

Mestna občina Celje
Komisija Mladi za Celje

VPLIV TOPILA NA RAST KRISTALOV V SILIKATNEM VRTU

Raziskovalna naloga

Področje: Kemija

Avtor:

Gal Gros, 9.a

Mentorica:

Nevenka Tratar, prof. bio. in kem.

Radeče, marec 2022



VPLIV TOPILA NA RAST KRISTALOV V SILIKATNEM VRTU

Raziskovalna naloga

Področje: kemija

Avtor:

Gal Gros, 9.a

Mentorica:

Nevenka Tratar, prof. bio. in kem.

Jezikovni pregled:

Ljiljana Lopatić Legan, prof.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, 2022

Kazalo vsebine

1	UVOD	1
1.1	NAMEN NALOGE.....	1
1.2	HIPOTEZE	1
1.3	METODE DELA	1
1.3.1	DELO Z VIRI	1
1.3.2	EKSPERIMENTALNO DELO	2
1.3.3	ANALIZA REZULTATOV.....	3
2	TEORETIČNI DEL.....	3
2.1	SULFATNE SOLI	3
2.1.1	KAJ SO SULFATNE SOLI	3
2.1.2	PREDSTAVITEV UPORABLJENIH SOLI	4
2.2	NATRIJEV SILIKAT.....	6
2.3	TOPILA	7
2.4	SILIKATNI VRT	8
2.4.1	POTEK REAKCIJE.....	8
3	OSREDNJI DEL	10
3.1	RAZISKOVALNO EKSPERIMENTALNO DELO	10
3.1.1	PRIPRAVA VZORCEV SULFATOV ZA KRISTALE.....	10
3.1.2	SESTAVA VOD ZA RAZTOPINE.....	12
3.1.3	PREDPOSKUSI	12
3.1.4	NATANČNA PRIPRAVA MATERIALOV	13
3.2	MIKROSKOPIRANJE KRISTALOV	20
3.3	POVZETEK DOBLJENIH IN ANALIZIRANIH REZULTATOV	27
3.4	ZAKLJUČEK	29
4	LITERATURA.....	31

Kazalo slik

Slika 1: Naslovnica knjige, ki me je kot otroka navdušila	2
Slika 2: Priprava raztopine za kristalizacijo soli [osebni arhiv]	3
Slika 3: Bakrov sulfat (modra galica) [osebni arhiv]	4
Slika 4: Železov sulfat (zelena galica) [osebni arhiv]	5
Slika 5: Aluminijev sulfat [osebni arhiv]	5
Slika 6: Magnezijev sulfat [osebni arhiv]	6
Slika 7: Natrijev silikat (vodno steklo) [osebni arhiv]	7
Slika 8: Bakrov silikat ($\text{CuO}(\text{SiO}_2)$) [osebni arhiv]	8
Slika 9: Železov silikat ($\text{FeO}(\text{SiO}_2)$) [osebni arhiv]	9
Slika 10: Pripravljene raztopine za kristale	11
Slika 11: Bakrov silikat (iz kristala in ne iz skupka) [osebni arhiv]	12
Slika 12: Postavitev epruvet za predposkuse.	13
Slika 13: Priprava skupkov - odmerjanje na enako maso [osebni arhiv]	14
Slika 14: Merjenje mase magnezijevega sulfata [osebni arhiv]	15
Slika 15: Sipanje magnezijevega sulfata v suhe epruvete [osebni arhiv]	15
Slika 16: Dodajanje raztopine čez prah magnezijevega sulfata [osebni arhiv]	15
Slika 17: Primerjava rasti železovega sulfata in bakrovega sulfata [osebni arhiv]	16
Slika 18: Kristalizacija železovega sulfata	17
Slika 19: Struktura bakrovega sulfata po nekaj urah (bakrov silikat) [osebni arhiv]	19
Slika 20: Priprava preparata za mikroskopiranje kristalov [osebni arhiv]	20
Slika 21: Delovna površina z opremo za mikroskopiranje kristalov [osebni arhiv]	21
Slika 22: Epruvete s kristali za pripravo preparatov [osebni arhiv]	21
Slika 23: Mikroskopiranje kristalov [osebni arhiv]	22
Slika 24: Moja oprema za mikroskopiranje [osebni arhiv]	22
Slika 25: Mikroskopska slika železovega silikata ustvarjenega v natrijevem silikatu [osebni arhiv]	23
Slika 26: Mikroskopska slika železovega silikata, ustvarjenega v raztopini natrijevega silikata in vodovodne vode [osebni arhiv]	23
Slika 27: Mikroskopska slika železovega silikata, ustvarjenega v raztopini natrijevega silikata in destilirane vode [osebni arhiv]	24
Slika 28: Mikroskopska slika bakrovega silikata, ustvarjenega v raztopini natrijevega silikata in mineralne vode [osebni arhiv]	25
Slika 29: : Mikroskopska slika bakrovega silikata, ustvarjenega v raztopini natrijevega silikata in slane vode [osebni arhiv]	25
Slika 30: Mikroskopska slika bakrovega silikata, ustvarjenega v natrijevem silikatu [osebni arhiv]	26
Slika 31: Mikroskopska slika aluminijevega silikata, ustvarjenega v natrijevem silikatu [osebni arhiv]	26
Slika 32: Mikroskopska slika magnezijevega silikata, ustvarjenega v natrijevem silikatu [osebni arhiv]	27

Kazalo tabel

Tabela 1: Višina najvišjega dela struktur v 24 urah	15
Tabela 2: Višina najvišjega dela struktur v 10 minutah	16
Tabela 3: Višina najvišjega dela struktur v 24 urah	17
Tabela 4: Višina najvišjega dela struktur v 10 minutah	17
Tabela 5: Višina najvišjega dela struktur v 24 urah	17
Tabela 6: Višina največjega dela struktur v 10 minutah	18
Tabela 7: Višina največjega dela struktur v 24 urah	18
Tabela 8: Višina največjega dela struktur v 10 minutah	18
Tabela 9: Višina najvišjega dela struktur v 24 urah	18
Tabela 10: Povprečje višine najvišjega dela struktur v 10 minutah	19
Tabela 11: Povprečje višine najvišjega dela struktur v 24 urah	19

POVZETEK

Kristali so tisto, kar me je pritegnilo že v zgodnjem otroštvu. Prav tako sem bil navdušen nad delom v šoli, ko sem pri pouku kemije opazoval kristalizacijo bakrovega sulfata. Prvi silikatni vrt sem naredil doma, v drugem valu epidemije. Delno zaradi dolgčasa, da sem si s tem popestril dneve, delno pa zaradi radovednosti, ki se je vzbudila, ko sem v knjigi opazil navodila za poskus. Svoj domači poskus sem pokazal učiteljici kemije, ta pa me je spodbudila do širšega raziskovanja.

V svoji nalogi sem raziskoval vpliv mineralnih snovi na rast kristalov v silikatnem vrtu. Za primerjavo sem uporabil različna topila, kot so vodovodna voda iz šolske vodovodne napeljave, mineralna negazirana voda v plastenki, slana voda in destilirana voda. Za rast kristalov sem uporabil različne sulfatne kristalohidrate različnih kovin – magnezijev, aluminijev, železov in bakrov sulfat. Spremembe in dogajanja sem spremljal iz kemijskih stališč, po obliki, višini, debelini ali trdoti ustvarjenih struktur. Ker me je od prvega stika z mikroskopiranjem zanimalo tudi to, sem mikroskopsko fotografiranje z veseljem vključil v raziskovanje in dokumentacijo.

Predvideval sem, da bodo mineralne snovi v topilih ovirale ali zgolj preoblikovale rast kristalov, kar sem z eksperimentalnim delom tudi dokazal. Razlike med različnimi kristali in njihove spremembe skozi rast so opazno vidne že s prostim očesom, pod podrobnejšim pogledom pa je vidno še veliko več glede strukture same.

Ključne besede: topila, natrijev silikat, silikatni vrt, aluminijev sulfat oktadekahidrat, magnezijev sulfat heksahidrat, bakrov sulfat pentahidrat, železov sulfat heptahidrat, kristali, kristalizacija

ABSTRACT

Crystals started to pique my interest in early childhood. It began at school, during our chemistry lessons, where I was fascinated by the crystallization of copper sulfate. During the second pandemic wave, I created my own chemical garden at home. Partly out of boredom to fill up my days but also out of curiosity that arose when I spotted the instructions in a book. I told my teacher about this home experiment and she encouraged me to explore the matter further.

In my seminar paper, I explored the influence of mineral substances on crystal growth in the chemical garden. I compared the use of various solvents, such as our school's tap water, mineral non-carbonated bottled water, saline water, and distilled water. I used various hydrates of metal sulfates – magnesium, aluminium, iron, and copper sulfate. I observed the action and the changes from a chemistry perspective, which included observing the shape, height, thickness, and callousness of the created structures. It was my first encounter with a microscope that compelled me to include microscopic images in my research and findings as I have always found the process extremely interesting.

I hypothesized that the mineral substances present in the solvents will hinder or merely shape the crystals' growth, which the experimental part of my research has proved right. The differences between various crystals and their changes through growth are noticeable enough to the naked eye let alone under the microscope, which reveals much more about the structure itself.

Keywords: solvents, sodium silicate, chemical garden, aluminium sulfate octadecahydrate, magnesium sulfate hexahydrate, copper sulfate pentahydrate, iron sulfate heptahydrate, crystals, crystallisation

1 UVOD

V preteklem šolskem letu o raziskovalni nalogi v povezavi s topili nisem veliko razmišljal. Do ideje je prišlo slučajno ob pobudi učiteljice. Začel sem iz radovednosti, ki jo je poleg mojega raziskovalnega duha spodbudil tudi dolgčas med šolanjem na daljavo v drugem valu epidemije. Navodila za kemijski poskus silikatni vrt sem našel v knjigi, polni kemijskih in fizikalnih eksperimentov. Ker sem zanj potreboval nevsakdanje sestavine, sem jih kmalu naročil pri najbližjem ponudniku. Že naslednji dan po prejetju sem začel. Rezultate, ki so me očarali, sem pokazal učiteljici kemije. Ob ponovnem prihodu v šolo mi je ponudila možnost, da sva skupaj kvalitetneje in podrobneje ponovila poskus. Veličina nastalih kristalov je osupnila tudi učiteljico in tako mi je predlagala izvedbo raziskovalne naloge. Malo sem raziskoval, koliko je že raziskanega na to temo v Sloveniji. Narejena je bila samo ena krajša analiza hitrosti rasti kristalov silikatnega vrta. Tako sem se odločil, da bom naredil raziskavo v povezavi s silikatnim vrtom. Ker je bila meritev kristalov že narejena, sem se vprašal, kaj bi se zgodilo, če namesto navadne vodovodne vode uporabimo drugačno topilo, z več ali manj primesmi. Šele takrat sem pomislil, da bi lahko s to raziskovalno lahko raziskal pravi pomen topil. Z nadaljnjim raziskovanjem sem potrdil ali ovrgel nekaj hipotez ter si odgovoril na vprašanje: »Ali imajo topila velik pomen oz. vpliv pri kemijskih reakcijah?«, saj so nepogrešljiv del pri proizvodnji v industriji ali kmetijstvu, uporabljajo pa se tudi pri pripravi, predelavi in pridelavi živil.

1.1 NAMEN NALOGE

V raziskovalni nalogi sem skušal raziskati vplive topil med kristalizacijo. Osredotočil sem se le na topilo H₂O – voda.

1.2 HIPOTEZE

HIPOTEZA 1: Mineralne ali druge snovi v topilu bodo ovirale ali preoblikovale rast kristalov. Predvidevam razlike v strukturi in razvejanosti zaradi različnih gostot, vsebnosti drugih snovi in prodiranja raztopine v kristal določene snovi.

1.3 METODE DELA

1.3.1 DELO Z VIRI

Vire za svojo raziskovalno nalogo sem pridobil s spleta. Nekaj osnovnih podatkov o izvedbi silikatnega vrta sem pridobil iz knjige, ki me je za eksperiment tudi navdušila. Podatke o

snoveh, ki sem jih uporabljal, sem črpal s spleta, ostalih podatkov pa je zelo malo, saj nihče pred mano še ni raziskoval ali dokumentiral v tej smeri. Edina strokovna literatura, ki opisuje reakcije in ves postopek dela, je tuja. Tako sem bil primoran več stvari poskusiti sam. Večkrat sem ugibal in nato to potrdil ali ovrgel s poskusi in že omenjeno tujo literaturo.



Slika 1: Naslovnica knjige, ki me je kot otroka navdušila

1.3.2 EKSPERIMENTALNO DELO

Eksperimente za moje raziskovalno vprašanje sem lahko v celoti opravil v šoli, saj so krajši in ob upoštevanju varnostnih načel relativno varni. Večina potrebnih snovi je bilo na razpolago že v šoli, le nekaj dodatne opreme in večjo zalogo natrijevega silikata je bilo potrebno dokupiti, za kar pa je poskrbela šola. Za mikroskopiranje kristalov sem uporabil svoj mikroskop in računalniški program, na katerem sem obdelal in dodatno izostril z mikroskopsko kamero posnete slike.



Slika 2: Priprava raztopine za kristalizacijo soli [osebni arhiv]

1.3.3 ANALIZA REZULTATOV

Podatke sem analiziral s primerjanjem večkrat narejenih poskusov. Meril sem hitrost, dolžino in razvejanost kristalov. Primerjal sem epruvete in mikroskopske slike, ki so mi veliko povedale o strukturi kristalov in vplivih topil nanje.

2 TEORETIČNI DEL

Silikatni vrt je eksperiment, pri katerem poteka kristalizacija določenih soli ob stiku natrijevega silikata ob različni koncentraciji. Najpogostejše primerne soli spadajo v skupino sulfatov ali kloridov. Zaradi večje natančnosti sem iz raziskovalne naloge izločil čim več spremenljivk, med njimi tudi različne skupine soli. Odločil sem se, da izberem sulfate, saj je primernih več sulfatnih soli kakor kloridnih.

2.1 SULFATNE SOLI

2.1.1 KAJ SO SULFATNE SOLI

Sulfatne soli spadajo v skupino sulfatov. Vedno vsebujejo SO_4^{2-} s tetraedrično molekulsko obliko. Spremenljivke so kovinski ioni, kot na primer bakrov, železov, aluminijev, manganov in magnezijev. Običajno so dobro topni v vodi. [1], [2]

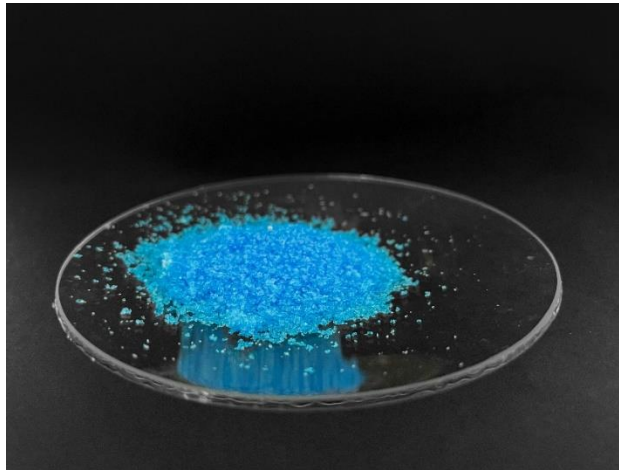
2.1.2 PREDSTAVITEV UPORABLJENIH SOLI

2.1.2.1 Bakrov sulfat pentahidrat

Bakrov sulfat ali modra galica je spojina, ki sodi v skupino sulfatov.

SESTAVA: Bakrov sulfat pentahidrat je sestavljen iz enega bakrovega kationa in sulfatnega aniona. Njegova molekulska formula je $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Je dobro topen v vodi. Topnost bakrovega sulfata pentahidrata je 55,5 g/100ml pri 80°C. Gostota je 3,6 g/cm³.

UPORABA: Bakrov sulfat pentahidrat se uporablja v industriji in kmetijstvu. Pogosto kot sredstvo za dehidracijo v laboratorijih, za izboljšanje polimerov in njihovo reciklažo, pri poljedelstvu v blagih raztopinah in ponekod tudi pri hrani za živino. [2], [3], [4], [5], [10]



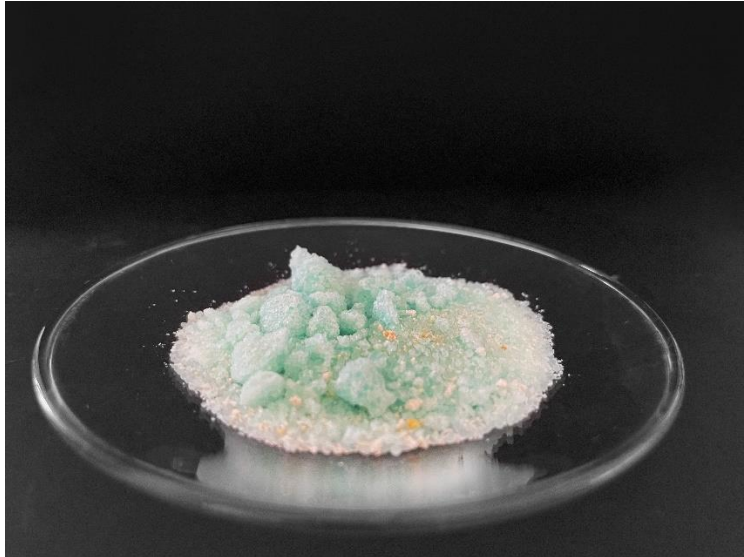
Slika 3: Bakrov sulfat (modra galica) [osebni arhiv]

2.1.2.2 Železov sulfat heptahidrat

Železov sulfat ali zelena galica je spojina, ki sodi v skupino sulfatov.

SESTAVA: Železov sulfat heptahidrat je sestavljen iz železovega kationa in sulfatnega aniona. Njegova molekulska formula je $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Je dobro topen v vodi. Topnost železovega sulfata heptahidrata je 56,08 g/100ml pri 70,04°C. Gostota je 2,84 g/cm³.

UPORABA: Železov sulfat heptahidrat se uporablja predvsem v industriji, včasih pa tudi v določenih kmetijskih panogah. Včasih so ga uporabljali za razvijanje fotografij mokrih kolodijskih plošč. Ob pomanjkanju železa v zemlji in posledični klorozi se uporablja tudi v vinogradništvu in sadjarstvu. Zelena galica se uporablja tudi za barvanje nekaterih vrst betona, včasih pa tudi za pripravo črnila, imenovanega galovo črnilo. [2], [3], [4], [5], [10]



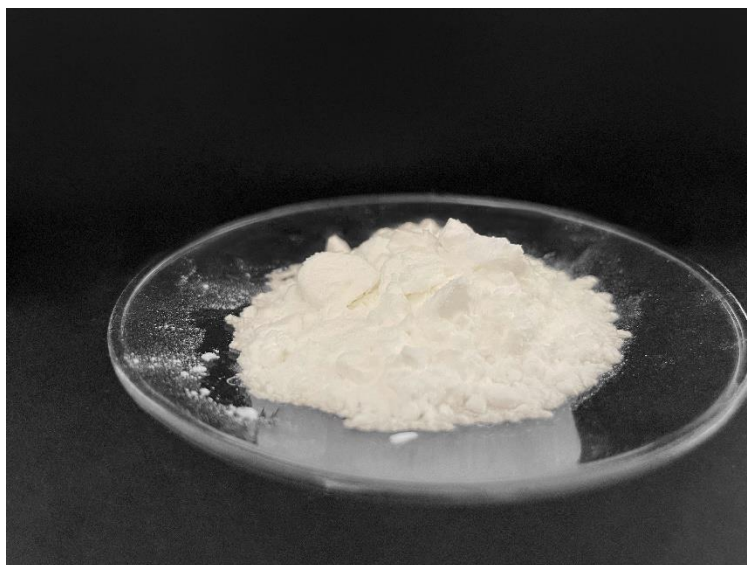
Slika 4: Železov sulfat (zelena galica) [osebni arhiv]

2.1.2.3 Aluminijev sulfat oktadekahidrat

Aluminijev sulfat oktadekahidrat je spojina, ki sodi v skupino sulfatov.

SESTAVA Aluminijev sulfat oktadekahidrat je sestavljen iz aluminijevih kationov in sulfatnih anionov. Njegova molekulska formula je $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$. Je dobro topen v vodi. Topnost aluminijevega sulfata oktadekahidrata je 48,8 g/100ml pri 70°C. Gostota je 2,67 g/cm³.

UPORABA: Aluminijev sulfat oktadekahidrat se najpogosteje uporablja za prečiščevanje pitne, bazenske ali kakšne druge vrste voda, vendar je lahko v prevelikih količinah strupen. Manjši delci se sprimejo v večje, ki jih lažje odstranimo. Uporablja se tudi pri vrtnarstvu, saj nekatere rastline ob njegovi prisotnosti bolje rastejo. Vpliva tudi na obarvanost cvetov. Primer so hortenzije. [2], [3], [4], [5], [10]



Slika 5: Aluminijev sulfat [osebni arhiv]

2.1.2.4 *Magnezijev sulfat heksahidrat*

Magnezijev sulfat heksahidrat je spojina, ki sodi v skupino sulfatov.

SESTAVA: Magnezijev sulfat heksahidrat je sestavljen iz magnezijevih kationov in sulfatnih anionov. Njegova molekulska formula je MgSO_4 . Je dobro topen v vodi. Topnost magnezijevega sulfata heksahidrata je 54,8 g/100ml pri 80°C. Gostota je 2,66 g/cm³.

UPORABA: Magnezijev sulfat heksahidrat se pogosto pojavlja v zdravstvu. Primeren je za razstrupljanje, proti krčem, kot odvajalo ... Zelo znan izdelek, ki vsebuje magnezijev sulfat, je Donat Mg. Uporablja se tudi v vrtnarstvu ali kot prehransko dopolnilo za živali. [2], [3], [4], [5], [10]



Slika 6: Magnezijev sulfat [osebni arhiv]

2.2 NATRIJEV SILIKAT

SESTAVA: Natrijev silikat ali vodno steklo je ionska spojina, ki je lahko v kapljevinskem ali v trdnem stanju. V trdnem stanju je snov v obliki belih kristalčkov, brez posebnega vonja in okusa. V tekoči obliki je to brezbarvna tekočina, prav tako brez vonja in okusa. Natrijev silikat ali natrijevo vodno steklo je sestavljeno iz Na^+ kationov in SiO_4^{2-} anionov. Molekulska formula je NaSiO_3 . Topnost je 160,6 g/100ml (80°C).

UPORABA: Natrijev silikat se uporablja predvsem v industriji. Včasih kot premaz ognjevarnega papirja, lesa, dodatek k cementu, v kozmetični industriji ipd. Uporablja se tudi za fiksacijo nekaterih pigmentov v barvah. Včasih so ga uporabljali tudi za zaščito pred vlago in

bakterijami. V njem so hranili celo nekatera živila, kot so na primer jajca. [2], [3], [4], [5], [7], [10]



Slika 7: Natrijev silikat (vodno steklo) [osebni arhiv]

2.3 TOPILA

Topil je ogromno. Delimo jih na topila za polarne in nepolarne snovi. Nepolarna topila se običajno uporabljajo za čiščenje, oziroma odstranjevanje nepolarnih snovi, kot so olja in nekatere maščobe. Pogosteje pa se uporabljajo polarna topila, in sicer za raztapljanje polarnih snovi. Najpogostejše polarno topilo pa je voda. Uporablja se v industriji za redčenje, čiščenje in ločevanje snovi med sabo, v kmetijstvu za pripravo gnojil in škropiv, za čiščenje živali, orodij in mehanizacije ter seveda za uživanje ali pripravo raznih živil in jedi.

Pri uživanju vode ali priprave hrane z njo smo postali zelo previdni in raziskovali njen vpliv na hrano in zdravje človeka. Pri industriji in kmetijstvu pa topilom, natančneje vodi, ne dajo prav velike pozornosti. Tukaj sem se ustavil in se povprašal o posledicah takšne nepozornosti.

V življenju uporabljamo kar nekaj različnih vrst vod. Pri občutljivi industriji in v gospodinjstvu se uporablja **destilirana voda**, v večini industrije, kmetijstvu in uživanju uporabljamo **vodovodno vodo**, v naravi najdemo tudi **slano vodo** in **mineralno vodo**, v določenih primerih pa topila oziroma **vode ni** potrebno uporabljati. Različna topila vedno vplivajo na potek reakcije. Kako vplivajo, je za določen proizvod, kemijsko reakcijo in drugo potrebno raziskati

posebej. V tej raziskovalni nalogi s pomočjo kristalov kovinskih soli nisem raziskoval, kakšen vpliv imajo topila, temveč kolikšen.

2.4 SILIKATNI VRT

Silikatni vrt so kristali, ki nastanejo ob reakciji natrijevega silikata in kovinskih soli, kot so bakrov sulfat pentahidrat, železov sulfat heptahidrat, magnezijev sulfat heksahidrat, aluminijev sulfat oktadekahidrat, manganov sulfat, železov klorid, kobaltov klorid ipd.

2.4.1 POTEK REAKCIJE

Ob stiku natrijevega silikata in kristalov kovinske soli poteče reakcija, pri kateri nastaja vodni kovinski silikat, ki se kot koloidni gel odloži okoli kristala. Ta gel deluje kot polprepustna membrana, skozi katero pod osmotskim tlakom prehaja voda in presežni hidroksidni ioni. V tem procesu se kristal še naprej raztaplja, membrana, ki ga obdaja, pa se razteza, dokler na neki točki reakcije ne počni, nato pa izloči curek tekočine v okoliško raztopino. Na vsaki razpoki se razvijejo cevasta vlakna. V ustreznih pogojih lahko zrastejo tudi do več centimetrov. Produkt je silikat kovine. [8]

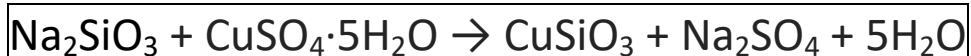
Primer z soljo bakra – bakrov sulfat (modra galica): [5], [6]

REAKTANTI:

- Natrijev silikat
- Bakrov sulfat

PRODUKTI:

- Natrijev sulfat
- Bakrov silikat



Slika 8: Bakrov silikat ($\text{CuO}(\text{SiO}_2)$) [osebni arhiv]

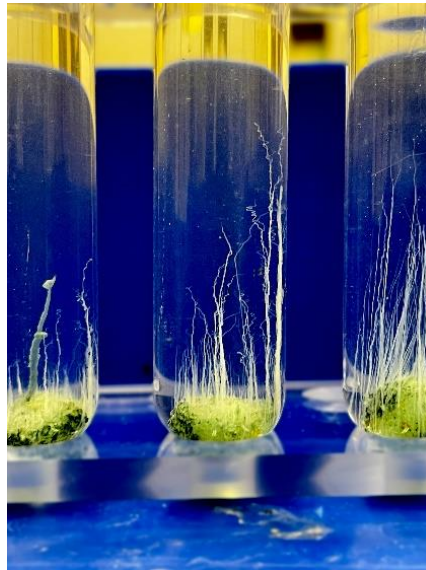
Primer s soljo železa – železov sulfat (zelená galica): [5], [6]

REAKTANTI:

- Natrijev silikat
- Železov sulfat

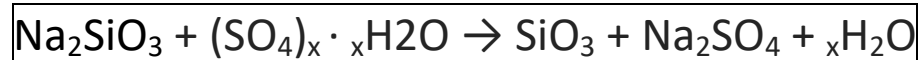
PRODUKTI:

- Natrijev sulfat
- Železov silikat

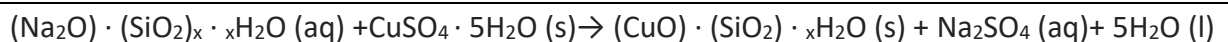


Slika 9: Železov silikat ($\text{FeO}(\text{SiO}_2)$) [osebni arhiv]

Na enak način delujejo vse druge reakcije med ostalimi kovinskimi solmi. Pri enačbah se spreminja sol.



Zgoraj navedena formula prikaže splošen potek reakcije. Kako pa dejansko poteka reakcija, pa si lahko še lažje predstavljamo z naslednjo kompleksnejšo formulo. Za primer sem vzel kristalizacijo bakrovega sulfata. [5], [6], [7]



3 OSREDNJI DEL

3.1 RAZISKOVALNO EKSPERIMENTALNO DELO

Za kristalizacijo kovinskih soli v natrijevem silikatu lahko uporabimo kristale ali skupke prahu soli. Zaradi različne strukture in zračnih žepov je hitrost rasti in velikost kristalov silikatnega vrta različna. V skupke natrijev silikat lažje prodre in reakcija se pospeši. Cevaste strukture rastejo tudi iz sredice skupka, medtem ko se pri kristalu vse začne na zunanosti kristala in šele čez nekaj časa prodre bližje notranjosti. Tako pri kristalu strukture rastejo počasneje, vendar so tudi trdnjše. Zaradi hitrejše rasti in večje opazne razlike pri velikosti sem za raziskavo uporabil skupke, saj sem jih v posodah z reaktanti imel na pretek.

3.1.1 PRIPRAVA VZORCEV SULFATOV ZA KRISTALE

Na začetku sem imel namen uporabljati kristale in ne skupke. Nameraval sem jih narediti na enak način kakor kristale bakrovega sulfata – modre galice. Na voljo sem imel pet sulfatov. To so bakrov sulfat pentahidrat, železov sulfat heptahidrat, aluminijev sulfat oktadekahidrat, magnezijev sulfat heksahidrat in manganov sulfat monohidrat. Poiskal sem podatke za njihovo topnost in pripravil raztopine.

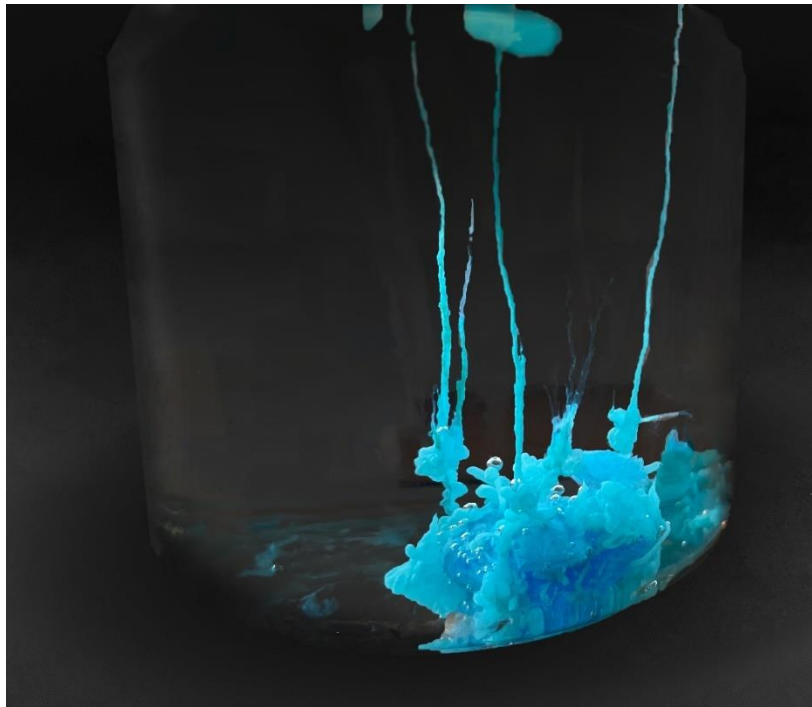
TOPNOST g/100ml (pod 100°C): [10]

- Bakrov sulfat pentahidrat: 55,5g/100ml (80°C)
- Železov sulfat heptahidrat: 56,08g/100ml (70°C)
- Aluminijev sulfat oktadekahidrat: 48,8g/100ml (70°C)
- Magnezijev sulfat heksahidrat: 54,8g/100ml (80°C)
- Manganov sulfat monohidrat: 62,9g/100ml (30°C)



Slika 10: Pripravljene raztopine za kristale

Po enem tednu čakanja so se kristali oblikovali samo pri bakrovem sulfatu. Naredil sem poskus s kristalom modre galice, za nekaj centimetrov pa sem čakal nekaj dni. Zato sem poskusil s skupkom bakrovega sulfata. Bilo je neverjetno hitro. Že v nekaj sekundah se je reakcija začela, čez nekaj minut pa so že bile nekaj centimetrov velike strukture. Do manganovega sulfata, ki je bil že po strukturi zelo drugačen, sem bil rahlo skeptičen, kako reagira ob stiku z natrijevim silikatom. Preveril sem s tremi epruветami raztopine in tremi skupki. Po enem dnevu je zraslo le nekaj milimetrov, le v eni skoraj centimeter. Zaradi izrazito šibke reakcije sem se odločil, da manganov sulfat izločim iz svoje raziskave.



Slika 11: Bakrov silikat (iz kristala in ne iz skupka) [osebni arhiv]

Potek dela je bil spremenjen. Odločil sem se, da bom uporabljal skupke.

3.1.2 SESTAVA VOD ZA RAZTOPINE

- Destilirana voda (enkrat destilirana): 0 % vsebnosti delcev
- Mineralna voda: [11]

Kationi:

Ca²⁺ 59mg/l,
Mg²⁺ 20mg/l,
Na⁺ 6,9mg/l,
K⁺ 0,7mg/l

Anioni:

HCO³⁻ 280mg/l,
Cl⁻ 5mg/l,
SO₄²⁻ 1,1mg/l,
F⁻ <0,20mg/l

- Vodovodna voda: CaO 8°dH (80mg/l) [12]
- Slana voda: NaCl (sol) 38,3 g/l [9]

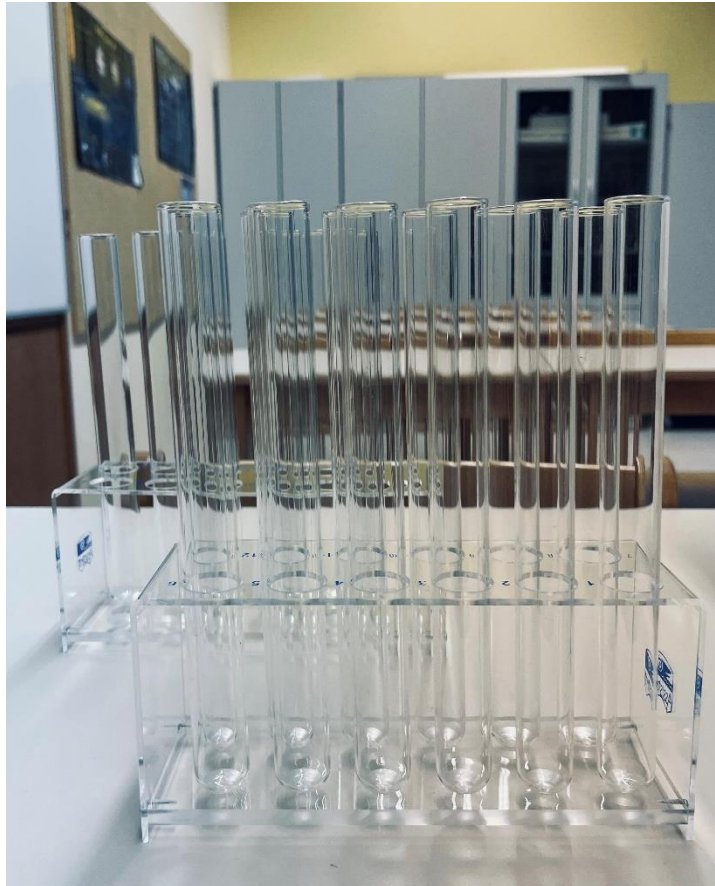
3.1.3 PREDPOSKUSI

Pred obsežnejšo raziskavo sem se želel prepričati, če kristalizacija v skupkih deluje pri vseh ostalih izbranih sulfatih, razen manganovega sulfata. Poleg skupkov sem moral preveriti tudi razmerje med vodo in natrijevim silikatom. Odločil sem se za razmerje 2:1.

Stojala sem postavil tako, da so odprtine za epruvete tvorile mrežo. Vsaka vrstica mreže je predstavljala eno vrsto sulfata, vsak stolpec pa je predstavljal eno vrsto vode. Tako so bile 4 vrstice in 5 stolpcev mreže.

Skupke iste vrste sulfata sem v epruvete spustil istočasno. Vsi sulfati so reagirali. Aluminijev sulfat in magnezijev sulfat sta povprečno zrasla manj kakor bakrov sulfat in železov sulfat, vendar še vedno dovolj za primerjavo in ugotavljanje vplivov na potek reakcije.

(Vsaka vrstica po en sulfat, vsak stolpec ena vrsta vode (tloris epruvet))



*Slika 12: Postavitev epruvet za predposkuse.
[osebni arhiv]*

3.1.4 NATANČNA PRIPRAVA MATERIALOV

3.1.4.1 RAZTOPINA

Raztopina je sestavljena iz ene vrste že navedenih vrst vod in natrijevega silikata, razen v peti epruveti, kjer je natrijev silikat nerazredčen, torej ni topila. Ker se je v predposkusih razmerje 2:1 obneslo, sem ga obdržal, saj je ob večji količini topil večji učinek, kot pa pri manjših odmerkih. Količina celotne raztopine je bila 30 ml. Torej 20 ml vode in 10 ml natrijevega silikata. Le v zadnji epruveti je 30 ml natrijevega silikata in 0 ml vode.

3.1.4.2 SKUPKI SULFATOV

Da bi bili podatki čim bolj natančni, sem določil pravilo, da morajo biti mase in razmerja snovi vedno enake. Zato sem tudi skupke poizkušal spraviti na enako maso. Na srečo so bili skupki vseh sulfatov dovolj trdi, da sem jih z elektronsko tehtnico in nožkom spravil na enako maso do ene decimalke grama natančno. To delo je zahtevalo veliko mero potrpljenja in natančnosti, a je bilo zaradi končnih rezultatov vredno.



Slika 13: Priprava skupkov - odmerjanje na enako maso [osebni arhiv]

3.1.4.3 PRVI POSKUS KRISTALIZACIJE

Prvi poskus kristalizacije z vsemi štirimi sulfati je bil še del predpriprav. Takrat nisem opravil nobene meritve časa, velikosti ali razvejanosti v času reakcije, ampak šele po 24 urah. Ugotovil sem tudi, da so skupki magnezijevega sulfata zelo krhki. Zato sem se odločil, da bom snovi odmeril pravo maso, jo dal na papirček in jo stresel v suho epruveto. Šele nato sem čez previdno zlil raztopino, da se prah magnezijevega sulfata ni dvignil proti gladini. Tako se je šele pri naslednji ponovitvi raziskovanje komaj začelo. Pravi poskus, ki je dal koristne podatke, je bil šele naslednji poskus, dokaj podoben poskusu pred njim.

	Cu	Fe	Al	Mg
Destilirana voda	59 mm	135 mm	75 mm	30 mm
Mineralna voda	112 mm	146 mm	112 mm	36 mm
Vodovodna voda	114 mm	140 mm	73 mm	60 mm
Slana voda	140 mm	101 mm	108 mm	75 mm
Brez vode	150 mm	95 mm	37 mm	>160 mm

Tabela 1: Višina najvišjega dela struktur v 24 urah

OPOMBA: Znak > pomeni, da bi struktura lahko zrasla še več, vendar je bila gladina prenizko in je začela rasti po gladini.



Slika 14: Merjenje mase magnezijevega sulfata [osebni arhiv]



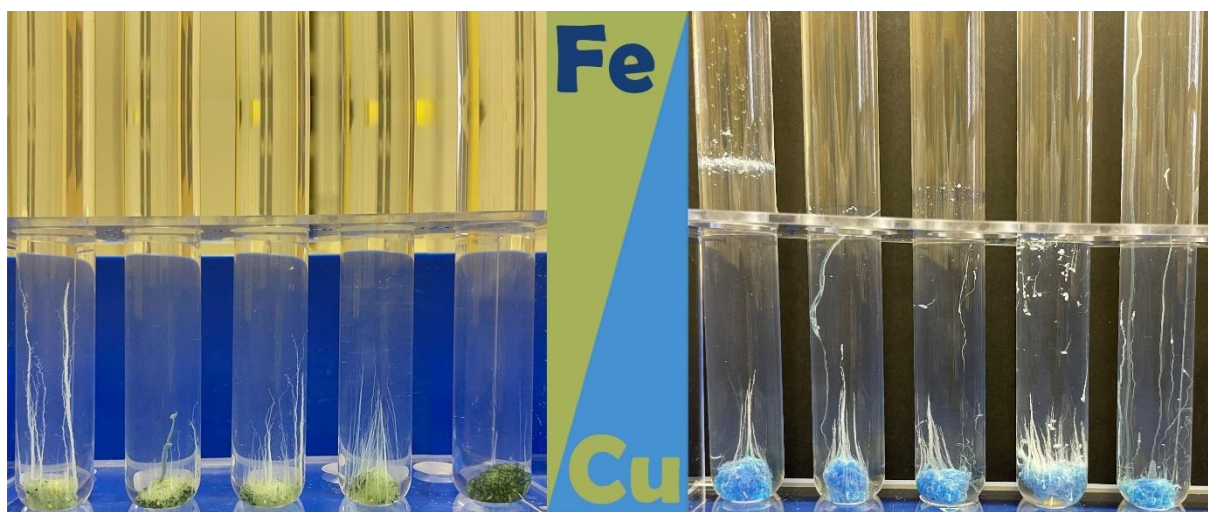
Slika 15: Sipanje magnezijevega sulfata v suhe epruvete [osebni arhiv]



Slika 16: Dodajanje raztopine čez prah magnezijevega sulfata [osebni arhiv]

3.1.4.4 DRUGI POSKUS KRISTALIZACIJE

V drugem poskusu kristalizacije sem prav tako uporabil vse štiri vrste sulfatov. Zelo natančno sem pripravil odmerke raztopin in skupke z enako maso. Skupke sem v epruvete vstavil istočasno. Višino najvišjih delov struktur sem izmeril po prvih 10 minutah in po 24 urah. Potek rasti sem tudi fotografiral, tako da sem primerjal pospešek in razvejanost rasti. Opazil sem, da so bile med epruvetami različnih vrst topil, pa vendar enakih sulfatov, velike razlike. Te razlike so bile malo manjše pri magnezijevem sulfatu in aluminijevem sulfatu. Zanimivo mi je bilo, da se na spremembo topila bakrov sulfat in železov sulfat odzoveta drugače. Skorajda zrcalno. Medtem ko modra galica najbolje uspeva v raztopini brez vode, torej s samim natrijevim silikatом, in najslabše v raztopini z destilirano vodo, železov sulfat najbolj uspeva prav v raztopini z destilirano vodo in obratno v samem natrijevem silikatu. Takšen vzorec se vedno ponovi v roku 10 minut ali morda kaj več, v roku 24 ur pa je situacija drugačna. Takrat v drugi epruveti doseže skupek vrhunec rasti, odvisno od sulfata. Zaradi teh ugotovitev sem se odločil, da naredim dodaten izbor reagentov, in sicer sem se osredotočil samo na bakrov sulfat pentahidrat in železov sulfat heptahidrat.



Slika 17: Primerjava rasti železovega sulfata in bakrovega sulfata [osebni arhiv]

	Cu	Fe	Al	Mg
Destilirana voda	24 mm	44 mm	43 mm	15 mm
Mineralna voda	30 mm	45 mm	39 mm	30 mm
Vodovodna voda	54 mm	46 mm	37 mm	42 mm
Slana voda	37 mm	40 mm	40 mm	44 mm
Brez vode	78 mm	0 mm	23 mm	60 mm

Tabela 2: Višina najvišjega dela struktur v 10 minutah

	Cu	Fe	Al	Mg
Destilirana voda	105 mm	105 mm	100 mm	39 mm
Mineralna voda	52 mm	90 mm	89 mm	35 mm
Vodovodna voda	60 mm	116 mm	93 mm	42 mm
Slana voda	64 mm	160 mm	96 mm	47 mm
Brez vode	100 mm	>160 mm	140 mm	102 mm

Tabela 3: Višina najvišjega dela struktur v 24 urah

OPOMBA: Znak > pomeni, da bi struktura lahko zrasla še več, vendar je bila gladina prenizko in je začela rasti po gladini.

3.1.4.5 TRETJI POSKUS KRISTALIZACIJE

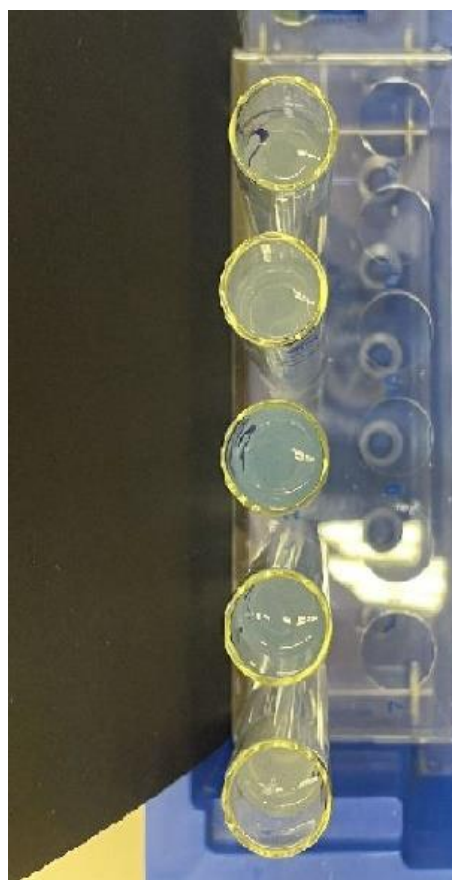
Tretji poskus delno izstopa od ostalih. Ne le, da je prvi, v katerem sem uporabil samo bakrov sulfat in železov sulfat, temveč je edini, pri katerem se v nekaterih primerih v prvih 10 minutah ni zgodilo prav nič. Tisti skupki, ki so takoj reagirali, so reagirali počasneje. Po 24 urah pa je bil rezultat podoben kot pri ostalih poskusih. Sklepam, da je do tega prišlo, ker je edina pomanjkljivost skupkov ta, da je lahko različno število zračnih žepov in zato natrijev silikat težje ali lažje prodre v notranjost skupka.

	Cu	Fe
Destilirana voda	0 mm	20 mm
Mineralna voda	0 mm	36 mm
Vodovodna voda	23 mm	45 mm
Slana voda	14 mm	54 mm
Brez vode	110 mm	0 mm

Tabela 4: Višina najvišjega dela struktur v 10 minutah

	Cu	Fe
Destilirana voda	32 mm	155 mm
Mineralna voda	20 mm	126 mm
Vodovodna voda	30 mm	155 mm
Slana voda	50 mm	105 mm
Brez vode	110 mm	104 mm

Tabela 5: Višina najvišjega dela struktur v 24 urah



Slika 18: Kristalizacija železovega sulfata

3.1.4.6 ČETRTI POSKUS

V četrtem poskusu kristalizacije sem še vedno stal za odločitvijo, da uporabim samo bakrov sulfat in železov sulfat. Rezultati so bili dokaj podobni drugim poskusom z izjemo tretjega. Prav tako sem meritve opravil po prvih 10 minutah in po 24 urah. Pri železovem sulfatu se v prvih 10 minutah ni zgodilo nič, vendar tudi pri drugih poskusih ni zrasel prav veliko ali pa zelo malo razvejano (običajno nekaj malih cevastih struktur ali pa ena večja tanka in edina).

	Cu	Fe
Destilirana voda	25 mm	42 mm
Mineralna voda	25 mm	40 mm
Vodovodna voda	21 mm	35 mm
Slana voda	50 mm	44 mm
Brez vode	36 mm	0 mm

Tabela 6: Višina največjega dela struktur v 10 minutah

	Cu	Fe
Destilirana voda	140 mm	85 mm
Mineralna voda	25 mm	68 mm
Vodovodna voda	92 mm	130 mm
Slana voda	70 mm	73 mm
Brez vode	63 mm	145 mm

Tabela 7: Višina največjega dela struktur v 24 urah

3.1.4.7 PETI POSKUS

V petem poskusu kristalizacije sem zopet uporabil samo bakrov sulfat in železov sulfat. Rezultati so bili primerljivi s prejšnjimi poskusi. Meritve se opravil v prvih 10 minutah in po 24 urah. Izstopal je le bakrov sulfat v samem natrijevem silikatu, kjer v prvih 10 minutah ni bilo vidne reakcije. Ker običajno bakrov sulfat v samem natrijevem silikatu hitro in močno reagira, predvidevam, da je tukaj zopet igrala vlogo vsebnost zračnih žepkov v skupku.

	Cu	Fe
Destilirana voda	59 mm	43 mm
Mineralna voda	33 mm	50 mm
Vodovodna voda	25 mm	46 mm
Slana voda	30 mm	42 mm
Brez vode	0 mm	30 mm

Tabela 8: Višina največjega dela struktur v 10 minutah

	Cu	Fe
Destilirana voda	110 mm	112 mm
Mineralna voda	112 mm	>160 mm
Vodovodna voda	26 mm	>160 mm
Slana voda	130 mm	>160 mm
Brez vode	17 mm	123 mm

Tabela 9: Višina najvišjega dela struktur v 24 urah

OPOMBA: Znak > pomeni, da bi struktura lahko zrasla še več, vendar je bila gladina prenizko in je začela rasti po gladini.

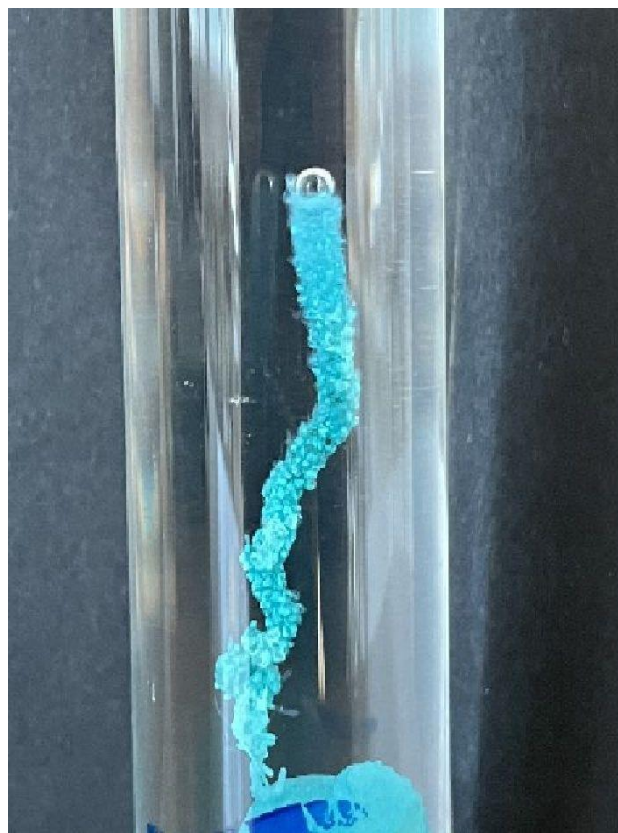
3.1.4.8 POVPREČJE za bakrov in železov sulfat

	Cu	Fe
Destilirana voda	27 mm	37,25 mm
Mineralna voda	22 mm	42,75 mm
Vodovodna voda	30,75 mm	43 mm
Slana voda	32,75 mm	45 mm
Brez vode	56 mm	7,5 mm

Tabela 10: Povprečje višine najvišjega dela struktur v 10 minutah

	Cu	Fe
Destilirana voda	89,2 mm	100,4 mm
Mineralna voda	64,2 mm	118 mm
Vodovodna voda	64,4 mm	140,2 mm
Slana voda	90,8 mm	119,8 mm
Brez vode	88 mm	125,4 mm

Tabela 11: Povprečje višine najvišjega dela struktur v 24 urah



Slika 19: Struktura bakrovega sulfata po nekaj urah (bakrov silikat) [osebni arhiv]

3.2 MIKROSKOPIRANJE KRISTALOV

Že ko sem bil otrok, mi je bil mikroskop nekaj zelo zanimivega. Nekaj, kar ti pokaže očem skrita čudesa. Pri desetem letu starosti sem se pošalil, da si bom za božič v pismo napisal kar mikroskop. Starša, ki pa sta me pri vsem vedno podpirala in spodbujala k učenju najrazličnejših znanj ter veščin, sta dejala, naj napišem in upam, da se želja uresniči. Res sem napisal mikroskop in na jutro 25. decembra me je pričakal velik paket. Odprl sem ga in znotraj je bil pravi mikroskop. Cele dneve sem ga preučeval in raziskoval drobcene slike. Ko sem bil malo starejši, sem začel uporabljati tudi računalniški program za izostritev in shranjevanje mikroskopskih slik. To mi je sedaj prišlo še kako prav, saj je mikroskop dovolj dober za podroben pregled preparatov rastlin, živali, bakterij in celo kristalov.

Ko sem končal in izmeril vse kristale, sem se odločil, da pogledam še njihovo strukturo. Pripravil sem prvi preparat in ga pogledal pod nekaj različnimi povečavami. Ker je izgledalo zanimivo, sem se odločil, da tudi to vključim v raziskovalni del. Mikroskop sem priključil na kamero in pripravil več preparatov. Mikroskopiranje je trajalo več ur. Pregledal sem vse različne vzorce kristalov in njihove slike shranil v program. Na podlagi njih sem dobil predstavo o tem, kako močni ali krhki, grčasti ali gladki, prozorni ali neprosojni in podobno so kristali.



Slika 20: Priprava preparata za mikroskopiranje kristalov [osebni arhiv]



Slika 21: Delovna površina z opremo za mikroskopiranje kristalov [osebni arhiv]



Slika 22: Epruvete s kristali za pripravo preparatov [osebni arhiv]



Slika 23: Mikroskopiranje kristalov [osebni arhiv]

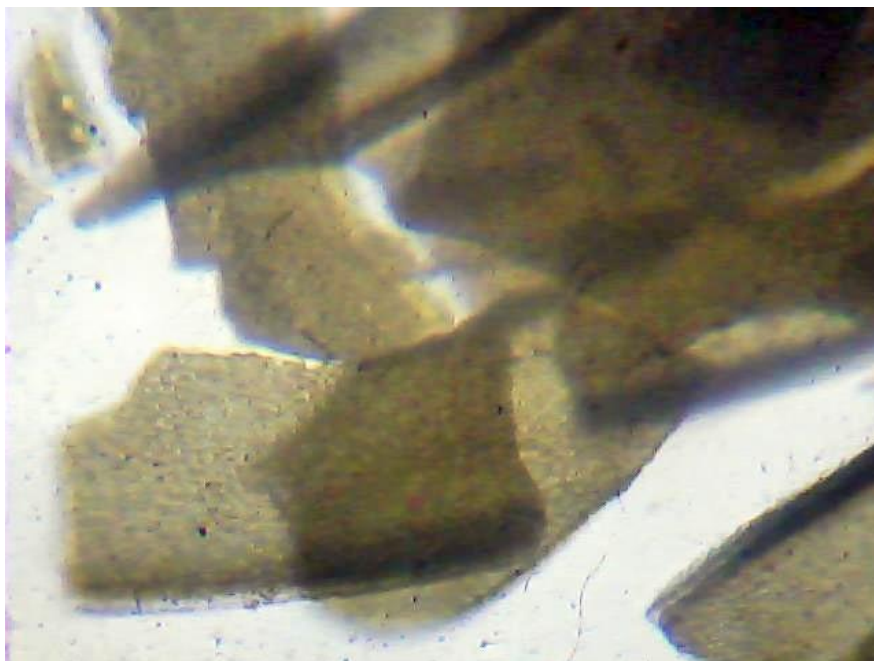


Slika 24: Moja oprema za mikroskopiranje [osebni arhiv]

Ob analiziranju slik sem ugotovil, da so različne raztopine močno vplivale na površinsko strukturo kristalov na mikroskopski ravni. Če za primer vzamemo kristal železovega sulfata, opazimo, kako je rast v samem natrijevem silikatu otežena glede na vodovodno vodo in so se cevaste strukture zgostile, odebelile in s tem močno ojačale. V vodovodni vodi je bilo tako malo dodatnih delcev, da je rast potekala lažje, vendar dovolj počasi, da so kristali postali dovolj trdni, se niso razdrobili ter postali prosojni.



Slika 25: Mikroskopska slika železovega silikata ustvarjenega v natrijevem silikatu [osebni arhiv]



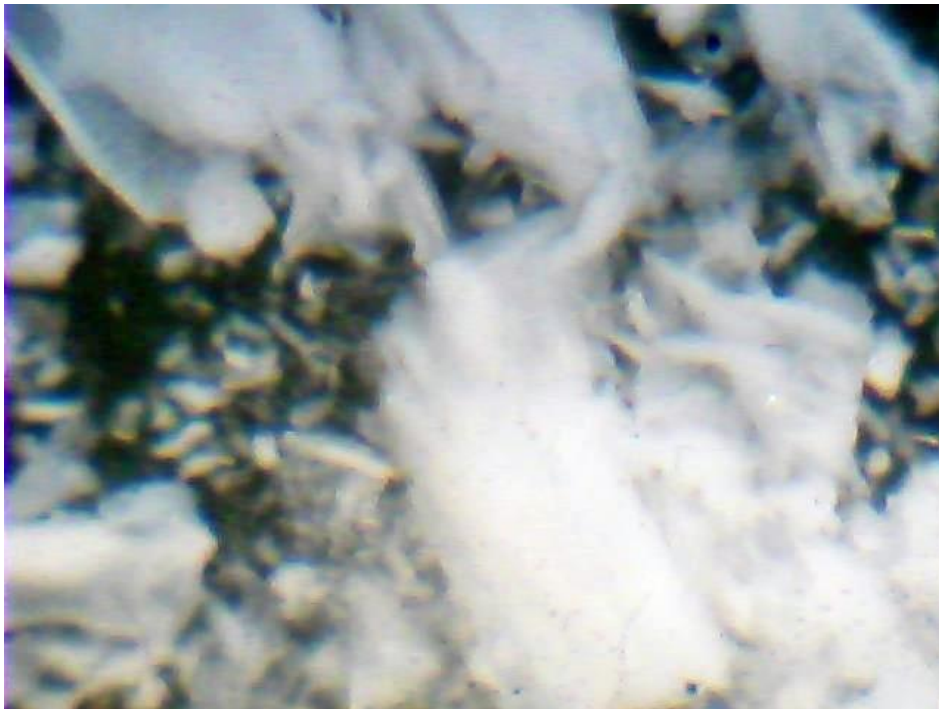
Slika 26: Mikroskopska slika železovega silikata, ustvarjenega v raztopini natrijevega silikata in vodovodne vode [osebni arhiv]

Železov silikat, ki je reagiral v raztopini natrijevega silikata in destilirane vode, je imel najmanj oteženo rast, saj je bila gostota raztopine najmanjša, cevaste strukture so se hitro bližale gladini in so zato manj goste oziroma ojačane. To sem ugotovil, ko sem pripravljajl preparate. Zelo težko sem pridobil vzorec, ne da bi ga zdrobil in uničil površino kristala. Vzorci so bili zelo prosojni, krhki in tanki.

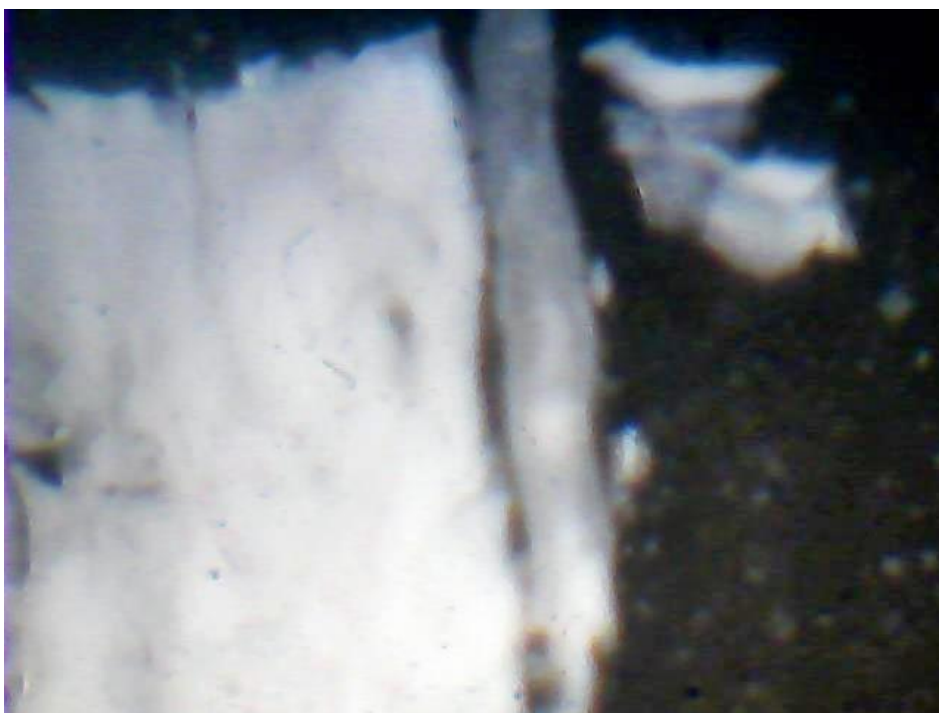


Slika 27: Mikroskopska slika železovega silikata, ustvarjenega v raztopini natrijevega silikata in destilirane vode [osebni arhiv]

Podobne ugotovitve so bile pri kristalih bakrovega sulfata. Morda je bilo malo manj opaznih razlik, saj so kristali bele in svetlo-modre barve in se ob luči mikroskopa sence na strukturi zabrišejo, sicer pa je struktura manj nagrbančena glede na železov silikat.



Slika 28: Mikroskopska slika bakrovega silikata, ustvarjenega v raztopini natrijevega silikata in mineralne vode [osebni arhiv]

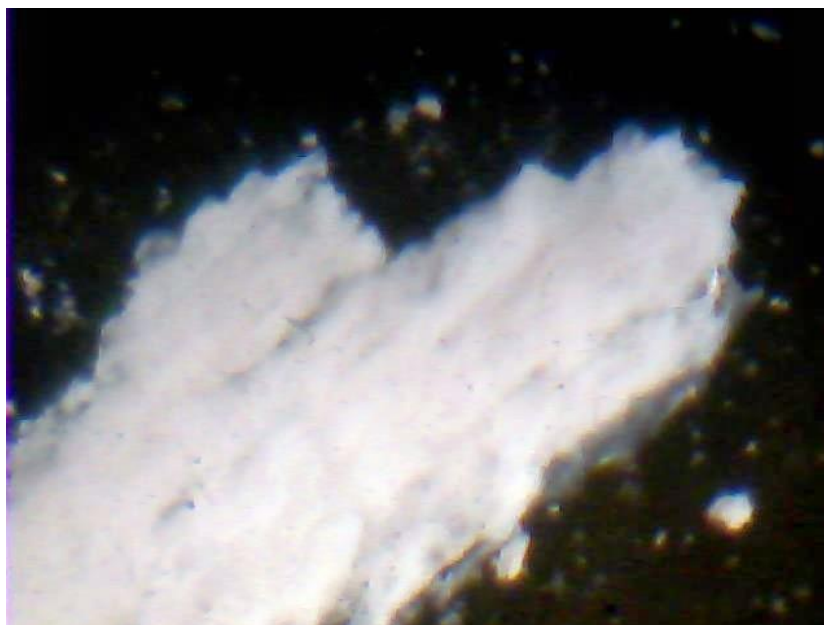


Slika 29: : Mikroskopska slika bakrovega silikata, ustvarjenega v raztopini natrijevega silikata in slane vode [osebni arhiv]



Slika 30: Mikroskopska slika bakrovega silikata, ustvarjenega v natrijevem silikatu [osebni arhiv]

Aluminijev silikat je podoben bakrovemu silikatu, le da je čisto bel.



Slika 31: Mikroskopska slika aluminijevega silikata, ustvarjenega v natrijevem silikatu [osebni arhiv]

Kristali magnezijevega sulfata – magnezijev silikat – imajo manj razgibano strukturo. Rast poteka v eno smer in tvori gladke linije. Kristali so v vseh raztopinah zelo malo prosojni.



Slika 32: Mikroskopska slika magnezijevega silikata, ustvarjenega v natrijevem silikatu [osebni arhiv]

3.3 POVZETEK DOBLJENIH IN ANALIZIRANIH REZULTATOV

Moja hipoteza je bila, da bodo dodatni delci ali sam natrijev silikat zaradi gostote ter drugih dejavnikov ovirali ali vsaj preoblikovali nastale kristale. Hipoteza je bila skoraj v celoti pravilna, vendar pa so bile izjeme. Delci raztopljene morske soli ali kalcija v nekaterih primerih niso ovirali rasti. Pri železovem sulfatu je večja količina mineralnih snovi pospešila celotno reakcijo. Zato so bile rekordne višine ravno pri vodovodni vodi, ponekod pa tudi pri mineralni. Kot že nekajkrat napisano, sem analiziral tudi razvejanost, vendar je nisem meril po določenih kriterijih ali uporabljal ustreznih enot, kot sem milimetre za višino. Opazil sem, da se v raztopinah z večjo gostoto kristali ne vzpenjajo tako hitro proti gladini, so pa zato strukture bolj trdne in razvejane. Rezultati same kristalizacije so bili primerljivi tudi z drugimi raziskavami v Sloveniji in tujini, kar potrjuje pravilno izvedbo. O samih topilih ni bilo toliko raziskav, vendar se s podatki drugih eksperimentov po svetu, dejstvi in kemijskimi ter fizikalnimi zakoni, rezultati in potrjene hipoteze ujemajo. Odgovor na zastavljeno vprašanje, kolikšen pomen oziroma vpliv ima topilo na reakcijo in produkt, je, da seveda velik. Tako ni

dvoma, da se tudi pri industriji, kmetijstvu in gospodinjstvu uporaba različnih topil vendarle nekje pozna.

3.4 ZAKLJUČEK

Raziskava je prinesla rezultate. O tem, kolikšen vpliv imajo topila, bi lahko bilo še več raziskav. Rezultati sicer niso prinesli podatkov, ki bi jih lahko uporabili tako rekoč že jutri. Ta raziskava in z njo pridobljeni podatki so dokazali, da prava izbira topil različnega tipa prinese določene razlike. Zdaj, ko je to potrjeno, pa je lahko ta raziskava vodilo za raziskavo prav vsakega proizvoda na tem svetu, saj kot napisano na začetku, na vsako reakcijo topila vplivajo drugače. Za primer so tukaj papirna industrija, živilska industrija, tekstilna industrija, priprava škropil ter gnojil v kmetijstvu in še mnogo drugih. Za še bolj natančne podatke bi moral opraviti več deset poskusov, tudi na drugih spojinah, vendar sem lahko na raziskovalno vprašanje odgovoril že z opravljenimi poskusi. Lahko bi bil še bolj natančen z enako vsebnostjo vlage v sulfatih, enako temperaturo prostora, pripomočkov in materialov, vendar mislim, da moramo biti bolj previdni ter kritični pri raziskavi vpliva topil na točno določeno reakcijo ali proizvod, kjer bo enako topilo vedno reagiralo enako. Pri meni je bila bistvena potrditev vplivov topil na reakcije povsod, kjer sem jim uporabil, kar hipoteze potrjuje. Čeprav nisem raziskoval vplivov na en proizvod in ga s tem želel izboljšati ali podrobneje raziskati, bomo morda večkrat pomislili, kdaj pri kuhi bomo uporabili slano vodo, ali res moramo uporabiti destilirano vodo za likalnik in ali je res v redu, da je vodovodna voda tista, ki nam pere obleke. Ne vem. To so vprašanja za druge raziskovalce.

ZAHVALA

Za pomoč pri raziskovalni nalogi se zahvaljujem mentorici Nevenki Tratar, ki mi je pomagala pri iskanju nekatere redke literature in izvajanju eksperimentov.

Zahvaljujem se Jasmini Kovačič za prevod povzetka in učiteljici Ljiljani Lopatić Legan za pregled besedila.

Vsem še enkrat najlepša hvala.

4 LITERATURA

SPLETNI VIRI:

- [1] Wikipedija. Dostopno na: [Wikipedija \(wikipedia.org\)](https://wikipedia.org) (26. 2. 2022)
- [2] Chemistry LibreTexts. Dostopno na: [Home - Chemistry LibreTexts](https://chem.libretexts.org) (26. 2. 2022)
- [3] ChemicalAid. Dostopno na: [Elements, Chemicals and Chemistry \(chemicalaid.com\)](https://chemicalaid.com) (27. 2. 2022)
- [4] Springer Metrials. Dostopno na: [Home - SpringerMaterials](https://springer.com) (28. 2. 2022)
- [5] Materials project. Dostopno na: [Materials Project](https://materialsproject.org) (28. 2. 2022)
- [6] Chemical equations. Dostopno na: [Chemical Equations online! \(chemequations.com\)](https://chemequations.com) (28. 2. 2022)
- [7] Merck. Dostopno na: [Merck - The Vibrant Science & Technology Company \(merckgroup.com\)](https://merckgroup.com) (28. 2. 2022)
- [8] Citeseerx. Dostopno na: [CiteSeerX \(psu.edu\)](https://citeseerx.ist.psu.edu) (28. 2. 2022)
- [9] Hidrografija. Dostopno na: [Domov - Hidrografija](https://hidrografija.si) (28. 2. 2022)
- [10] Table of solubility. Dostopno na: [Table of solubility \(periodic-table-of-elements.org\)](https://periodic-table-of-elements.org) (28. 2. 2022)
- [11] Radenska. Dostopno na: [Radenska ADRIATIC](https://radenska.si) (1. 3. 2022)
- [12] Analiza šolske vode. Osebni vir (2. 3. 2022)

IZJAVA*

Mentorica **Nevenka Tratar** v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom **Vpliv topila na rast kristalov v silikatnem vrtu**, katere avtor je **Gal Gros**:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, 10. 3. 2022



Podpis mentorice:

Nevenka Tratar

Podpis odgovorne osebe:

Jana Wetz,
ravnateljica