

ODDAJANJE TOPLOTE SKOZI TELESNE IZRASTKE

Področje: BIOLOGIJA



Avtorica:
Iza Agrež Lavrinc, 8. b

Mentorica:
Marjeta Gradišnik Mirt,
predmetna učiteljica

Mestna občina Celje, Mladi za Celje

Celje, marec 2025

Osnovna šola Ljubečna

ODDAJANJE TOPLOTE SKOZI TELESNE IZRASTKE

Področje: BIOLOGIJA

Avtorica:
Iza Agrež Lavrinc, 8. b

Mentorica:
Marjeta Gradišnik Mirt,
predmetna učiteljica

Jezikovni pregled:
Damjana Hrovat, prof.
slovenščine

Mestna občina Celje, Mladi za Celje
Celje, marec 2025

Vsebina

SEZNAM SLIK, TABEL IN GRAFOV	3
POVZETEK	4
1 UVOD	5
1.1 NAMEN NALOGE	5
1.2 HIPOTEZE	5
1.3 METODOLOGIJA DELA	6
2 TEORETIČNE OSNOVE	7
2.1 BIOMI NA ZEMLJI	7
2.2 PRILAGODITVE ŽIVALI NA RAZLIČNE ŽIVLJENJSKE POGOJE	8
2.3 KAKO NEKATERE ŽIVALI VZDRŽUJEJO TELESNO TEMPERATURO V RAZLIČNIH OKOLJIH	9
2.4 ALLENOVO PRAVILO	10
2.5 ZAKONITOSTI TOPLOTNEGA TOKA	11
3 OPIS EKSPERIMENTALNEGA DELA	12
4 REZULTATI EKSPERIMENTALNEGA DELA	15
4.1 OHLAJANJE KROMPIRJA BREZ BAKRENIH PLOŠČIC	15
4.2 OHLAJANJE KROMPIRJA Z DVEMA DALJŠIMA BAKRENIMA PLOŠČICAMA	16
4.3 OHLAJANJE KROMPIRJA Z DVEMA KRAJŠIMA BAKRENIMA PLOŠČICAMA	17
4.4 PRIMERJAVA POVPREČNIH TEMPERATUR KROMPIRJA GLEDE NA DOLŽINO BAKRENIH PLOŠČIC	18
5 RAZPRAVA	22
5.1 POTRDITEV HIPOTEZ	25
6 ZAKLJUČEK	26
VIRI	27

SEZNAM SLIK, TABEL IN GRAFOV

Slika 1: Dolžina uhljev pri polarni in rdeči lisici ter feneku	10
Slika 2: Termografski posnetek psa	11
Slika 3: Meritve smo izvajali v okviru RaP Širim znanje in tekmujem – biologija.	12
Slika 4: Bakrene ploščice	12
Slika 5: Modelni poskus	13
Tabela 1: Teže gomoljev krompirja.....	13
Tabela 2: Ohlajanje krompirja brez dodanih bakrenih ploščic (kontrolni poskus)	15
Tabela 3: Ohlajanje krompirja z dvema daljšima bakrenima ploščicama.....	16
Tabela 4: Ohlajanje krompirja z dvema krajšima bakrenima ploščicama	17
Tabela 5: Povprečna temperatura (°C) krompirjev z daljšimi in krajšimi bakrenimi ploščicami v primerjavi s kontrolnim poskusom.....	18
Tabela 6: Temperaturne razlike pri ohlajanju krompirja brez in z različno dolgimi bakrenimi ploščicami.....	21
Graf 1: Spreminjanje temperature krompirja v 30-minutnih meritvah (°C)	19
Graf 2: Primerjava začetne in končne povprečne temperature krompirja (°C)	20
Graf 3: Razlika v temperaturi krompirja med ohlajanjem (°C).....	20
Graf 4: Temperaturne razlike med dvema meritvama temperature.....	22

POVZETEK

S pomočjo modelnega poskusa smo raziskovali, kako dolžina telesnih izrastkov živali, npr. uhljev, vpliva na oddajanje toplote v okolje. V modelnem poskusu je kuhan krompir predstavljal žival. Imeli smo tri kuhane krompirje, v prvem je bil le termometer, v drugem termometer in dve krajši bakreni ploščici, v tretjem pa termometer in dve daljši bakreni ploščici. Bakreni ploščici sta predstavljali ušesa živali. Imeli smo pet ponovitev poskusov, pri katerih smo 30 minut merili temperaturo krompirjev med ohlajanjem. Kuhan krompir je imel na začetku meritev 80 °C. Podatke smo zajemali na vsaki dve minuti. Domnevali smo, da se bo krompir s pomočjo bakrenih ploščic hitreje ohlajal kot krompir brez njih, kar smo z meritvami tudi potrdili. Najhitreje se je ohlajal krompir z dolgimi bakrenimi ploščicami. Iz poskusa smo potegnili vzporednice z živalmi, npr. sorodni sesalci imajo na severu krajša ušesa, da skozi njih ne izgubljajo toliko toplote, med tem ko imajo njihovi sorodniki v vroči puščavi daljša ušesa in druge telesne izrastke. V teoretičnem delu smo ugotovili, da je to eno od ekogeografskih pravil, ki opredeljuje odvisnost med podnebjem ter morfološki in fiziološki lastnostmi živalskih organizmov. Imenuje se Allenovo pravilo.

Ključne besede: modelni poskus, Allenovo pravilo, merjenje temperature

With the help of a model experiment, we investigated how the length of animal body protrusions, such as ears, affects heat dissipation into the environment. In the model experiment, the animal was presented by a boiled potato. We had three boiled potatoes: in the first one, there was only a thermometer, in the second one, there was a thermometer and two shorter copper plates, and in the third one, there was a thermometer and two longer copper plates. The copper plates represented the animals' ears. We had five repetitions of the experiment, during which we measured the temperature of the potatoes for 30 minutes while cooling down. At the beginning of the measurements, the temperature of the boiled potatoes was 80°C. Our data were collected every two minutes. We assumed that the potato with copper plates would cool down faster than the potato without them, which our measurements confirmed. The potato with the longer copper plates cooled down the fastest. The experiment helped us to draw parallels with animals; for example, related mammals in northern regions have shorter ears to reduce heat loss, while their relatives in hot deserts have longer ears and other body protrusions. In the theoretical part, we concluded that this is one of the ecogeographical rules that defines the relationship between the climate and the morphological and physiological characteristics of animal organisms. It is called Allen's rule.

Key terms: model experiment, Allen's rule, temperature measurement

1 UVOD

Na začetku šolskega leta sem se v okviru razširjenega programa (RaP) odločila, da bom poglobljala znanje iz biologije v okviru programa z naslovom Širim znanje in tekmujem. Prvi del našega programa je bila priprava na tekmovanje iz biologije. Ker se to tekmovanje zaključi že na začetku decembra, smo se odločili, da se bomo v nadaljevanju programa podrobneje seznanili z raziskovalnim delom, ki temelji na bioloških eksperimentih.

1.1 NAMEN NALOGE

Biosfero našega planeta sestavljajo različni biomi. Pri biologiji smo se naučili, da je biom najširša naravna skupnost živih bitij, ki je nastala pod vplivom okolja, zlasti tal in podnebja. Vsak biom sestavljajo različni ekosistemi z značilnimi življenjskimi pogoji, na katere so se živa bitja tekom evolucije prilagajala z namenom ohranjanja vrste.

Živa bitja so se prilagodila tudi spremembam temperature okolja. Prilagoditve na zelo mrzla okolja so drugačne kot prilagoditve na topla okolja. Ena od prilagoditev je tudi dolžina telesnih izrastkov, kot so na primer uhliji, rep in dolžina nog. V hladnih podnebjih imajo organizmi krajše telesne izrastke, v toplih pa daljše. Namen naše raziskovalne naloge je bil, da z modelnim biološkim poskusom ugotovimo, če organizmi skozi krajše telesne izrastke oddajajo manj toplote kot skozi daljše telesne izrastke.

1.2 HIPOTEZE

Kot modelni poskus smo izbrali enako velike stebelne gomolje krompirja, ki smo jih pol ure kuhali v vodi. Vsak izvajalec biološkega eksperimenta je dobil tri kuhane gomolje krompirja, v katere je zapičil alkoholne termometre. Dogovorili smo se, da se meritve pričnejo pri 80 °C. Prvi gomolj krompirja je imel le alkoholni termometer in je služil kot kontrolni poskus. V drug gomolj krompirja smo potisnili krajše bakrene ploščice, v tretji gomolj pa istočasno

daljše bakrene ploščice. Nato smo pol ure na vsaki dve minuti merili, kaj se dogaja s temperaturo kuhanih gomoljev krompirja. Poskus je istočasno izvajalo pet članov RaP-a.

Naša prva hipoteza je bila, da bodo dodane bakrene ploščice pospešile ohlajanje krompirja.

Druga hipoteza je bila, da se bo krompir z daljšimi bakrenimi ploščicami ohlajal hitreje kot krompir s krajšimi bakrenimi ploščicami.

Prav tako smo sklepali, da bodo pri ohlajanju krompirja z daljšimi bakrenimi ploščicami večje temperaturne razlike kot pri ohlajanju krompirja s krajšimi ploščicami.

1.3 METODOLOGIJA DELA

Raziskovalno delo smo začeli z raziskovalnim vprašanjem. Glede na to, da smo želeli ugotoviti, kako dolžina telesnih izrastkov vpliva na ohlajanje organizma, smo najprej preučevali Allenovo pravilo. Ob tem smo ugotavljali, na kakšne načine še poteka ohlajanje organizmov oziroma njihova termoregulacija. Odločili smo se, da kot modelni poskus uporabimo segrete gomolje krompirja in različno dolge bakrene ploščice.

Poskus je bil objavljen v nemški reviji *Unterricht Biologie*. Iz opisanega poskusa smo vzeli le idejo, izvedba pa je potekala po našem lastnem načrtu in uporabi pripomočkov za poskus, ki smo jih imeli na razpolago.

Biološki poskus je izvajalo pet članov RaP-a Širim znanje in tekmujem – biologija. Preden smo bili zadovoljni s dobljenimi rezultati, smo zaradi začetniških nespretnosti poskus trikrat ponovili, kar bom pojasnila v 3. poglavju. Po izvedbi eksperimentalnega dela sem analizo rezultatov in razpravo prevzela sama.

2 TEORETIČNE OSNOVE

V teoretičnem delu bom zbrala podatke o prilagoditvah živali na različne podnebne pasove. Primerjala bom življenjske pogoje in prilagoditve na skrajno hladna podnebja v primerjavi s toplimi in vročimi podnebji. Zbrala bom informacije o Allenovem pravilu, ki pojasnjuje načine in vzroke prilagoditev živali na različna podnebja z dolžino telesnih izrastkov, kar se neposredno tiče našega modelnega eksperimenta.

2.1 BIOMI NA ZEMLJI

Na osnovi razlik v sevalni količini delimo Zemljo v tri osnovne klimatske pasove. Tropski klimatski pas leži med obema povratnikoma, sončni žarki vsaj enkrat letno padajo na površino pravokotno. Tu najdemo predele z največjimi povprečnimi vrednostmi letnega obsevanja. Zmerni klimatski pas leži med povratnikom in polarnim krogom na severni in južni polobli Zemlje, Sonce nikoli ne sije pravokotno, zato so povprečne vrednosti sevanja manjše kot v tropskem pasu. Polarni klimatski pas leži severno in južno od severnega in južnega polarnega kroga vse do polov, Sonce vsaj en dan v letu ne zaide (polarni dan) oz. ne vzide (polarna noč). Tu se nahajajo območja z najmanjšimi vrednostmi povprečnega letnega sevanja (Tome, 2006, str. 55).

Pri pouku smo se naučili, da biologi preučujejo različne žive sisteme na različnih ravneh. Najvišja raven je biosfera, ki zajema vse živo na Zemlji v vodi, na kopnem in v zraku. Biosfero gradijo največji ekosistemi na Zemlji, ki jih strokovnjaki imenujejo biomi. V Slovarju ekologije sem poiskala natančnejšo razlago pojma biom.

Biom je obsežno geografsko območje z značilnim podnebjem, značilno rastlinsko odejo in značilnim živalskim svetom. V vsakem biomu je enoten tip klimatsnega rastlinstva, vendar se sestava posameznih rastlinskih vrst v posameznih delih bioma lahko razlikuje. Na vrstno sestavo živalskih združb vplivajo tip rastlinskega sveta in fizikalne razmere v okolju. Biome razlikujemo po rastlinstvu in živalstvu (zlasti sesalcih in pticah). Ločimo: tundro, tajgo,

gozdove iglavcev, listopadne gozdove, subtropske gozdove, savane, puščave, stepe, makijo, tropske gozdove. Med posameznimi biomi obstajajo različno široka prehodna območja (Hluszyk, 1998, str. 23).

2.2 PRILAGODITVE ŽIVALI NA RAZLIČNE ŽIVLJENJSKE POGOJE

Ker smo z našim modelnim poskusom ugotavljali, kako hitro potuje toplotni tok iz segretega telesa, ki simbolizira nekega sesalca, sem v literaturi najprej iskala podatke, kako hladno okolje v primerjavi s toplim okoljem vpliva na žive organizme. V poročilo sem vključila povzetek iz knjige z naslovom Ekologija, vodnik po rastlinskem in živalskem svetu, avtorja Michaela Scotta.

Zimski mraz ne ogroža rastlin in živali samo zaradi zamrznitve. Živim bitjem povzroča še mnoge druge težave. Samo zelo dobro prilagojene rastline in živali zmorejo premagati temperaturne skrajnosti. Rastlinske in živalske celice vsebujejo tekočino, ki ji rečemo citoplazma. Tako kot voda lahko zamrzne tudi citoplazma, seveda pri nekoliko nižji temperaturi, pri $-0,6^{\circ}$ do -1° C. Pomembna lastnost vode je, da se pri spremembi v led njena prostornina poveča. Ker je v citoplazmi veliko vode in se njena prostornina po spremembi v led poveča, se raztrga celična membrana okoli celice. Če zamrznitev uniči veliko celic, utrpita rastlina ali žival hudo poškodbo ali celo smrt. Še preden pride do zamrznitve celic, povzročajo nizke temperature upočasnitev presnove ali celo zaustavijo kemične reakcije v celicah. Posledica je smrt rastline ali živali, ki ni ustrezno prilagojena na nizke temperature okolja (Scott, 1997, str. 42).

Živali v osnovi delimo na organizme s stalno in nestalno telesno temperaturo. Ptice in sesalci so živali s stalno telesno temperaturo, ribe, dvoživke in plazilci pa imajo nestalno telesno temperaturo. Bistvena razlika je v tem, da lahko ptice in sesalci ohranijo stalno telesno temperaturo s proizvodnjo toplote v telesni notranjosti. Ribe, dvoživke in plazilci so toplotno odvisni od okolja in zato je njihova telesna temperatura spremenljiva. Pri ohranjanju stalne telesne temperature pomagajo pticam perje, sesalcem pa dlaka in podkožna tolšča. V mrzlem vremenu hitreje izgubljajo toploto, zato jo morajo s proizvodnjo nadomeščati, da se ne ohladijo. Toplota nastaja kot stranski proizvod delujočih

mišic in prav zato začnejo v premočni ohladitvi mišice drgetati (Scott, 1997, str. 43).

Ekstremna vročina ubija rastline in živali. Toda bolj kot vročina je nevarna spremljevalka vročine suša. Kadar je vroče in suho nastopijo težave pri varčevanju z vodo. V vročih okoljih se morajo živali hladiti. Pogosto zadostuje, da se umaknejo v senco in mirujejo. Pomaga tudi svetla obarvanost perja in dlake, ker odbija sončne žarke. Živali pogosto stisnejo perje ali dlako h koži, zato ostane med kožo in površjem manj zraka in telo lažje oddaja odvečno toploto (Scott, 1997, str. 48).

2.3 KAKO NEKATERE ŽIVALI VZDRŽUJEJO TELESNO TEMPERATURO V RAZLIČNIH OKOLJIH

Zavedam se, da so živali in rastline v evoluciji razvile celo vrsto prilagoditev na vzdrževanje primerne telesne temperature in tudi na spreminjanje temperature v okolju. Glede na modelni poskus, kjer topel krompir predstavlja žival s stalno telesno temperaturo, sem poiskala opis mehanizmov termoregulacije, ki ga uporabljajo predvsem ptice in sesalci. Najbolj razumljive opise sem ponovno našla v knjigi z naslovom Ekologija, vodnik po rastlinskem in živalskem svetu, avtorja Michaela Scotta.

Poznamo živali s širokim obsegom prilagoditev, ki jih varujejo pred toplotnimi izgubami in ohranjajo bolj ali manj stalno telesno temperaturo. Kljub vsemu mnoge med njimi porabijo velik del zalog toščice, da preživijo zimo. Med sesalci imajo nekateri dva sloja dlake: mehko podlanko, med katero se zadržuje zrak in deluje kot topla odeja, in daljšo ter bolj togo dlako, ki varuje pred vremenskimi nevšečnostmi. V krajih z mrzlim podnebjem so živalski izrastki, kot so uhlji, repi, noge, manjši ali krajši ter dobro poraščeni. Telo mnogih živali, ki morajo prestajati mraz, je čokato, zato bolje ohranjajo toploto, kot če bi bile podolgovate in vitke postave (Scott, 1997, str. 45).

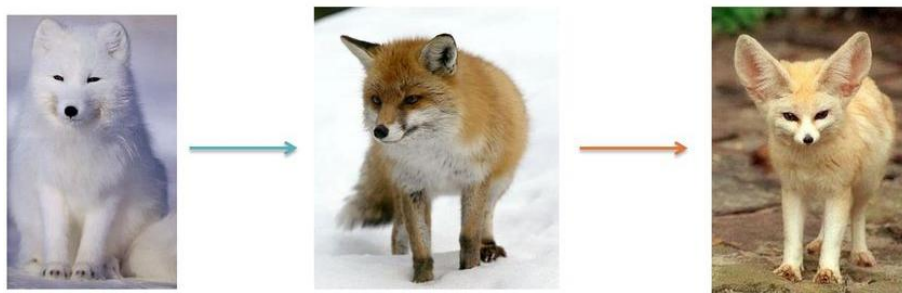
V vročini ali pri veliki telesni dejavnosti se morajo živali s stalno telesno temperaturo sprosti ohlajati. Ta cilj dosežejo z znojenjem in hitrim dihanjem pri

odprtem gobcu. Pri sopenju se zveča izhlapevanje vode skozi jezik in gobec. Gre za fizikalni pojav, ko se voda spreminja v vodne hlape, odvzema toploto od okoliške površine, ki se zato ohlaja. Drugi način ohlajanja je toplotno sevanje v okolje skozi krvne žilice, ki potekajo tik pod površjem kože. Ker se žilice razširijo, da se poveča skožnje krvni pretok, koža pordeči (Scott, 1997, str. 49).

2.4 ALLENOVO PRAVILO

Ker smo pri izbranem biološkem poskusu uporabljali bakrene ploščice, ki simbolizirajo ušesa živali kot primere telesnih izrastkov, sem poiskala informacije o tako imenovanem Allenovem pravilu. Najbolj razumljiv opis sem našla v knjigi Ekologija, organizmi v prostoru in času, avtorja Davorina Tometa.

Ekogeografska pravila opredeljujejo odvisnost med podnebjem ter morfološkimi in fiziološkimi lastnostmi živalskih organizmov. Eno med bolj znanimi je Allenovo pravilo, ki ga imenujemo po predlagatelju (1878). Allen je opazil, da imajo ozko sorodne živali s stalno telesno temperaturo v hladnih območjih okončine, uhlje ipd. krajše, kakor živali v toplih območjih. Puščavska lisica ali fenek (*Fennecus zerda*) npr. ima dolge uhlje, rdeča lisica (*Vulpes vulpes*), ki živi pri nas, ima srednje dolge, polarna lisica (*Alopex lagopus*) pa ima tako kratke, da ji konice komaj pogledajo iznad dlake. Allenovo pravilo lahko razloži nekatere zakonitosti pojavljanja določenih telesnih oblik v naravi, ni pa univerzalno in edino, ki bi pojasnjevalo problema hlajenja telesa in preprečevanja izgube telesne toplote (Tome, 2006, str. 37).



Slika 1: Dolžina uhljev pri polarni in rdeči lisici ter feneku

Vir: <https://docplayer.cz/11469391-Organismus-a-prostredi-rndr-ales-ruda-ph-d.html>. najdeno 6. 1. 2025

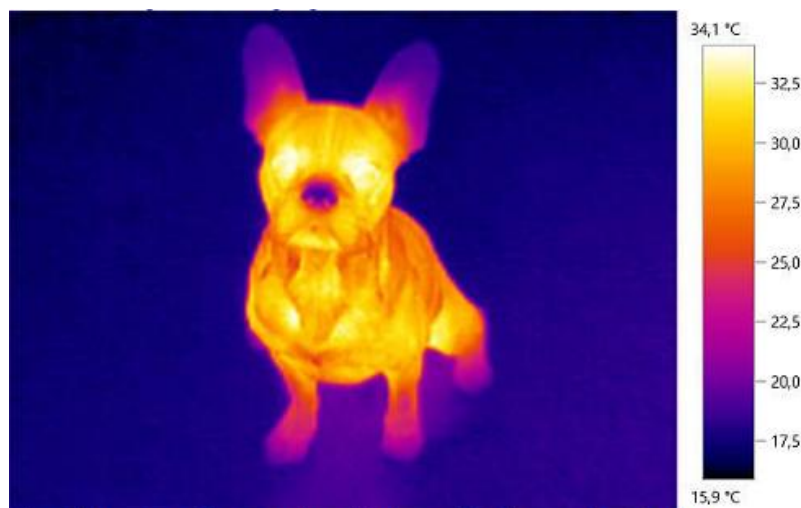
2.5 ZAKONITOSTI TOPLOTNEGA TOKA

Že v 6. razredu smo pri naravoslovju spoznali, da toplota prehaja s telesa z višjo temperaturo na telo z nižjo temperaturo, dokler se temperaturi teles ne izenačita. Toplota prehaja med dvema telesoma tako dolgo, dokler obstaja temperaturna razlika.

Telesa lahko oddajajo toploto na tri načine:

- s toplotnim prevajanjem, kjer toplotni prevodniki prevajajo toplotni tok,
- s konvekcijo,
- in s pomočjo sevanja (Toplotni tok, b. d.).

Kadar sta telesi različnih temperatur v tesnem stiku, toplota prehaja s telesa na telo s prevajanjem. V kapljevinah in plinih toplota prehaja s kroženjem snovi. Segreta tekočina se dviga na površje, hladnejša pa spušča proti dnu. Pojav imenujemo konvekcija. Toplota lahko prehaja s telesa na telo s sevanjem, brez segrevanja vmesne snovi. Sevajo vsa segreta telesa. Bolje sevajo segreta temna telesa, najbolj črna, najmanj svetla in svetleča telesa. Sonce s sevanjem segreva zemeljsko površino (Beznec, 2020, str. 107).



<https://www.istockphoto.com/search/2/image-film?phrase=infrared+animal>

Slika 2: Termografski posnetek psa

Vir slike: <https://www.istockphoto.com/search/2/image-film?phrase=infrared+animal>, najdeno

6. 1. 2025

3 OPIS EKSPERIMENTALNEGA DELA

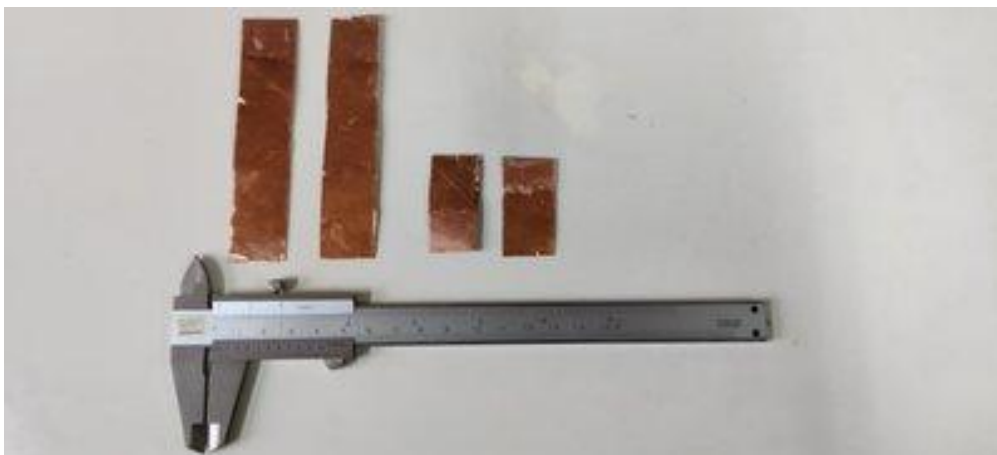
Namen naše raziskovalne naloge je bil, da z modelnim biološkim poskusom ugotovimo, ali organizmi skozi krajše telesne izrastke oddajajo manj toplote kot skozi daljše telesne izrastke. Poskus smo izvajali v okviru razširjenega programa, ki deluje kot nekakšen dodatni pouk iz biologije. Vključenih je bilo pet članov. Vsak je opravljal svoje meritve.



Slika 3: Meritve smo izvajali v okviru RaP Širim znanje in tekmujem – biologija.

Za modelni poskus smo potrebovali tri približno enako težke gomolje krompirja, tri alkoholne termometre, krajše in daljše bakrene ploščice, kuhalnik, posodo z vodo za kuhanje krompirja, pokrovko in kadičko.

Bakrene ploščice so imele debelino 1 mm. Izrezane so bile v obliki pravokotnika. Manjša ploščica je bila široka 2 cm in dolga 4 cm. Daljša bakrena ploščica je bila široka 2 cm in dolga 10 cm.



Slika 4: Bakrene ploščice

Modelni poskus je potekal tako, da smo najprej izbrali 15 enako velikih gomoljev krompirja. Da bi preverili, če so vsaj približno enako veliki, smo jih stehali in podatke zapisali v tabelo. Povprečna masa krompirjev je znašala 181 g.

Tabela 1: Teže gomoljev krompirja

Krompir	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Povprečje
Teža gomoljev (g)	164	164	166	172	172	170	177	178	180	180	181	195	202	203	205	181

Vseh petnajst krompirjev smo kuhali vsaj 30 minut, da so se zmehčali. Še vroče krompirje smo vzeli iz kroga in jih razporedili na pet pladnjev. Pri tem smo pazili, da so imeli vsaj gomolji krompirja na istem pladnju približno enako maso.

V vroče gomolje krompirja smo takoj zapičili alkoholne termometre. Počakali smo, da je bila temperatura krompirja 80 °C. Takrat smo v drugi krompir 2 cm globoko zapičili dve krajši bakreni ploščici, v tretji krompir pa prav tako 2 cm globoko dve daljši bakreni ploščici. V prvem krompirju je bil za kontrolo le termometer.



Slika 5: Modelni poskus

Začetna temperatura pri modelnem poskusu je bila 80 °C. Nato smo vsaki dve minuti zabeležili temperaturo, ki smo jo odčitali iz alkoholnih termometrov.

Temperaturo smo merili 30 minut, če nas ne bi omejeval šolski zvonec, bi lahko meritve izvajali še dlje.

Podatke, ki smo jih pridobili z meritvami, sem naprej obdelovala sama. Uredila sem jih v Excelove tabele, s pomočjo katerih sem izračunala povprečno temperaturo. Povprečje sem izračunala tako, da sem vseh pet vrednosti temperature v določenem času seštela in vsoto delila s pet. Pravzaprav je to izvedel Excelov računalniški program. Izrisala sem tudi grafe, iz katerih sem ugotavljala ustreznost naših hipotez.

Potrebno je poudariti, da sprva nismo bili zadovoljni z rezultati. Prve eksperimente smo po zgoraj opisanem postopku izvedli 11. 12. 2024. Prvič smo merili spremembe temperature le 20 minut in krompir smo kuhali premalo časa, zato se pri vseh gomoljih alkoholnega termometra ni dalo pravilno namestiti, to je 2 cm globoko. Postopek smo ponovili 18. 12. 2024. Rezultati so bili boljši, nismo pa vsi začeli meriti sprememb pri isti temperaturi. To pomeni, da so se naše začetne temperature razlikovale. Imela sem težave pri računanju povprečja.

V tretji ponovitvi poskusa, ki smo jo izvedli 8. 1. 2025, smo se dogovorili, da vsi začnemo meriti spremembe pri temperaturi 80 °C. Tudi tokrat nismo dobili povsem enakih meritev. Omeniti še moram, da so se mase gomoljev krompirja gibale od 164 do 205 g.

4 REZULTATI EKSPERIMENTALNEGA DELA

V tem poglavju bom predstavila rezultate meritev, ki smo jih pridobili z izvedbo biološkega poskusa, kjer smo merili spreminjanje temperature segreth gomoljem krompirja med ohlajanjem.

4.1 OHLAJANJE KROMPIRJA BREZ BAKRENIH PLOŠČIC

Prvih pet krompirjev s povprečno maso 181 g smo prepustili ohlajanju na sobni temperaturi. Začetna temperatura segretega krompirja je znašala 80°C. Iz tabele 2 je razvidno, da so se vrednosti temperature ob istem času pri petih različnih krompirjih razlikovale od 0,5 do 1°C. Povprečna temperatura je pokazala, da se je krompir z 80°C ohladil na 60,6°C. Zbrani podatki so služili za kontrolo.

Tabela 2: Ohlajanje krompirja brez dodanih bakrenih ploščic (kontrolni poskus)

Čas (min)	1. meritev (°C)	2. meritev (°C)	3. meritev (°C)	4. meritev (°C)	5. meritev (°C)	Povprečje (°C)
0	80	80	80	80	80	80
2	79	79	79	79	78	78,8
4	77	78	77	77	76	77
6	75	76	75	75	74	75
8	73	74	74	74	73	73,6
10	72	73	72	73	71,5	72,3
12	70	71	71	71	70	70,6
14	70	70	70	69	69	69,6
16	68	68	68	67,5	67	67,7
18	67	67	67	66	66	66,6
20	65	66	65,5	65	65	65,3
22	64	65	64,5	63,5	63	64
24	63	63	63,5	62,5	62	62,8
26	62	62	62,5	62	61,5	62
28	61	62,5	62	61	61	61,5
30	60,5	61	61	60	60,5	60,6

4.2 OHLAJANJE KROMPIRJA Z DVEMA DALJŠIMA BAKRENIMA PLOŠČICAMA

Ko se je segret krompir ohladil na 80 °C, smo vanj 2 cm globoko potisnili dve daljši bakreni ploščici, kot da bi imel dolga ušesa. S tem trenutkom smo začeli meriti čas. Vsaki dve minuti smo odčitali temperaturo krompirja. Meritve so potekale 30 min. V tabeli 3 so zbrani podatki meritev za pet krompirjev s povprečno maso 181 g. Opazimo lahko, da temperature krompirja ob istem času niso enotne. Sprva se podatki iste meritve razlikujejo za 3 °C, sčasoma pa postajajo razlike vse večje. Povprečni rezultati kažejo, da se je krompir z dolgimi bakrenimi ploščicami v povprečju z 80 °C v 30 minutah ohladil na 53,7 °C.

Tabela 3: Ohlajanje krompirja z dvema daljšima bakrenima ploščicama

Čas (min)	1. meritev (°C)	2. meritev (°C)	3. meritev (°C)	4. meritev (°C)	5. meritev (°C)	Povprečje (°C)
0	80	80	80	80	80	80
2	77	76	77	78	78	77,2
4	75	72	75	76	76	74,8
6	72	70	72	74	74	72,4
8	70	67	70	72	72	70,2
10	68	64	69	71	70	68,4
12	66	61	67	69	68	66,2
14	65	59	65	68	66	64,6
16	63	57	64	66	65	63
18	61,5	55,5	62	64	63	61,2
20	60	54	61	63	62	60
22	59	53	59	62	60	58,6
24	58	51	58	61	58	57,2
26	57	49	56,5	59	57	55,7
28	56	48,5	55,5	58	56	54,8
30	55	47	54,5	57	55	53,7

4.3 OHLAJANJE KROMPIRJA Z DVEMA KRAJŠIMA BAKRENIMA PLOŠČICAMA

Ko se je segret krompir ohladil na 80 °C, smo vanj 2 cm globoko potisnili dve krajši bakreni ploščici, kot da bi imel kratka ušesa. S tem trenutkom smo začeli meriti čas. Vsaki dve minuti smo odčitali temperaturo krompirja. Meritve so potekale 30 min. V tabeli 4 so zbrani podatki meritev za pet krompirjev s povprečno maso 181 g. Opazimo lahko, da temperature krompirja ob istem času niso enotne. Najbolj izstopajo četrte meritve. Sprva se podatki iste meritve razlikujejo za 3 °C, sčasoma pa postajajo razlike vse večje. Povprečni rezultati kažejo, da se je krompir s kratkimi bakrenimi ploščicami v povprečju z 80 °C v 30 minutah ohladil na 56,8 °C.

Tabela 4: Ohlajanje krompirja z dvema krajšima bakrenima ploščicama

Čas (min)	1. meritev (°C)	2. meritev (°C)	3. meritev (°C)	4. meritev (°C)	5. meritev (°C)	Povprečje (°C)
0	80	80	80	80	80	80
2	78	78	79	75	77	77,4
4	76,5	76	77	72	75	75,3
6	74	74	75	70	72	73
8	72	72	74	68	70	71,2
10	70	71	72	65	68	69,2
12	68	69	71	64	66	67,6
14	66,5	68	70	63	65	66,5
16	65	66	68	60	64	64,6
18	63	65	67	58	63	63,2
20	62	64	66	57	62	62,2
22	61	63	65	56	61	61,2
24	60	61	64	55	60	60
26	58	60	63	54	59	58,8
28	57	59	62	54	58	58
30	56	58	60	53	57	56,8

4.4 PRIMERJAVA POVPREČNIH TEMPERATUR KROMPIRJA GLEDE NA DOLŽINO BAKRENIH PLOŠČIC

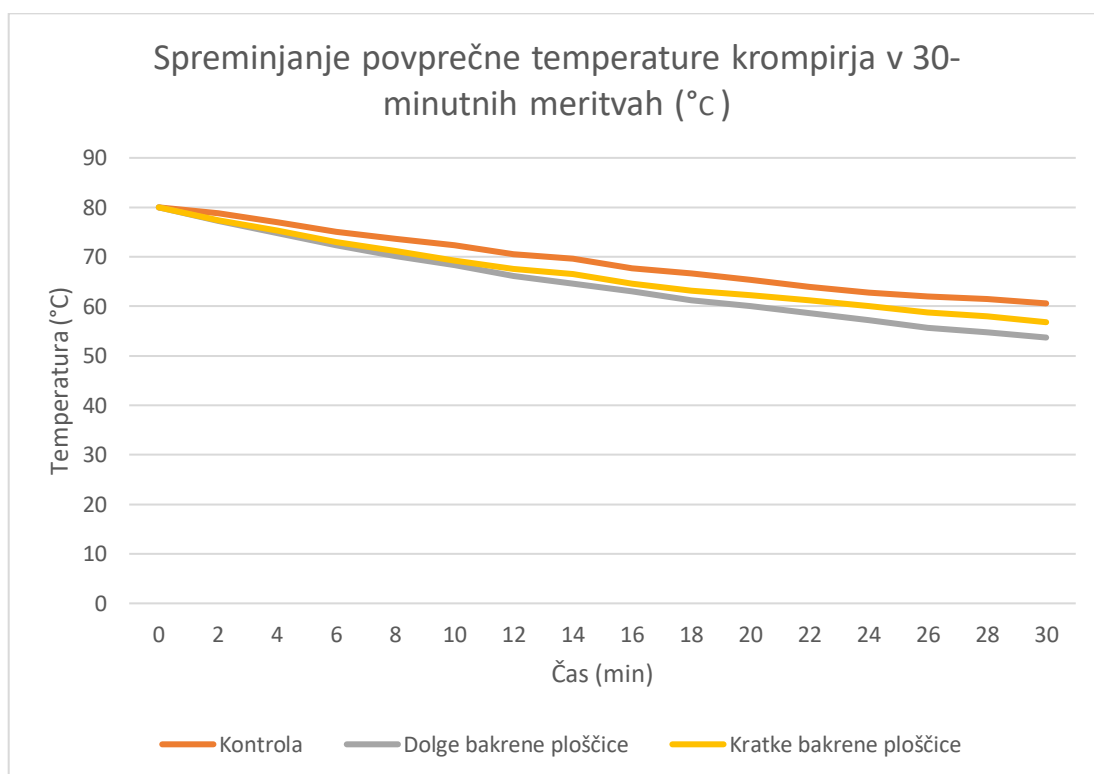
V tabeli 5 sem zbrala povprečne meritve temperatur krompirja brez in z bakrenimi ploščicami različne dolžine. V prvem stolpcu so povprečne temperature krompirja brez bakrenih ploščic, v drugem stolpcu so povprečne temperature krompirja z vstavljenimi dolgimi bakrenimi ploščicami in v tretjem so povprečne temperature krompirja z vstavljenimi krajšimi bakrenimi ploščicami. Pri vseh treh vzorcih krompirja temperatura med ohlajanjem pada. Najbolj je v povprečju padla pri krompirju z dolgimi bakrenimi ploščicami, najmanj pa pri krompirju brez njih.

Tabela 5: Povprečna temperatura (°C) krompirjev z daljšimi in krajšimi bakrenimi ploščicami v primerjavi s kontrolnim poskusom

Čas (min)	Povprečna temperatura (°C) krompirja (kontrola)	Povprečna temperatura (°C) krompirja – dolge bakrene ploščice	Povprečna temperatura (°C) krompirja – kratke bakrene ploščice
0	80	80	80
2	78,8	77,2	77,4
4	77	74,8	75,3
6	75	72,4	73
8	73,6	70,2	71,2
10	72,3	68,4	69,2
12	70,6	66,2	67,6
14	69,6	64,6	66,5
16	67,7	63	64,6
18	66,6	61,2	63,2
20	65,3	60	62,2
22	64	58,6	61,2
24	62,8	57,2	60
26	62	55,7	58,8
28	61,5	54,8	58
30	60,6	53,7	56,8

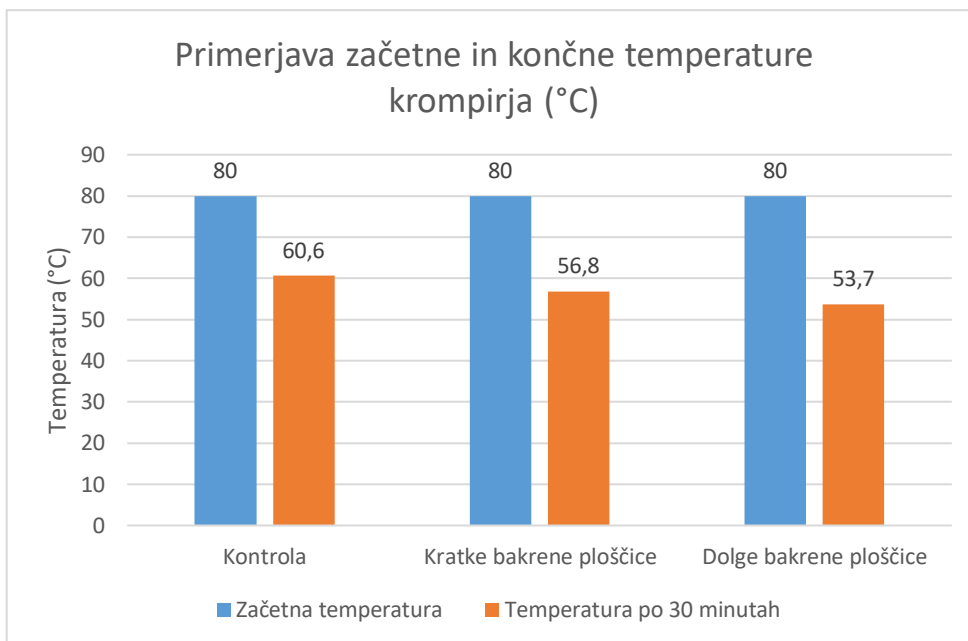
V grafu 1 sem prikazala spreminjanje povprečne temperature krompirja, ki ni imel bakrenih ploščic, krompirja s krajšimi in krompirja z daljšimi bakrenimi ploščicami. Na y osi v grafu je zabeležena povprečna temperatura v stopinjah Celzija, na osi x pa je čas v minutah. Meritve so potekale 30 minut. Rdeča barva krivulje označuje rezultate kontrolnega poskusa, rumena barva rezultate

povprečne temperature krompirja s krajšimi bakrenimi ploščicami in siva barva povprečno temperaturo krompirja z daljšimi bakrenimi ploščicami. Iz vseh treh krivulj lahko razberem, da se je temperatura najmanj spremenila pri kontrolnem poskusu, kjer krompir ni imel bakrenih ploščic. Večji padec temperature je imel krompir z daljšimi bakrenimi ploščicami. Nekoliko manjšega pa krompir s krajšimi bakrenimi ploščicami.



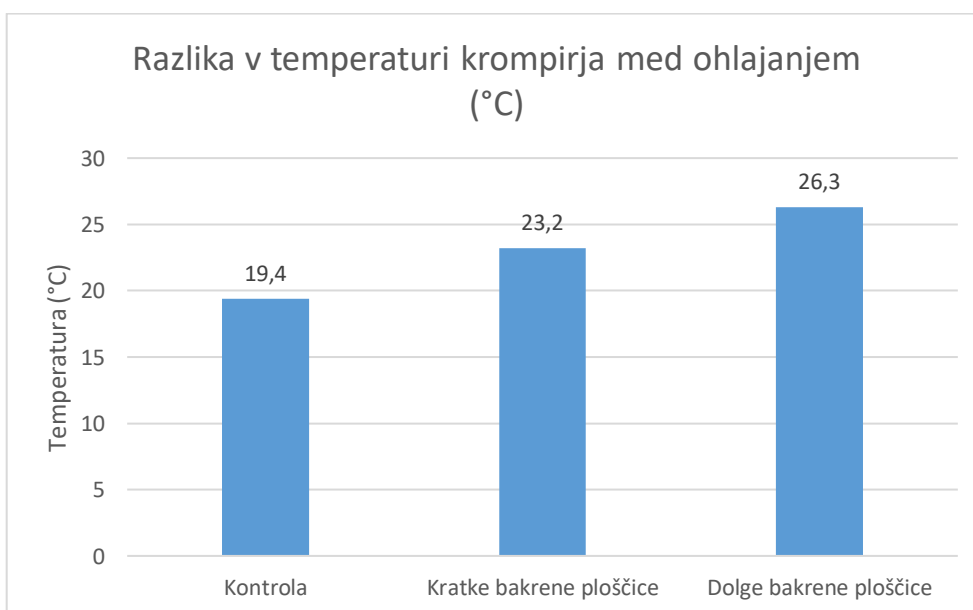
Graf 1: Spreminjanje temperature krompirja v 30-minutnih meritvah (°C)

Graf 2 je histogram. Prikazuje spremembo povprečne temperature krompirja po 30 minutah ohlajanja. Začetna temperatura je bila pri vseh petnajstih krompirjih, ki so bili zajeti v meritve, 80 °C. Pri krompirju, ki je služili za kontrolo in ni imel bakrenih ploščic, se je povprečna temperatura z 80 °C znižala na 60,6 °C. Pri krompirju, ki je imel dve krajši bakreni ploščici, se je povprečna temperatura z 80 °C znižala na 56,8 °C. Pri krompirju, ki je imel dve daljši bakreni ploščici, se je povprečna temperatura znižala z 80 °C na 53,7 °C.



Graf 2: Primerjava začetne in končne povprečne temperature krompirja (°C)

Graf 3 prikazuje razlike v temperaturi krompirja med ohlajanjem. Rezultati so enaki kot pri grafu 2. Iz histograma lahko razberem, da je najmanjša temperaturna razlika pri kontrolnem poskusu, sledi krompir s krajšimi bakrenimi ploščicami. Največja temperaturna razlika je pri krompirju z daljšimi bakrenimi ploščicami.



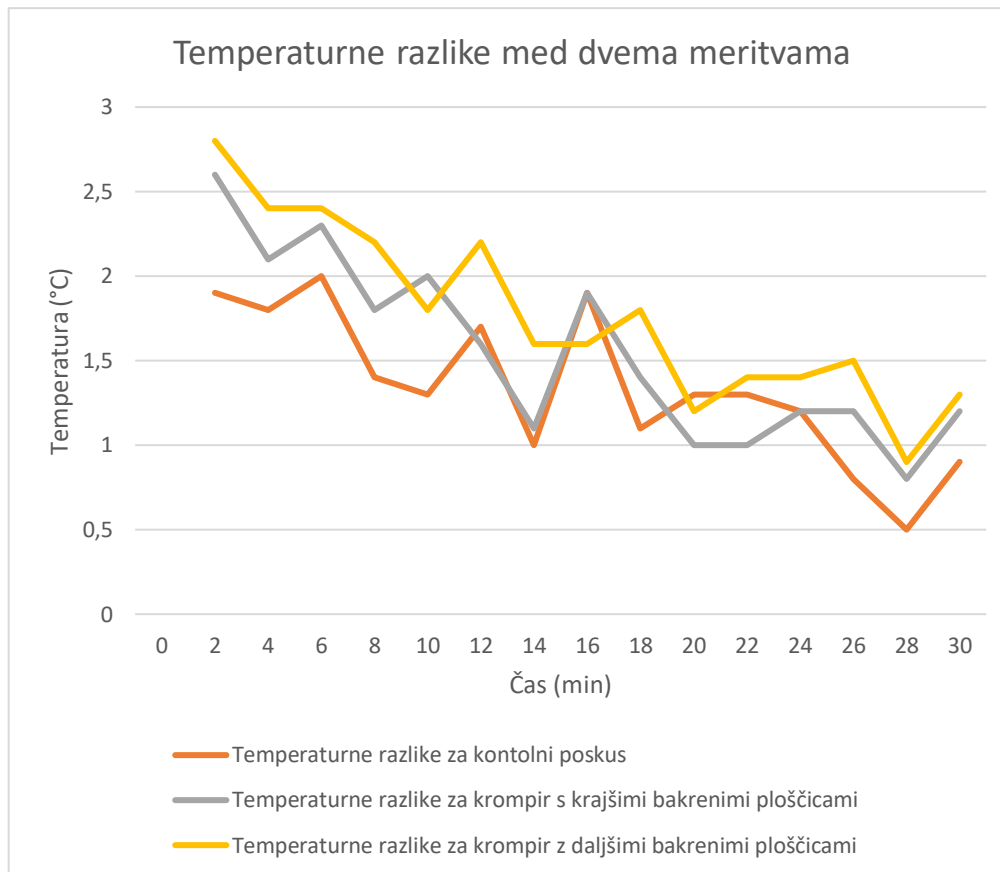
Graf 3: Razlika v temperaturi krompirja med ohlajanjem (°C)

V tabeli 6 sem zbrala podatke o razlikah v temperaturi med dvema meritvama temperature. V tem grafu so podatki, za koliko se je znižala temperatura segretega krompirja vsaki 2 minuti, ko smo odčitali temperaturo na alkoholnem termometru.

Tabela 6: Temperaturne razlike pri ohlajanju krompirja brez in z različno dolgimi bakrenimi ploščicami

Čas (min)	Temperatura (°C)					
	Kontrola	Temperaturna razlika	Dolgi bakreni ploščici	Temperaturna razlika	Kratki bakreni ploščici	Temperaturna razlika
0	80		80		80	
2	78,8	1,9	77,2	2,8	77,4	2,6
4	77	1,8	74,8	2,4	75,3	2,1
6	75	2	72,4	2,4	73	2,3
8	73,6	1,4	70,2	2,2	71,2	1,8
10	72,3	1,3	68,4	1,8	69,2	2
12	70,6	1,7	66,2	2,2	67,6	1,6
14	69,6	1	64,6	1,6	66,5	1,1
16	67,7	1,9	63	1,6	64,6	1,9
18	66,6	1,1	61,2	1,8	63,2	1,4
20	65,3	1,3	60	1,2	62,2	1
22	64	1,3	58,6	1,4	61,2	1
24	62,8	1,2	57,2	1,4	60	1,2
26	62	0,8	55,7	1,5	58,8	1,2
28	61,5	0,5	54,8	0,9	58	0,8
30	60,6	0,9	53,7	1,3	56,8	1,2

Zbrane podatke sem bolj pregledno prikazala v grafu 4. Iz grafa lahko razberem, da so bile razlike v temperaturi med eno in drugo meritvijo na začetku, ko je bil krompir še vroč, večje. Ko pa je temperatura padla z 80 na 60 °C pa so postale razlike v temperaturi med prejšnjo in naslednjo meritvijo manjše. Ker sem upoštevala povprečne temperature pri ohlajanju krompirja, je oblika grafa nekoliko nepravilna (krivulje so cikcakaste). Vendar se vseeno lepo vidi, da so bile na začetku med dvema meritvama večje temperaturne razlike kot na koncu. Rumena krivulja, ki prikazuje krompir z daljšimi bakrenimi ploščicami, poteka v povprečju višje kot siva in rdeča krivulja. Siva krivulja predstavlja krompir s krajšimi bakrenimi ploščicami in je nekoliko višje kot rdeča krivulja, ki predstavlja razlike v temperaturi med dvema meritvama za kontrolni poskus.



Graf 4: Temperaturne razlike med dvema meritvama temperature

5 RAZPRAVA

Najprej bom pojasnila, kaj je v modelnem poskusu predstavljal posamezen pripomoček. Segret krompir je predstavljal žival s stalno telesno temperaturo, npr. lisico. Krompir smo res segreli na vsaj 80°C in zavedam se, da nobena žival v naravi nima tako visoke telesne temperature. Krompir se je kuhala v loncu v vodi na 100°C. Voda je vrela 30 minut. S tem sem želela doseči zmečanje krompirja, da bi vanj lažje zapičili alkoholni termometer in bakrene ploščice ter opazovali spremembo temperature. Za navedeno začetno temperaturo smo se odločili po naključju, saj so vsi krompirji, ki smo jih vzeli iz vročega kroga imeli temperaturo nekoliko nad 80°C.

Zavedam se, da bi bili rezultati veliko boljši, če bi za merjenje temperature uporabljali digitalne termometre. Žal jih na naši šoli nimamo. Zato smo bili prisiljeni uporabljati alkoholne termometre. Pri odčitavanju temperature smo

morali biti zelo natančni. Alkoholni termometri niso tako zanesljivi kot digitalni. Zgodilo se je, da smo v istem krompirju imeli dva alkoholna termometra, kjer sta se meritvi razlikovali za pol stopinje.

Bakrene ploščice so v našem modelnem poskusu predstavljale ušesa živali. Krajše bakrene ploščice so predstavljale ušesa živali, ki živijo v hladnejšem okolju. Daljše bakrene ploščice so predstavljale ušesa živali, ki živijo v toplejšem okolju. Tako smo si predstavljali, da so krajše ploščice ušesa polarne lisice, ki živi v polarnih krajih, kjer mora biti telo prilagojeno na čim manjše oddajanje toplote. Daljše bakrene ploščice so nam predstavljale ušesa puščavske lisice ali feneka, kjer lahko daljši izrastki celo pomagajo pri oddajanju toplote v okolje, ko se žival ohlaja. Predstavljali smo si, da so uhliji živali močno prekrvavljeni in segreti kri v živalih seva toploto v okolje. Krajša kot so ušesa, manj je sevanja, daljša kot so ušesa, več je sevanja toplote.

Omenila sem že, da smo poskuse izvajali večkrat. Vzrok za to so bile začetniške napake pri izvedbi poskusa. Pri prvih meritvah v mesecu decembru smo sicer bili zadovoljni z rezultati, vendar smo si pripravili tabelo le za 10 minut meritev. Meritve smo odčitali vsaki dve minuti. Izkazalo se je, da je temperatura padla le za 15°C. Podatki so pokazali, da se krompir z daljšimi bakrenimi ploščicami le malo hitreje ohlaja kot krompir s krajšimi bakrenimi ploščicami. V drugem poskusu smo čas meritev podaljšali z 10 na 30 minut. Meritve smo odčitali vsaki dve minuti. Tudi pri daljšem času meritev se je temperatura znižala le za okoli 30°C. Opazili smo, da se krompir z daljšimi bakrenimi ploščicami malo hitreje ohlaja kot krompir s krajšimi ploščicami. Sledila je obdelava podatkov in izračun povprečnih vrednosti. Ker smo pri drugem poskusu imeli različne začetne temperature, nismo mogli izračunati povprečja za določen čas. Če smo to storili, je bilo veliko odstopanj od povprečne temperature. Ko je nekdo imel po dveh minutah temperaturo krompirja 82°C, drugi 80°C, tretji 76°C, četrti 75°C in peti 81°C, je bila povprečna temperatura po dveh minutah 78,8°C. Od te temperature so posamezne meritve odstopale za več kot tri stopinje. Druga napaka druge izvedbe poskusov pa je bila še hujša. Nismo vključili kontrolnega poskusa. Tako nismo bili povsem prepričani, če bakrene ploščice sploh prispevajo k hitrejšemu ohlajanju krompirja. Zato smo se odločili, da bomo poskus ponovili

še tretjič. Pri tretjem poskusu smo vsi začeli meritve pri 80°C in merili temperaturo še tretjemu krompirju, ki je bil brez bakrenih ploščic.

Obdelane meritve tretje ponovitve poskusa sem prikazala v rezultatih eksperimentalnega dela. Primerjava povprečnih temperatur krompirja glede na dolžino bakrenih ploščic v primerjavi s kontrolnim poskusom je potrdila moje hipoteze. V grafu 1 se je v povprečju najmanj ohladil krompir brez bakrenih ploščic, ki je služil kot kontrolni poskus. Spremembe povprečne temperature so bile nekoliko večje pri ohlajanju krompirja s krajšimi bakrenimi ploščicami in največje pri ohlajanju krompirja z daljšimi bakrenimi ploščicami. Tako se je krompir iz kontrolnega poskusa v 30 minutah v povprečju ohladil za 19,4°C, krompir s krajšimi bakrenimi ploščicami za 23,2°C in krompir z daljšimi ploščicami za 26,3°C. Pričakovala sem, da bo povprečna sprememba temperature še večja. Razlika pri ohlajanju krompirja s krajšimi in daljšimi bakrenimi ploščicami v povprečju znaša le 3,1°C. Če to prenesem na živalski svet, se mi to ne zdi ravno veliko. Seveda pri ohranjanju telesne temperature ni pomembna samo dolžina ušes. Kot sem navedla v teoretičnem delu naloge, sesalcem v hladnejšem okolju pomaga ohranjati toploto gosta dlaka, med katero je ujet zrak, ki je odličen izolator. Ker toploto vseeno oddajajo v okolje, jo nadomeščajo s procesi v celicah. Znano je, da se pri dejavnostih mišic v okolje sprošča tudi toplota, ki vedno znova ogreva organizem.

Domnevam, da so krajši telesni izrastki zelo pomembna prilagoditev sesalcev v mrzlih okoljih. Pri modelnem poskusu so bila ušesa iz bakra, ki je kot kovina dober toplotni prevodnik. Živalska ušesa so seveda iz celic. V vsaki celici je voda. Sedaj razumem, kako neugodno bi bilo, če bi v delu celic voda zamrznila in jih poškodovala. Prišlo bi do ozeblin in poškodb tkiva. Že zaradi tega so v mrzlih okoljih iz roda v rod lažje preživeli organizmi s krajšimi telesnimi izrastki, kar je vodilo k nastanku pomembne prilagoditve.

Nasprotno so v toplih okoljih lažje preživeli sesalci z daljšimi telesnimi izrastki, kot so npr. uhlji. Učili smo se, da so uhlji dobro prekrvavljeni in jih prepreda veliko število drobnih žilic, skozi katere se pretaka kri. Ko je vroče, se lahko žilice razširijo, posledica je večji pretok krvi in s tem sevanje toplote v okolje.

Sedaj pa še nekaj o pomanjkljivostih naše raziskovalne naloge. Nekatere sem že navedla. Najpomembnejša je bila izpustitev kontrolnega poskusa. Moji pomočniki so bili precej nejevoljni, ko so enak poskus delali že tretjič. Če bi imela čas in razpoložljivo pomoč svojih vrstnikov, bi poskus ponovila še četrtič. Zelo nenavadno se mi zdi, da smo pri krompirju brez bakrenih ploščic vsi dobili dokaj primerljive rezultate, pri krompirju z enako dolgimi bakrenimi ploščicami pa je prihajalo do odstopanj celo za več kot 5 °C ob istem času. Razmišljala sem, kaj bi lahko bil vzrok različnim vrednostim temperature. Najprej sem pomislila na različno maso krompirja. Krompirji, ki smo jih izbrali za poskus, so bili na videz enako veliki, vendar so se razlikovali v masi, kar sem zabeležila v tabeli 1. Druga možnost je lahko, da smo termometer v posamezne krompirje potisnili različno globoko. Na sredini se krompir gotovo najpočasneje ohlaja, proti površini pa hitreje. Pomembna se mi zdi tudi razdalja med bakrenimi ploščicami in termometrom. Bakrene ploščice so se med ohlajanjem krompirja močno segrele. V bližini termometra bi morda lahko vplivale na višji odčitek temperature. Ko so se meritve modelnega poskusa začele, smo morali zelo na hitro natakniti bakrena ušesa našemu krompirju, da nismo zamudili časa. Pravzaprav se nismo natančno dogovorili, na katero mesto damo ušesa in koliko naj bo razmika med njimi in termometrom. Morda bi dobili še bolj suverene rezultate, če bi upoštevali še to. Naj dodam še to, da so bili vsi vroči krompirji v pladnjih iz enake umetne mase. Za umetne mase pa velja, da so slabši prevodniki toplote. Zadnja stvar, ki bi jo v ponovljenem poskusu popravila, je čas meritev, ki bi ga podaljšala.

5.1 POTRDITEV HIPOTEZ

Naša prva hipoteza je bila, da bodo dodane bakrene ploščice pospešile ohlajanje krompirja. Hipotezo lahko potrdim z rezultati, ki so prikazani v tabeli 4 in grafu 1. V primerjavi s krompirjem brez bakrenih ploščic so se krompirji z bakrenimi ploščicami hitreje ohlajali.

Druga hipoteza je bila, da se bo krompir z daljšimi bakrenimi ploščicami ohlajal hitreje kot krompir s krajšimi bakrenimi ploščicami. Tudi drugo hipotezo lahko potrdim. Iz grafa 2, v katerem sem primerjala povprečne začetne in končne

temperature krompirja, je razvidno, da se je krompir z daljšimi bakrenimi ploščicami v istem času bolj ohladil kot krompir s krajšimi bakrenimi ploščicami.

Prav tako smo sklepali, da bodo pri ohlajanju krompirja z daljšimi bakrenimi ploščicami večje temperaturne razlike kot pri ohlajanju krompirja s krajšimi ploščicami. Tudi to hipotezo lahko potrdim. Graf 4 prikazuje temperaturne razlike pri ohlajanju krompirja. Pri analizi rezultatov lahko opazimo, da je imel krompir z daljšimi bakrenimi ploščicami največje temperaturne razlike, krompir s krajšimi manjše in krompir brez bakrenih ploščic v povprečju najmanjše temperaturne razlike.

6 ZAKLJUČEK

Sodelovanje pri izvedbi raziskovalne naloge mi je bilo v veliko veselje. Naučila sem se veliko novega in hkrati dobila ideje za nadaljnje raziskovanje. Raziskovalno delo bi lahko nadaljevali na primer še s poskusi z olupljenim krompirjem ali krompirjem ovitim v umetno krzno. Lahko bi izvedli še poskus v topli vodni kopeli, ki bi dlje časa ohranjala temperaturo krompirja. Vendar pa bi to terjalo še več raziskovalnih spretnosti in vloženega časa.

Zahvaljujem se Miji, Nikolini, Evi in Tiborju za sodelovanje pri izvedbi poskusov. Velika zahvala gre mentorici Marjeti Gradišnik Mirt, ki me je strokovno in zavzeto vodila skozi raziskovalno delo, s katerim sem se srečala prvič. Zahvaljujem se tudi učiteljici Damjani Hrovat za lektoriranje besedila.

VIRI

Hluszyk, H., Stankiewicz, A. (1998). *Slovar ekologije*. Ljubljana: DZS.

Tome, D. (2006). *Ekologija, organizmi v prostoru in času*. Ljubljana: TZS.

Scott, M. (1997). *Ekologija, Vodnik po rastlinskem in živalskem svetu*. Ljubljana: TZS.

Bez nec, B., Cedilnik, B., Gulič, T., Loriger, J., Vončina, D. (2000). *Moja prva fizika 2*. Ljubljana: Modrijan.

Ruda Aleš (b. d.). *Organismus a prostředí*. Najdeno dne 6. 1. 2025 na spletnem naslovu <https://docplayer.cz/11469391-Organismus-a-prostredi-rndr-ales-ruda-ph-d.html>.

E-učbenik, Fizika 9 (b. d.). *Toplotni tok*. Najdeno dne 6. 1. 2025 na spletnem naslovu <https://eucbeniki.sio.si/fizika9/187/index.html>.

Istock. Termografski posnetek psa. Najdeno dne 27. 1. 2025 na spletnem naslovu <https://www.istockphoto.com/search/2/image-film?phrase=infrared+animal>.