slika 2: izdelava prototipnega vzorca.....	4
Slika 3: Retuš prototipnega vzorca.....	4
Slika 4: Prenos prototipnega vzorca v kalup	5
Slika 5: Vlivanje mavca v kalup.....	5
Slika 6: Odstranitev prototipa vzorca	6
Slika 7:Retuš popravilo kalupa.....	6
Slika 8:Nalaganje gline v model.....	7
Slika 9: Retuš oz. popravilo svežega vzorca	8
Slika 10: Grelec	12
Slika 11: Postavitev delovnega pulta.....	15
Slika 12: Primer infrardeče slike pri ohlajanju.....	16
Slika 13: Postavitev grelca in vzorca za meritev	16

Kazalo grafov

Graf 1: Biskvitno žganje.....	10
Graf 2: Glazurno žganje	11
Graf 3: Segrevanje grelca	13
Graf 4: Ohlajanja grelca	13
Graf 5: Segrevanje enkrat pečenega vzorca 1	17
Graf 6: Ohlajanje enkrat pečenega vzorca 1.....	18
Graf 7: Segrevanje enkrat pečenega vzorca 3	18
Graf 8: Ohlajanje enkrat pečenega vzorca 3.....	19
Graf 9: Segrevanje enkrat pečenega vzorca 4	19
Graf 10: Ohlajanje enkrat pečenega vzorca 4.....	20
Graf 11: Segrevanje dvakrat pečenega vzorca 1	21
Graf 12: Ohlajanje dvakrat pečenega vzorca 1.....	22
Graf 13: Segrevanje dvakrat pečenega vzorca 3	22
Graf 14: Ohlajanje enkrat pečenega vzorca 3.....	23

Kazalo tabel

Tabela 1: Vrste uporabljenih glin	3
Tabela 2: Odstotek krčenja gline	9
Tabela 3: Ohlajanje grelca	27
Tabela 4: Enkrat pečen vzorec 1 ohlajanje	28
Tabela 5: Enkrat pečen vzorec 3 ohlajanje	29
Tabela 6: Enkrat pečen vzorec 4 ohlajanje	30
Tabela 7: Dvakrat pečen vzorec 1 ohlajanje	31
Tabela 8: Dvakrat pečen vzorec 3 ohlajanje	32

1. Uvod

Že v zgodovini so ljudje izdelovali kamnite in glinene peči s kuriščem v notranjosti. V začetku iznajdbe so služile za ogrevanje prostorov in peko hrane, pozneje pa so v večini prevzele le vlogo ogrevanja, boljše so poznane pod imenom krušna peč. Pozneje so se pojavili kamini, ki so bili zgolj za ogrevanje prostorov.

Z razvojem tehnike so prišli električni grelci in z njimi tudi nove ideje za ogrevanje prostora z elektro-keramičnim radiatorjem. Ideja ni bila slaba, vendar so se pojavljale nekatere težave. Največja težava je bila mehansko pokanje radiatorja zaradi raztezanja in krčenja glin, kar je bila posledica visoke temperature grelca.

To težavo je mogoče odpraviti z izbiro glin druge vrste, ker ima vsaka glina svoje lastnosti. Težavo sem rešil ravno na ta način. Izbral sem štiri vzorce različnih glin, ki jih bom skozi raziskovanje izločal, dokler ne najdem najbolj ustrezne, iz katere se bo izdeloval elektro-keramični radiator.

Skozi raziskavo bom skušal izvedeti, kakšna je najboljša namestitvev grelca v elektro-keramičnem radiatorju.

Raziskava naj bi pomagala, k izdelavi učinkovite, zanimive in prostorsko skladne ogrevalne skulpture.

Pred začetkom raziskave sem se dobro spoznal z materiali-vzorci in njihovimi lastnostmi, ter na podlagi pridobljenega znanja postavil naslednje hipoteze.

1.1 Hipoteze

- Tretji vzorec je izmed vseh najbolj primeren, ker ne vsebuje prašnih delcev, ki so izolatorji. Ti pa ovirajo prenos toplote skozi glino.

-Moč razporeditev in izbira električnega grelca pripomore k boljšemu prehajanju toplote na grelno telo.

2. Izsledki in razprave

Cilj naloge je opraviti meritve na glinenih ploščah in ugotoviti, katera vrsta gline ima največjo akumulacijo toplote in kako namestiti grelec glede na površino glinenega telesa. Podatki in ugotovitve pridobljene pri meritvah bodo pripomogli k izdelavi energetske učinkovitejše ogrevalne skulpture, katera bi bila primerna za ogrevanje manjših bivalnih prostorov.

3. Material in metode

3.1 Glineni vzorci

3.1.1 Vrste uporabljenih glin

Vzorec	Oznaka gline	Odtonek	Granulacija	Odstotek primesi	Proizvajalec
1	W4005	Bel	0-0,5 mm	40%	FUKS
2	W2505	Bel	0-0,5 mm	25%	SIBELCO
3	441	Bel	0,2-0,8 mm	45%	CREATON
4	H4005	Rdeč	0-0,5 mm	40%	FUKS

Tabela 1: Vrste uporabljenih glin

3.1.2 Dimenzije

Vzorci so bili širine 21 cm, dolžine 29,5 cm in višine 4 cm.

3.1.3 Postopek izdelave kalupa

1. Izdelava kalupa:

V tem primeru sem ga izdelal iz iverne plošče, kar je zaradi gladke površine kasneje pripomoglo k lažjemu odstranjevanju mavčnega ulitka. Vse mere kalupa so bile za 4 cm večje od dimenzij glinenega vzorca.



Slika 1: Kalup

2. Izdelava prototipa glinenega vzorca:

Surovi kos gline sem najprej oblikoval v kvader in ga z jekleno žico obrezal na dimenzije glinenega vzorca. Ta vzorec se je uporabil samo za izdelavo mavčnega negativa.



Slika 2: izdelava prototipnega vzorca

3. Retuš oz. popravilo prototipnega vzorca

Po obrezovanju sem vzorec retuširal oz. fino obdelal, zgladil površino, odpravil površinske napake in omogočil kasnejše lažje odstranjevanje iz kalupa.



Slika 3: Retuš prototipnega vzorca

4. Prenos prototipa vzorca v kalup:

Prenos sem opravil ročno, pri tem sem pazil, da se je med samim prenosom vzorec čim manj deformiral. Postavil sem ga v sredino kalupa in popravil večje deformacije, katerim se je bilo nemogoče izogniti med prenosom.



Slika 4: Prenos prototipnega vzorca v kalup

5. Vlivanje mavca v kalup:

Pred vlivanjem sem specialni modelarski mavec zmešal z vodo v razmerju 3:2 (mavec:voda). Pomembno pri tem je, da se mavec dodaja v vodo in ne obratno, da ne dobimo velikih grud. Vse to sem dobro a hkrati počasi, zmešal z roko, da sem zdrobil nastale grude in da v zmes nisem vnašal zračnih mehurčkov. Po ulitju sem kalup dobro pretresel, da sem iz mavca odstranil večino ujetih zračnih mehurčkov.



Slika 5: Vlivanje mavca v kalup

6. Sušenje mavca:

Mavec se je sušil približno en dan, preden je bil dovolj suh, da sem lahko iz njega izvlekel prototip vzorca.

7. Odstranitev prototipnega vzorca:

Prototip vzorca je bil še vedno zelo prožen, zato sem ga preprosto po delih iztrgal iz mavčnega modela.



Slika 6: Odstranitev prototipa vzorca

8. Retuš oz. popravilo kalupa:

Z nožem sem porezal ostre robove na mavčnem kalupu in zgladil njegovo notranjost. S tem sem omogočil lažje odstranjevanje končnih glinenih vzorcev.



Slika 7: Retuš popravilo kalupa

3.1.4 Postopek izdelave glinenih vzorcev

1. Nalaganje gline v model

V tem postopku se z močnimi gibi rok vnaša glina v mavčni negativ. Najprej se v malih količinah vnese v kote modela, nato se nekje do 2 cm visokih slojih vnaša čez roba negativa. Kar je bilo višje od negativa sem odrezal z jekleno žico, ki je bila pritrjena na železnem loku.



Slika 8: Nalaganje gline v model

2. Odstranitev vzorca iz negativa:

Pri tem postopku sem mavčni kalup obrnil z zgornjo ploskvijo na mizo in nekajkrat dobro udaril po njej, dokler ni iz modela izpadel glinen vzorec.

3. Retuš oz. popravilo svežega vzorca

Zaradi deformacij, ki so nastale pri odstranitvi vzorca iz modela sem vzorec poravnal, mu popravil robove z pleskarsko lopatico ter ga zgladil še z vlažno gobo kakršno uporabljamo za šolske brisanje table.



Slika 9: Retuš oz. popravilo svežega vzorca

4. Priprava ležišča za grelec

Ležišče sem naredil z palico premera 12 mm v drugem dnevu sušenja, ko je bila glina za to najbolj primerno suha. Izdelava ni bila lahka, ker sem moral palico poriniti skozi 21 cm širok glinen vzorec in pri tem paziti, da ga nisem poškodoval.

5. Sušenje

Sušenje vseh vzorcev je bilo naravno, na zraku (brez zviševanja temperature, brez razvlaževanja), in je trajalo 21 dni. Za boljše odvajanje vlage sem poskrbel na 3 načine:

- Postavitev vzorcev na časopisni papir.
- Obračanje vzorcev vsak dan iz spodnje na zgornjo ploskev.
- Sušenje v suhem prostoru.

S sušenjem so se vzorci različnih glin različno skrčili za določen odstotek:

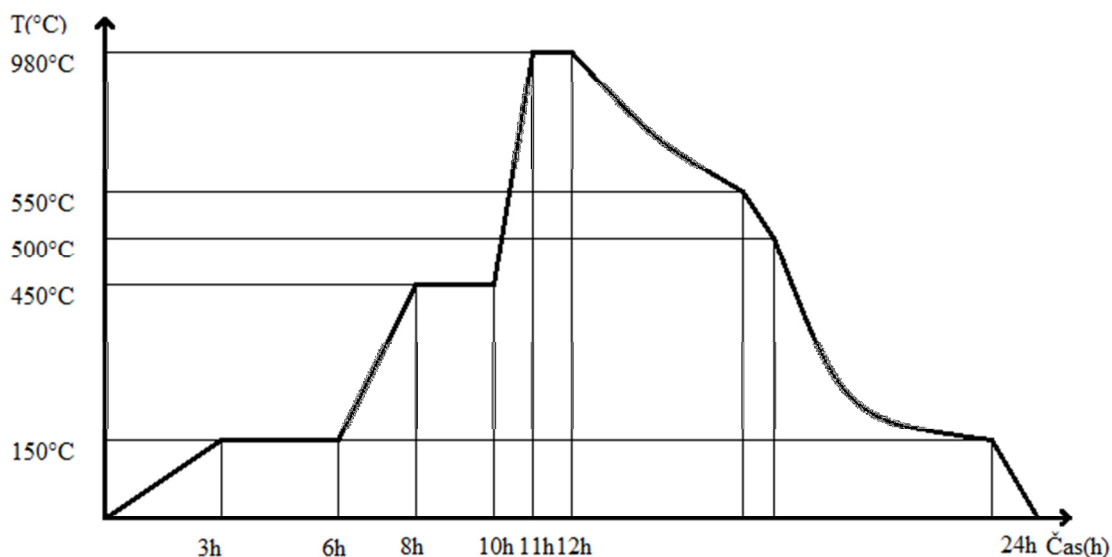
Vzorec	Odstotek
1	3%
2	7%
3	3%
4	12%

Tabela 2: Odstotek krčenja gline

6. Žganje

- Peka: Biskvitno žganje

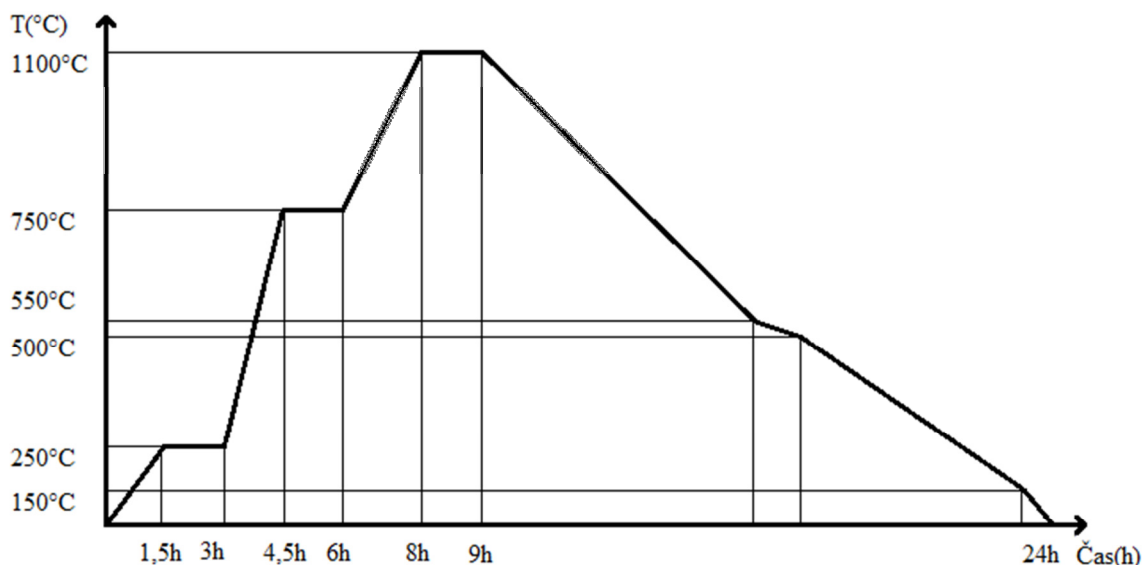
Celotna peka je trajala 24ur. Polovico celotnega časa se temperatura v peči samo zvišuje. V prvih 6 urah temperatura v peči doseže 150°C. V prvi polovici tega časa se temperatura linearno dviguje do 150°C, v drugi polovici se ta temperatura ohranja. V tem območju iz gline izpari vlaga. Naslednje območje traja 4 ure. Temperatura se iz 150°C v prvi polovici linearno dvigne na 450°C. Temperatura se ohranja v drugi polovici časa. To območje zagotovi popolno izparitev vlage, ki je kemično vezana na snov oz. glino. Pri tej temperaturi zgorijo v materialu vse organske primesi. Plini, ki pri tem nastajajo so rakotvorni. Tretje območje traja 2 uri. Prvo uro se temperatura povzpenja iz 450°C na 980°C. V tem območju razpadejo vse organske snovi v glini. Ta temperatura se vzdržuje še naslednjo polovico časa. Od te točke dalje v četrtem območju se začne ohlajanje peči na 150°C. Ohlajanje ni povsem linearno. Kritična meja ohlajanja je med 550°C in 500°C. Tu se poskrbi, da temperatura pada počasneje, s tem pa zagotovimo večjo možnost, da bo izdelek po koncu pake cel. Ko temperatura v peči pade na 150°C lahko odpremo vrata peči. Te Peke ni prenesel 2 vzorec.



Graf 1: Biskvitno žganje

- Peka: Glazurno žganje

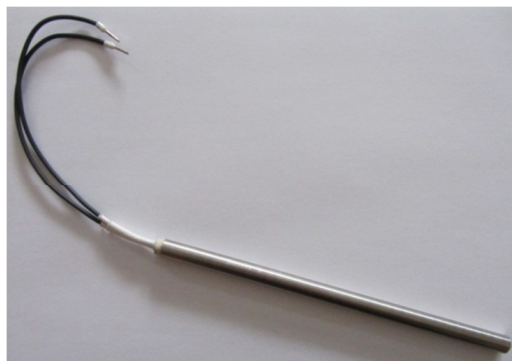
Pred glazurnim žganjem sem vzorce namočil v vodno raztopino s steklenim prahom, ki se je pozneje stopil in ustvaril stekleno površino na vzorcu, ta se imenuje glazura. Po krajšem sušenju so bile pripravljene na 24 urno žganje. Prvih 9 ur je razdeljenih na tri dele. Prvi del traja 3 ure. V prvi polovici prvega dela, ki traja 1,5 ure, se temperatura povzpne do 250°C. V tem območju izpari voda, ki se je vezala na vzorec pri nanosu glazure. Ta temperatura se ohranja še nadaljnje za 1,5 ure, v drugi polovici prvega dela. Tudi drugi del traja 3 ure. V prvi polovici drugega dela se v času 1,5 ure temperatura povzpne iz 250°C na 750°C. Med tem vzponom temperature izhlapi vlaga, ki je kemično vezana na glinen vzorec. V drugi polovici drugega dela, se temperatura 750°C ohranja še 1,5 ure. Temperaturo je potrebno vzdrževati, ker iz gline izstopijo plini, ki bi lahko kvarno vplivali na kvaliteto glazure. Tri ure traja tudi tretji del. Prva polovica tretjega dela traja 2 uri in med tem časom se temperatura iz 750°C povzpne na 1100°C. V drugi polovici tretjega dela se temperatura 1100°C ohranja še 1h. Pri tej temperaturi in v tem času se prah stekla stopi in zlije v eno tanko stekleno plast. Od tu naprej se začne 15 urno ohlajanje, ki je razdeljeno na štiri dele. V prvem deli temperatura linearno pade iz 1100°C na 550°C. V drugem delu se padanje med 550°C in 500°C upočasni, s tem zagotovimo večjo možnost, da bo izdelek cel preстал peko. V tretjem delu temperatura spet hitreje pada od 500°C do 150°C. V Zadnjem četrtem delu temperatura iz 150°C pada pri odprtih vratih peči proti sobni temperaturi. Te peke ni prenesel 4 vzorec.



Graf 2: Glazurno žganje

3.2 Grelec

Uporabljal sem dva grelca tipa grelna patrona. Razlog, zakaj sem izbral to vrsto grelca je primerna ter enostavna oblika za menjavo med glinenimi vzorci. Prvi grelec je bil narejen po naročilu, drugi grelec pa je bil vzet iz serijske proizvodnje. Grafi so narejeni informativno samo za 400W grelec. (Za lažje odčitavanje iz grafa za segrevanje grelca, je v prilogi tabela).



Slika 10: Grelec

- Prvi grelec

S prvim grelcem sem grel glinene vzorce, ki so bili enkrat pečeni. Ta grelec je imel nazivno moč 400 W. Razlog, zakaj sem ta grelec kasneje zamenjal z grelcem manjše moči je ta, da je bil ta grelec premočan. To sem opazil takrat, ko sta grelca povzročila izklop avtomatskega odklopnika. V nadaljevanju sem ugotovil, da je bila to posledica pregoretega navitja grelca, pregoretnje pa je bil posledica previsoke temperature, ki se je akumulirala med grelcem in glino tekom meritve. Presek tega grelca je 10mm, dolžine 21,5cm.

Nazivni podatki:

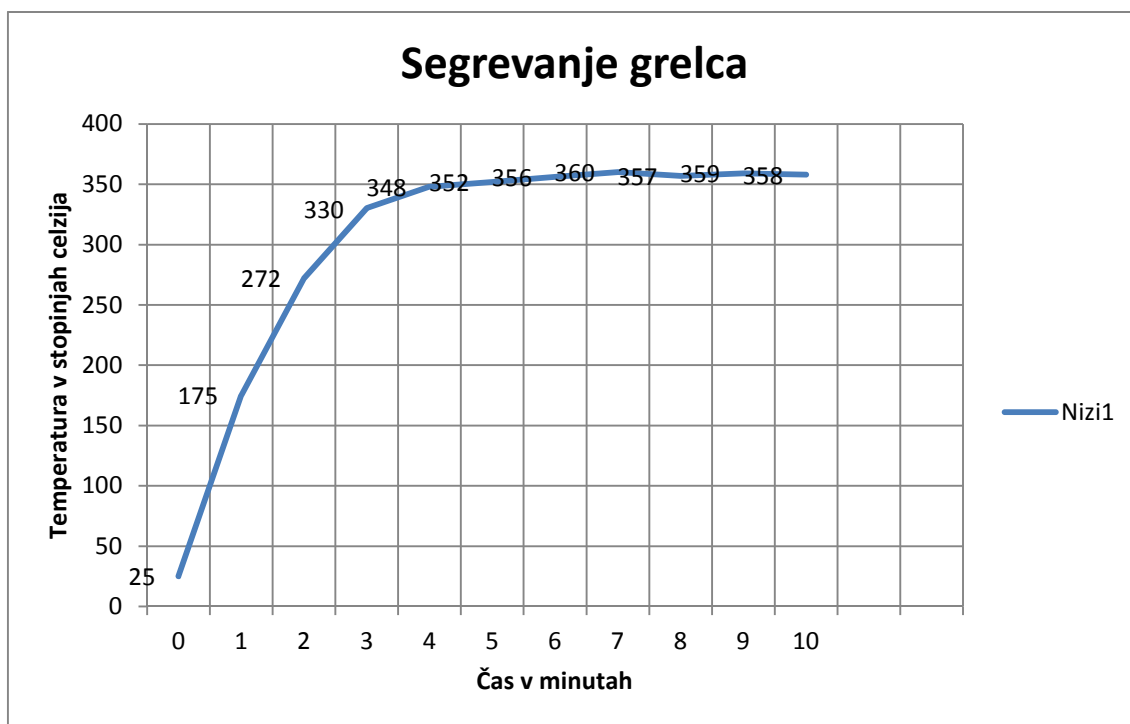
moč: 400 W
 napetost: 230 V

Rezultati meritev.

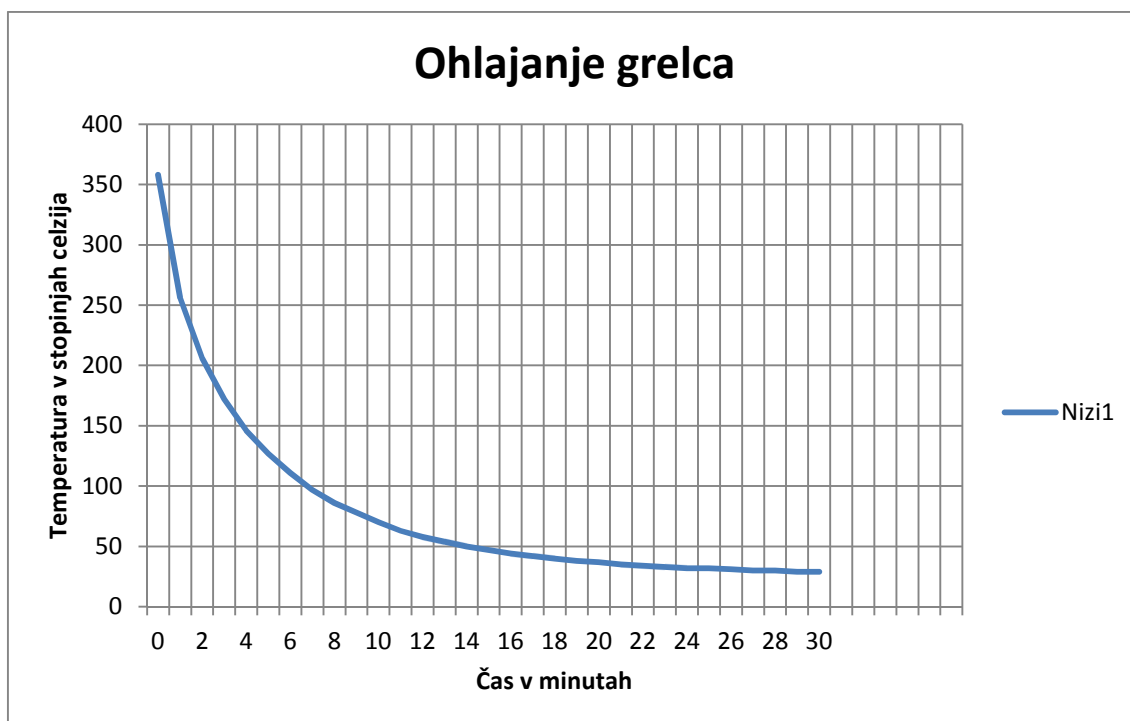
Tok: 1,71 A
 Priključena napetost: 228 V
 Upornost: 162 Ω

Izračun dejanske moči:

$P=U \cdot I \cdot \cos\varphi$
 $P=228 \text{ V} \cdot 1,73 \text{ A} \cdot 1$
 $P=390 \text{ W}$



Graf 3: Segrevanje grelca



Graf 4: Ohlajanja grelca

- Drugi grelec

Grelec sem uporabil v meritvi z dvakrat pečenima vzorcema. Ta grelec je uspešno preстал obe meritvi. Razlog zato je manjša moč grelca in skrajšan čas gretja med meritvijo. Grelec ima presek 10mm in dolžino 19.5 cm.

Nazivni podatki:

moč: 300 W
napetost: 230 V

Rezultati meritev.

Tok: 1,24 A
Priključena napetost: 231 V
Upornost: 178 Ω

Izračun dejanske moči:

$P=U \cdot I \cdot \cos\varphi$
 $P=228 \text{ V} \cdot 1,73 \text{ A} \cdot 1$
 $P=390 \text{ W}$

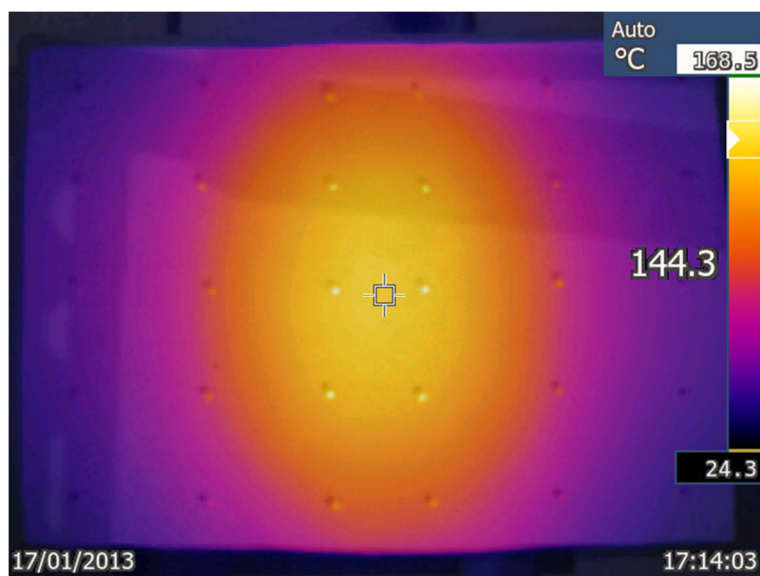
3.3 Meritve

3.3.1 Potek meritev

Meritve so potekale doma, na improviziranem delovnem pultu. Pri postavitvi vzorca sem posebej pazil, da je bila stična površina med vzorcem in tlemi čim manjša. Uporabljal sem termovizijsko kamero, ki sem si jo sposodil na Medpodjetniškem Izobraževalnem Centru Velenje. Z njo sem opazoval sevanje toplote skozi vzorce. Svoj fotoapararat aparat sem uporabil za snemanje segrevanja vzorcev. Pri ohlajanju sem posnetke izvajal kar s termovizijsko kamero. Meritve sem ločeno opravljal za enkrat in dvakrat pečene vzorce. Slike ter video posnetke sem posnel na DVD in v Microsoft Excelu narisal grafe za vsak vzorec posebej. Vsi vzorci imajo za graf segrevanja v prilogi tabele za pomoč pri branju vrednosti.



Slika 11: Postavitev delovnega pulta



Slika 12: Primer infrardeče slike pri ohlajanju



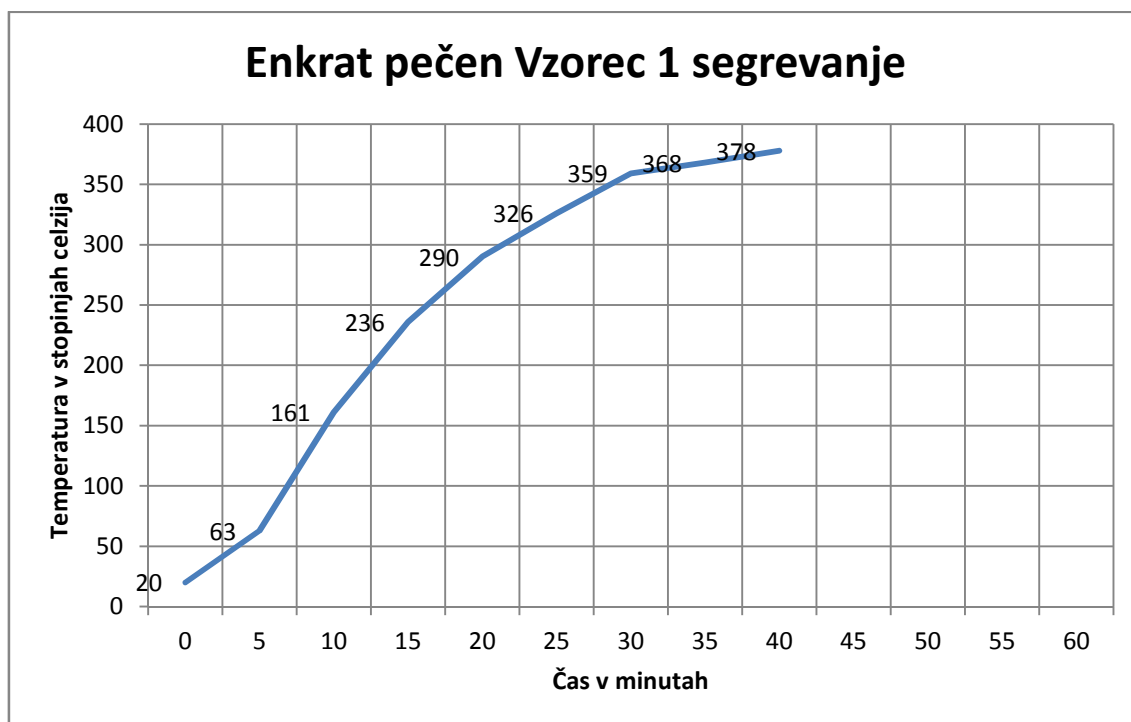
Slika 13: Postavitev grelca in vzorca za meritev

3.3.2 Enkrat pečeni vzorci

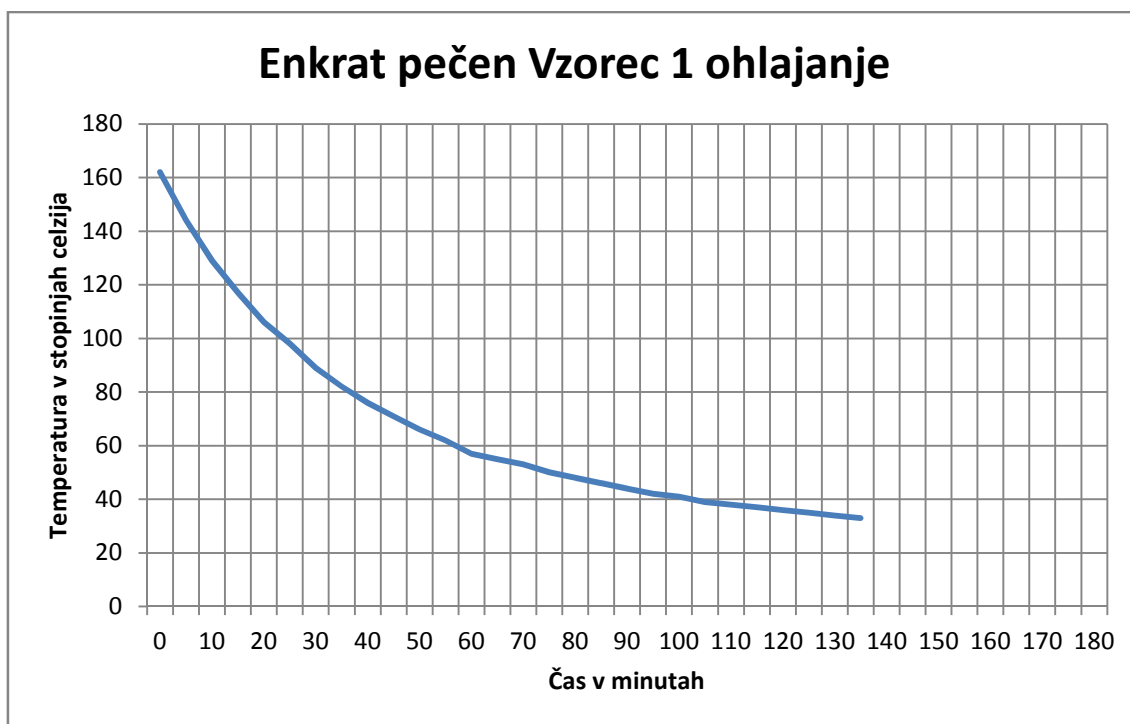
Enkrat pečeni vzorci so bili trije: prvi, tretji in četrti. Drugi je izpadel že med prvo peko. Pri tej meritvah sem uporabil 400 W grelec. Segrevanje vzorcev sem beležil tako, da sem s fotoaparatom snemal zaslon termovizijske kamere. Grelec sem pustil vklopljen eno uro. Po izteku ene ure sem ga izklopil, vendar ga nisem odstranil iz vzorca. Odstranil sem tudi fotoaparata in začel beležiti podatke ohlajanja. Beležil sem jih v obliki slik, ki sem jih s toplotno kamero posnel vsakih 5 minut. Ohlajanje sem opazoval, dokler ni temperatura padla na okoli 33°C. To temperaturo sem si izbral, ker bi ohlajanje na sobno temperaturo trajalo predolgo, hkrati pa je bila ta temperatura tako nizka, da z njo ne bi mogli ogrevati prostora. Ohlajanje je za vsak vzorec trajalo okoli tri ure. Izjema je bil prvi vzorec, pri katerem se mi je pokvaril drugi grelec, zato sta meritvi nekoliko krajši.

Še vedno sta veljavni, ker je bila temperatura ob okvari dovolj visoka za veljavne podatke akumulacije toplote v njej. Vzorce nisem opazoval po vrstnem redu. Najprej sem opazoval tretji, nato četrti in na koncu prvi vzorec.

Vzorec 1:

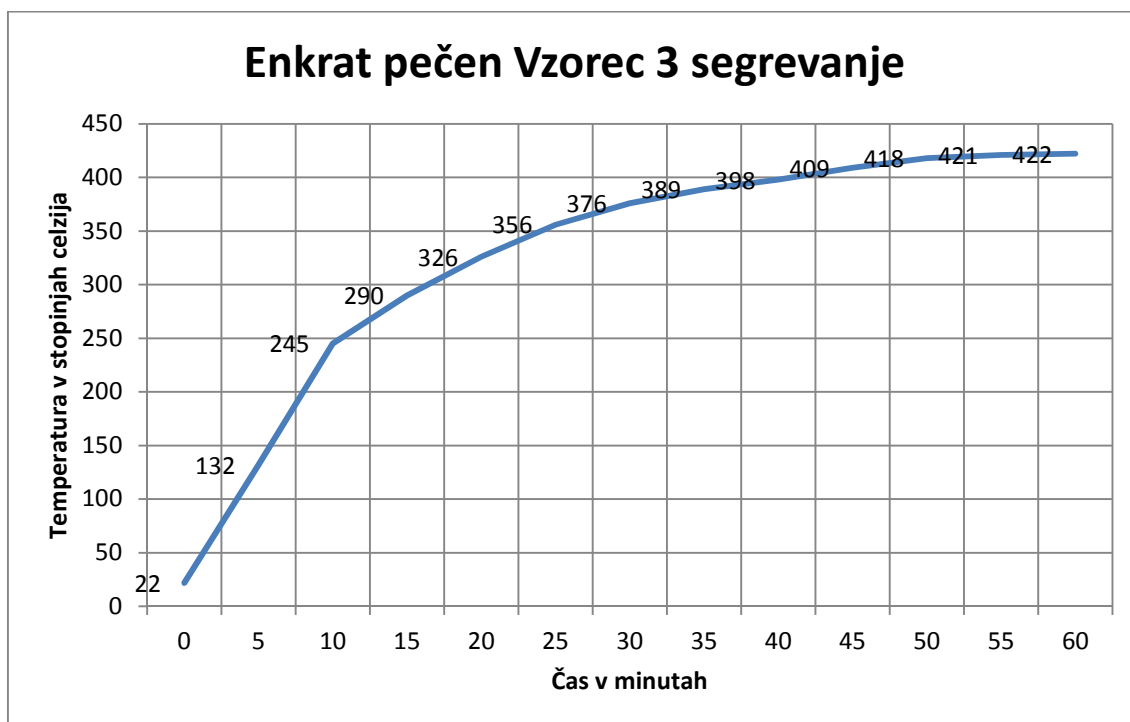


Graf 5: Segrevanje enkrat pečenega vzorca 1

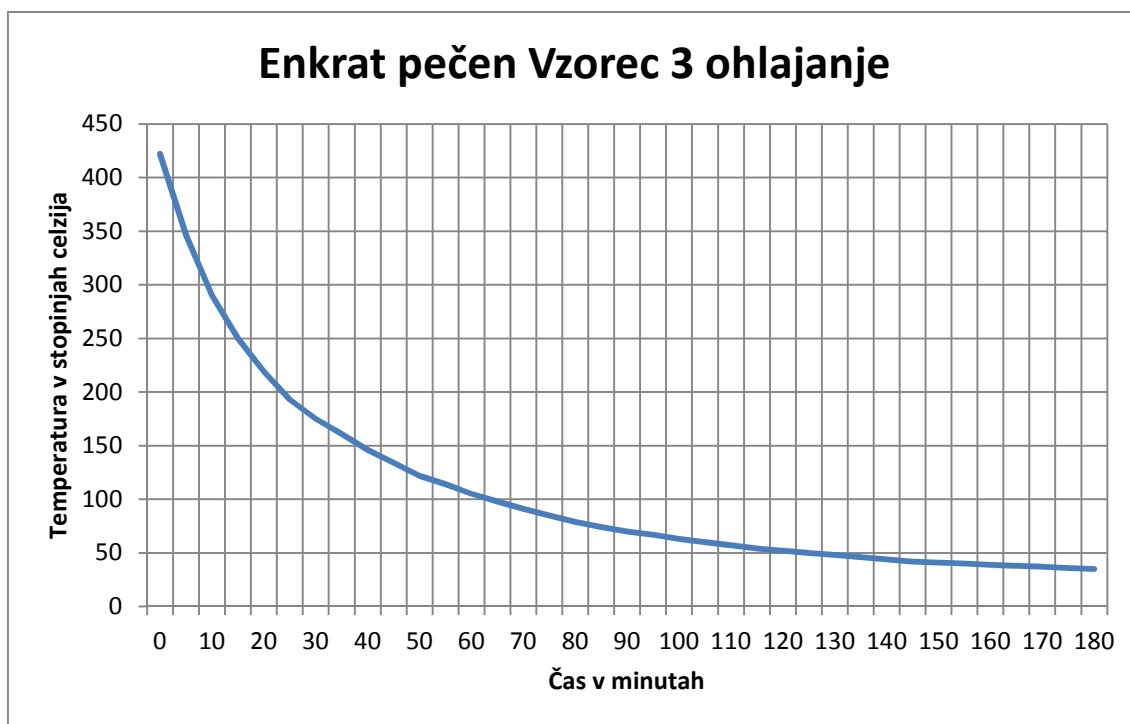


Graf 6: Ohlajanje enkrat pečenega vzorca 1

Vzorec 3:

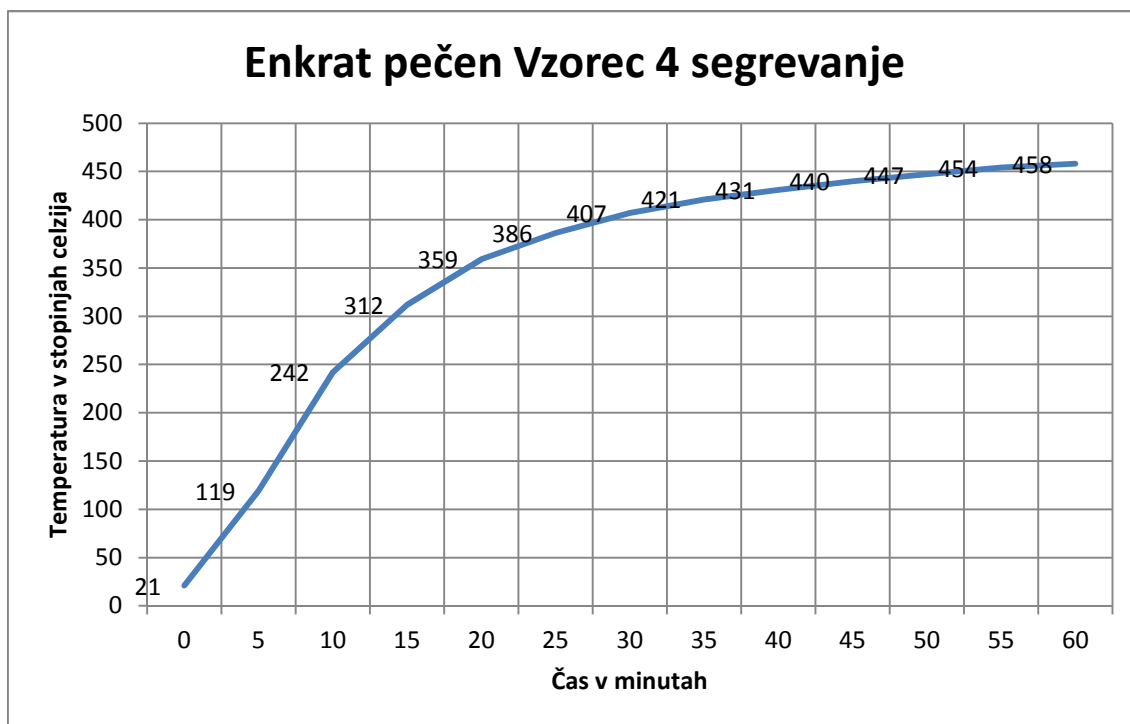


Graf 7: Segrevanje enkrat pečenega vzorca 3

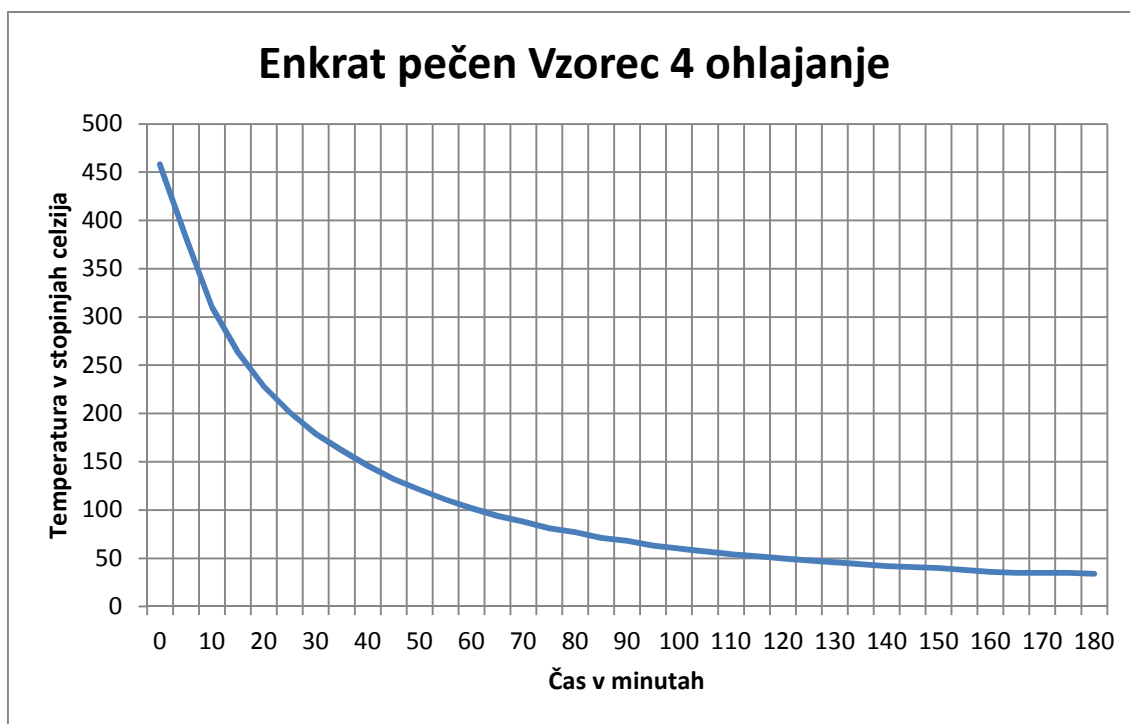


Graf 8: Ohlajanje enkrat pečenega vzorca 3

Vzorec 4:



Graf 9: Segrevanje enkrat pečenega vzorca 4

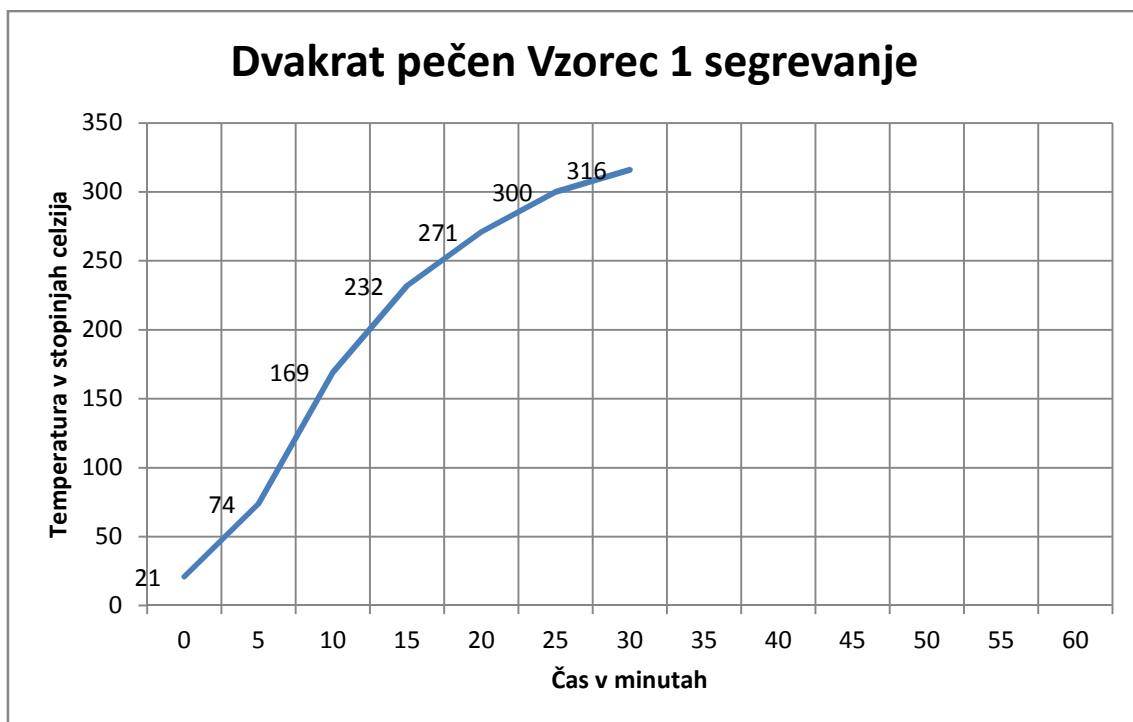


Graf 10: Ohlajanje enkrat pečenega vzorca 4

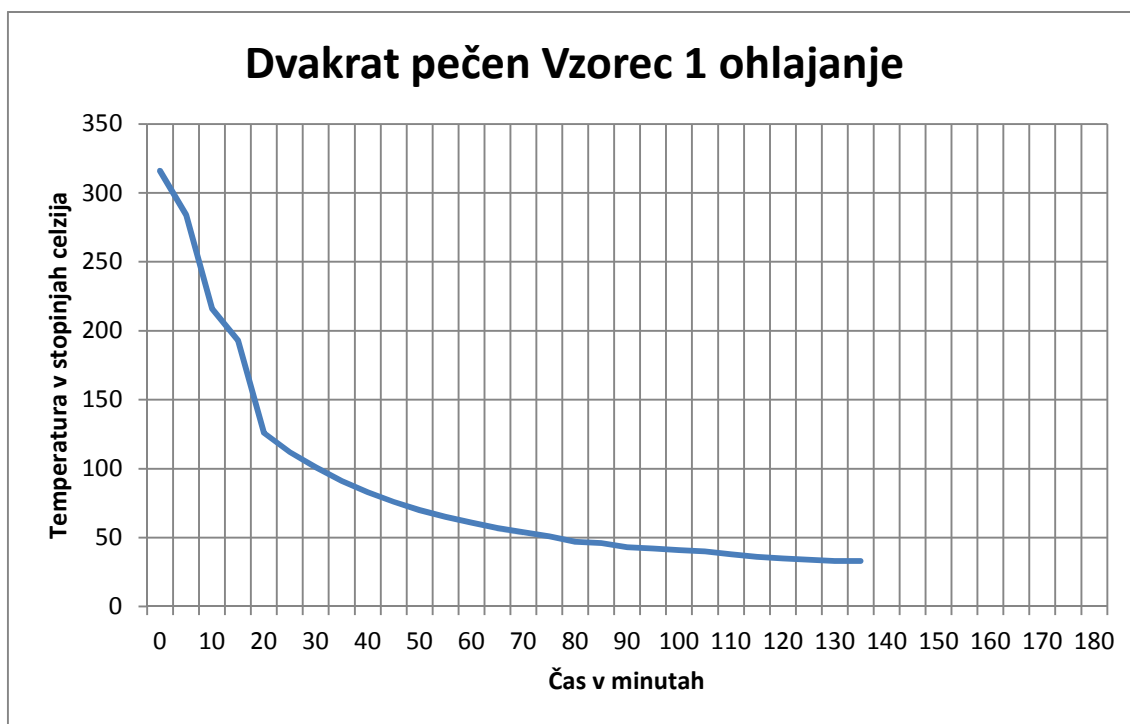
3.3.3 Dvakrat pečeni vzorci z glazuro

V ta poskus sta se iz prejšnje meritve uvrstila samo prvi in tretji vzorec. Četrty vzorec se je razpočil že med peko. Na podlagi prejšnjih ugotovitev sem pri tem merjenju uporabil grelec z manjšo nazivno močjo 300 W. Razpolovil sem tudi čas segrevanja vzorca in sicer z 1 ure na 30 minut, s tem sem dodatno zmanjšal možnost okvare grelca. Shranjevanje podatkov je potekalo enako kot pri prvi meritvi. Segrevanje sem snemal, ohlajanje pa sem slikal s termovizijsko kamero vsakih 5 minut. Zaradi krajšega segrevanja kot pri prvi meritvi je bil tudi čas ohlajanja krajši. Ohlajanje je trajalo dobrih 130 minut, na temperaturo okoli 33°C. Med poskusom sta počila oba vzorca iz neznanega vzroka. Po mojem mnenju zaradi manjših razpok, ki so nastale med drugo peko. Te razpoke so se povečale zaradi raztezka gline, ki je bil posledica visoke temperature grelca.

Glaziran vzorec 1:

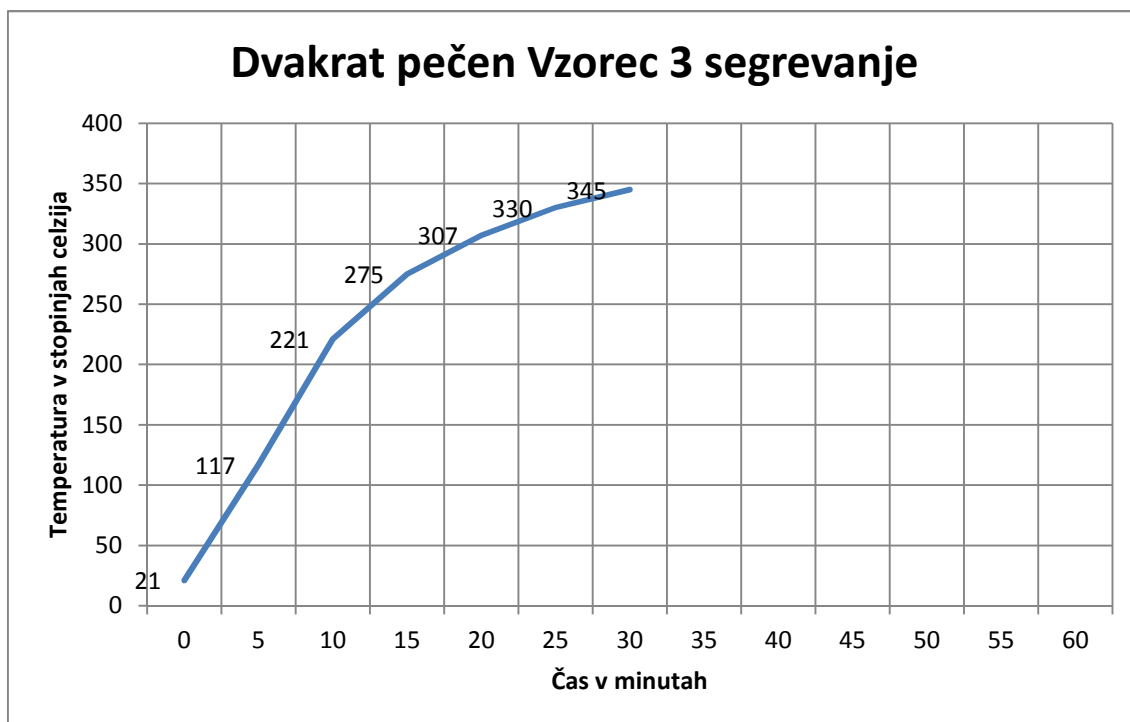


Graf 11: Segrevanje dvakrat pečenega vzorca 1

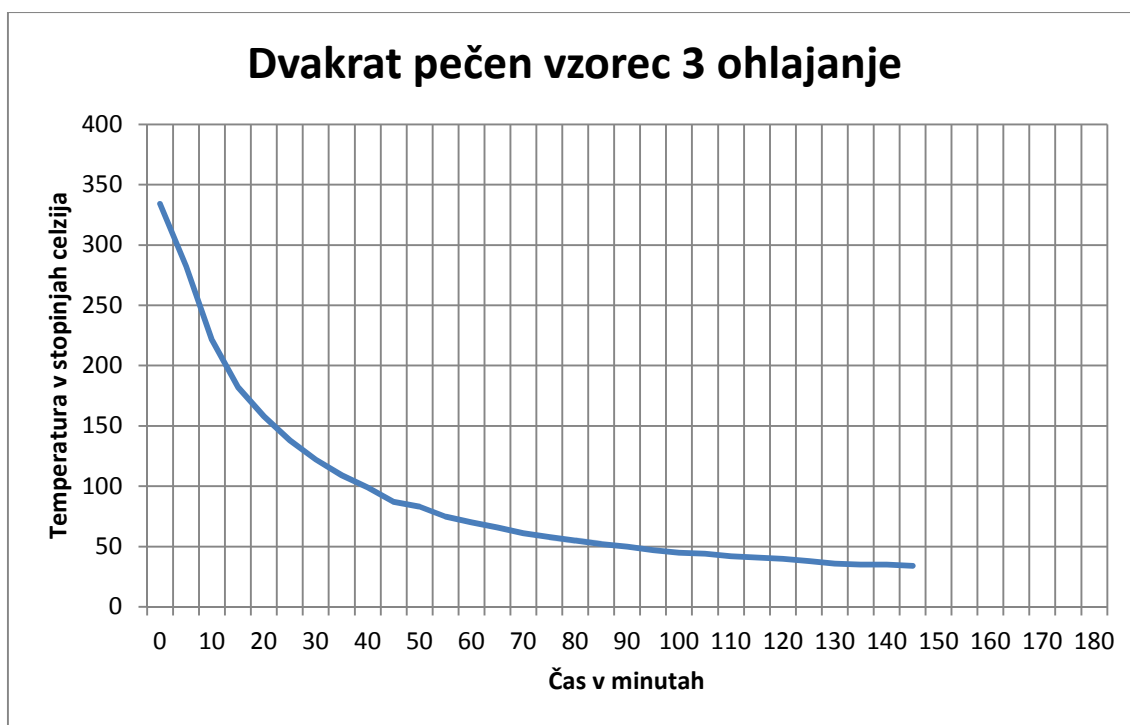


Graf 12: Ohlajanje dvakrat pečenega vzorca 1

Glaziran vzorec 3:



Graf 13: Segrevanje dvakrat pečenega vzorca 3



Graf 14: Ohlajanje enkrat pečenega vzorca 3

4. Rezultati in razprave

Po predvidevanju, da je tretji vzorec najboljši, ker pustilo ne vsebuje prašnih (izolatorskih) delcev, sem ugotovil, da zaradi tega nič bolje ne prevaja toplote od drugih vzorcev. Iz kvalifikacij za najbolj primerno glino sem najprej izločil, dvakrat pečena vzorca, ker nista prenesla segrevanja med meritvijo. Izmed enkrat pečenih vzorcev sem izbral tretji in četrti vzorec. Prvega sem takoj izločil, ker se je ohlajal prehitro. Med ostalima dvema je bila izbira težka, ker sta imela zelo podobni karakteristiki. Po analizi karakteristik in po izkušnjah iz meritev, sem se odločil, da bi bil tretji vzorec najbolj primeren za izdelavo ogrevne skulpture, ker se je bolje prilagajal toplotnim obremenitvam grelca in na koncu prestopal drugo žganje, česar četrti vzorec ni prestopal. Vendar tretji vzorec na koncu ni bil izbran zato, ker ne vsebuje prašnih delcev. S tem je prva hipoteza ovržena.

Skozi raziskavo sem ugotovil, da je moč, razporeditev in izbira električnega grelca več kot pomembna dejavnik. Pri meritvi sem uporabil grelca različnih moči, 400 W in 300 W. Čeprav je razlika v moči med grelcema 100W, sem opazil, da je bila temperatura na površini vzorca na koncu gretja na razdalji večji od 5 cm tako majhna, da je bil možen trajen dotik z konico prsta. To je pripeljalo do ugotovitve, da je pečena glina oz. keramika slabo dovzetna za toploto pri segrevanju. Pri ohlajanju se je toplota počasi razširila po celotni površini vzorca. Da bi dosegli porazdelitev temperature po celotni površini vzorca že na začetku, bi moral grelec razporediti vijugasto po celotni prostornini, pri čemer pa razdalja med sosednjima tuljavama ne bi bila večja od 10 cm. Pri izbiri grelca bi morali naročiti ustrezen cevni grelec. Med raziskavo sem naletel še na eno ugotovitev. Na to prej nisem pomislil vendar je zelo pomemben dejavnik. To je zračna reža med električnim grelcem in keramiko. Zaradi zračne reže se je od grelca temperatura še težje odvajala. To je tudi večinski krivec, zakaj sta se pokvarila 400 W grelca. Mojster, kateri je izdelal električne grelce je po površinski škodi ugotovil, da je grelec dosegel temperaturo višjo od 900°C. Na podlagi ugotovitev bi moral zračno režo zapolniti z snovjo, ki dobro zapolni zračno režo med grelcem in glino, prenaša visoko temperaturo in jo hkrati dobro prevaja.

5. Zaključek

Naloga je bila zahtevnejša kot sem na začetku pričakoval. Veliko časa sem preživel v lončarski delavnici, kjer sem izdeloval glinene vzorce, ter v improviziranem domačem laboratoriju, kjer sem izvajal dolgotrajne meritve. Meritve enega vzorca so trajale malo več kot 4 ure, izvedel pa sem jih na 5 vzorcih. Izvedel sem veliko stvari o glini, keramiki, električnih grelcih, meritvah in si s tem odprl novo področje znanja. Ne glede na pridobljene rezultate upam, da bo ogrevalna skulptura oz. elektro-keramični radiator, ki bo izdelan po teh raziskavah in ugotovitvah boljši od predhodnikov.

Elektro-keramični radiator, ki ga je mojster lončar naredil pred to raziskavo, bom za informacijo posnel s toplotno kamero. Rezultate bom objavil na predstavitvi, ker prej ni bilo dovolj časa. Mogoče bo kdo to nalogo nadgradil in poskusil ugotoviti, če se lahko ogrevalna skulptura dejansko primerja z električnim ali navadnim vodnim radiatorjem.

6. Zahvala

Zahvaljujem se mentorju Petru Vrčkovniku za ponujeno raziskovalno delo, ter za pomoč pri pridobitvi rekvizitov. Somentorju Igorju Bahorju za material, znanje in prostor za izdelavo vzorcev. Šolskemu centru Velenje, Medpodjetniškemu izobraževalnemu centru Velenje ter gibanju Mladi raziskovalci za razvoj Šaleške doline, ki so posodili rekvizite in ostalo. Zahvala gre tudi mojima staršema za pomoč in spodbudo pri izdelavi naloge.

7. Viri in literatura

-http://www.student-info.net/sis-mapa/skupina_doc/ntf/knjiznica_datoteke/1203253512_gline.pdf

-<http://vimosi.si/>

- Bahor, mojster lončar. Ustno sporočilo

8. Priloge

Ohlajanje grelca:

Minute	Temperatura
0	358
1	256
2	206
3	172
4	146
5	127
6	111
7	97
8	86
9	78
10	70
11	63
12	58
13	54
14	50
15	47
16	44
17	42
18	40
19	38
20	37
21	35
22	34
23	33
24	32
25	32
26	31
27	30
28	30
29	29
30	29

Tabela 3: Ohlajanje grelca

Enkrat pečen vzorec 1 ohlajanje:

Minute	Temperatura
0	334
5	282
10	221
15	182
20	158
25	138
30	122
35	109
40	99
45	87
50	83
55	75
60	70
65	66
70	61
75	58
80	55
85	52
90	50
95	47
100	45
105	44
110	42
115	41
120	40
125	38
130	36
135	35
140	35
145	34

Tabela 4: Enkrat pečen vzorec 1 ohlajanje

Enkrat pečen vzorec 3 ohlajanje:

Minute	Temperatura
0	422
5	346
10	290
15	250
20	219
25	193
30	175
35	161
40	146
45	134
50	122
55	114
60	105
65	98
70	91
75	85
80	79
85	74
90	70
95	67
100	63
105	60
110	57
115	54
120	52
125	50
130	48
135	46
140	44
145	42
150	41
155	40
160	39
165	38
170	37
175	36
180	35

Tabela 5: Enkrat pečen vzorec 3 ohlajanje

Enkrat pečen vzorec 4 ohlajanje:

Minute	Temperatura
0	458
5	382
10	310
15	263
20	228
25	201
30	179
35	162
40	146
45	132
50	121
55	111
60	102
65	94
70	88
75	81
80	77
85	71
90	68
95	63
100	60
105	57
110	54
115	52
120	50
125	48
130	46
135	44
140	42
145	41
150	40
155	38
160	36
165	35
170	35
175	35
180	34

Tabela 6: Enkrat pečen vzorec 4 ohlajanje

Dvakrat pečen vzorec 1 ohlajanje:

Minute	Temperatura
0	316
5	284
10	216
15	193
20	126
25	112
30	101
35	91
40	83
45	76
50	70
55	65
60	61
65	57
70	54
75	51
80	47
85	46
90	43
95	42
100	41
105	40
110	38
115	36
120	35
125	34
130	33
135	33

Tabela 7: Dvakrat pečen vzorec 1 ohlajanje

Dvakrat pečen vzorec 3 ohlajanje:

Minute	Temperatura
0	334
5	282
10	221
15	182
20	158
25	138
30	122
35	109
40	99
45	87
50	83
55	75
60	70
65	66
70	61
75	58
80	55
85	52
90	50
95	47
100	45
105	44
110	42
115	41
120	40
125	38
130	36
135	35
140	35
145	34

Tabela 8: Dvakrat pečen vzorec 3 ohlajanje