

ALI LAHKO JAJČNE LUPINE UPORABIMO KOT NARAVNI NEVTRALIZATOR KISLIH TAL?

Kemija ali kemijska tehnologija

Osnovna šola Frana Albrehta Kamnik
Šolska ulica 1
1241 Kamnik

Avtorici: Katja Perne, 9.a
Živa Šalamun Prešeren, 9.a
Mentorica: Polona Berlec

2026, Kamnik

KAZALO

ZAHVALA.....	4
POVZETEK.....	4
ABSTRACT.....	4
1. UVOD.....	5
1.1 CILJI NALOGE.....	5
1.2 HIPOTEZE.....	6
1.3 TEORETIČNI DEL.....	6
Kislina in baze:.....	6
Nevtralizacija:.....	6
Sestava jajčne lupine:.....	6
Okoljski pomen:.....	7
Vpliv pH tal na rast rastlin:.....	7
Vpliv jajčnih lupin na tla:.....	7
Primerjava apnenca in jajčnih lupin:.....	7
2. VSEBINSKI DEL.....	8
2.1 OPIS VZORCA RAZISKAVE.....	8
2.2 POTREBŠČINE ZA EKSPERIMENT.....	8
2.3 OPIS POSTOPKA EKSPERIMENTA.....	10
3. RAZPRAVA.....	11
3.1 RAZPRAVA HIPOTEZ.....	11
ZAKLJUČEK.....	15
DODATNE UGOTOVITVE.....	16
1. Pri reakciji med jajčnimi lupinami in kislino nastaja plin:.....	16
2. Jajčne lupine delujejo podobno kot apnenec.....	16
3. Jajčne lupine so primerne za dolgoročno izboljšanje pH tal.....	17

PREDLOGE ZA NADALJNE RAZISKAVE	18
SEZNAM LITERATURE	20
SEZNAM LITERATURE SLIK	20

KAZALO SLIK:

Slika 1: Pripomočki za poskus	9
Slika 2: Strte jajčne lupine	12
Slika 3: Posušene in oprane jajčne lupine	12
Slika 4: Merjenje pH klorovodikove kisline	13
Slika 5: Izmerjen pH klorovodikove kisline (pH je 1, kar pomeni kislo)	13
Slika 6: Merjenje pH po reakciji	13
Slika 7: Izmerjen pH po reakciji (pH se je nahajal med 6 in 7, to pomeni nevtrarno)	14
Slika 8: Primerjava grobih in drobnih jajčnih lupin	14
Slika 9: Začetek reakcije (opazimo penjenje)	16
Slika 10: Goreča trska je ugasnila. Nastal je ogljikov dioksid.	16

KAZALO TABEL:

Tabela 1: Pripomočki, kemikalije in varnostni ukrepi	9
Tabela 2: primerjava apnenca in kalcijevega karbonata iz jajčnih lupin	17
Tabela 3: lastnosti, pomen za pH in pojasnilo	18

ZAHVALA

Zahvaljujema se mentorici Poloni Berlec za vso strokovno pomoč, usmerjanje in spodbudo pri izdelavi raziskovalne naloge. Hvala tudi za vse poskuse, ki ste nam jih pomagali in omogočili izvesti. Zahvaljujema se tudi staršem, ki so nama pomagali pri zbiranju jajčnih lupin.

POVZETEK

V raziskovalni nalogi raziskujemo, ali lahko jajčne lupine uporabimo kot naravni nevtralizator kislih tal. Jajčne lupine so biološki odpadki, ki vsebuje veliko kalcijevega karbonata, za katerega je znano, da nevtralizira kisline. V teoretičnem delu sva predstavili lastnosti kislih tal, pH vrednost in kemijsko sestavo jajčnih lupin. V praktičnem delu sva s poskusi preverjali vpliv jajčnih lupin na pH vrednost tal in raztopin. Rezultati so pokazali, da jajčne lupine zvišujejo pH vrednost kislih tal, še posebej če so jajčne lupine fino zdrobljene. Ugotovili sva, da jajčne lupine lahko predstavljajo učinkovito in okolju prijazno alternativo kemičnim sredstvom za nevtralizacijo tal.

Ključne besede: jajčne lupine, pH, kislota, nevtralizacija, kalcijev karbonat

ABSTRACT

In this research paper, we investigate whether eggshells can be used as neutralizers of acidic soils. Eggshells are a biological waste material high in calcium carbonate content. When crushed and incorporated into the soil, they release calcium ions that raise the soil's pH level, making it more alkaline and suitable for various plants. In the theoretical part of the research, we examine the characteristics of acidic soils, the significance of pH values, and the chemical composition of eggshells. The practical part includes experiments designed to observe how eggshells influence the pH of acidic soil and various solutions. The results indicate that eggshells increase soil pH, with the effect being more pronounced when the shells are finely crushed. Based on these findings, we conclude that eggshells represent an effective and environmentally friendly alternative to conventional chemical soil neutralizers.

Keywords: eggshells, pH, acidic soil, neutralization, calcium carbonate

1. UVOD

Najin cilj je bil ugotoviti, ali lahko jajčne lupine uporabimo kot naravni nevtralizator kislil tal. Za to temo sva se odločili, ker sva v domačem okolju opazili, da nekatere rastline na vrtu slabše uspevajo, kar je pogosto povezano s kislimi tlemi. Ker jajčne lupine običajno zavržemo, sva se vprašali, ali bi jih lahko koristno uporabili za izboljšanje kakovosti tal. Ko sva izvedeli, da jajčne lupine vsebujejo kalcijev karbonat, snov, ki reagira s kisljinami, sva se odločili to preveriti z raziskovalno nalogo. Raziskava temelji na kemijskem načelu nevtralizacije, pri kateri kalcijev karbonat reagira s kisljinami. Namen naloge je preveriti, ali se jajčne lupine zaradi svoje kemijske sestave lahko obnašajo podobno kot druge snovi, ki se uporabljajo za nevtralizacijo kislil. Raziskovalna naloga je zasnovana kot eksperimentalna kemijska raziskava, pri kateri sva povezali teoretično znanje z laboratorijskim delom.

1.1 CILJI NALOGE

Cilj raziskovalne naloge je bil eksperimentalno preveriti kemijsko reakcijo med jajčnimi lupinami in klorovodikovo kislino ter ugotoviti, ali jajčne lupine zaradi vsebnosti kalcijevega karbonata lahko nevtralizirajo kislino.

Posamezni cilji naloge so bili:

- ugotoviti, ali jajčne lupine reagirajo s kislino in pri tem nevtralizirajo kislo okolje,
- dokazati nastanek ogljikovega dioksida pri reakciji med jajčnimi lupinami in kislino,
- spremljati spremembo pH vrednosti kisle raztopine pred in po dodatku jajčnih lupin,
- primerjati hitrost reakcije med grobo in fino zdrobljenimi jajčnimi lupinami,
- teoretsko primerjati delovanje jajčnih lupin in apnenca v kislil tleh,
- povezati rezultate eksperimenta s kemijskimi zakonitostmi o nevtralizaciji in hitrosti kemijskih reakcij.

Raziskovalna vprašanja:

- Ali jajčne lupine kemijsko reagirajo s kisljinami?
- Kako se spremeni pH-vrednost kisle raztopine po dodatku jajčnih lupin?
- Kako velik vpliv ima velikost delcev jajčnih lupin na hitrost reakcije?

- Ali so jajčne lupine primerljive z apnencem kot nevtralizatorjem kislil tal?

1.2 HIPOTEZE

- Hipoteza 1: Jajčne lupine zaradi vsebnosti kalcijevega karbonata nevtralizirajo kisline.
- Hipoteza 2: Po dodatku jajčnih lupin se pH kisle raztopine zviša.
- Hipoteza 3: Fino zdrobljene jajčne lupine s kislino reagirajo hitreje kot grobo zdrobljene.

1.3 TEORETIČNI DEL

Kisline in baze:

Kisline in baze so ene izmed temeljnih snovi v kemiji. Kisline so snovi, ki v vodni raztopini oddajajo vodikove ione (H^+), baze pa snovi, ki oddajajo hidroksidne ione (OH^-). Kislost oziroma bazičnost raztopine izražamo s pH lestvico, ki sega od 0 do 14.

Močne kisline, kot je klorovodikova kislina (HCl), popolnoma disociirajo v vodi, medtem ko šibke kisline, kot je očetna kislina v kisu, disociirajo le delno. Zaradi tega se njihovo obnašanje pri nevtralizaciji nekoliko razlikuje.

Nevtralizacija:

Nevtralizacija je kemijska reakcija med kislino in bazo, pri kateri nastaneta sol in voda. V primeru reakcije s karbonati se sprošča tudi ogljikov dioksid. Takšne reakcije so pomembne v industriji, laboratorijih, kmetijstvu (apnenje tal) in varstvu okolja (nevtralizacija kislil odpadnih vod).

Sestava jajčne lupine:

Jajčna lupina je v približno 95 % sestavljena iz kalcijevega karbonata ($CaCO_3$), preostanek pa predstavljajo organske snovi in sledovi drugih mineralov. Kalcijev karbonat je šibka baza, ki reagira s kisljinami in jih nevtralizira.

Reakcija kalcijevega karbonata s kislino: $CaCO_3 + 2H^+ \rightarrow Ca^{2+} + H_2O + CO_2$

Značilen znak reakcije je sproščanje mehurčkov ogljikovega dioksida, kar lahko opazimo tudi pri stiku jajčne lupine s kisom.

Okoljski pomen:

Uporaba jajčnih lupin za nevtralizacijo kislin ima tudi okoljski pomen. Zmanjšuje količino bioloških odpadkov ter ponuja cenovno ugodno alternativo industrijsko proizvedenim bazičnim snovem. Takšen pristop je skladen z načeli trajnostnega razvoja in krožnega gospodarstva.

Vpliv pH tal na rast rastlin:

pH tal močno vpliva na dostopnost hranil in delovanje mikroorganizmov, zato rastline najbolje uspevajo v rahlo kislih do nevtralnih tleh. Kadar je pH prenizek, se hranila izpirajo, zato je uravnavanje kislosti tal ključnega pomena za zdravo rast.

Vpliv jajčnih lupin na tla:

Ker jajčne lupine vsebujejo kalcijev karbonat, lahko delujejo kot naravno sredstvo za zmanjševanje kislosti tal. V primerjavi z industrijskim apnencem se jajčne lupine razgrajujejo počasneje, zato imajo bolj postopen in dolgotrajen učinek. To pomeni, da niso primerne za hitro dvigovanje pH, lahko pa dolgoročno izboljšujejo tla. Poleg kalcija, jajčne lupine vsebujejo tudi druge vire hranil: magnezij, fosfor in kalij. Čeprav so te količine majhne, lahko učinkovito prispevajo k izboljšanju rodovitnosti tal. Zdrobljene lupine izboljšajo tudi zračnost tal in pomagajo pri zadrževanju vlage v peščenih tleh. Organski del lupine služi kot hrana mikroorganizmom, kar pospešuje humifikacijo in izboljšuje biološko aktivnost tal.

Primerjava apnenca in jajčnih lupin:

Apnenec je industrijsko predelan, enakomerno zmlet in hitro delujoč vir kalcijevega karbonata, zato zanesljivo in predvidljivo dviguje pH tal na večjih površinah. Jajčne lupine pa vsebujejo isti mineral, vendar se razgrajujejo počasneje in so zato primernejše kot naravna, trajnostna rešitev predvsem v vrtičkarstvu in na manjših površinah.

Merjenje pH s pH lističi:

pH lističi vsebujejo indikatorje, ki ob stiku z raztopino spremenijo barvo glede na koncentracijo vodikovih ionov. Barvo primerjamo z referenčno barvno lestvico, kar omogoča približno določitev pH-vrednosti. Metoda je primerna za šolske in demonstracijske eksperimente, kjer zadostuje orientacijska določitev kislosti raztopine.

2. VSEBINSKI DEL

2.1 OPIS VZORCA RAZISKAVE

Vzorec raziskave je bil eksperimentalni. Kot preiskovana snov so bile uporabljene jajčne lupine, ki vsebujejo kalcijev karbonat (CaCO_3). Jajčne lupine so bile zbrane iz domačih odpadkov ter iz šolske kuhinje, pred uporabo oprane z vodo, posušene pri sobni temperaturi in mehansko zdrobljene v terilnici.

Za namen primerjave hitrosti reakcije so bile jajčne lupine razdeljene v dva vzorca glede na velikost delcev: grobo zdrobljene lupine in fino zdrobljene lupine. Masa jajčnih lupin je bila pri vseh poskusih enaka (8g), kar je omogočilo primerljivost rezultatov.

2.2 POTREBŠČINE ZA EKSPERIMENT

Skupina	Naziv	Namen uporabe	Varnostni ukrepi
Pripomočki	Čaša (250–500 mL)	Priprava in mešanje raztopine kisline	Previdno ravnanje s steklovino
	Erlenmajerica	Izvajanje reakcije med kislino in jajčnimi lupinami	Posode med reakcijo ne zapiramo
	Merilni valj	Odmerjanje tekočin	Stabilna postavitve na delovno površino
	Terilnica in pestilo	Drobljenje jajčnih lupin	Previdno drobljenje
	Spatula	Prenos trdnih snovi	Uporaba zaščitnih rokavic
	Kapalka	Po potrebi dodajanje tekočin	Preprečiti stik s kožo

	Tehtnica	Merjenje mase jajčnih lupin	Suha in čista tehtnica
	Ura ali štoparica	Merjenje časa reakcije	Brez posebnih tveganj
Kemikalije	Klorovodikova kislina (HCl, 0,5M; razredčena)	Model kislega okolja	Jedka in dražilna – zaščitna očala in rokavice
Merilni pripomočki	pH lističi	Določanje pH raztopine pred in po reakciji	Ne dotikati z mokrimi rokami
Preiskovani material	Jajčne lupine (CaCO ₃)	Nevtralizacija kisline	Brez posebnih nevarnosti
Varnost	Zaščitna očala	Zaščita oči	Obvezna uporaba
	Zaščitne rokavice	Zaščita kože	Obvezna uporaba
	Laboratorijski plašč	Zaščita oblačil	Obvezna uporaba

Tabela 1: Pripomočki, kemikalije in varnostni ukrepi

SLIKE:



Slika 1: Pripomočki za poskus

Varnost pri delu:

Pri delu s klorovodikovo kislino sva uporabljali zaščitna očala in rokavice. Kislino sva vedno dodajali previdno in v majhnih količinah. Po končanem eksperimentu sva delovno površino očistili in si umili roke.

2.3 OPIS POSTOPKA EKSPERIMENTA

Eksperiment je bil izveden v šolskem laboratoriju. Namen eksperimenta je bil preveriti reakcijo med jajčnimi lupinami in kislno raztopino ter spremljati spremembe pH in hitrost reakcije.

Spremenljivke v eksperimentu:

- Neodvisna spremenljivka: količina jajčnih lupin
- Odvisna spremenljivka: pH-vrednost raztopine
- Nadzorovane spremenljivke: koncentracija kisline, penjenje (bolj ali manj močno), čas reakcije, grobo ali fino strte jajčne lupine

2.3.1. Priprava jajčnih lupin:

Odpadne jajčne lupine sva najprej temeljito sprali z vodo, da sva odstranili ostanke beljaka in rumenjaka. Nato sva jih pustili, da so se popolnoma posušile na zraku. Posušene lupine sva zdrobili v terilnici. Del lupin sva zdrobili bolj grobo, del pa fino, saj sva želeli preveriti vpliv velikosti delcev na hitrost kemijske reakcije. Za vsak poskus sva odtehtali enako maso jajčnih lupin (8g).

2.3.2. Priprava kisle raztopine

V čašo sva nalili 50 ml 0,5-molarne raztopine klorovodikove kisline. Začetni pH raztopine sva določili s pH lističi, ki so pokazali močno kislno okolje. Ta začetna meritev je služila kot izhodišče za primerjavo sprememb pH po poteku reakcije.

2.3.3. Dodajanje jajčnih lupin v kislno raztopino:

V pripravljeno kislno raztopino sva dodali zdrobljene jajčne lupine. Takoj po dodatku se je začela kemijska reakcija, kar sva opazili po nastajanju mehurčkov na površini lupin. Reakcija je potekala z različno hitrostjo glede na velikost delcev jajčnih lupin, kar sva sproti opazovali in primerjali.

2.3.4. Opazovanje poteka reakcije:

Med reakcijo sva spremljali intenzivnost penjenja ter čas trajanja reakcije. Posebej sva bili pozorni na razlike med fino in grobo zdrobljenimi lupinami, saj drobnejši delci zaradi večje površine omogočajo hitrejši potek reakcije.

2.3.5. Dokazovanje nastanka ogljikovega dioksida:

Plin, ki se je sproščal med reakcijo, sva dokazali z gorečo palčko. Ko sva palčko približali odprtini posode, je plamen ugasnil, kar potrjuje prisotnost ogljikovega dioksida, saj ta plin ne podpira gorenja.

2.3.6. Merjenje pH po reakciji:

Po končanem poteku reakcije sva ponovno izmerili pH raztopine s pH lističi. Primerjava začetne in končne pH vrednosti je pokazala zvišanje pH, kar pomeni, da je prišlo do delne ali popolne nevtralizacije kisline.

2.3.7. Primerjava in zapis rezultatov:

Rezultate sva zapisali v pregledno tabelo ter jih primerjali med posameznimi poskusi. Na podlagi opazovanj sva lahko sklepali o učinkovitosti jajčnih lupin pri nevtralizaciji kisline ter o vplivu velikosti delcev na hitrost kemijske reakcije.

3. RAZPRAVA

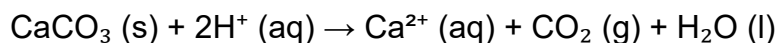
3.1 RAZPRAVA HIPOTEZ

Hipoteza 1: Jajčne lupine zaradi vsebnosti kalcijevega karbonata nevtralizirajo kisline.

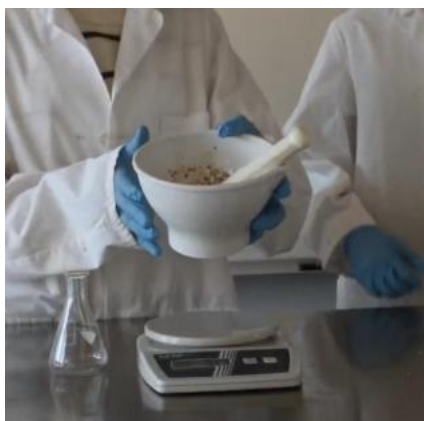
Hipoteza je potrjena.

Utemeljitev:

Jajčne lupine vsebujejo velik delež kalcijevega karbonata (CaCO_3), ki je šibka baza. Med poskusom je ob dodajanju mletih jajčnih lupin v kislno raztopino prišlo do značilne kemijske reakcije med kalcijevim karbonatom in vodikovimi ioni (H^+). Reakcija je potekala po enačbi:



Ker se vodikovi ioni, ki so odgovorni za kislost raztopine, porabljajo, se kislost zmanjša. Penjenje in sprememba barve pH lističa dokazujeta, da je prišlo do nevtralizacije. Na podlagi tega lahko zaključimo, da jajčne lupine učinkovito nevtralizirajo kisline.



Slika 2: Strte jajčne lupine



Slika 3: Posušene in oprane jajčne lupine

Hipoteza 2: Po dodatku jajčnih lupin se pH kisle raztopine zviša.

Hipoteza je potrjena.

Utemeljitev:

Začetni pH raztopine klorovodikove kisline je bil okoli 1, kar pomeni močno kislo okolje.

Po dodajanju jajčnih lupin in zaključeni reakciji se je barva pH lističa spremenila proti odtenkom, ki ustrezajo pH vrednosti med 6 in 7.

Zvišanje pH je neposredna posledica porabe vodikovih ionov pri nevtralizaciji. Ker se pH po reakciji približa nevtralni vrednosti, lahko z gotovostjo potrdimo, da jajčne lupine zvišujejo pH kisle raztopine.



Slika 4: Merjenje pH klorovodikove kisline



Slika 5: Izmerjen pH klorovodikove kisline (pH je 1, kar pomeni kisló)



Slika 6: Merjenje pH po reakciji



Slika 7: Izmerjen pH po reakciji (pH se je nahajal med 6 in 7, to pomeni nevtralno)

Hipoteza 3: Fino zdrobljene jajčne lupine reagirajo hitreje kot grobo zdrobljene.

Hipoteza je potrjena.

Utemeljitev:

Pri primerjavi grobo in fino zdrobljenih jajčnih lupin sva opazili, da je bila reakcija pri finem prahu intenzivnejša in hitrejša. Pri finih delcih je bilo sproščanje mehurčkov bolj burno in se je pričelo takoj po dodatku v raztopino.

To lahko razložimo z večjo površino delcev: manjši delci imajo večjo skupno površino, kar omogoča boljši stik med kalcijevim karbonatom in kislino. Posledično reakcija poteka hitreje. Opazovanja so skladna s kemijsko teorijo o vplivu velikosti delcev na hitrost reakcije, zato je hipoteza potrjena.



Slika 8: Primerjava grobih in drobnih jajčnih lupin

ZAKLJUČEK

V raziskovalni nalogi sva preučevali kemijsko reakcijo med jajčnimi lupinami in kislino ter preverjali njihovo učinkovitost pri nevtralizaciji kislega okolja. Izhajali sva iz dejstva, da jajčne lupine vsebujejo kalcijev karbonat, snov z bazičnimi lastnostmi, ki je znana po reakciji s kisljinami. Z izvedenim eksperimentom sva dokazali, da jajčne lupine reagirajo s klorovodikovo kislino, pri čemer nastaja ogljikov dioksid, kar potrjuje potek nevtralizacije. Spremljanje pH-vrednosti je pokazalo, da se po dodatku jajčnih lupin kislost raztopine zmanjša in pH se približa nevtralnim vrednostim. S tem sva potrdili, da jajčne lupine zaradi vsebnosti kalcijevega karbonata učinkovito nevtralizirajo kisline.

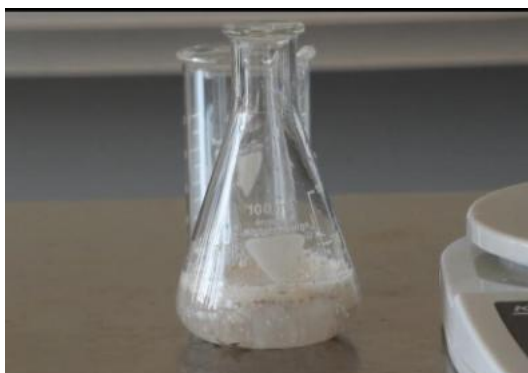
Primerjava fino in grobo zdrobljenih jajčnih lupin je pokazala, da velikost delcev pomembno vpliva na hitrost kemijske reakcije. Fino zdrobljene lupine imajo večjo specifično površino, kar omogoča hitrejši stik s kislino in posledično hitrejši potek reakcije. Ta ugotovitev je skladna s kemijskimi zakonitostmi o vplivu fizikalnih lastnosti snovi na hitrost reakcij. V teoretičnem delu sva primerjali jajčne lupine z apnencem in ugotovili, da sta snovi kemijsko enakovredni, saj obe temeljita na kalcijevem karbonatu in reagirata s kisljinami po enaki kemijski enačbi. Razlike v delovanju izhajajo predvsem iz fizikalnih lastnosti, kot so velikost delcev in specifična površina, ne pa iz kemijske sestave. Zaradi nizke topnosti kalcijevega karbonata in velikosti delcev nevtralizacija ne poteka nenadno, temveč s časom. Poskus je pokazal, da so jajčne lupine zaradi svoje sestave sposobne učinkovito reagirati s kisljinami, pri čemer velikost delcev pomembno vpliva na hitrost reakcije. Ugotovitve so skladne s kemijskimi zakonitostmi in potrjujejo, da jajčne lupine delujejo kot primeren nevtralizator kisljin.

DODATNE UGOTOVITVE

Med raziskovanjem sva ugotovili tudi sledeče:

1. Pri reakciji med jajčnimi lupinami in kislino nastaja plin:

Med poskusom so se ob dodajanju jajčnih lupin v kislino raztopino pojavili mehurčki, kar je značilno za nastanek plina. Nastanek ogljikovega dioksida sva dodatno dokazali z uporabo goreče palčke, ki je ob prisotnosti ogljikovega dioksida ugasnila. Ker ogljikov dioksid ne podpira gorenja, je to zanesljiv dokaz njegove prisotnosti. Opazovanja so skladna s teoretičnimi pričakovanji, saj je nastanek CO_2 značilen produkt reakcije med kalcijevim karbonatom in kislino.



Slika 9: Začetek reakcije (opazimo penjenje)



Slika 10: Goreča trska je ugasnila. Nastal je ogljikov dioksid.

2. Jajčne lupine delujejo podobno kot apnenec.

Jajčne lupine in apnenec imata enako glavno kemijsko sestavino – kalcijev karbonat (CaCO_3). Zaradi enake sestave oba reagirata s kislino po isti kemijski reakciji, pri kateri nastanejo kalcijevi ioni, ogljikov dioksid in voda.

Razlike v delovanju niso posledica kemijske sestave, temveč fizikalnih lastnosti snovi, predvsem velikosti delcev in specifične površine. Apnenec, ki se uporablja v kmetijstvu, je fino mlet, kar poveča hitrost reakcije. Jajčne lupine pa so običajno grobe, zato reakcija poteka počasneje. Z vidika kemije lahko zaključimo, da jajčne lupine delujejo enako kot apnenec, razlike pa so zgolj v kinetiki reakcije, ne pa v sami kemijski naravi snovi.

LASTNOST	APNENEC	KALCIJEV KARBONAT IZ JAJČNIH LUPIN
Kemijska sestava	Kalcijev karbonat (CaCO_3)	Kalcijev karbonat (CaCO_3)
Izvor snovi	Naravna kamnina	Biološki material (živalski izvor)
Kemijska formula	CaCO_3	CaCO_3
Reakcija s kislinami	Reagira z razredčenimi kislinami	Reagira z razredčenimi kislinami
Kemijska reakcija	$\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Nastanek CO_2	Da	Da
Topnost v vodi	Sabo topen v vodi.	Slabo topen v vodi.
Hitrost reakcije	Hitrejša (zaradi fine mletosti).	Počasnejša (odvisna od velikosti delcev).
Velikost delcev	Industrijsko zelo drobni delci.	Neenakomerno veliki (včasih večji, manjši).
Specifična površina	Velika.	Majhna (razen če so zelo fino zdrobljene)
Kemijsko delovanje	Nevtralizacija kislin.	Nevtralizacija kislin.

Tabela 2: primerjava apnenca in kalcijevega karbonata iz jajčnih lupin

3. Jajčne lupine so primerne za dolgoročno izboljšanje pH tal.

Kalcijev karbonat je slabo topna snov, zato njegova reakcija s kislinami poteka postopno. Ta lastnost povzroči počasno sproščanje kalcijevih ionov in postopno porabo vodikovih ionov. Z vidika kemije to pomeni, da jajčne lupine ne povzročijo hitre nevtralizacije, temveč dolgotrajno delovanje. Ta pojav je posledica nizke topnosti CaCO_3 in velikosti delcev, ne pa zunanjih dejavnikov.

LASTNOST	POMEN ZA pH	POJASNILO
Topnost CaCO_3 v vodi	Nizka	CaCO_3 se raztaplja počasi

Hitrost reakcije s kislino	Počasna	Omogoča postopno nevtralizacijo
Velikost delcev	Pomembna	Manjši delci → hitrejše delovanje
Kemijska stabilnost	Visoka	Ne reagira nenadno
Poraba H ⁺ ionov	Postopna	pH se zvišuje postopno.

Tabela 3: lastnosti, pomen za pH in pojasnilo

4. Jajčne lupine so bolj primerne za domač vrt kot za intenzivno kmetijstvo.

Z vidika kemije se učinkovitost nevtralizacije kislin ne razlikuje glede na velikost površine, temveč glede na količino in lastnosti kalcijevega karbonata. Kemijska reakcija poteka enako ne glede na okolje. V nalogi je zato obravnavana zgolj kot dodatna ugotovitev, ne kot kemijska hipoteza. Sklepava, da uporaba jajčnih lupin za nevtralizacijo kislin bolj primerna za manjše vrtove, saj je to naravni postopek in traja več časa.

PREDLOGE ZA NADALJNE RAZISKAVE

Na podlagi opravljenih poskusov bi lahko raziskavo nadaljevali v večjih smereh.

V prihodnje bi lahko podrobneje raziskali vpliv jajčnih lupin na različne vrste tal, na primer peščena, ilovnata in humusna tla, saj se lahko učinkovitost nevtralizacije razlikuje glede na sestavo tal. Posebno zanimivo bi bilo dolgoročno spremljanje sprememb pH-vrednosti tal skozi daljše časovno obdobje, da bi ugotovili, kako trajen je učinek jajčnih lupin v primerjavi z industrijskim apnencem.

Prav tako bi bilo zanimivo primerjati vpliv jajčnih lupin z drugimi naravnimi materiali, ki vsebujejo kalcijev karbonat ali druge bazične snovi, na primer školjčnimi lupinami ali kredo. Takšna primerjava bi omogočila boljši vpogled v učinkovitost različnih naravnih nevtralizatorjev.

Raziskavo bi bilo mogoče povezati tudi z biologijo, tako da bi opazovali rast rastlin v tleh, obdelanih z jajčnimi lupinami, in primerjali njihovo rast z rastlinami v neobdelanih tleh. Na ta način bi lahko neposredno preverili praktični vpliv jajčnih lupin na rast in razvoj rastlin.

Za še bolj poglobljeno raziskavo bi lahko vključili analizo kemijske sestave tal pred in po dodatku jajčnih lupin ter spremljali spremembe v vsebnosti kalcija in drugih mineralov. S tem bi dobili celovitejšo sliko vpliva jajčnih lupin na kakovost tal.

SEZNAM LITERATURE

- Šolski center Velenje. (2020). *Kislina in baze – učni list*.
- Razlagamo.si. (2021). *Kislina in baze*.
- Razlagamo.si. (2021). *Nevtralizacija*.
- Kemija v šoli. (2019). *Indikatorji in pH lestvica*.
- Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo UL. (2019). *Osnove kemije – skripta*.
- Gorjanc, S., & Kralj, D. (2014). *Laboratorijske vaje iz kemije*. UL FKKT.
- Kocjančič, B., & Bohanec, B. (2011). *Kemija v vsakdanjem življenju*. DZS.
- Logar, R., & Kocjančič, B. (2018). *Biokemija za srednje šole*. DZS.
- Smole, M., & Vrtačnik, M. (2006). *Kemija: Snov in spremembe*. DZS.
- Vrtačnik, M., & Smole, M. (2007). *Kemija: Zgradba snovi*. DZS.

SEZNAM LITERATURE SLIK

- Slika 1: Lastna fotogalerija
- Slika 2: Lastna fotogalerija
- Slika 3: Lastna fotogalerija
- Slika 4: Lastna fotogalerija
- Slika 5: Lastna fotogalerija
- Slika 6: Lastna fotogalerija
- Slika 7: Lastna fotogalerija
- Slika 8: Lastna fotogalerija
- Slika 9: Lastna fotogalerija
- Slika 10: Lastna fotogalerija

Priloga:

IZJAVA

Izjavljamo, da smo pri pripravi raziskovalne naloge upoštevali etična načela in smernice v skladu z veljavnimi pravnimi akti raziskovalnega področja.

Podpisani:

Avtorici: Katja Perne in Živa Šalamun Prešeren

Handwritten signatures of Katja and Živa in black ink.

Mentorica: Polona Berlec

Handwritten signature of Polona Berlec in black ink.