

**OSNOVNA ŠOLA LJUBEČNA**

# **HITROST RASTI KRISTALČKOV V SILIKATNEM VRTU**

**Avtor:**

DOMEN GOSTE, 5. razred

**Mentorici:**

Nataša Sedej, prof.  
razrednega pouka  
Marjeta Gradišnik Mirt,  
predmetna učiteljica

**MESTNA OBČINA CELJE, MLADI ZA CELJE**

**CELJE, 2009**

## **ZAHVALA**

Da sem to raziskovalno nalogo speljal do konca, sem potreboval strokovno in moralno pomoč. Posebej se moram zahvaliti svojim mentoricama, ge. Marjeti Gradišnik Mirt in ge. Nataši Sedej za strokovno pomoč in moralno podporo ter nastalo obliko in podobo moje raziskovalne naloge, s katero sem zelo zadovoljen.

Zahvaljujem se tudi ge. Petri Merc za lektoriranje naloge.

## KAZALO

<b>1 UVOD</b> .....	5
<b>1.1 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA</b> .....	5
<b>1.2 HIPOTEZE</b> .....	5
<b>1.3 METODE DELA</b> .....	5
<b>2 TEORETIČNE OSNOVE</b> .....	7
<b>2.1 KAJ JE VODNO STEKLO</b> .....	7
<b>2.2 KRISTALI KOVINSKIH SOLI</b> .....	8
<b>2.3 RAST KRISTALOV V VODNEM STEKLU</b> .....	9
<b>3 POROČANJE O EKSPERIMENTALNEM DELU</b> .....	10
<b>3.1 IZBOR KRISTALOV ZA PRAKTIČNO DELO</b> .....	10
<b>3.2 DOLOČITEV KONSTANT</b> .....	12
<b>3.3 PRIPRAVA DELOVNEGA LISTA ZA VNAŠANJE PODATKOV</b>	
<b>3.4 POSTOPEK DELA</b> .....	13
<b>3.5 PRIPRAVA VODNEGA STEKLA</b> .....	14
<b>3.6 REZULTATI MERITEV</b> .....	15
<b>3.7 RAZPOREDITEV KRISTALOV GLEDE NA HITROST RASTI V VODNEM</b>	
<b>STEKLU</b> .....	17
<b>3.8 USTREZNOST HIPOTEZ</b> .....	19
<b>4 ZAKLJUČEK</b> .....	22
<b>5 LITERATURA</b> .....	23

## SEZNAM SLIK, TABEL IN GRAFOV

Slika 1: V raziskovalni nalogi je prevladovalo eksperimentalno delo. ....	6
Slika 2: Kristali kobaltovega (II) klorida .....	11
Slika 3: Kristali bakrovega (II) sulfata pentahidrata. ....	11
Slika 4: Nikljev (II) sulfat heptahidrat .....	11
Slika 5: Rast kobaltovega (II) klorida v vodnem steklu .....	14
Slika 6: Priprava raztopine vodnega stekla .....	14
Slika 7: Rast kristalčkov kobaltovega klorida v vodnem steklu .....	16
Slika 8: Rast kristalov železovega (II) klorida v vodnem steklu .....	18
Slika 9: Rast kristalčkov nikljevega (II) sulfata v vodnem steklu .....	18
Slika 10: Kristali, ki so v vodnem steklu počasneje rasli. ....	19
Slika 11: Primerjava belih in obarvanih soli v vodnem steklu .....	20
Slika 12: Silikatni vrt .....	21
Slika 13: Pogled na silikatni vrt z vrha .....	21

Tabela 1: Primerjava hitrosti rasti kobaltovih (II) kloridov v vodnem steklu .....

Tabela 2: Povprečna hitrost rasti različnih kristalčkov v minutah .....

Graf 1: Primerjava hitrosti rasti kristalčkov kobaltovega (II) klorida v vodnem steklu .....

Graf 2: Povprečna hitrost rasti kristalov v vodnem steklu (v minutah) .....

## **POVZETEK**

»To kar vemo, je kapljica, to česar ne vemo, je morje« je bila vodilna misel, ki me je spremljala pri raziskovalnem delu. Raziskoval sem hitrost rasti kristalov v vodnem steklu. Ioni nekaterih kovin v vodnem steklu tvorijo netopne silikate, ki se pred našimi očmi razvijajo v stebelaste tvorbe in se na površini rahlo razlijejo. Po tem je poskus dobil ime silikatni vrt. Moj namen je bil primerjati hitrost rasti velikih in malih kristalčkov pa tudi rast kristalohidratov in anhidridov. Domneval sem, da se različne vrste kristalov razlikujejo glede hitrosti rasti, da so kristalohidrati hitrejši kot anhidridi in da so večji kristalčki hitrejši od manjših v vodnem steklu. Menil sem, da bele soli niso primerne za poskus in da ne rastejo v vodnem steklu. Rezultati so pokazali, da je rast različnih vrst kristalov res različna. Najhitrejši so bili kristali kobaltovega (II) klorida, najpočasnejši pa kristali modre galice. Ugotovil sem, da nekateri beli kristalčki soli odlično rastejo v vodnem steklu. Nisem pa mogel potrditi, da so kristalohidrati hitrejši kot anhidridi soli. Pokazalo se je, da velikost kristala ne vpliva toliko na rast kristalov, čeprav so bili nekateri drobni kristali zelo hitri. Pomen svoje raziskovalne naloge vidim v tem, da bomo v bodoče lažje zbirali različne vrste kristalov iz šolske omare za kemikalije, ko bomo izvajali poskus silikatni vrt, saj bomo vedeli, kateri v vodnem steklu najhitreje rastejo.

# 1 UVOD

Kemija je veda, ki me zanima že nekaj časa. Najbolj me na tem področju pritegnejo eksperimenti in razlage pojavov ob poskusih. Redno spremljam različne kemijsko obarvane strani na internetu. Rad prebiram različne strokovne knjige, ki razlagajo kemijske pojave. Nekatere poskuse s spletnih strani, ki niso nevarni, izvajam tudi v svojem domačem laboratoriju. Pri mojem delu me budno spremljajo starši.

Na spletnih straneh sem se prvič seznanil s poskusom silikatni vrt. Zelo se mi je zdelo zanimivo, da kristali v določeni raztopini rastejo tako hitro. Kakor vemo, je za rast kristalov v naravi potrebno zelo veliko časa. Na primer, da kapnik v kraški jami zraste za 4 mm, je potrebna časovna doba 10 let. Takšna hitra rast poteka le v najugodnejših razmerah.

Zaradi zanimivosti pojava sem se odločil, da rast kristalov v vodnem steklu raziščem bolj podrobno.

## 1.1 RAZISKOVALNA VPRAŠANJA

Pri raziskovalnem delu sem postavil v ospredje naslednja raziskovalna vprašanja:

- spoznati sestavo in lastnosti vodnega stekla,
- primerjati hitrost rasti različnih kristalov v raztopini vode in vodnega stekla,
- spoznati vzroke za »rast« kristalov v vodnem steklu in
- sklepati na topnost nastalih kristalov.

## 1.2 HIPOTEZE

Iz raziskovalnih vprašanj sem oblikoval štiri hipoteze:

- hitrost rasti različnih kristalov je v zmesi vode in vodnega stekla različna;
- za poskus so obarvane soli primernejše kot bele, saj njihovi kristali rastejo hitreje in so lepši kot beli;
- večji kristali so primernejši kot uprašene soli;
- kristali kristalohidratov »rastejo« hitreje kot njihove brezvodne soli (anhidridi).

## 1.3 METODE DELA

Da bi našel odgovore na zastavljena vprašanja in potrdil ali ovrgel hipoteze, sem izbral naslednje metode dela, ki so si sledile v sledečem vrstnem redu:

- preučevanje strokovne literature,
- pregled ponudbe na spletnih straneh,
- eksperimentalno delo,

- analiza rezultatov,
- dokumentiranje (fotografiranje) rezultatov poskusov in
- pisno poročanje.

Slika 1: V raziskovalni nalogi je prevladovalo eksperimentalno delo.



## 2 TEORETIČNE OSNOVE

Vsakdanje brskanje po spletnih straneh in prebiranje strokovnih knjig, ki so povezane s kemijo, me že kar nekaj časa zelo veseli. Zato sem z veseljem poiskal teoretične osnove, ki jih je potrebno poznati, da lahko izvedem opisani raziskovalni projekt.

### 2.1 KAJ JE VODNO STEKLO

Vodno steklo je nasičena raztopina natrijevih silikatov ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , splošno  $\text{SiO}_2 \cdot \text{NaOH}$ ) v vodi. Nastane z obdelavo silicijevega dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) s sodo (natrijev karbonat). Obstaja tudi kalijevo vodno steklo, ki ga pridobivajo na isti način, samo da uporabljajo namesto sode pepeliko ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ).

V raztopini vodnega stekla je še veliko ostalih vrst natrijevih silikatov, ne samo osnovni silikat ( $\text{SiO}_3^{2-}$ ).

#### UPORABA

Uporablja se kot lepilo za keramiko in nekatere materiale, kot polnilo v keramični industriji in za utrjevanje lesa in papirja proti ognju.

V kemijskih laboratorijih se vodno steklo uporablja predvsem kot vir silikatnih ionov, kot v primeru našega poskusa.

#### ZNAČILNOSTI

Ko se posuši, pusti vodno steklo na različnih površinah belo plast, ki se rada nabere tudi na steklovini, kar povzroča veliko težav.

To je motna, gosta tekočina, ki se rada meša z vodo. Pri merjenju volumna sem opazil, da nima meniskusa. Ob mešanju z vodo nastala vodna raztopina dobi meniskus.

#### VARNOST

Vodno steklo je označeno z oznako »jedko« (C), kar pomeni, da moramo biti pri delu z njim zelo previdni, da ne pride v stik z živim tkivom. Seveda moramo nositi haljo, rokavice in, če je možno, tudi zaščito za obraz.

## 2.2 KRISTALI KOVINSKIH SOLI

Za naš poskus z rastjo kristalov v vodnem steklu smo potrebovali tudi veliko kristalov različnih kovin. Tukaj so opisani kristali, ki smo jih uporabili:

### KOBALTOV (II) KLORID

To je rožnato rdeča ali modra (anhidrid) v vodi dobro topna snov, s formulo  $\text{CoCl}_2$ , ki z vodo tvori roza raztopino. Vsebuje kobaltove  $2+$  ione ( $\text{Co}^{2+}$ ), ki so najpogostejše kobaltovo oksidacijsko stanje. Najpogosteje naletimo na kobaltov klorid heksahidrat ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), obstaja pa tudi kobaltov klorid anhidrid, ki nima nase vezane vode in je modre barve. Na vlažnem zraku veže vodo in se počasi pretvarja v rožnat heksahidrat. Pri poskusih sem uporabil obe vrsti kobaltovega klorida.

Kobaltov (II) klorid je izjemno nevarna, domnevno kancerogena in okolju nevarna snov, označena z oznakami »strupeno« (T) in »okolju nevarno« (N).

### ŽELEZOV (III) KLORID

Železov (III) klorid je črno zelena snov, ki je dobro topna v vodi. Njena formula je  $\text{FeCl}_3$ . Kot je iz formule razvidno, vsebuje železove  $3+$  ione ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Pri poizkusu sem imel na voljo železov (III) klorid anhidrid, obstaja pa tudi rumeno rjav železov (III) klorid heksahidrat ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Vodno raztopino železov (III) klorid obarva rjavo.

Tudi železov (III) klorid je nevaren, saj je označen s »korozivno« ali »jedko« (C), kot močne kisline in baze.

### NIKLJEV (II) SULFAT IN NIKLJEV (II) KLORID

Nikljev (II) klorid je svetlo zelena, v vodi dobro topna sol s formulo  $\text{NiCl}_2$ . V svojem poizkusu sem uporabil kristalohidrat nikljevega klorida ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).

Nikljev (II)sulfat pa je modra, v vodi odlično topna sol s formulo  $\text{NiSO}_4$ . V vodi tvori zeleno raztopino.

Nikljeve (II) soli so domnevno kancerogene. Nikljev (II) klorid je označen celo s »strupeno« (T), medtem, ko je nikljev (II) sulfat označen z »zdravju škodljivo« (Xn). Obe soli sta okolju škodljivi.

### BAKROV (II) SULFAT

Bakrov (II) sulfat je sol s formulo  $\text{CuSO}_4$ . Bakrov sulfat pentahidrat je modre barve, anhidrid pa bele. V vodi tvori modro raztopino. Ob kristalizaciji nastajajo lepi modri kristali. Včasih so ga uporabljali kot sredstvo proti škodljivcem predvsem v vinogradništvu.

Po učinku na zdravje bakrov (II) sulfat uvrščamo med »zdravju škodljive« snovi. Bakrove soli namreč povzročajo zastrupitve jeter.



## KALCIJEV KLORID

Kalcijev klorid je bela, v vodi dobro topna snov s formulo  $\text{CaCl}_2$ . Kalcijev klorid tvori dve vrsti kristalohidratov – dihidrat ( $\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) in heksahidrat ( $\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ). Seveda obstaja tudi anhidrid. Kalcijev klorid se uporablja tudi v živilski industriji.

Kalcijev klorid ni tako nevaren kot večina soli v našem poizkusu, vendar je še vedno označen z dražljivo, zato moramo biti pri uporabi previdni.

## ŽELEZOV (II) SULFAT

Železov (II) sulfat je zelena, v vodi dobro topna sol. Je spojina železovih 2+ ionov, zato na zraku ali ob segrevanju zlahka oksidira, kar se pozna na barvi te soli, ki se včasih na določenih mestih obarva rjavo. Uporablja se kot vir železa v vrtnarski industriji pod imenom »zelena galica«.

Zelena galica podobno kot modra galica (bakrov (II) sulfat) povzroča zastrupitve jeter. Označena je z »Xn«, kar pomeni »zdravju škodljivo«.

## ALUMINIJEV (III) SULFAT

Aluminijev (III) sulfat je v vodi odlično topna snov bele barve, ki se tudi v naravi pojavlja kot mineral. Ko ga raztapljamo v večjih količinah rahlo alkalne ali nevtralne vode, tvori oborino aluminijevega hidroksida ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ).

Aluminijev sulfat je označen z »zdravju škodljivo« (Xn).

Pri opisu kemikalij lahko ugotovimo, da so v večini zelo škodljive in strupene. Ob koncu poizkusov sem imel veliko težav s produkti reakcij. Kam z odpadki, ki so strupeni in okolju nevarni? Spoznal sem, da imamo v kemijskem laboratoriju posebne posode za ločeno zbiranje nevarnih kemikalij. Raztopine, ki so nastale, sem odlil v posodo za zbiranje soli težkih kovin. Vse onesnažene epruvete s trdnim preostankom soli težkih kovin sem zbral v posebno vrečko. Oddali jo bomo v okviru krajevne akcije zbiranja nevarnih kemikalij.

## 2.3 RAST KRISTALOV V VODNEM STEKLU

V poskusu silikatni vrt gre za preverjanje topnosti silikata določene kovine. Bolj ko je silikat topen, počasneje bodo kristali rasli v raztopini.

Ko vržemo v raztopino vodnega stekla kristalček soli, se na kristalčku oblikuje membrana, sestavljena iz silikatov te kovine. Skozi to membrano vdira samo voda, silikatni ioni pa ostanejo na površju. Ko se silikatna membrana napolni z vodo, počni in v vodno raztopino soli vdrejo silikatni ioni in tvorijo nove plasti kovinskih silikatov. Ta proces se ponavlja, dokler ni porabljena skoraj vsa sol.

### 3 POROČANJE O EKSPERIMENTALNEM DELU

Praktično delo je potekalo v mesecu decembru v popoldanskem času. Priprava soli in potrebnega kemijskega pribora ter varna izvedba poskusa zahtevata svoj čas. Večina soli je zdravju škodljivih ali celo strupenih, zato je bilo potrebno poskrbeti za varnost. Pri delu sem bil zaščiten z zaščitno obleko, zaščitnimi očali in zaščitnimi rokavicami.

Poskus, imenovan silikatni vrt, je lep estetski eksperiment, ki večino učencev navduši s svojo lepoto. Nek kristalček, ki ga vržemo v vodno steklo, pred našimi očmi raste vse do vodne gladine, kjer oblikuje prelep cvet. Prav zaradi tega me je zelo zanimalo kemijsko ozadje takšnega pojava. Razlago sem poiskal na spletnih straneh in v strokovni literaturi.

#### 3.1 IZBOR KRISTALOV ZA PRAKTIČNO DELO

Iz literature sem ugotovil, da so silikati alkalijskih kovin dobro topni v vodnem steklu, zato ne rastejo. Uspešno se razvijejo kristali nekaterih soli prehodnih elementov, izjemoma pa tudi soli II. in III. skupine periodnega sistema. Kristale soli sem izbiral glede na njihovo dostopnost. Večinoma smo jih imeli v šolskem laboratoriju, nekatere pa sem dobil v Cinkarni Celje. Po resnem premisleku sem izbral kristale naslednjih soli:

- kobaltov (II) klorid heksahidrat,
- kobaltov (II) klorid anhidrid,
- bakrov (II) sulfat pentahidrat,
- železov (II) sulfat heptahidrat,
- nikljev (II) sulfat heptahidrat,
- nikljev (II) klorid heksahidrat,
- aluminijev sulfat  $Al_2(SO_4)_3 \cdot xH_2O$ ,
- železov (III) klorid anhidrid,
- kalcijev klorid,
- cinkov (II) sulfat heptahidrat.

Med izbranimi solmi sem v nekaterih primerih uporabil različne velikosti kristalov in opazoval, ali bodo pri rasti kristala kakšne razlike.

Slika 2: Kristali kobaltovega (II) klorida



Slika 3: Kristali bakrovega (II) sulfata pentahidrata



Slika 4: Nikljev (II) sulfat heptahidrat



### 3.2 DOLOČITEV KONSTANT

Cilj mojega raziskovalnega dela je bil ugotoviti hitrost rasti posameznih vrst kristalčkov v vodnem steklu. Določil sem konstante in spremenljivke, s katerimi sem lažje primerjal rezultate na koncu eksperimenta.

Spremenljivke so bile tri:

- različne vrste soli,
- ahidrid in kristalohidrat,
- velikost kristalov.

Konstante so bile naslednje:

- delo je potekalo v epruvetah z dolžino 160 mm in premerom 16 mm;
- v epruveto sem nalil vodno steklo do višine 40 mm;
- vodno steklo sem razredčil z vodo v razmerju 1:1;
- vedno sem dodal enako količino soli, to je četrtno male žličke.

Poskus sem z vsako snovjo ponovil trikrat. Rezultate meritev sem vnašal v pripravljeno tabelo. Hitrost rasti kristalov sem meril s štoparico. Meril sem čas, ki ga je kristalček porabil za rast od dna do gladine.

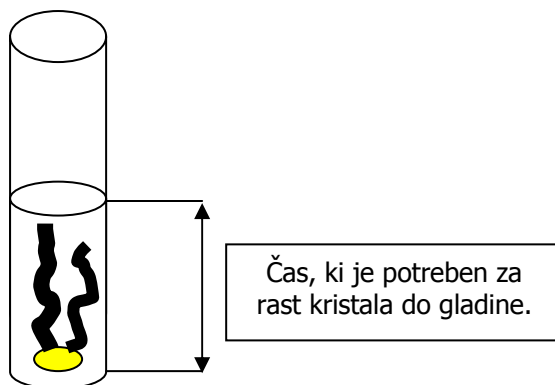
### 3.3 PRIPRAVA DELOVNEGA LISTA ZA VNAŠANJE PODATKOV

Za beleženje rezultatov meritev sem pripravil delovni list, ki je imel sledečo obliko:

#### SILIKATNI VRT – RAZISKOVALNA NALOGA

Datum: \_\_\_\_\_

Shema poskusa:



Reagenti:

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

Količina kristalov: \_\_\_\_\_

## Količina vodnega stekla, razredčenega z vodo v razmerju 1:1:

Poskus poteka v epruveti.

### MERITVE

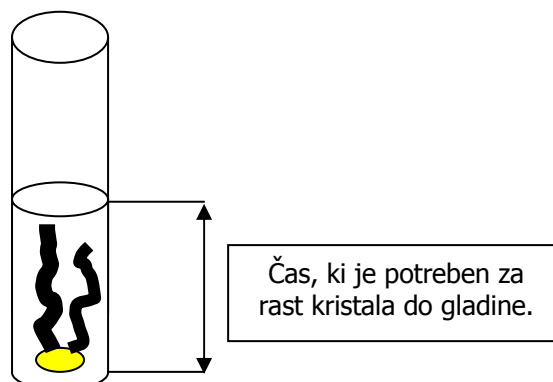
Merimo čas, ki je potreben, da kristalček zraste 4 cm (s štoparico).

Soli:						
1. meritev						
2. meritev						
3. meritev						
Povprečje:						

### 3.4 POSTOPEK DELA

Za delo sem potreboval:

- epruvete,
- stojalo za epruvete,
- čaše,
- merilni valj,
- stekleno palčko,
- žličke,
- štoparice,
- ravnilo,
- alkoholni flomaster,
- soli različnih kovin,
- zaščitna sredstva: plašč, zaščitne rokavice, zaščitna očala.



Postopek dela je bil naslednji:

- a) Epruvete sem položil na mizo in s črto označil višino 40 mm. Do te višine sem kasneje nalil vodno steklo.
- b) Na epruveto sem z alkoholnim flomastrom napisal formulo preiskovane soli. Z isto formulo sem označil tri epruvete, saj sem poskus trikrat ponovil.
- c) Epruvete sem postavil v stojalo in vanje do označene črte nalil vodno steklo.
- d) Pripravil sem si štoparico in z žličko zajel dogovorjeno količino soli. V trenutku, ko sem spustil kristalčke soli v epruveto, sem

začel meriti čas, ki je bil potreben, da so kristalčki zrasli do gladine.

- e) Izmerjeni podatek sem zabeležil v tabelo in poskus ponovil še dvakrat.
- f) Nato sem izračunal povprečen čas, ki ga potrebujejo trije kristalčki v treh različnih epruvetah, da zrastejo do gladine. Na osnovi tega sem kristalčke razporedil glede na hitrost rasti v vodnem steklu.

Slika 5: Rast kobaltovega (II) klorida v vodnem steklu



### 3.5 PRIPRAVA VODNEGA STEKLA

Vodno steklo je prozorna gosta tekočina, ki se dobro meša z vodo. Po navodilih v literaturi sem ugotovil, da ga je potrebno za uspešno izvedbo poskusa razredčiti z vodo. Najboljše rezultate daje, če je vodno steklo z vodo v razmerju 1:1. Zato sem vzel dva 100-mililitrska merilna valja in izmeril volumen 100 ml destilirane vode in 100 ml vodnega stekla. Vsebino obeh merilnih valjev sem zlijl v čašo in zmes premešal s stekleno palčko.

Razredčeno vodno steklo sem uporabil pri svojih poskusih. Ko mi ga je zmanjkalo, sem na enak način ponovno pripravil raztopino.

Slika 6: Priprava raztopine vodnega stekla



### 3.6 REZULTATI MERITEV

Pred svojimi poskusi sem se spraševal, ali kristali kristalohidratov lažje in hitreje rastejo v vodnem steklu kot anhidridi. Anhidridi so soli brez kristalno vezane vode. Že po videzu se razlikujejo med seboj. Kristalohidrati so v obliki lepih kristalčkov, anhidrid kobaltovega klorida pa je bil v obliki prahu. S tem je nastalo še eno raziskovalno vprašanje, in sicer ali na rast kristalov vpliva velikost kristala.

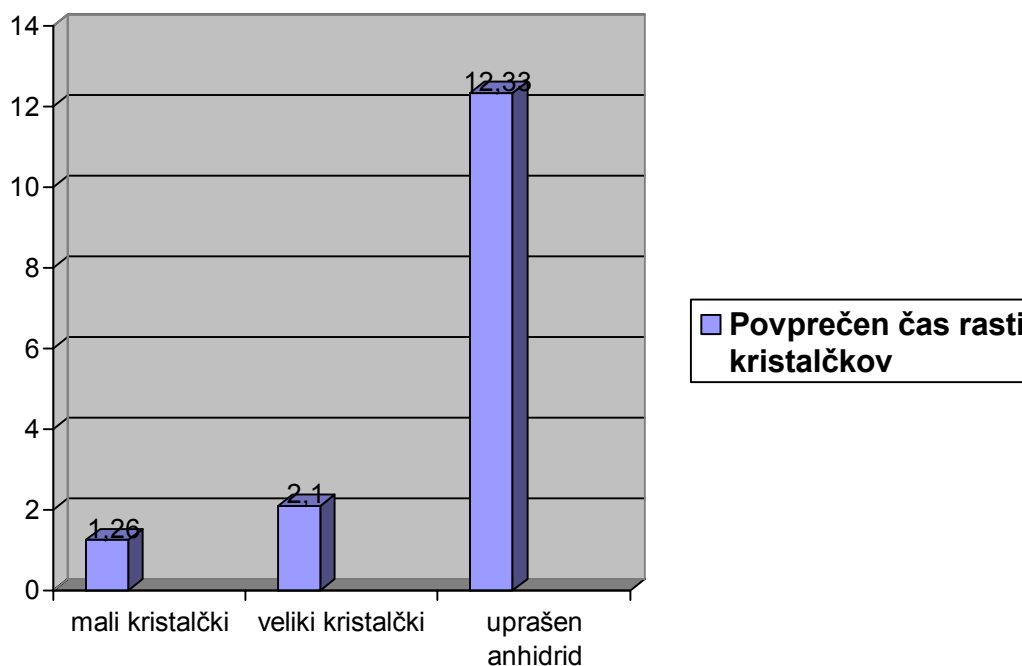
Da bi dobil odgovor na to vprašanje, sem ugotavljal hitrost rasti kristalov med:

- Kobaltovim (II) kloridom heksahidratom v obliki velikih kristalčkov, ki so v premeru merili pol centimetra.
- Kobaltovim (II) kloridom heksahidratom v obliki malih kristalčkov, ki so v premeru merili 1 milimeter.
- Kobaltovim (II) kloridom anhidridom v obliki prahu.

Tabela 1: Primerjava hitrosti rasti kobaltovih (II) kloridov v vodnem steklu

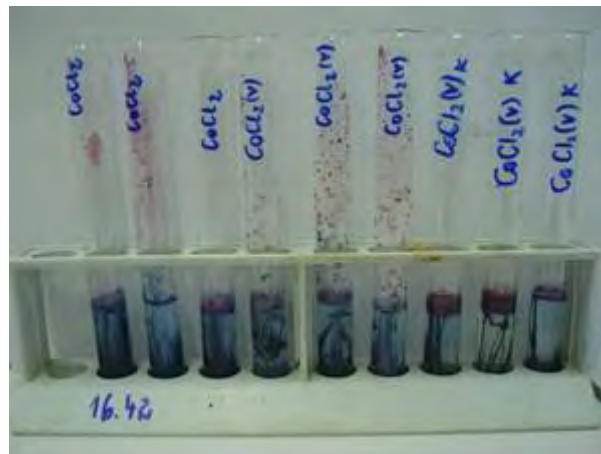
Soli:	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$ Veliki kristalčki	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$ Mali kristalčki	$CoCl_2$ Anhidrid, prah
1. meritev	2,01 min	1,56 min	11 min
2. meritev	2,31 min	0,58 min	11 min
3. meritev	1,59 min	1,25	15 min
Povprečje:	2,10 min	1,26 min	12,33 min

Graf 1: Primerjava hitrosti rasti kristalčkov kobaltovega (II) klorida v vodnem steklu



Poskus je pokazal, da anhidrid kobaltovega klorida res ni najhitrejši. Vendar z eno samo snovjo ne moremo ne potrditi ne ovreči hipoteze. Žal z več snovmi nisem uspel izvesti poskusa, saj so tovrstne soli zelo drage. Izkazalo se je, da v primeru kobaltovega klorida hitreje rastejo kristalčki kristalohidratov kot anhidrida. Kristalčki velikosti 1 milimetra so rasli hitreje kot večji kristalčki. Tudi v nadaljnjih poskusih sem opazil, da imajo srednje veliki kristalčki največ možnost za hitro rast.

Slika 7: Rast kristalčkov kobaltovega klorida v vodnem steklu



Med izborom ostalih vrst kristalčkov se je po izračunu povprečne hitrosti rasti pokazal vrstni red njihove rasti v vodnem steklu, ki je predstavljen v spodnji tabeli.

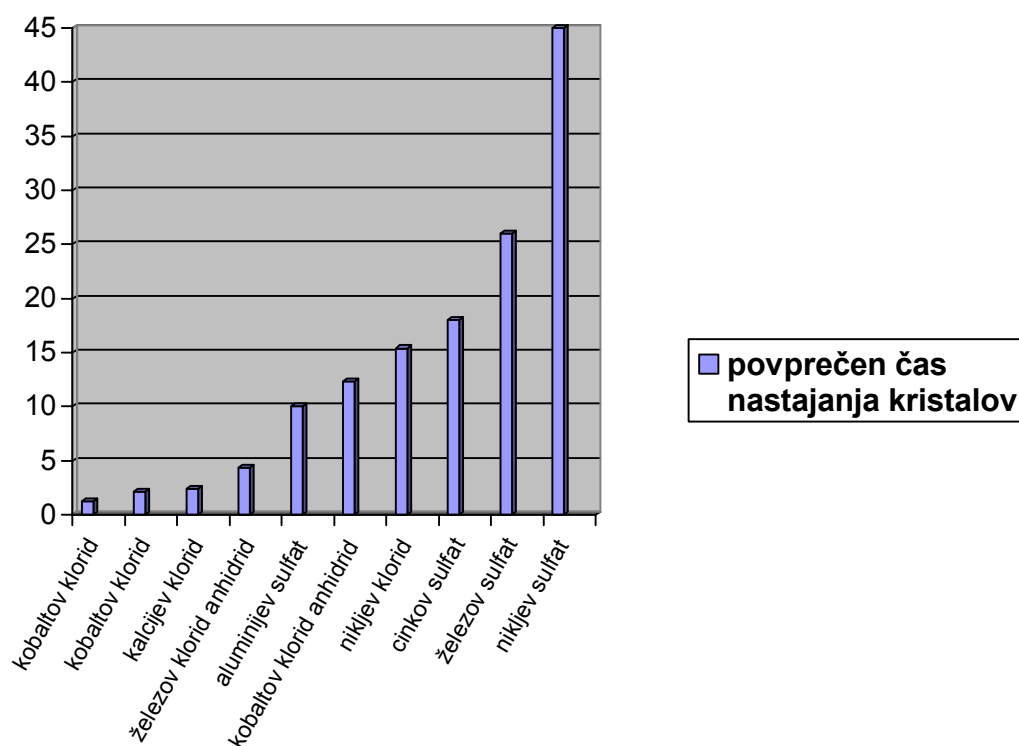
Tabela 2: Povprečna hitrost rasti različnih kristalčkov v minutah

SOLI:	1. meritev (min)	2. meritev (min)	3. meritev (min)	povprečje (min)	vrstni red
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$ Mali kristalčki	1,56	0,58	1,25	1,26	1.
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$ Veliki kristalčki	2,01	2,31	1,59	2,10	2.
$CaCl_2$	0,19	2,13	4,34	2,36	3.
$FeCl_3$ Anhidrid	1,17	3,02	8,43	4,34	4.
$Al_2(SO_4)_3 \cdot XH_2O$	5,48	7,41	16,44	10,07	5.
$CoCl_2$ Anhidrid	11	11	15	12,33	6.
$NiCl_2 \cdot 6H_2O$	0,37	0,38	45	15,4	7.



$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	18	19	17	18	8.
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	26	26	26	26	9.
$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	45	50	40	45	10.
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	720	720	720	720	11.

Graf 2: Povprečen čas rasti kristalov v vodnem steklu (v minutah)



### 3.7 RAZPOREDITEV KRISTALOV GLEDE NA HITROST RASTI V VODNEM STEKLU

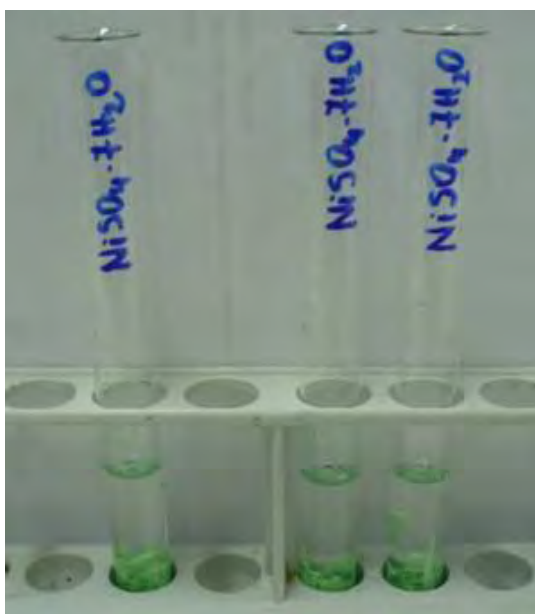
Izmed vseh preiskovanih vzorcev snovi so prvo mesto v hitrosti rasti dosegli mali kristalčki kobaltovega (II) klorida heksahidrata. Na drugem mestu je bila ista sol v obliki velikih kristalčkov. Iz tega sledi, da velikost kristalčkov nima tako velikega pomena. Tretje mesto so zasedli kristalčki kalcijevega klorida, ki je sol bele barve. Iz tega lahko sklepam, da barva soli nima vpliva na hitrost rasti. Prav tako so bili nastajajoči kristalčki kalcijevega silikata lepih oblik in jasno vidni. Zadovoljen sem bil tudi s hitrostjo rasti kristalov železovega (III) klorida, ki se je uvrstil na četrto mesto. Kristalčki so hitro rasli, kljub temu da je šlo za anhidrid. Nastajajoči železov silikat je bil rjave barve in je na površini vodnega stekla oblikoval rjavo rožo.

Slika 8: Rast kristalov železovega (II) klorida v vodnem steklu



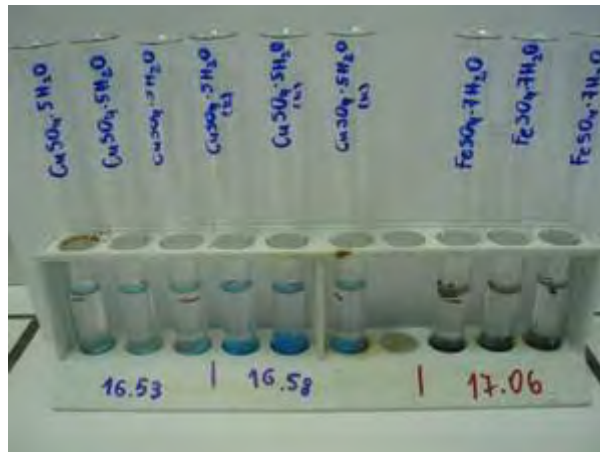
Po vrsti so sledili še aluminijev sulfat hidrat, kobaltov (II) klorid anhidrid, nikljev (II) klorid heksahidrat, cinkov sulfat heptahidrat in železov (II) sulfat heptahidrat. Veliko počasnejši so bili kristali nikljevega (II) sulfata heptahidrata, ki so potrebovali za 4 cm kar 45 minut.

Slika 9: Rast kristalčkov nikljevega (II) sulfata v vodnem steklu



Najprej sem mislil, da kristali bakrovega (II) sulfata pentahidrata v vodnem steklu sploh ne tvorijo netopnega silikata. Naslednji dan se je izkazalo, da so se oblikovali prav lepi stebrički kristalov, le da so za rast potrebovali 1 dan.

Slika 10: Kristali, ki so v vodnem steklu počasneje rasi.



### 3.8 USTREZNOST HIPOTEZ

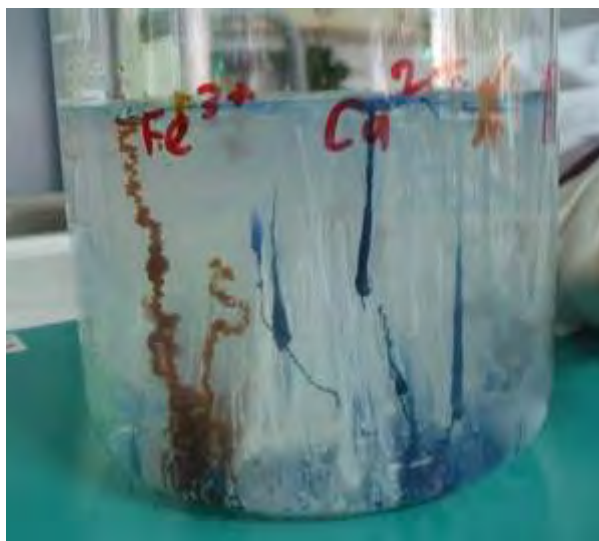
Po skrbnem pregledu in študiju literature sem v zvezi z rastjo kristalov v vodnem steklu postavil štiri hipoteze:

- hitrost rasti različnih kristalov je v zmesi vode in vodnega stekla različna;
- za poskus so obarvane soli primernejše kot bele, saj njihovi kristali rastejo hitreje in so lepši kot beli;
- večji kristali so primernejši kot uprašene soli;
- kristali kristalohidratov »rastejo« hitreje kot njihove brezvodne soli (anhidridi).

Prvo hipotezo lahko v celoti potrdim, saj kristalčki različnih soli v vodnem steklu zelo različno hitro rastejo. Eni potrebujejo za pot do gladine nekaj minut, drugi več ur, tretji celo kakšen dan. Podatek o hitrosti rasti kristalov je smiselno poznati, če pripravljamo demonstracijski poskus silikatni vrt. Dobro je izbrati soli, ki v njem dokaj hitro tvorijo kristalčke. Idealni so kobaltov (II) klorid, kalcijev klorid in železov (III) klorid, ki ne porabijo več kot 5 minut.

Drugo hipotezo lahko v celoti ovržem. Tudi kristalčki belih soli lahko v vodnem steklu zelo hitro rastejo. To dokazujejo kalcijev klorid, aluminijev sulfat in cinkov sulfat. Rast njihovih kristalov v vodnem steklu je bila enako privlačna in zanimiva kot pri drugih vrstah kristalov. Videti so bili kot kakšni belkasti kapniki, ki pred našimi očmi rastejo proti gladini vodnega stekla.

Slika 11: Primerjava belih in obarvanih soli v vodnem steklu



Prepričan sem bil, da večji kristalčki rastejo hitreje v vodnem steklu kot manjši. Eksperiment je pokazal, da velikost kristalov nima bistvenega vpliva. Manjši kristalčki kobaltovega (II) klorida so bili nekoliko hitrejši od večjih kristalčkov iste soli. Celo prašnati delci kristalov železovega (III) klorida so imeli dokaj uspešno in hitro rast. Običajno pa res velja priporočilo, da so soli v obliki kristalčkov za poskus silikatni vrt primernejše kot uprašene. Uprašeni anhidrid kobaltovega (II) klorida je bil veliko počasnejši kot obe vrsti njegovih kristalov.

Za preizkus zadnje hipoteze sem uporabil premajhno število vzorcev, da bi jo lahko potrdil. Sprva je namreč kazalo, da bom dobil še nekaj anhidridov soli, žal sem na koncu razpolagal le s kobaltovim (II) kloridom. Glede na to, da so bili kristalčki te soli najhitrejši v tvorjenju netopnih silikatov, anhidrid te soli pa je v rasti kristalov močno zaostajal, je mogoče, da ta hipoteza celo drži. Vendar je v nasprotju z meritvijo, kjer je anhidrid železovega (III) klorida dosegel dober rezultat v hitrosti nastajanja kristalov v vodnem steklu.

Kot rezultat uporabe svojih novih spoznanj sem na koncu pripravil pravi silikatni vrt kristalov, ki je bil res občudovanja vreden in lepa popestritev veselega decembra.

V 500-mililitrsko čašo sem nalil razredčeno vodno steklo in »posadil« vse preiskovane vrste kristalov. Nekateri med njimi so takoj začeli »poganjati« pecljate tvorbe proti vodni gladini. V stiku z njo so razvili zanimiva obarvanja, ki so bila podobna cvetovom. Pravi kemijski vrt z raznobarnimi »pridelki«!

Slika 12: Silikatni vrt



Slika 13: Pogled na silikatni vrt z vrha



## 4 ZAKLJUČEK

»To, kar vemo, je kapljica, to, česar ne vemo, je morje,« je nekoč dejal Isaac Newton. Prav raziskovalno delo je oblika učenja, kjer naše znanje osupljivo hitro raste. Ko sem v letošnjem šolskem letu postal raziskovalec, si nisem predstavljal, koliko zanimivih doživetij in izkušenj mi bo nudilo raziskovalno delo. Res je posegalo v moj prosti čas, ki sem se mu z veseljem odrekel, da bi lahko izvajal in opazoval načrtovane kemijske eksperimente. Tudi temo za raziskovalno delo sem dobro izbral. Zelo zanimivo je bilo opazovati lepote različno obarvanih kristalov, še zlasti, ko so pred mojimi očmi rasli v vodnem steklu. Spoznal sem nove metode raziskovalnih pristopov. Naučil sem se postavljati hipoteze ter jih preverjati z izbranimi poskusi in meritvami. Nekoliko več težav sem imel pri analiziranju rezultatov, kamor sem moral vložiti vse svoje znanje in trud. S svojo raziskovalno nalogo sem prispeval k razvrstitvi raznovrstnih kristalov soli, ki jih imamo v omari za kemikalije, po padajočem vrstnem redu glede njihove rasti v vodnem steklu.

Ko bomo pri pouku kemije izvajali demonstracijski poskus silikatni vrt, bomo natančno vedeli, katere kristale iz šolske omare za kemikalije bomo uporabili za poskus.

Tudi v prihodnjem šolskem letu nameravam ostati v skupini mladih raziskovalcev. In čeprav predmet kemija še ni na mojem urniku, bom zaradi velikega zanimanja za temo raziskovalno nalogo najverjetneje izbral s tega področja.

## 5 VIRI

[http://www.anvip.com/forum\\_topic.asp?TOPIC\\_ID=2836&FORUM\\_ID=53&CAT\\_ID=8&Forum\\_Title=Ali+ste+vedeli%3F&Topic\\_Title=Kako+hitro+nastajajo+kapniki%3F](http://www.anvip.com/forum_topic.asp?TOPIC_ID=2836&FORUM_ID=53&CAT_ID=8&Forum_Title=Ali+ste+vedeli%3F&Topic_Title=Kako+hitro+nastajajo+kapniki%3F)

[http://sl.wikipedia.org/wiki/Vodno\\_steklo](http://sl.wikipedia.org/wiki/Vodno_steklo)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium\\_silicate](http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium_silicate)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Iron\\_\(III\)\\_chloride](http://en.wikipedia.org/wiki/Iron_(III)_chloride)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Cobalt\\_\(II\)\\_chloride](http://en.wikipedia.org/wiki/Cobalt_(II)_chloride)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel\(II\)\\_chloride](http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel(II)_chloride)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel\(II\)\\_sulfate](http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel(II)_sulfate)

<http://forum.piroraj.org/viewtopic.php?t=1719&highlight=vodno+steklo>

[http://www.s-3gim.mb.edus.si/staro/jedro/predmeti/Kemija/Projektna\\_naloga/silikatni\\_vrt2.htm](http://www.s-3gim.mb.edus.si/staro/jedro/predmeti/Kemija/Projektna_naloga/silikatni_vrt2.htm)