

# "59. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2025"

Osnovna šola Janka Padežnika Maribor,

Iztokova 6, 2000 Maribor



## LEDENA TEKMA

Raziskovalno področje: ASTRONOMIJA ALI FIZIKA

RAZISKOVALNA NALOGA

Mentorja:

Tadej Zorko

Suzana Tomšič Mavrič

Avtorja:

Gal Draksler

Erik Kampuš

Maribor, 2025

# KAZALO VSEBINE

KAZALO TABEL.....	3
KAZALO SLIK.....	3
POVZETEK.....	5
ABSTRACT.....	5
1 UVOD.....	6
1.1 RAZISKOVALNI PROBLEM.....	7
1.2 HIPOTEZE.....	7
1.3 TEORETIČNE OSNOVE.....	7
1.3.1 Voda.....	7
1.3.2 Led.....	8
1.3.3 Taljenje.....	9
1.3.4 Toplota in toplotni tok.....	9
1.3.5 Gostota.....	10
1.3.6 Geometrijska telesa.....	10
1.3.6.1 Kocka.....	10
1.3.6.2 Kvader.....	11
1.3.6.3 Valj.....	11
1.3.6.4 Piramida.....	12
1.3.6.5 Stožec.....	12
1.3.6.6 Krogla.....	13
2 OSREDNJI DEL NALOGE.....	14
2.1 METODOLOGIJA.....	14
2.1.1 Metoda proučevanja pisnih virov.....	14
2.1.2 Metoda praktičnega dela.....	14
2.1.3 Metoda eksperimentiranja.....	15
2.1.4 Metoda analize podatkov in interpretacija.....	15
2.2 OPIS POTEKA DELA IN ANALIZA REZULTATOV.....	16
2.2.1 Priprava in potek praktičnega dela.....	16
2.2.2 Priprava na eksperimentalno delo.....	19
2.2.3 Potek eksperimentalnega dela.....	20
2.2.4 Rezultati opazovanja in analiza.....	22
3 RAZPRAVA.....	27
4 DRUŽBENA ODGOVORNOST, TRAJNOST, NAPREDEK.....	27
5 ZAKLJUČEK.....	28
6 VIRI IN LITERATURA.....	29
6.1 PISNI VIRI.....	29
6.2 SPLETNI VIRI.....	29

6.3 SLIKOVNI VIRI.....	30
7 PRILOGE.....	31
7.1 NAČRTOVANJE MODELOV .....	31
7.2 IZRAČUN MERSKIH NAPAK .....	35

## KAZALO TABEL

TABELA 1: ČAS TALJENJA GEOMETRIJSKIH TELES .....	22
TABELA 2: NATANČNOST MERITEV .....	22
TABELA 3: ČAS TALJENJA LEDENIH KOCK IZ VODOVODNE IN SLADKANE VODE .....	25
TABELA 4: NATANČNOST MERITEV .....	26

## KAZALO SLIK

SLIKA 1: KOCKE ZA VEČKRATNO UPORABO.....	6
SLIKA 2: KALUP IZ SILIKONA.....	6
SLIKA 3: PLASTIČNI KALUP .....	6
SLIKA 4: OSVEŽILNA PIJAČA .....	6
SLIKA 5: ANOMALIJA VODE.....	8
SLIKA 6: KRISTALNA STRUKTURA LEDU .....	8
SLIKA 7: KOCKA .....	10
SLIKA 8: MREŽA KOCKE.....	10
SLIKA 9: KVADER .....	11
SLIKA 10: MREŽA KVADRA .....	11
SLIKA 11: VALJ.....	11
SLIKA 12: MREŽA VALJA.....	11
SLIKA 13: PIRAMIDA .....	12
SLIKA 14: MREŽA PIRAMIDE .....	12
SLIKA 15: STOŽEC.....	12
SLIKA 16: MREŽA STOŽCA .....	12
SLIKA 17: KROGLA .....	13
SLIKA 18: MREŽA KROGLE .....	13
SLIKA 19: IZRAČUNANE MERE GEOMETRIJSKIH TELES .....	16
SLIKA 20: 3D MODELIRANJE.....	17
SLIKA 21: IZVOZ 3D MODELA V STL FORMAT .....	17

SLIKA 22: PRIPRAVA NA 3D TISK.....	17
SLIKA 23: 3D TISKANJE.....	17
SLIKA 24: MODELI GEOMETRIJSKIH TELES.....	17
SLIKA 25: PRIPRAVA VOSKA.....	18
SLIKA 26: VLIVANJE TEKOČEGA VOSKA .....	18
SLIKA 27: PRIPRAVA KALUPOV IZ VOSKA .....	18
SLIKA 28: KALUP IZ VOSKA.....	18
SLIKA 29: PRIPRAVA TEKOČINE ZA SILIKON .....	18
SLIKA 30: PRIPRAVA SILIKONA.....	18
SLIKA 31: GNJETENJE SILIKONA .....	18
SLIKA 32: PRIPRAVA KALUPA IZ SILIKONA .....	18
SLIKA 33: KALUPI IZ SILIKONA.....	19
SLIKA 34: LEDENI MODEL .....	20
SLIKA 35: IZVAJANJE MERITEV .....	20
SLIKA 36: SPREMLJANJE ČASA TALJENJA POSAMEZNEGA GEOMETRIJSKEGA TELESA.....	21
SLIKA 37: KALUP .....	21
SLIKA 38: IZVAJANJE MERITEV .....	21
SLIKA 39: TALJENJE MODELOV.....	21
SLIKA 40: IZRAČUNI POVRŠIN GEOMETRIJSKIH TELES .....	23
SLIKA 41: TEHTANJE LEDENIH TELES .....	24

## **POVZETEK**

V raziskovalni nalogi smo preučevali vpliv oblike ledenih geometrijskih teles na čas taljenja ter ugotavljali, katera oblika omogoča daljšo obstojnost ledu. Osredotočili smo se na različne geometrijske oblike (kocka, kvader, valj, piramida, stožec, krogla) in njihove vplive na čas taljenja. Poleg tega smo raziskali vpliv snovne sestave ledenih teles na čas taljenja, pri čemer smo uporabili vodovodno vodo in sladkano vodo. Na podlagi rezultatov smo ugotovili, da je krogla najbolj optimalna oblika, saj ima najmanjšo površino glede na prostornino in se tako najdlje ohranja v trdni obliki. Tudi ledene kocke iz vodovodne vode so se obdržale dalj časa kot tiste, ki so vsebovale sladkor. Rezultati lahko pripomorejo k izboljšanju učinkovitosti uporabe ledu v vsakdanjem življenju in gostinstvu.

**Ključne besede:** geometrijska telesa, led, taljenje

## **ABSTRACT**

In our research thesis we studied the effects of ice geometrical bodies on melting time and which shape offers best of longevity of ice. We focused on the geometrical shapes (cube, square, cylinder, pyramid, cone, sphere) and their effects on melting time. Additionally, we studied the influence of the composing material of the ice bodies on the melting time using tap water. Based on our findings we found, that the sphere has the optimal shape, since it has the smallest surface area in relation to its mass and thus remains solid for the longest time. Ice cubes made from tap water also kept their solid shape for a longer time than those containing sugar. Results can improve the efficiency of ice use in everyday life and catering.

**Key words:** geometric solids, ice, melting

# 1 UVOD

V vročih poletnih dneh se pričujejo osvežilne pijače, ki jim dodamo led. Led je običajno v obliki ledenih kock<sup>1</sup>, ki igrajo pomembno vlogo pri ohranjanju svežine hrane in pijače, saj preprečujejo, da se ne segrejeta preveč. V trgovinah najdemo veliko različnih modelov za ledene kocke. Ti so različnih oblik (kocke, srčki ...), narejeni iz različnih materialov (plastike, silikona, vrečke ...), za enkratno ali večkratno uporabo (plastični modeli, v katerih je tekočina).



Slika 1: Kocke za večkratno uporabo (vir: [www.1001dar.si](http://www.1001dar.si))



Slika 2: Kalup iz silikona (vir: [www.makaboshop.si](http://www.makaboshop.si))



Slika 3: Plastični kalup (vir: [www.mimovrste.com](http://www.mimovrste.com))

Običajno se zgodi, da se ledene kocke prehitro stalijo in pijača ni več tako osvežilna, kot bi si to želeli.



Slika 4: Osvežilna pijača (lasten vir)

---

<sup>1</sup> V raziskovalni nalogi bomo uporabljali pojem ledena kocka kot splošno pojmovanje, ki se uporablja v vsakdanjem pogovoru.

## 1.1 Raziskovalni problem

Največkrat so ledene kocke v obliki geometrijskega telesa kocka. V raziskovalni nalogi nas je zanimalo, ali bi nam kakšna druga geometrijska oblika omogočila, da v ohlajeni pijači uživamo dlje. Zavedamo se, da na obstoj ledenih kock vpliva veliko dejavnikov (predvsem temperatura), zato smo se odločili raziskati le nekaj teh. Iskali smo odgovore na naslednja vprašanja:

- Ali oblika ledene kocke vpliva na čas taljenja?
- Katera oblika geometrijskega telesa nam nudi optimalno obstojnost »ledene kocke«?
- Ali na čas taljenja ledene kocke vpliva njena snovna sestava?

## 1.2 Hipoteze

Na podlagi raziskovalnih vprašanj smo postavili naslednje hipoteze:

1. Najbolj obstojna oblika »ledene kocke« bo kocka.
2. Snovna sestava »ledene kocke« bo vplivala na njeno obstojnost.

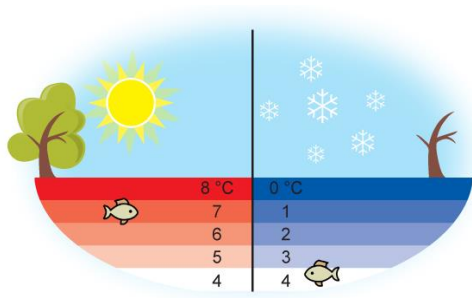
## 1.3 Teoretične osnove

### 1.3.1 Voda

Voda je najpomembnejša življenjska tekočina. Je brez barve, vonja in okusa. Je spojina, sestavljena iz dveh atomov vodika (H) in enega atoma kisika (O). Ti trije atomi skupaj tvorijo molekulo vode, H<sub>2</sub>O.

»Je polarno topilo. Zaradi svoje polarnosti se v njej dobro raztapljajo polarne snovi, kot na primer milo, sladkor ipd.« (Leksikon kemije, 2001, 225–226)

Voda je naravni vir, ki pokriva približno 71 % površine Zemlje. Je edina snov, ki se pri običajnih temperaturah na Zemlji pojavlja v vseh treh agregatnih stanjih – tekočem, trdnem in plinastem. Sprememba agregatnega stanja vseh snovi in tudi vode je povezana z oddajanjem ali sprejemanjem energije. Če led segrevamo, se stali (tališče ima pri 0 °C). Ko vodo še nadalje segrevamo do vrelišča (vrelišče ima pri 100°C), ta hlapi, pri čemer nastane para. Voda ima pri segrevanju zanimivo lastnost, ki ji pravimo anomalija vode.



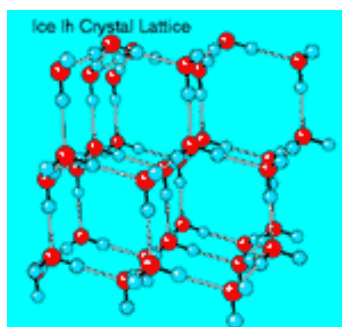
Slika 5: Anomalija vode

(vir: <https://eucbeniki.sio.si/fizika9/184/index4.html>)

»Če jo segrevamo od 0 °C, ima največjo gostoto pri 4 °C, kar pomeni, da se med tema temperaturama voda krči. Šele pri temperaturi nad 4 °C se voda začne raztezati z višanjem temperature. To ima ugodne posledice za življenje v vodi. Pozimi, ko temperature padejo pod ledišče, se voda ohlaja na površini. Ker je hladnejša voda gostejša, pada na dno. To se dogaja le do temperature 4 °C. Voda z nižjo temperaturo je spet redkejša, zato ostaja na površini, kjer nato zmrzne. Tako je na dnu voda s temperaturo 4 °C, kjer ribe še lahko preživijo.«  
(<https://eucbeniki.sio.si/fizika9/184/index4.html>)

### 1.3.2 Led

Led je eno izmed treh agregatnih stanj vode. V tem stanju je voda v trdni obliki in so delci zelo blizu skupaj, se ne morejo gibati, lahko le nihajo sem ter tja. Kristali ledu imajo heksagonalno kristalno mrežo, kar pomeni, da se molekule vode po zmrzovanju razporedijo v večplastne šesterokotnike.



Slika 6: Kristalna struktura ledu

(vir: <https://kvarkadabra.net/2001/02/naj-snezi/> )

Led je nepogrešljiv pri hlajenju in shranjevanju živil, saj tako ohranjamo svežino in preprečujemo pokvarljivost. Uporaben je tudi v zdravstvu za shranjevanje medicinskih izdelkov, pri manjših poškodbah za zmanjševanje oteklina, pri lepotni negi, v gradbeništvu pri hlajenju betona, da se preprečijo razpoke, in v industriji pri ohlajanju proizvodnih procesov.

Na zastavljeno vprašanje »Za kaj vse je led uporaben v vsakdanjem življenju?« je orodje Microsoft Copilot generiralo sledeče odgovore:

- Hlajenje poškodb: Led je uporaben prav tako za zmanjšanje oteklina in bolečin pri manjših poškodbah, kot so zvini ali udarnine.
- Lepotna nega: Koristen je lahko tudi pri lepotni negi (zmanjšanje zabuhlosti).
- Čiščenje: Kar se pa tišče čiščenja, ga lahko uporabimo za čiščenje težko dostopnih mest, na primer v mlinčkih za odpadke v kuhinji. (Microsoft Copilot, 2025)

### 1.3.3 Taljenje

Taljenje je prehod snovi iz trdnega agregatnega stanja v tekoče. Temperaturo, pri kateri se snov tali, imenujemo tališče. Tališče ledu je pri 0 °C. Pri taljenju se vodi poveča gostota, zmanjša prostornina, masa pa ostane enaka.

### 1.3.4 Toplota in toplotni tok

»Toplota je del notranje energije snovi, ki prek toplotnega stika prehaja iz toplejše snovi v hladnejšo. Snov oddaja toploto na račun svoje notranje energije. Prejeta toplota poveča notranjo energijo snovi.« (Kladnik, 2007, str. 51)

S taljenjem se notranja energija snovi povečuje, molekule se preurejajo, temperatura snovi pa se ne spreminja. Dovedena toplota se torej porablja za taljenje in je sorazmerna z maso snovi.

$$Q = q_t m \quad (q_t \text{ pomeni specifično talilno toploto, za led je } q_t = 330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})^2$$

Toplotni tok (P) definiramo kot kvocient toplote ( $\Delta Q$ ) in časovnega intervala ( $\Delta t$ ), v katerem toplota preide skozi določeno površino. (Kladnik, 2007, str. 60)

$$P = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

---

<sup>2</sup> »Specifična talilna toplota je toplota, ki je potrebna, da se 1 kg trdnine pri temperaturi tališča stali.« (Kladnik, 2007, str. 109)

### 1.3.5 Gostota

Gostota ( $\rho$ ) je razmerje med maso ( $m$ ) telesa in njegovo prostornino ( $V$ ).

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Led ima manjšo gostoto od vode, zato plava na vodi. Gostota ledu je  $920 \frac{kg}{m^3}$ , vode pa  $1000 \frac{kg}{m^3}$ .

### 1.3.6 Geometrijska telesa

“Geometrijsko telo je del prostora, ki je omejen s ploskvami. Opišemo ga s točkami, premicami in ravninami, ki so pri različnih telesih v različnih medsebojnih odnosih. Geometrijska telesa običajno razdelimo na:

- oglata telesa, ki imajo vse mejne ploskve ravne (prizme in piramide), in
- okrogla telesa, pri katerih je vsaj ena mejna ploskev kriva (valji, stožci in krogle).

Značilnosti geometrijskih teles proučuje prostorska geometrija. Med pomembne značilnosti spadata površina in prostornina.” (Berk, 2019, str. 150–151)

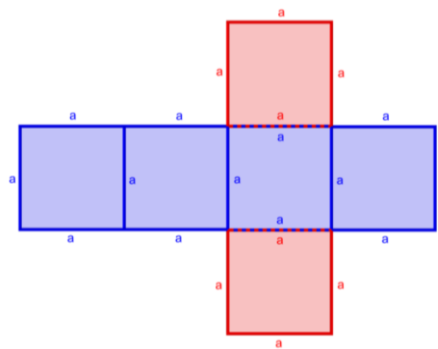
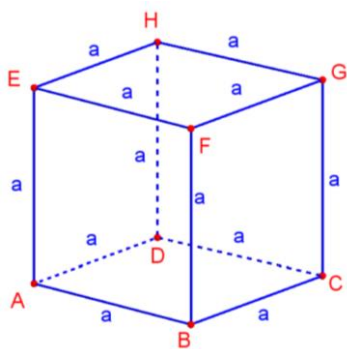
“Površina geometrijskega telesa je vsota ploščin vseh njegovih mejnih ploskev. Označimo jo s črko  $P$ . Če mejne ploskve razvijemo v ravnino, dobimo **mrežo** geometrijskega telesa. Prostornina geometrijskega telesa je velikost prostora, ki ga telo zavzema. Označimo jo s črko  $V$ .” ([https://si.openprof.com/wb/geometrijska\\_telesa?ch=2417](https://si.openprof.com/wb/geometrijska_telesa?ch=2417))

#### 1.3.6.1 Kocka

Kocka je oglato geometrijsko telo, omejeno s šestimi skladnimi ravnimi ploskvami. Kocka ima 8 oglišč in 12 robov. Vsi robovi v kocki so enake dolžine.

$$\text{Površina kocke: } P = 6 \cdot a^2$$

$$\text{Prostornina kocke: } V = a^3$$



Slika 7: Kocka

(vir: <https://si.openprof.com/wb/kocka>)

Slika 8: Mreža kocke

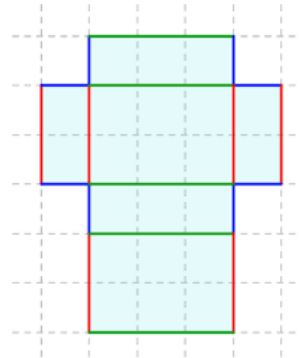
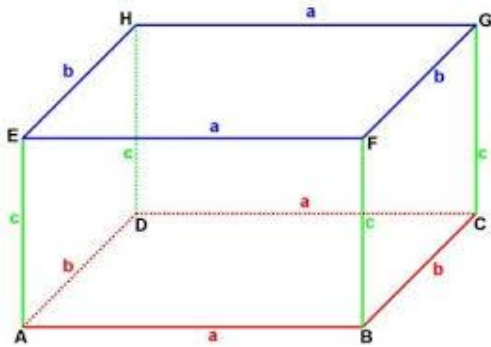
(vir: <https://si.openprof.com/wb/kocka>)

### 1.3.6.2 Kvader

Kvader je oglato geometrijsko telo, omejeno s šestimi ravnimi ploskvami. Kvader ima 6 ploskev, 12 robov in 8 oglišč. Vsi robovi niso enake dolžine.

Površina kvadra:  $P = 2ab + 2ac + 2bc$

Prostornina kvadra:  $V = a \cdot b \cdot c$



Slika 9: Kvader

Slika 10: Mreža kvadra

(vir: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Kvader>)

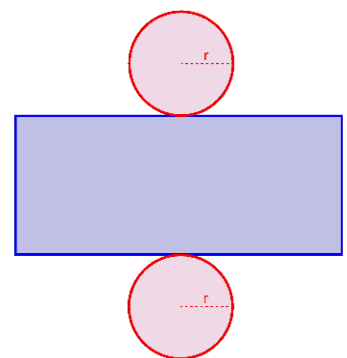
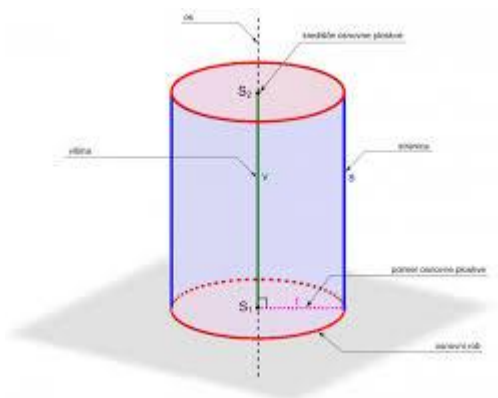
(vir: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Kvader>)

### 1.3.6.3 Valj

Valj je okroglo geometrijsko telo, ki je omejeno z dvema osnovnima ploskvama in eno stransko ploskvijo. Osnovna ploskev je krog.

Površina valja:  $P = 2 \cdot O + pl = 2\pi r^2 + 2\pi r v$

Prostornina valja:  $V = O \cdot v = \pi r^2 v$



Slika 11: Valj

Slika 12: Mreža valja

(vir: Valj :: OpenProf.com)

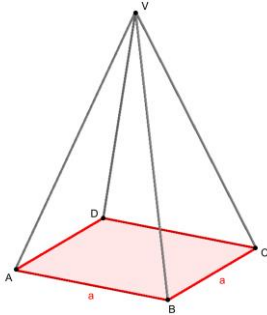
(vir: Valj :: OpenProf.com)

### 1.3.6.4 Piramida

Piramida je oglato geometrijsko telo, ki je omejeno z n-kotnikom ( $n > 3$ ) in n-trikotniki. Osnovno ploskev predstavlja n-kotnik, plašč pa sestavlja n trikotnikov.

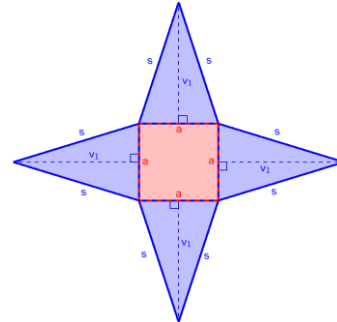
Površina piramide:  $P = O + pl$

Prostornina piramide:  $V = \frac{O \cdot v}{3}$



Slika 13: Piramida

(vir: Piramida :: OpenProf.com)



Slika 14: Mreža piramide

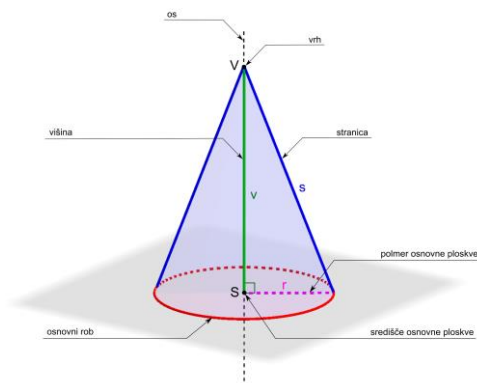
(vir: Piramida :: OpenProf.com)

### 1.3.6.5 Stožec

Stožec je okroglo geometrijsko telo, ki ga omeujeta dve mejni ploskvi (osnovna ploskev je krog in plašč).

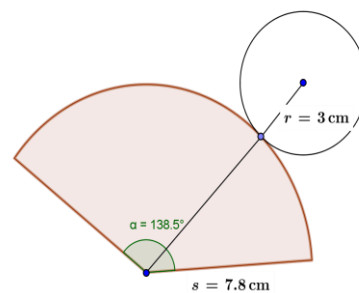
Površina stožca:  $P = O + pl = \pi r^2 + \pi r s$

Prostornina stožca:  $V = \frac{O \cdot v}{3} = \frac{\pi r^2 v}{3}$



Slika 15: Stožec

(vir: Stožec :: OpenProf.com)



Slika 16: Mreža stožca

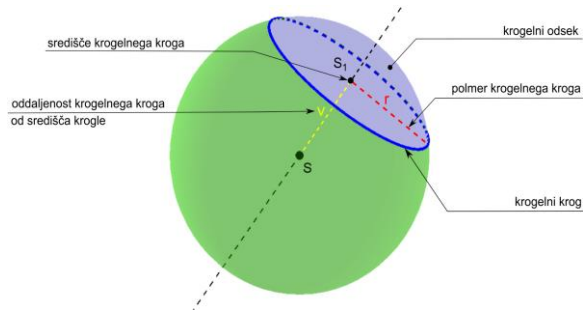
(vir: Stožec :: OpenProf.com)

### 1.3.6.6 Krogla

Krogla je okroglo geometrijsko telo, ki ga omejuje krogelna ploskev – sfera. Sfera ali obla je množica točk v prostoru, ki so za polmer oddaljene od središča krogle.

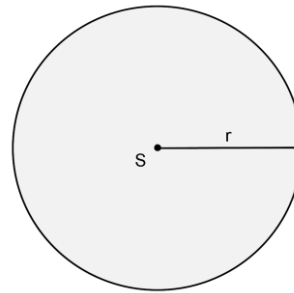
$$\text{Površina krogle: } P = 4\pi R^2$$

$$\text{Prostornina krogle: } V = \frac{4\pi R^3}{3}$$



Slika 17: Krogla

(vir: Krogla :: OpenProf.com)



Slika 18: Mreža krogle

(vir: Krogla :: OpenProf.com)

## 2 OSREDNJI DEL NALOGE

### 2.1 Metodologija

Za namen izdelave raziskovalne naloge smo uporabili naslednje metode dela:

- metodo proučevanja pisnih virov,
- metodo praktičnega dela,
- metodo eksperimentiranja in
- metodo analize podatkov in interpretacije.

Pri pripravi te naloge je bilo uporabljeno orodje Microsoft Copilot za generiranje vprašanja o uporabi ledu v vsakdanjem življenju. Podatki, ki jih je zagotovilo orodje, so bili pregledani, prilagojeni in verificirani s strani avtorjev.

#### 2.1.1 Metoda proučevanja pisnih virov

Začetna metoda dela je bila metoda dela s pisnimi viri. Literaturo o tej temi smo iskali v šolski knjižnici, Mariborski knjižnici in na spletu. Zbrano gradivo smo prebrali in proučili. Ugotovitve smo povzeli in zapisali. Zapise smo posledično strnili v nalogo.

#### 2.1.2 Metoda praktičnega dela

Metodo praktičnega dela smo uporabili za izdelavo modelov geometrijskih teles in njihovih kalupov, saj na tržišču nismo našli takšnih, ki smo jih želeli raziskati. Najprej smo načrtovali modele, ki bi bili primerne velikosti za ledena telesa in bi jih lahko dali v kozarec s pijačo. Zaradi primerljivosti smo določili, da bo prostornina teles konstanta. Najprej smo s papirnatim modelom izbrali primerno prostornino. Nato smo izračunali mere geometrijskih teles glede na izbrano prostornino (glej Priloge – 7.1 Načrtovanje modelov). S pomočjo 3D-tiskalnika smo natisnili kocko, kvader, valj, piramido, stožec in kroglo.

S pomočjo voska in silikona smo izbirali najprimernejši material za izdelavo kalupov in kalupe tudi izdelali. Vse skupaj smo fotografirali, fotografije pa uporabili v nalogi za prikaz posameznega geometrijskega telesa.

### 2.1.3 Metoda eksperimentiranja

Metoda eksperimentiranja je obsegala naslednje postopke:

- izdelava ledenih modelov geometrijskih teles,
- merjenje časa obstojnosti ledenih teles,
- priprava »ledenih kock« različnih snovnih sestav,
- beleženje podatkov in urejanje v preglednice in
- fotografiranje.

Najprej smo ugotavljali, ali na taljenje vpliva oblika ledenih teles. V izdelane kalupe smo nalili vodovodno vodo in vse skupaj postavili v zamrzovalnik. Ko je voda zmrznila, smo iz kalupov izločili ledene modele, ki smo jih s pomočjo plastične prijemalke postavili na gladko podlago. Zaradi primerljivosti so vsi modeli imeli enako prostornino. Čas taljenja smo merili s štoparico.

Nato smo ugotavljali, ali na čas taljenja vpliva snovna sestava ledene kocke. Pripravili smo dve tekočini z različnima snovnima sestavama (vodovodna voda in sladkana voda – masna koncentracija raztopine je znašala 108 g/L), jih vlili v kalupe (tokrat v kupljene, saj smo tako zagotovili enake oblike in prostornine) in postavili v zamrzovalnik. Ledene modele smo nato postavili na gladko podlago in merili čas taljenja s štoparico.

### 2.1.4 Metoda analize podatkov in interpretacija

Rezultate (čas obstojnosti ledenih teles) smo sproti zapisovali v tabelo ter izračunali povprečno vrednost. Opravili smo 10 meritev, da bi zmanjšali vpliv merskih napak. Za zapis podatkov smo uporabljali programa Excel in Word. Dobljene podatke smo primerjali in zabeležili opažanja. Pridobljene izsledke smo uporabili pri razpravi.

## 2.2 Opis poteka dela in analiza rezultatov

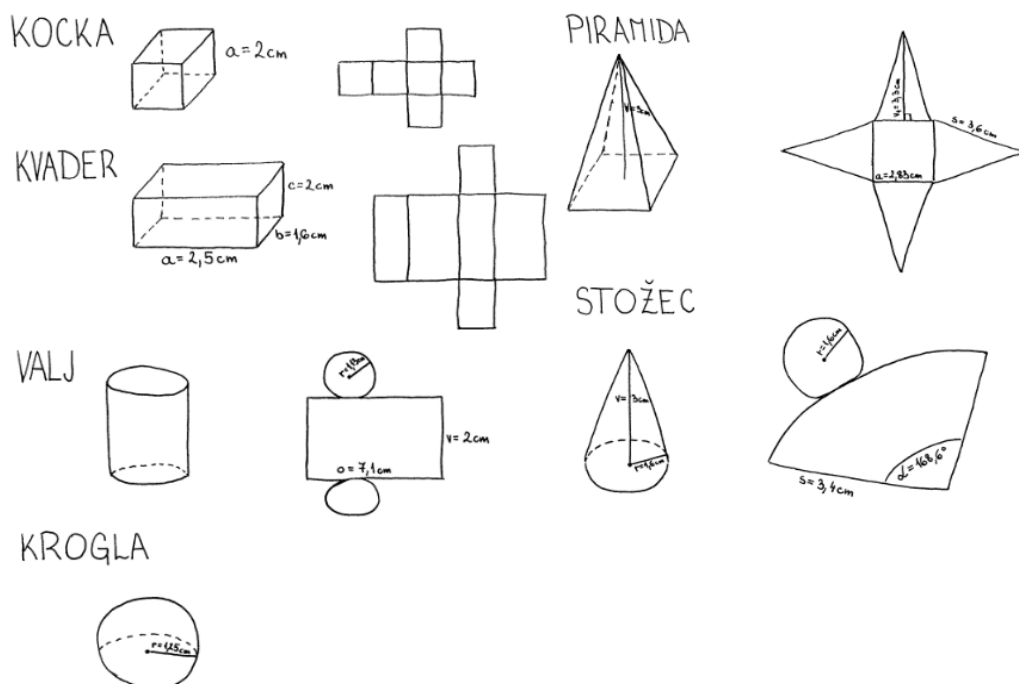
### 2.2.1 Priprava in potek praktičnega dela

Pripravili smo ustrezen pribor in snovi:

- 3D-tiskalnik,
- vosek,
- silikon,
- posoda za vlivanje voska.

Potek dela:

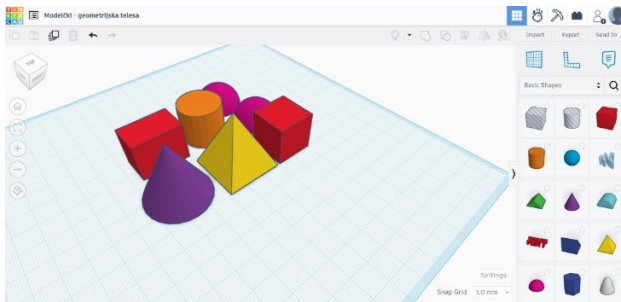
a) Najprej smo izbrali primerno velikost geometrijskih teles. Zaradi primerljivosti rezultatov imajo vsa telesa enako prostornino. Izdelali smo več modelov iz papirja in se odločili, da prostornina  $8 \text{ cm}^3$  najbolj ustreza ledenim telesom, ki bi jih dali v kozarec s pijačo. Na podlagi prostornine smo izračunali mere vseh teles.



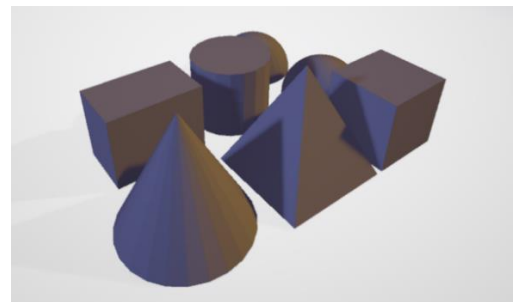
Slika 19: Izračunane mere geometrijskih teles

(lasten vir)

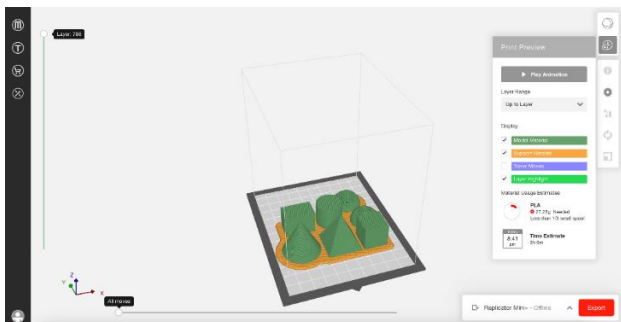
b) Sledila je priprava 3D-tiskalnika na tiskanje geometrijskih teles.



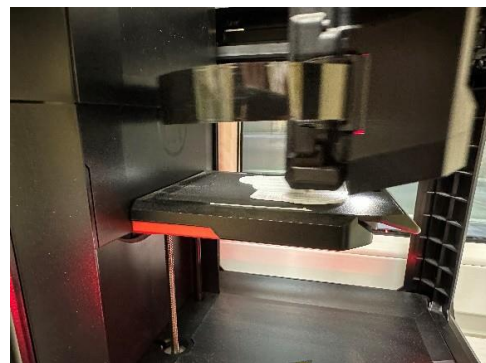
Slika 20: 3D-modeliranje  
(lasten vir)



Slika 21: Izvoz 3D-modela v STL-format  
(lasten vir)

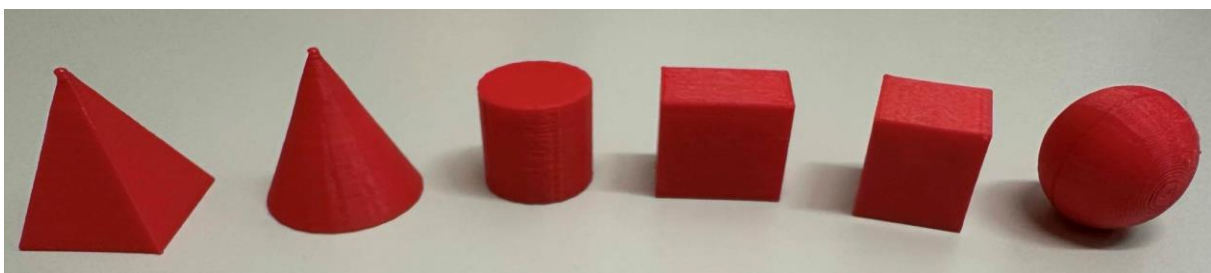


Slika 22: Priprava na 3D-tisk  
(lasten vir)



Slika 23: 3D-tiskanje  
(lasten vir)

c) Natisnjena 3D-geometrijska telesa.



Slika 24: Modeli geometrijskih teles

(lasten vir)

d) Sledila je izbira najprimernejšega materiala za izdelavo kalupov, saj takšnih, kot smo jih želeli, ni na tržišču. Pomembno je bilo, da imajo enako prostornino. Poskusili smo z voskom in silikonom.



Slika 25: Priprava voska  
(lasten vir)



Slika 26: Vlivanje tekočega voska  
(lasten vir)



Slika 27: Priprava kalupov iz voska  
(lasten vir)



Slika 28: Kalup iz voska  
(lasten vir)



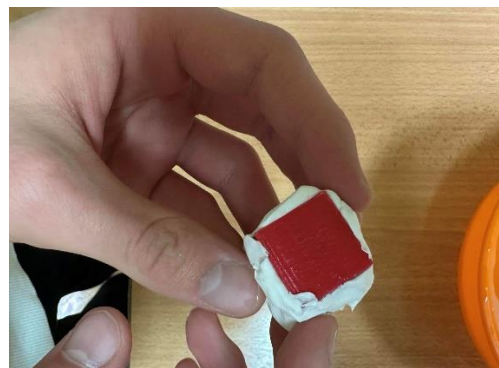
Slika 29: Priprava tekočine za silikon  
(lasten vir)



Slika 30: Priprava silikona  
(lasten vir)

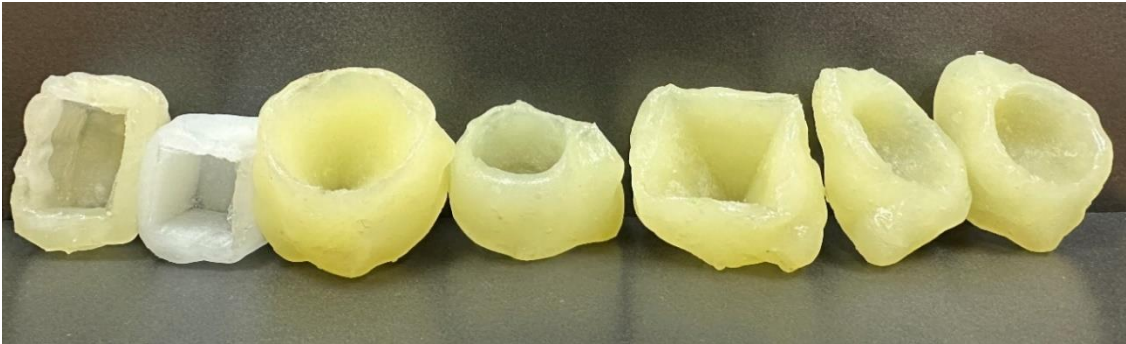


Slika 31: Gnetenje silikona  
(lasten vir)



Slika 32: Priprava kalupa iz silikona  
(lasten vir)

e) Izbrali smo kalupe iz silikona, saj smo ledene modele lažje spravili iz kalupov in lahko smo jih uporabili večkrat. Kalupe iz voska smo morali razbiti, zato bi jih morali za vsako meritev izdelati znova.



Slika 33: Kalupi iz silikona

(lasten vir)

## 2.2.2 Priprava na eksperimentalno delo

Pripravili smo ustrezen pribor in snovi:

- kalupi geometrijskih teles,
- prijemalka,
- štoparica,
- gladka podlaga iz umetne mase (na katero smo postavili ledena telesa),
- voda.

Pri eksperimentiranju smo imeli naslednje konstante:

- prostor za eksperimentalno delo,
- prostornina modelov geometrijskih teles,
- štoparica,
- gladka podlaga iz umetne mase,
- temperatura prostora.

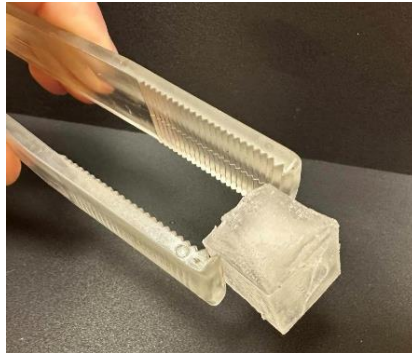
Spremenljivke pa so bile:

- oblike geometrijskih teles,
- pozicije geometrijskih teles.

### 2.2.3 Potek eksperimentalnega dela

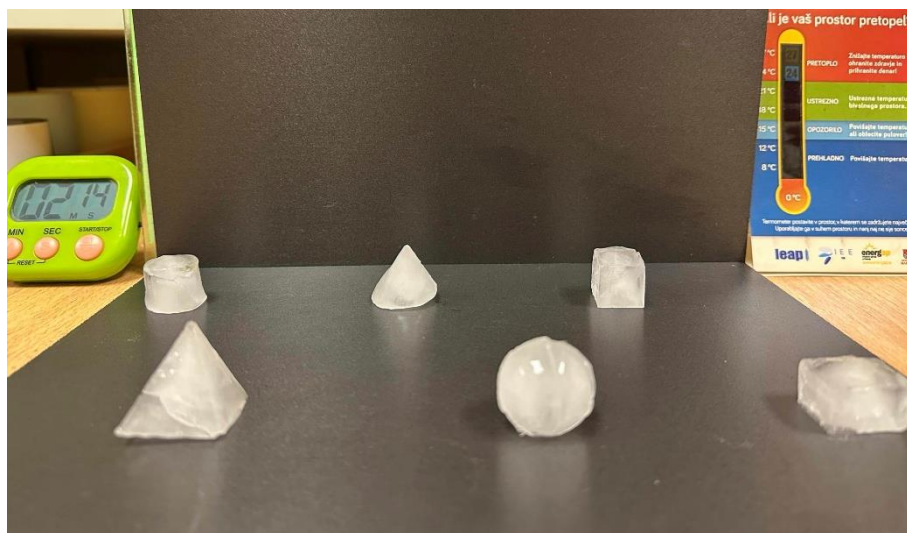
a) V izdelane silikonske kalupe smo nalili vodo in vse skupaj postavili v zamrzovalnik.

b) Naslednji dan smo iz kalupov izločili ledene modele geometrijskih teles, jih s prijemalko postavili na podlogo in merili čas njihovega taljenja. Vse meritve so bile izvedene pri sobni temperaturi (24 °C).

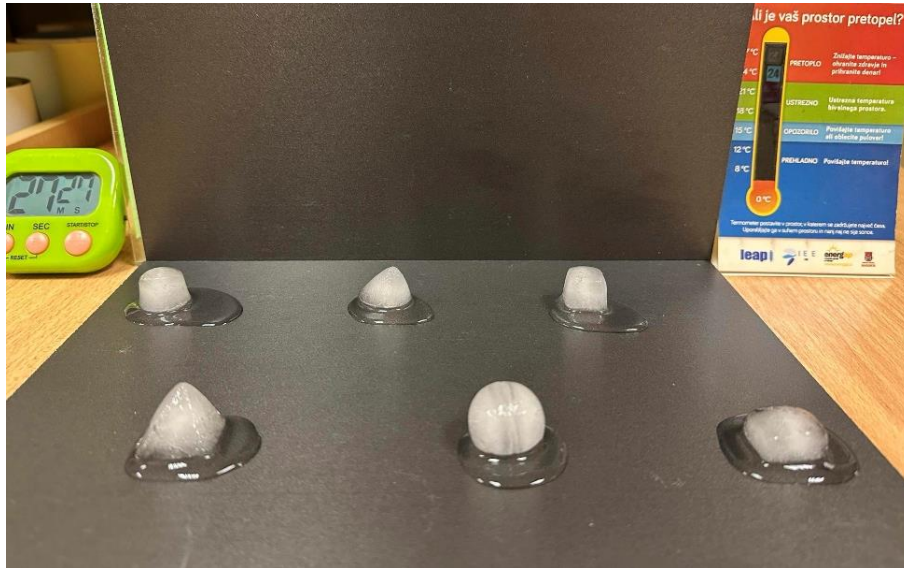


Slika 34: Ledeni model  
(lasten vir)

c) Izvedli smo 10 meritev in izračunali povprečje.



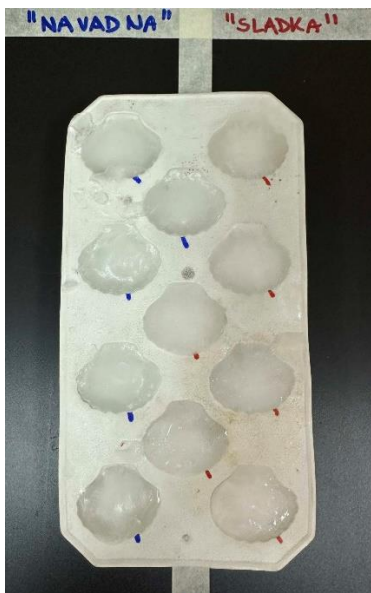
Slika 35: Izvajanje meritev  
(lasten vir)



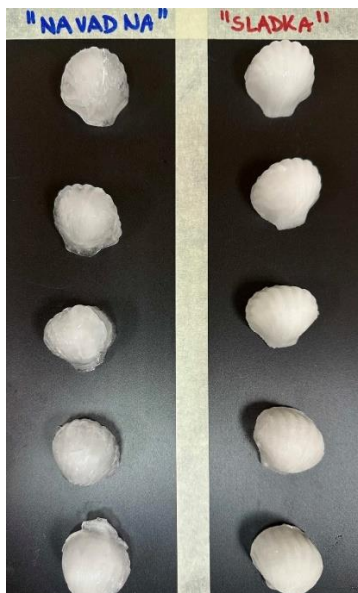
Slika 36: Spremljanje časa taljenja posameznega geometrijskega telesa

(lasten vir)

d) Nato smo pripravili vodovodno vodo in sladkano vodo. Nalili smo ju v kupljeni kalup (s tem smo zagotovili enako površino in prostornino) ter postavili v zamrzovalnik. Naslednji dan smo tudi te ledene modele s prijemalko postavili na podlogo in merili čas njihovega taljenja. Vse meritve so bile izvedene pri sobni temperaturi (24 °C).



Slika 37: Kalup  
(lasten vir)



Slika 38: Izvajanje meritev  
(lasten vir)



Slika 39: Taljenje modelov  
(lasten vir)

## 2.2.4 Rezultati opazovanja in analiza

a) Najprej smo merili taljenje različnih ledenih geometrijskih teles. Čas smo merili na minuto natančno. Rezultati so prikazani v obliki tabele. Izračunali smo povprečni čas taljenja, ki je zaokrožen na minuto natančno.

Tabela 1: Čas taljenja geometrijskih teles

Geom. telo	Čas 1 (min)	Čas 2 (min)	Čas 3 (min)	Čas 4 (min)	Čas 5 (min)	Čas 6 (min)	Čas 7 (min)	Čas 8 (min)	Čas 9 (min)	Čas 10 (min)	Povp. čas (min)
<b>kocka</b>	92	91	90	90	85	89	88	86	87	89	89
<b>piramida</b>	80	88	85	85	87	81	86	82	85	84	84
<b>stožec</b>	86	88	84	90	89	80	88	82	84	87	86
<b>kvader</b>	90	89	85	84	93	90	87	81	88	90	88
<b>valj</b>	98	90	90	88	96	86	90	87	91	92	91
<b>krogla</b>	94	91	102	95	96	95	101	92	95	97	96

Iz povprečnih časov taljenja ugotavljamo, da je ledena krogla najbolj obstojna geometrijska oblika, saj je njen povprečni čas taljenja znašal 96 minut. Najmanj obstojne so bile ledene piramide (84 minut).

Tabela 2: Natančnost meritev

Geometrijsko telo	Povprečni čas (min)	Natančnost meritev
<b>kocka</b>	89	$(89 \pm 2) \text{ min} = 89 (1 \pm 0,02) \text{ min}$
<b>piramida</b>	84	$(84 \pm 2) \text{ min} = 84 (1 \pm 0,02) \text{ min}$
<b>stožec</b>	86	$(86 \pm 3) \text{ min} = 86 (1 \pm 0,03) \text{ min}$
<b>kvader</b>	88	$(88 \pm 3) \text{ min} = 88 (1 \pm 0,03) \text{ min}$
<b>valj</b>	91	$(91 \pm 4) \text{ min} = 91 (1 \pm 0,04) \text{ min}$
<b>krogla</b>	96	$(96 \pm 4) \text{ min} = 96 (1 \pm 0,04) \text{ min}$

Natančnost naših meritev smo prikazali v tabeli 2. Ugotavljamo, da so meritve primerljive, saj je relativna napaka med 2 % in 4 % (izračuni se nahajajo v prilogi).

Glede na to, da imajo geometrijska ledena telesa enako prostornino, nas je zanimalo, kakšne so njihove površine. Izračuni pokažejo (slika 40), da se razlikujejo. Krogla ima najmanjšo površino ( $19,6 \text{ cm}^2$ ), največjo pa piramida ( $26,7 \text{ cm}^2$ ).

KOCKA	$P = 6 \cdot a^2$ $P = 6 \cdot (2 \text{ cm})^2 = 6 \cdot 4 \text{ cm}^2 = \underline{24 \text{ cm}^2}$	
KVADER	$P = 2 \cdot a \cdot b + 2 \cdot a \cdot c + 2 \cdot b \cdot c$ $P = 2 \cdot 2,5 \text{ cm} \cdot 1,6 \text{ cm} + 2 \cdot 2,5 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm} + 2 \cdot 1,6 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm}$ $P = 8 \text{ cm}^2 + 10 \text{ cm}^2 + 6,4 \text{ cm}^2 = \underline{24,4 \text{ cm}^2}$	
VALJ	$P = 2 \cdot O + pl$ $P = 2 \cdot 4 \text{ cm}^2 + 14,2 \text{ cm}^2$ $P = \underline{22,2 \text{ cm}^2}$	$O = \pi \cdot r^2$ $O = 3,14 \cdot (1,13 \text{ cm})^2 = 4 \text{ cm}^2$ $pl = 7,1 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm} = 14,2 \text{ cm}^2$
PIRAMIDA	$P = O + pl$ $P = 8 \text{ cm}^2 + 18,7 \text{ cm}^2$ $P = \underline{26,7 \text{ cm}^2}$	$O = a^2 = (2,83 \text{ cm})^2 = 8 \text{ cm}^2$ $pl = 4 \cdot \frac{a \cdot v_1}{2} = 2 \cdot a \cdot v_1$ $pl = 2 \cdot 2,83 \text{ cm} \cdot 3,3 \text{ cm} = 18,7 \text{ cm}^2$
STOŽEC	$P = O + pl$ $P = 8 \text{ cm}^2 + 17,1 \text{ cm}^2$ $P = \underline{25,1 \text{ cm}^2}$	$O = \pi \cdot r^2$ $O = 3,14 \cdot (1,6 \text{ cm})^2 = 8 \text{ cm}^2$ $pl = \pi \cdot r \cdot s = 3,14 \cdot 1,6 \text{ cm} \cdot 3,4 \text{ cm} = 17,1 \text{ cm}^2$
KROGLA	$P = 4 \cdot \pi \cdot r^2$ $P = 4 \cdot 3,14 \cdot (1,25 \text{ cm})^2 = \underline{19,6 \text{ cm}^2}$	

Slika 40: Izračuni površin geometrijskih teles  
(lasten vir)

Na podlagi izračunov površin ugotavljamo, da slednji sovpadajo s časi taljenja (krogla ima najmanjšo površino in najdaljši čas taljenja, piramida pa največjo površino in najkrajši čas taljenja).

Iz rezultatov meritev in izračunanih površin lahko sklepamo, da manjša kot je površina telesa, daljši je čas taljenja.

Glede na to, da je sprememba agregatnega stanja snovi povezana s toploto, ki jo telo prejme, smo jo tudi izračunali. Pri tem smo potrebovali podatek o masi telesa. Primerjali smo dejansko tehtana ledena telesa z izračunano vrednostjo.

Maso lahko izračunamo iz podatkov (prostornine in gostote), ki jih poznamo:

$$V = 8 \text{ cm}^3 = 0,000008 \text{ m}^3, \quad \rho_{\text{ledu}} = 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = V \cdot \rho_{\text{ledu}} = 0,000008 \text{ m}^3 \cdot 920 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 0,00736 \text{ kg} = 7,36 \text{ g}$$

Vsi ledeni modeli so imeli enako prostornino in gostoto (v vseh smo zamrznili navadno vodo iz vodovodnega omrežja), zato sklepamo, da imajo tudi enako maso. To smo tudi preverili, saj smo ledene modele tudi tehtali in ugotovili, da so naši izračuni zelo podobni izmerjenim (meritve so se od izračunov razlikovale za le eno decimalno mesto).



Slika 41: Tehtanje ledenih teles  
(lasten vir)

Toplota ( $Q$ ), ki je potrebna, da stalimo naša ledena telesa, je tako:

$$Q = m \cdot q_t \quad (\text{za led velja } q_t = 330 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

$$Q = 0,00736 \text{ kg} \cdot 330000 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$Q = 2428,8 \text{ J}$$

Kvocient toplote ( $Q$ ) in časovnega intervala ( $t$ ), v katerem toplota preide skozi določeno površino, je toplotni tok

$$P = \frac{Q}{t}.$$

Na podlagi naših meritev ga lahko izračunamo za vsako ledeno geometrijsko telo:

$$P_{kocka} = \frac{2428,8 J}{5340 s}$$

$$P_{kocka} = 0,45 \frac{J}{s} = 0,45 W$$

$$P_{piramida} = \frac{2428,8 J}{5040 s}$$

$$P_{piramida} = 0,48 \frac{J}{s} = 0,48 W$$

$$P_{stožec} = \frac{2428,8 J}{5160 s}$$

$$P_{stožec} = 0,47 \frac{J}{s} = 0,47 W$$

$$P_{kvader} = \frac{2428,8 J}{5280 s}$$

$$P_{kvader} = 0,46 \frac{J}{s} = 0,46 W$$

$$P_{valj} = \frac{2428,8 J}{5460 s}$$

$$P_{valj} = 0,44 \frac{J}{s} = 0,44 W$$

$$P_{krogla} = \frac{2428,8 J}{5760 s}$$

$$P_{krogla} = 0,42 \frac{J}{s} = 0,42 W$$

Ugotavljamo, da je toplotni tok skozi kroglo (0,42 W) najmanjši in skozi piramido (0,48 W) največji. To sovпада z ugotovitvijo, da manjša kot je površina telesa, daljši je čas taljenja. Ker je površina manjša, se pretoči tudi manjši toplotni tok.

b) Nato smo merili čas taljenja ledenih kock iz vodovodne vode in sladkane vode (sladkor zato, ker bi le takšne ledene kocke lahko dali v pijačo). Čas smo merili na minuto natančno. Rezultati so prikazani v obliki tabele. Izračunali smo povprečni čas taljenja, ki je zaokrožen na minuto natančno.

Tabela 3: Čas taljenja ledenih kock iz vodovodne in sladkane vode

	Čas 1 (min)	Čas 2 (min)	Čas 3 (min)	Čas 4 (min)	Čas 5 (min)	Čas 6 (min)	Čas 7 (min)	Čas 8 (min)	Čas 9 (min)	Čas 10 (min)	Povp. Čas (min)
<b>Kocka iz vodovodne vode</b>	127	128	132	130	134	131	126	130	135	128	130
<b>Kocka iz sladkane vode</b>	96	94	92	95	95	96	93	94	95	98	95

Tabela 4: Natančnost meritev

	Povprečni čas (min)	Natančnost meritev
<b>Kocka iz vodovodne vode</b>	130	$(130 \pm 2) \text{ min} = 130 (1 \pm 0,01) \text{ min}$
<b>Kocka iz sladkane vode</b>	95	$(95 \pm 1) \text{ min} = 95 (1 \pm 0,01) \text{ min}$

V tabeli 4 smo prikazali natančnost naših meritev, ki je 1 % v obeh primerih, kar je primerljivo z vsemi rezultati.

Glede na to, da imajo v tem eksperimentu ledena telesa enako prostornino in površino, pa se razlikujejo v snovni sestavi (ene so sestavljene iz vodovodne vode, druge pa iz raztopine vode in sladkorja). Iz rezultatov meritev ugotavljamo, da imajo ledena telesa, ki so sestavljena iz sladkane vode, krajši čas taljenja.

Predvidevamo, da sladkor v vodi deluje podobno kot sol. »Sol zniža tališče, zaradi tega pozimi (pred nastopom poledice) s soljo posipavajo ceste.« (Kladnik, 2007, str. 111)

Posledica tega je, da sladkor (oziroma sol) vpliva na šibkejšo strukturo molekul v ledu. Zaradi tega potrebujejo manj toplote za taljenje in hitreje spremenijo agregatno stanje.

### 3 RAZPRAVA

Postavljene hipoteze so interpretirane s pomočjo zbranih podatkov in ugotovitev.

- Hipoteza 1: **Najbolj obstojna oblika »ledene kocke« bo kocka.**

Predvidevali smo, da bo najbolj obstojna ledena oblika kocka, saj lahko v trgovinah najdemo največ kalupov v tej obliki. To hipotezo lahko **ovržemo**, saj smo iz povprečnih časov taljenja ugotovili, da je najdlje obstojno geometrijsko telo krogla. Njen povprečen čas taljenja je daljši od ostalih. Ugotovili smo, da na čas taljenja vpliva površina. Čim manjšo površino ima geometrijsko telo, tem dalj časa je obstojno.

- Hipoteza 2: **Snovna sestava »ledene kocke« bo vplivala na njeno obstojnost.**

To hipotezo lahko **potrdimo**, saj iz rezultatov meritev ugotavljamo, da imajo ledena telesa, ki so sestavljena iz sladkane vode, krajši čas taljenja. Eksperiment je pokazal, da kljub enaki prostornini in površini ledenih teles, različna snovna sestava vpliva na čas taljenja. Ledena telesa iz sladkane vode se talijo hitreje, kar je v skladu z našim predvidevanjem, da sladkor v vodi vpliva na strukturo molekul v ledu, podobno kot sol. Sladkor (ali sol) znižuje tališče, kar pomeni, da potrebujemo manj toplote za taljenje ledu.

### 4 DRUŽBENA ODGOVORNOST, TRAJNOST, NAPREDEK

Naše ugotovitve imajo uporabno vrednost, saj omogočajo izbiro ustrežnejših oblik in sestavin za ustvarjanje ledenih teles, ki bodo dalj časa ohranjale obliko, kar lahko koristi tako v vsakdanjem življenju kot v gostinskih obratih.

Raziskava potrjuje, da preproste geometrijske spremembe lahko pripomorejo k večji obstojnosti ledenih kock, kar je lahko koristno za zmanjšanje porabe ledu, vode in energije, hkrati pa omogoči boljše izkoriščanje ledu pri različnih praktičnih namerah.

## 5 ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi smo preučevali vpliv oblike in snovne sestave ledenih teles na čas taljenja, da bi ugotovili, katera oblika omogoča daljšo obstojnost ledu in posledično boljše ohlajanje pijač. Na prvi vtis se je poskus zdel enostaven, vendar se je pri izvedbi izkazal za izjemno zahtevnega. Ključni izzivi so bili izdelava geometrijskih teles z enako prostornino in izbira ustreznih kalupov, ki so omogočali natančno oblikovanje teh teles. Poleg tega smo se srečali tudi s težavo, da vsak material ni bil primeren za zamrzovalnik. Postopek smo večkrat ponovili in izdelali številne prototipe, da smo dosegli končni izdelek – ledena geometrijska telesa, ki so bila primerna za izvedbo naše raziskave.

Rezultati so pokazali, da oblika ledenih kock vpliva na čas taljenja, pri čemer je krogla pokazala najboljše rezultate, saj je imela najmanjšo površino glede na prostornino, kar je upočasnilo taljenje. Med geometrijskimi telesi so sledili valj, kocka, kvader, stožec in piramida, pri katerih je bil čas taljenja nekoliko krajši. Poleg tega smo ugotovili, da so ledene kocke iz navadne vode obstale dlje kot tiste, v katere smo dodali sladkor.

Zavedamo se, da na taljenje vpliva veliko dejavnikov (temperatura okolice, temperatura snovi ...), zato smo se pri raziskovanju osredotočili le na čas taljenja in snovno sestavo ledenih teles. Ledena telesa so imela enako prostornino, snovno sestavo in temperaturo. Vsa so bila hkrati na isti podlagi, iz kalupov smo jih vzeli s prijemalko.

Kljub na videz enostavnim poskusom smo se naučili veliko novega. Glede na naše ugotovitve pa bi lahko sklepali, da je najbolje uporabiti ledene krogle iz navadne vode, če želimo dlje časa ohlajeno pijačo.

## 6 VIRI IN LITERATURA

### 6.1 Pisni viri

1. Berk, J. [et.al]. (2019). *Skrivnosti števil in oblik 9*. Učbenik za matematiko v 9. razredu osnovne šole. Ljubljana. Založba Rokus Klett.
2. Kladnik, R. (2007). *Fizika za srednješolce. 2, Energija: toplota, zvok, svetloba* (1. izd.). Ljubljana. Založba DZS.
3. Leksikon kemije. (2001). *Zbirka mali leksikoni*. Ljubljana. Založba Mladinska knjiga.
4. Marošević, T. [et.al]. (2015). *Fizika+ 9: učbenik za fiziko v 9. razredu osnovne šole* (1. izd.). Ljubljana. Založba Rokus Klett.
5. Žigon, S. (2021). *Fizika 8: učbenik za fiziko v osmem razredu osnovne šole*. Založba Mladinska knjiga. Ljubljana.
6. Žigon, S. (2022). *Fizika 9: učbenik za fiziko v devetem razredu osnovne šole*. Založba Mladinska knjiga. Ljubljana.

### 6.2 Spletni viri

1. *Geometrijska telesa*. Dostopno na: [https://si.openprof.com/wb/geometrijska\\_tesela?ch=2417](https://si.openprof.com/wb/geometrijska_tesela?ch=2417) (pridobljeno 5.1.2025)
2. *Kocka*. Dostopno na: [https://si.openprof.com/wb/kocka\\_za\\_osnovno\\_%C5%A1olo?ch=2234](https://si.openprof.com/wb/kocka_za_osnovno_%C5%A1olo?ch=2234) (pridobljeno 5.1.2025)
3. *Kvader*. Dostopno na: [Kvader - Wikipedija, prosta enciklopedija](#) (pridobljeno 17.1.2025)
4. *Valj*. Dostopno na: [Valj :: OpenProf.com](#) (pridobljeno 17.1.2025)
5. *Piramida*. Dostopno na: [Piramida :: OpenProf.com](#) (pridobljeno 17.1.2025)
6. *Stožec*. Dostopno na: [Stožec :: OpenProf.com](#) (pridobljeno 17.1.2025)
7. *Krogla*. Dostopno na: [Krogla :: OpenProf.com](#) (pridobljeno 17.1.2025)
8. *Led*. Dostopno na: <https://eucbeniki.sio.si/kemija8/931/index1.html> (pridobljeno 17.1.2025)
9. *Mariborski vodovod*. Dostopno na: <https://www.mb-vodovod.si/oskrba-z-vodo/o-pitni-vodi/kaj-je-voda/> (pridobljeno 17.1.2025)
10. *Voda*. Dostopno na: <https://sdzv-drustvo.si/novice/o-vodi/> (pridobljeno 18.1.2025)
11. *Anomalija vode*. Dostopno na: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Anomalija\\_vode](https://hr.wikipedia.org/wiki/Anomalija_vode) (pridobljeno 17.1.2025)
12. *Uporaba v industriji*. Dostopno na: <https://si.linyaicemaker.com/info/choose-an-ice-machine-according-to-the-classif-81646077.html> (pridobljeno 17.1.2025)
13. Na zastavljeno vprašanje »Za kaj vse je led uporaben v vsakdanjem življenju?« je orodje Microsoft Copilot generiralo sledeče odgovore:
  - Hlajenje poškodb: »Led je uporaben prav tako za zmanjšanje oteklin in bolečin pri manjših poškodbah, kot so zvini ali udarnine.«
  - Lepotna nega: »Koristen je lahko tudi pri lepotni negi (zmanjšanje zabuhlosti).«

- Čiščenje: »Kar se pa tišče čiščenja ga lahko uporabimo za čiščenje težko dostopnih mest, na primer v mlinčkih za odpadke v kuhinji.« (Microsoft Copilot, 17.1.2025)

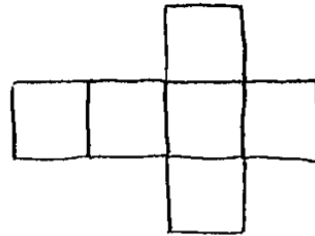
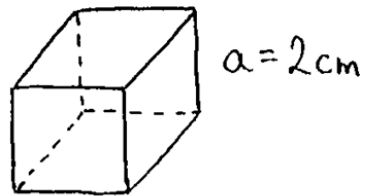
## 6.3 Slikovni viri

1. Kocka. Dostopno na: [https://si.openprof.com/wb/kocka\\_za\\_osnovno\\_%C5%A1olo?ch=2234](https://si.openprof.com/wb/kocka_za_osnovno_%C5%A1olo?ch=2234)  
(pridobljeno: 17.1.2025)
2. Kvader. Dostopno na: [https://si.openprof.com/ge/images/105/kvader1\\_oglisca\\_robotovi1.jpg](https://si.openprof.com/ge/images/105/kvader1_oglisca_robotovi1.jpg)  
(pridobljeno: 17.1.2025)
3. Valj. Dostopno na: [https://si.openprof.com/ge/images/105/znacilni\\_elementi\\_valja\\_elementi\\_3.png](https://si.openprof.com/ge/images/105/znacilni_elementi_valja_elementi_3.png)  
(pridobljeno: 17.1.2025)
4. Piramida. Dostopno na:  
[https://si.openprof.com/ge/images/105/znacilni\\_elementi\\_piramide\\_elementi\\_oglisca\\_popravljeno.png](https://si.openprof.com/ge/images/105/znacilni_elementi_piramide_elementi_oglisca_popravljeno.png)  
(pridobljeno: 17.1.2025)
5. Stožec. Dostopno na:  
[https://si.openprof.com/ge/images/105/znacilni\\_elementi\\_stozca\\_elementi\\_complete.png](https://si.openprof.com/ge/images/105/znacilni_elementi_stozca_elementi_complete.png) (pridobljeno 17.1.2025)
6. Krogla. Dostopno na:  
[https://si.openprof.com/ge/images/105/znacilni\\_elementi\\_krogle\\_elementi\\_krogelni\\_odsekv.png](https://si.openprof.com/ge/images/105/znacilni_elementi_krogle_elementi_krogelni_odsekv.png)  
(pridobljeno 17.1.2025)
7. Kristalna struktura ledu. Dostopno na: <https://kvarkadabra.net/2001/02/naj-snezi/> (pridobljeno 19.1.2025)
8. Kocke za večkratno uporabo. Dostopno na: <https://1001dar.si/set-30-kock-za-hlajenje-pijace.html>  
(pridobljeno 18.1.2025)
9. Kalup iz silikona. Dostopno na: <https://www.makaboshop.si/silikonski-model-sf104> (pridobljeno 18.1.2025)
10. Plastični kalup. Dostopno na: <https://www.mimovrste.com/oprema-za-bar/webhiddenbrand-kalup-za-led-122269-orion-100100736088> (pridobljeno 18.1.2025)

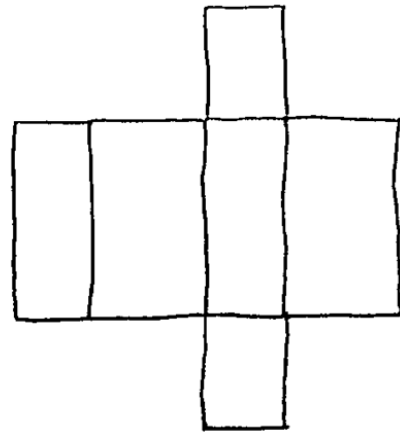
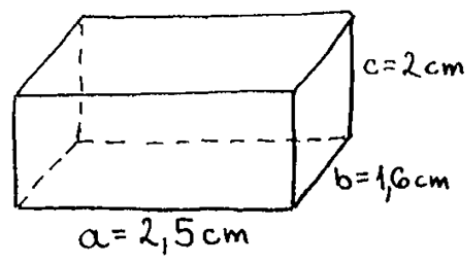
## 7 PRILOGE

### 7.1 Načrtovanje modelov

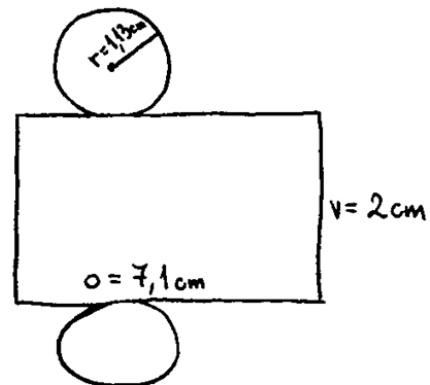
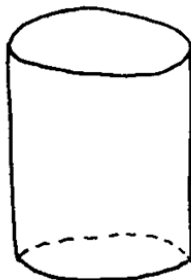
KOCKA



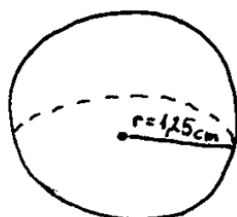
KVADER



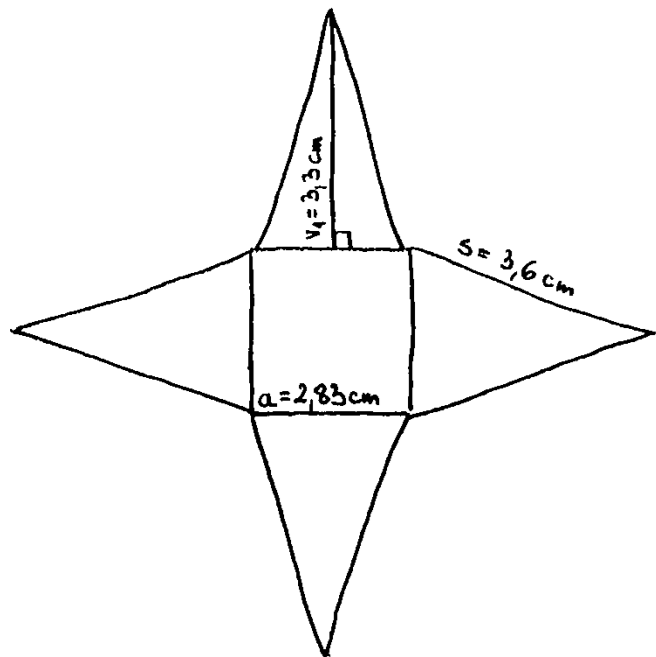
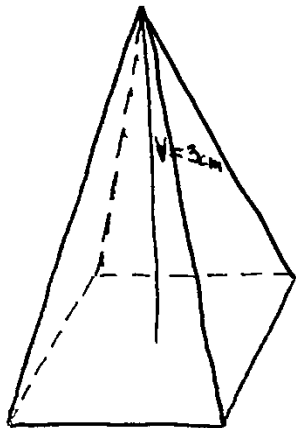
VALJ



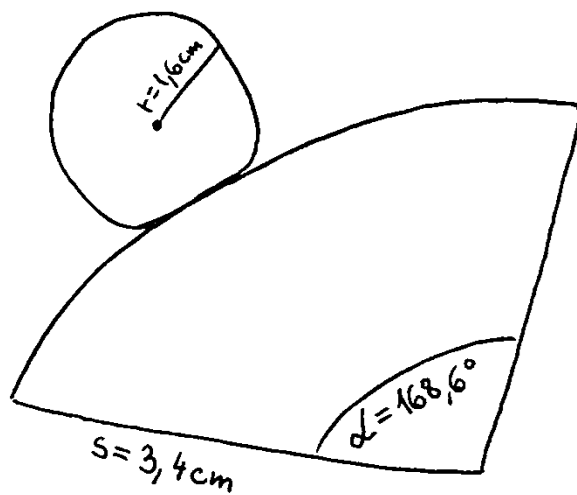
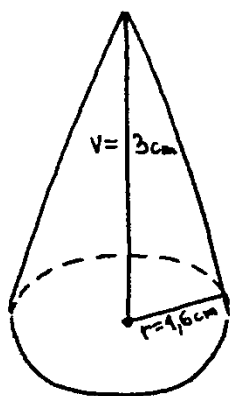
KROGLA



# PIRAMIDA



# STOŽEC



VALJ |  $V = 8 \text{ cm}^3$

$$V = \pi r^2 \cdot N$$

$$N = 2 \text{ cm}$$

$$r = \sqrt{\frac{V}{\pi N}} = \sqrt{\frac{8 \text{ cm}^3}{3,14 \cdot 2 \text{ cm}}} = \underline{1,13 \text{ cm}}$$

$$\sigma = 2\pi r = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,13 \text{ cm}$$

$$\sigma = \underline{7,1 \text{ cm}}$$

KROGLA |  $V = 8 \text{ cm}^3$

$$V = \frac{4\pi r^3}{3}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{4 \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 8 \text{ cm}^3}{4 \cdot 3,14}}$$

$$r = \underline{1,25 \text{ cm}}$$

PIRAMIDA |  $V = 8 \text{ cm}^3$

$$N = 3 \text{ cm}$$

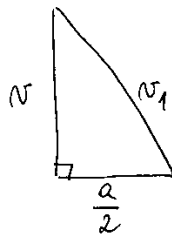
$$V = \frac{O \cdot N}{3}$$

$$O = a^2$$

$$V = \frac{a^2 \cdot N}{3}$$

$$a = \sqrt{\frac{3 \cdot V}{N}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8 \text{ cm}^3}{3 \text{ cm}}}$$

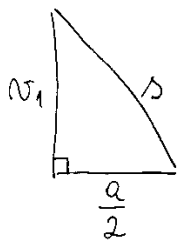
$$a = \underline{2,83 \text{ cm}}$$



$$N_1 = \sqrt{N^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2}$$

$$N_1 = \sqrt{(3 \text{ cm})^2 + \left(\frac{2,83 \text{ cm}}{2}\right)^2}$$

$$N_1 = \underline{3,3 \text{ cm}}$$



$$S = \sqrt{N_1^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2}$$

$$S = \sqrt{(3,3 \text{ cm})^2 + \left(\frac{2,83 \text{ cm}}{2}\right)^2}$$

$$S = \underline{3,6 \text{ cm}}$$

STOŽEC

$$V = 8 \text{ cm}^3$$

$$r = 3 \text{ cm}$$

$$V = \frac{O \cdot r}{3}$$

$$O = \pi r^2$$

$$V = \frac{\pi r^2 r}{3}$$

$$r = \sqrt{\frac{3V}{\pi \cdot r}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8 \text{ cm}^3}{3,14 \cdot 3 \text{ cm}}}$$

$$r = 1,6 \text{ cm}$$

$$l = \sigma = 2\pi r$$

$$l = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,6 \text{ cm}$$

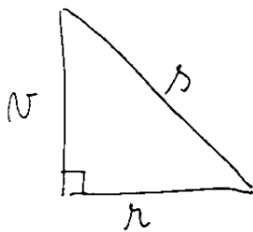
$$l = 10 \text{ cm}$$

$$l = \frac{\pi \cdot s \cdot \alpha}{180^\circ}$$

$$\alpha = \frac{180^\circ \cdot l}{\pi \cdot s}$$

$$\alpha = \frac{180^\circ \cdot 10 \text{ cm}}{3,14 \cdot 3,4 \text{ cm}}$$

$$\alpha = 168,6^\circ$$



$$s = \sqrt{r^2 + r^2}$$

$$s = \sqrt{(3 \text{ cm})^2 + (1,6 \text{ cm})^2}$$

$$s = 3,4 \text{ cm}$$

## 7.2 Izračun merskih napak

KOCKA	$ \bar{x} - x_n $ [min]	2/3 meritev
92	$ 89 - 92  = 3$	/
91	2	
90	1	
90	1	
85	4	/
89	0	
88	1	
86	3	/
87	2	
89	0	

Absolutna napaka:  $\Delta x = 2 \text{ min}$

Relativna napaka:  $\delta_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} = \frac{2}{89} = 0,02$

Kocka:  $(89 \pm 2) \text{ min} = 89 (1 \pm 0,02) \text{ min}$

PIRAMIDA	$ \bar{x} - x_n $ [min]	2/3 meritev
80	$ 84 - 80  = 4$	/
88	4	/
85	1	
85	1	
87	3	/
81	3	/
86	2	
82	2	
85	1	
84	0	

Absolutna napaka:  $\Delta x = 2 \text{ min}$

Relativna napaka:  $\delta_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} = \frac{2}{84} = 0,02$

Piramida:  $(84 \pm 2) \text{ min} = 84 (1 \pm 0,02) \text{ min}$

STOŽEC	$ \bar{x} - x_n $ [min]	2/3 meritev
86	$ 86 - 86  = 0$	
88	2	
84	2	
90	4	/
89	3	
80	6	/
88	2	
82	4	/
84	2	
87	1	

Absolutna napaka :  $\Delta x = 3 \text{ min}$

Relativna napaka:  $\delta_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} = \frac{3}{86} = 0,03$

Stožec:  $(86 \pm 3) \text{ min} = 86 (1 \pm 0,03) \text{ min}$

KVADER	$ \bar{x} - x_n $ [min]	2/3 meritev
90	$ 88 - 90  = 2$	
89	1	
85	3	
84	4	/
93	5	/
90	2	
87	1	
81	7	/
88	0	
90	2	

Absolutna napaka:  $\Delta x = 3 \text{ min}$

Relativna napaka:  $\delta_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} = \frac{3}{88} = 0,03$

Kvader:  $(88 \pm 3) \text{ min} = 88 (1 \pm 0,03) \text{ min}$

VALJ	$ \bar{x} - x_n $ [min]	2/3 meritev
98	$ 91 - 98  = 7$	/
90	1	
90	1	
88	3	
96	5	/
86	5	/
90	1	
87	4	
91	0	
92	1	

Absolutna napaka:  $\Delta x = 4 \text{ min}$

Relativna napaka:  $\delta_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} = \frac{4}{91} = 0,04$

Valj:  $(91 \pm 4) \text{ min} = 91 (1 \pm 0,04) \text{ min}$

KROGLA	$ \bar{x} - x_n $ [min]	2/3 meritev
94	$ 96 - 94  = 2$	
91	5	/
102	6	/
95	1	
96	0	
95	1	
101	5	/
92	4	
95	1	
97	1	

Absolutna napaka:  $\Delta x = 4 \text{ min}$

Relativna napaka:  $\delta_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} = \frac{4}{96} = 0,04$

Krogla:  $(96 \pm 4) \text{ min} = 96 (1 \pm 0,04) \text{ min}$

SLADKANA VODA	$ \bar{x} - x_n $ [min]	2/3 meritev
96	$ 95 - 96  = 1$	
94	1	
92	3	/
95	0	
95	0	
96	1	
93	2	/
94	1	
95	0	
98	3	/

Absolutna napaka:  $\Delta x = 1 \text{ min}$

Relativna napaka:  $\delta_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} = \frac{1}{95} = 0,01$

Sladkana voda:  $(95 \pm 1) \text{ min} = 95 (1 \pm 0,01) \text{ min}$

VODOVOD. VODA	$ \bar{x} - x_n $ [min]	2/3 meritev
127	$ 130 - 127  = 3$	
128	2	
132	2	
130	0	
134	4	/
131	1	
126	4	/
130	0	
135	5	/
128	2	

Absolutna napaka:  $\Delta x = 2 \text{ min}$

Relativna napaka:  $\delta_x = \frac{\Delta x}{\bar{x}} = \frac{2}{130} = 0,01$

Vodovodna voda  $(130 \pm 2) \text{ min} = 130 (1 \pm 0,01) \text{ min}$