

OSNOVNA ŠOLA FRANA KOCBEKA
Kocbekova cesta 21, Gornji Grad

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

**OPAZOVANJE TEMPERATURNIH SPREMEMB
S POMOČJO RAČUNALNIKA**

Tematsko področje: ASTRONOMIJA IN FIZIKA

Avtorji:

Anže Veršnik, 8. razred
Dejan Nadvešnik, 8. razred
Patricija Poljanšek, 8. razred

Mentorja:

Dušanka Colnar, učiteljica matematike in fizike
Miro Colnar, absolvent Pedagoške fakultete Ljubljana

Gornji Grad, 2010

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Osnovni šoli Frana Kocbeka Gornji grad.

Mentorja:

Dušanka Colnar, učiteljica matematike in fizike

Miro Colnar, absolvent Pedagoške fakultete Ljubljana

Datum predavitve:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Osnovna šola Frana Kocbeka Gornji Grad, 2009/2010
- KG Ohlajanje vode/merjenje temperature/računalnik/vmesnik/senzor za temperaturo
- AV VERŠNIK, Anže/ NADVEŠNIK, Dejan/ POLJANŠEK, Patricija
- SA Colnar, Dušanka/ Colnar, Miro
- KZ 3342 Gornji Grad, SLO, Kocbekova 21
- ZA Osnovna šola Frana Kocbeka Gornji Grad
- LI 2010
- IN OPAZOVANJE TEMPERATURNIH SPREMEMB S POMOČJO RAČUNALNIKA.
- TD raziskovalna naloga
- OP IV, 11s, 10tab, 6 graf, 2pril
- IJ sl
- AI Razvoj fizike je močno povezan z razvojem merilne tehnike. Ta je danes podprta z računalnikom kot merilnim orodjem in kot pripomočkom za zbiranje in obdelavo meritev. Tudi pri raziskovanju in opisovanju temperaturnih sprememb se je skupaj s senzorjem za temperaturo Vernier pokazal za učinkovito merilno napravo. Omogoča namreč natančno merjenje temperatur, samodejno zapisuje podatke in riše grafe. Z nastavitvami v računalniškem programu Logger Lite preprosto izberemo dolžino časa merjenja in število meritev v tem času. Možnost, da na računalnik priključimo več senzorjev, lahko izkoristimo za merjenje temperatur vode, ki se istočasno ohlaja v plastenkah z različno debelino stiropornega ovoja. Z opazovanjem razlik v spremembah temperatur smo raziskali, kako je debelina stiropora vplivala nanje oz. na čas ohlajanja vode v plastenkah ter matematično opisali odvisnost med opazovanimi količinami. Zanimiva je ugotovitev, da padec temperatur vode v plastenkah ni obratno sorazmeren debelini stiropora in da čas ohlajanja vode ni premo sorazmeren debelini stiropora. Za mlade raziskovalce je pomembno razumevanje vloge, ki ga ima debelina izolacije za npr. stanovanjsko hišo in predvidevanje razvoja novih, še boljših izolacijskih materialov. Še bolj pomembno pa je spoznavanje z modernejšimi načini izvajanja meritev. Tako se povečuje naša pripravljenost na bodočo poklicno pot.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
KAZALO VSEBINE.....	III
KAZALO PREGLEDNIC.....	IV
KAZALO GRAFIKONOV	IV
KAZALO SLIK.....	IV
KAZALO PRILOG.....	IV
1 UVOD.....	1
1.1 UVODNE MISLI	1
1.2 NAMEN NALOGE IN RAZISKOVALNO VPRAŠANJE	1
1.3 HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV.....	2
2.1 TEMPERATURA	2
2.2 ZGODOVINA MERJENJA TEMPERATURE, TERMOMETRI	2
2.3 PROGRAMSKA IN STROJNA OPREMA.....	3
2.3.1 Vmesnik LabQuest.....	4
2.3.2 Senzor za merjenje temperature	4
2.3.3 Program Logger Lite	5
2.4 STIROPOR	5
2.4.1 Zgodovina.....	5
2.4.2 Proizvodnja ekspandiranega polistirena (EPS).....	6
2.4.3 Zanimive lastnosti.....	6
3 METODE IN MATERIAL.....	7
3.1 NAČIN DELA	7
3.2 PRIPOMOČKI.....	7
3.3 MERITVE	9
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	10
4.1 PLASTENKA BREZ STIROPORA.....	10
4.2 PLASTENKA BREZ STIROPORA IN TRI PLASTENKE S STIROPOROM DEBELINE 1 CM, 2 CM IN 3 CM	11
4.3 PLASTENKA S STIROPORNIM OVOJEM IN DVAKRAT DEBELEJŠIM OVOJEM	13
5 ZAKLJUČEK.....	17
6 POVZETEK	19
7 ZAHVALA.....	20
8 PRILOGE	21
8.1 PRILOGA 1 – MERITVE TEMPERATURE PRI 0 CM, 1 CM, 2 CM IN 3 CM DEBELEM STIROPORU.....	21
8.2 PRILOGA 2 – MERITVE TEMPERATURE PRI 2 CM, 3 CM, 4 CM, 6 CM DEBELEM STIROPORU.....	23
9 VIRI IN LITERATURA.....	24

KAZALO PREGLEDNIC

TABELA 1: ČASOVNI PRIKAZ RAZVOJA TERMOMETRA.....	3
TABELA 2: IZVEDENE MERITVE.....	9
TABELA 3: OHLAJANJE VODE V PLASTENKI BREZ OVOJA	10
TABELA 4: TEMPERATURA VODE V PLASTENKAH.....	11
TABELA 5: ČAS OHLAJANJA VODE	12
TABELA 6: SPREMEMBA TEMPERATURE PRI 1 CM IN 2 CM DEBELEM STIROPORU.....	14
TABELA 7: SPREMEMBA TEMPERATURE PRI 2 CM IN 4 CM DEBELEM STIROPORU.....	14
TABELA 8: SPREMEMBA TEMPERATURE PRI 3 CM IN 6 CM DEBELEM STIROPORU.....	15
TABELA 9: ČAS OHLAJANJA VODE PRI RAZLIČNIH OVOJIH.....	16
TABELA 10: HIPOTEZE	18

KAZALO GRAFIKONOV

GRAF 1: GRAF PREDSTAVLJA ZMANJŠEVANJE TEMPERATURE V ČASU MERJENJA	10
GRAF 2: OHLAJANJE VODE PRI 1CM IN 2 CM DEBELEM STIROPORNEM OVOJU	12
GRAF 3: OHLAJANJE VODE PRI 2CM IN 4CM DEBELEM STIROPORNEM OVOJU	14
GRAF 4: OHLAJANJE VODE PRI 3CM IN 6CM DEBELEM STIROPORNEM OVOJU	15
GRAF 5: PADCI TEMPERATURE PRI RAZLIČNO DEBELIH OVOJIH.....	15
GRAF 6: ODVISNOST ČASA OHLAJANJA OD DEBELINE STIROPORA.....	16

KAZALO SLIK

SLIKA 1: RISBA GALILEJEVEGA TERMOSKOPA IZ GALILEJEVIH ZBRANIH DEL.....	2
SLIKA 2: TERMOMETRI NA ALKOHOL, KI SO V 17. STOLETJU POSTALI ZNAMENITI KOT FLORENTINSKI TERMOMETRI.....	2
SLIKA 3: VMESNIK VERNIER LABQUEST	4
SLIKA 4: SENZOR S PRIKLOPOM PREKO VMESNIKA.....	5
SLIKA 5: V LEVI EPRUVETI JE SUROVINA, NA DESNI PA ŽE PENJEN STIROPOR.....	6
SLIKA 6: STRUKTURA EKSPANDIRANEGA POLISTIRENA.....	6
SLIKA 7: SENZORJE SMO PREKO VMESNIKA POVEZALI Z RAČUNALNIKOM.....	8
SLIKA 8: PATRICIJA, DEJAN IN ANŽE PRI IZVAJANJU MERITEV	9
SLIKA 9: IZPIS NA ZASLONU PO KONČANEM MERJENJU	11
SLIKA 10: NASTAVITEV ČASA MERJENJA IN INTERVALOV	13
SLIKA 11: GRAF OHLAJANJA VODE, IZRISAN V PROGRAMU LOGGER LITE.....	17

KAZALO PRILOG

PRILOGA 1: MERITVE TEMPERATURE PRI 0 CM, 1 CM, 2 CM IN 3 CM DEBELEM STIROPORU.....	21
PRILOGA 2: MERITVE TEMPERATURE PRI 2 CM, 3 CM, 4 CM, 6 CM DEBELEM STIROPORU.....	23

1 UVOD

1.1 Uvodne misli

Tik ob šolskem športnem igrišču raste naselje novih hiš. Včasih opazujemo, kako napreduje gradnja, saj se bodo v te hiše vselili nekateri naši sošolci, prijatelji ali znanci. Jeseni so na eni izmed njih delali fasado. Najprej smo se pogovarjali in ugibali, kakšne barve bo. Kmalu pa se je pogovor začel vrteti okrog stroškov za fasado, vrste in debeline izolacije, kvalitete bivanja v taki hiši, prihrankov pri ogrevanju. Vsak od nas že ima nekaj izkušenj. Tisti učenci, pri katerih doma so že delali fasado, pa vedo več in s tem se radi pohvalijo. Tako smo prišli do tega, da smo se začeli spraševati, koliko ta dodatni ovoj stiropora okrog hiše zmanjša padec temperature, do katerega bi pozimi v hiši prišlo. Odločili smo se, da bi bilo zanimivo opazovati temperaturne spremembe, ki nastanejo pri ohlajanju in razmišljali, kako bi to storili.

1.2 Namen naloge in raziskovalno vprašanje

Stavbe obložimo s stiroporom zato, da pozimi preprečimo uhajanje toplote iz njih, poleti pa preprečimo vdiranje zunanje toplote v notranjost stavbe. S tem prihranimo veliko energije, ki bi bila sicer potrebna za ogrevanje oz. hlajenje prostorov in v stanovanjskih prostorih vzdržujemo človeku prijaznejše temperature za bivanje. Za raziskovanje obnašanja temperature zraka v stavbah, ovitih z različno debelino stiropora nismo imeli ustreznih pogojev. Zato smo se odločili, da bomo napravili simulacijo na modelu ohlajanja tople vode v plastenki. Želeli smo torej raziskati, kako debelina stiropornega ovoja vpliva na temperaturo in na čas ohlajanja vode. Odločili smo se, da bomo meritve izvajali s pomočjo računalnika in nanj priključenega senzorja za temperaturo, kar bo omogočilo natančno, neodvisno in samodejno merjenje.

1.3 Hipoteze

Postavili smo naslednje hipoteze:

- Temperatura vode, ki se ohlaja, ne pada enakomerno.
- Debelina stiropora vpliva na padec temperature in na čas ohlajanja vode.
- Spremembe temperatur niso obratno sorazmerne debelini stiropora.
- Čas ohlajanja vode ni premo sorazmeren debelini stiropora.

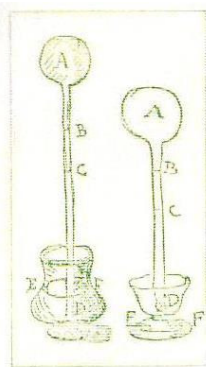
2 PREGLED OBJAV

2.1 Temperatura

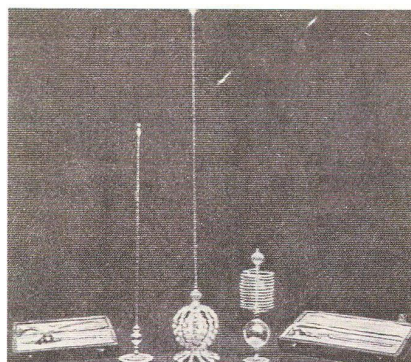
Temperatura je fizikalna količina in je po kinetični teoriji snovi mera za povprečno kinetično energijo molekul v snovi. Večanje hitrosti molekul snovi se navzven kaže kot povečanje temperature. Za predmet, ki ima visoko temperaturo, rečemo da je vroč in za predmet, ki ima nizko temperaturo, rečemo, da je hladen. Človeško čutilo za temperaturo, je koža oz. čutnice v njej, ki pa ni zanesljivo. Vemo, kako različno človek zaznava konstantno temperaturo kleti pozimi ali poleti. Zato ni presenečenje, da so znanstveniki želeli izdelati pripomoček, s katerim bi merili temperaturo in ga danes imenujemo termometer (po Beznec, 2000).

2.2 Zgodovina merjenja temperature, termometri

Zgodovina merjenja temperature sega v leto 1592, ko je Galileo Galilei izdelal prvi termometer, imenovan tudi termoskop. Stekleno posodo z ozko cevko z zrakom je segrel in nato cevko potopil v vodo. Ko se je zrak ohladil, se je voda v cevki dvignila. Galilejev »termometer« ni imel nobene skale, zato so lahko z opazovanjem dviga vode v cevki temperature teles med seboj le primerjali in ugotavljali, katero je toplejše.



Slika 1: Risba Galilejevega termoskopa iz Galilejevih zbranih del



Slika 2: Termometri na alkohol, ki so v 17. stoletju postali znameniti kot florentinski termometri

Do nastanka umerjenih termometrov z izdelano skalo je minilo še približno sto let, razvoj pa je potekal v več smereh. Znanstveniki, ki so se ukvarjali s skalo termometra, so spoznali, da morajo določiti dve legi gladine tekočine v cevki, vsaki pripisati neko temperaturo in nato razdaljo med obema legama razdeliti na določeno število enot. Ker so si za ti dve legi izbirali temperaturi različno, je nastalo več različnih skal in s tem povezanih enot za temperaturo, ki so dobile ime po znanstveniku (po Strnad, 1983).

Tabela 1: Časovni prikaz razvoja termometra

Čas	Znanstvenik	Nižja temperatura ... T ₁	Višja temperatura ... T ₂	Število enot med T ₁ in T ₂	Snov v cevki	Enota
17. st	»Florentinski termometri«	/	/	/	alkohol	/
1714	D.Fahrenheit	mešanica vode, ledu in soli	človeška kri	96	živo srebro	°F
1742	A. Celsius	ledišče vode	vrelišče vode	100	živo srebro	°C
1848	W. Thomson (lord Kelvin)	absolutna ničla* 0 K	ravnovesno stanje ledu, vode in vodne pare 273,16 K	temperatura 273,16K je bila izbrana tako, da je 1K = 1°C		K

* Raziskoval je prostornino plinov in kinetično energijo plinskih molekul pri različnih temperaturah ter ugotovil, da se pri zadosti nizki temperaturi molekule plina ne gibljejo več. Tej temperaturi rečemo absolutna ničla. Te temperature ni mogoče doseči, lahko se ji le približamo.

Kelvinovo skalo imamo za univerzalno temperaturno skalo. Enota kelvin (K) je tudi osnovna enota SI za merjenje temperature. Zaradi zgodovinskih dejstev sta še vedno v uporabi tudi ostali dve enoti, °C in °F. V Evropi se enota °F ni prijela, v nekaterih drugih delih sveta pa se je. Pretvorba ene enote v drugo ni enostavna, lahko pa si pomagamo z enačbami:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} \cdot (^{\circ}\text{F} - 32) \qquad ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} \cdot ^{\circ}\text{C} + 32 \qquad \text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

Leta 1875 je 17 držav osnovalo Mednarodni urad za uteži in mere in podpisalo Metrsko konvencijo, iz katere je kasneje izšel Mednarodni sistem enot (kratica SI). Vse države podpisnice so se zavezale, da ga bodo vključile v svojo zakonodajo. V Jugoslaviji je na podlagi Zakona o merskih enotah in merilih (1976) mednarodni sistem enot stopil v veljavo 1.1.1981.

Mednarodni sistem enot definira osnovne enote, izpeljane enote in predpone ter tiste enote, ki so še sprejemljive za uporabo s sistemom SI. Po sistemu SI je osnovna enota za temperaturo kelvin (K). Pri zapisovanju temperatur zaradi lagodnosti poleg Kelvinove uporabljamo tudi Fahrenheitovo ali Celzijevo skalo. Toda v enačbe je potrebno vedno vstaviti temperaturo v Kelvinovi, absolutni skali. Tega dogovora se nam ni treba držati samo v enem primeru – kadar računamo razliko temperatur (Strnad, 1977). Razlika temperatur v Celzijevi skali je namreč po merskem številu enaka razliki temperatur v absolutni skali. Na podlagi tega dogovora smo se tudi mi odločili, da bomo izračunane spremembe temperatur zapisovali v °C in tako bralcem, ki niso ljubitelji fizike, omogočili lažje razumevanje besedila.

2.3 Programska in strojna oprema

Podjetje Romiks je v letu 2009 postalo ekskluzivni uvoznik opreme Vernier za Slovenijo.

To ameriško podjetje je v svetu poznano kot vodilno pri izdelavi vmesnikov, senzorjev in dodatkov za poučevanje naravoslovja. Pri naši raziskovalni nalogi smo uporabili naslednjo Vernierjevo opremo:

- Vmesnik
- Senzor
- LoggerLite

2.3.1 Vmesnik LabQuest

Je samostojna naprava. Nanj lahko priključimo 57 senzorjev. Naenkrat lahko priključimo šest senzorjev, 4 analogne in 2 digitalna. Ima notranji spomin velikosti 40MB in SD kartico ter vgrajeno programsko opremo.

Lastnosti:

- Enostaven priklop na računalnik (USB)
- Natančen izris diagramov.
- Natančno zajema podatkov in jih izvozi v tabele (Excel).
- Samostojen pri delu na terenu.
- Omogoča bogato izbiro senzorjev.
- Ergonomsko oblikovan.
- Velik barvni zaslon občutljiv na dotik.
- Samodejno prepoznavanje senzorjev.



Slika 3: Vmesnik Vernier LabQuest

2.3.2 Senzor za merjenje temperature

Možni sta dve vrsti priključitve senzorjev. Na računalnik ga lahko priključimo preko USB priključka ali pa preko vmesnika.



Slika 4: Senzor s priklopom preko vmesnika

2.3.3 Program Logger Lite

Programska oprema je brezplačna in dosegljiva na svetovnem spletu. Podatke, ki jih zajema senzor za temperaturo, predstavi na računalniku v realnem času.

Omogoča:

- Samodejno zapisovanje podatkov v tabelo.
- Nastavitev časa in število meritev v časovni enoti.
- Analogni in digitalni prikaz merilne skale.
- Izbira minimalne in maksimalne temperature na virtualnem termometru.
- Risanje diagramov v realnem času.
- Različne načine risanja grafov.
- Ustavitev zajemanja podatkov, ko to želimo.
- Pri novih merjenjih ne izgubimo podatkov prejšnjega merjenja.
- Pri novih merjenjih graf izriše na prejšnjo predlogo ali na novo.
- Zapis naslovov tabel in grafov v slovenščini.

Več o uporabljenih pripomočkih si lahko preberete na spletni strani www.romiks.si

2.4 Stiropor

2.4.1 Zgodovina

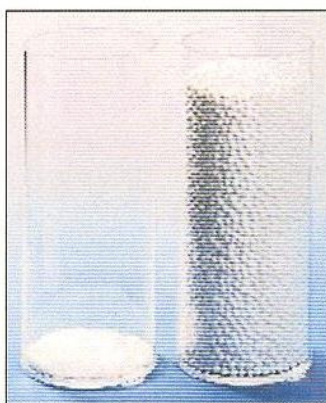
Stiropor je pogosto zapisana beseda v naši raziskovalni nalogi in je sinonim za ekspanzirani polistiren (EPS). Leta 1954 ga je pod zaščitenim imenom »Styropor®« začela izdelovati kemična tovarna BASF v Nemčiji. Z njim so zadostili potrebe arhitekture in gradbeništva po

novem, lažjem in tanjšem materialu, ki je hkrati enostaven za vgradnjo, cenovno ugoden in termoizolacijski. Še več, izdelali so material, ki ne pika, ne bode, se ne drobi, ne vsebuje vlaken, ne škoduje dihanju, je odporen na vodo in vlago, torej se v vodi ne topi, kot je primer raztapljanja veziva pri mnogih drugih izolativnih materialih(Novolit.si).

2.4.2 Proizvodnja ekspandiranega polistirena (EPS)

Kroglice polistirena segrevajo. S tem dosežejo, da se zmečajo in da lahko hlapljiv ogljikovodik prehaja v plin. Pravimo, da kroglice ekspandirajo. Volumen se jim poveča za 20 do 40-krat, gostota pa se zato temu ustrezno zmanjša z okrog 600 kg/m^3 na $15\text{-}40 \text{ kg/m}^3$.

Nato te kroglice zaprejo v kalupe in jih ponovno segrevajo. Kroglice se zopet mehčajo. Ker so kalupi zaprti, se kroglice ne morejo več širiti, zato se med seboj zlepijo in tvorijo kompakten material, pripravljen za rezanje v plošče (Kunič, 2007)



Slika 5: V levi epruveti je surovina, na desni pa že penjen Stiropor



Slika 6: Struktura ekspandiranega polistirena

2.4.3 Zanimive lastnosti

- V 1 m^3 je povprečno 98% zraka in 3 – 6 milijonov zaprtih celic, kar mu daje izjemne toplotnoizolacijske sposobnosti.
- Ni strupen. Ne gori. Če pa se vname, pri tem sprošča manj škodljivih snovi kot naravni materiali npr. les, pluta, lan,...
- Je okolju prijazen material, ki omogoča 100% recikliranje. To pa zato, ker vsebuje samo en polimer in ne vsebuje nobenih veziv ali impregnacij.
- V primerjavi z drugimi izolacijskimi materiali zagotavlja najboljše razmerje med ceno in učinkovitostjo.

3 METODE IN MATERIAL

3.1 Način dela

Naše delo je temeljilo na raziskovanju, merjenju temperature, opazovanju temperaturnih sprememb, ki nastanejo pri ohlajanju vode ter induktivnem sklepanju. Sestavili smo potek našega raziskovanja in opredelili pripomočke, ki jih že imamo in tiste, ki jih bomo morali izdelati ali si jih izposoditi. Naučili smo se uporabljati računalniški program in senzor, s katerim smo nato merili temperaturo. Podatke, ki smo jih pridobili z merjenjem, smo iz programa Logger Lite prenesli v Excel in s pomočjo izračunov oblikovali sklepe, ki so potrdili naše hipoteze.

3.2 Pripomočki

Pripomočki, ki smo jih uporabili so sledeči:

- računalnik,
- program Logger Lite,
- senzorji za temperaturo,
- vmesnik za povezavo senzorjev,
- plastenke v stiropornem ovoju,
- pokrovčki z luknjo za senzor,
- voda.

Za merjenje temperature z računalnikom smo se odločili, ker je tak način merjenja učinkovitejši. Glavna prednost pred ročnim merjenjem je velika natančnost, saj se pri ročnih meritvah lahko zmotimo pri branju merilne skale, prav tako z ročnimi termometri težko izmerimo temperaturo na decimalno natančno. Kot bomo videli kasneje, pa lahko odstopanje pol stopinje pri merjenju že močno vpliva na končni rezultat.

Druge velike prednosti so:

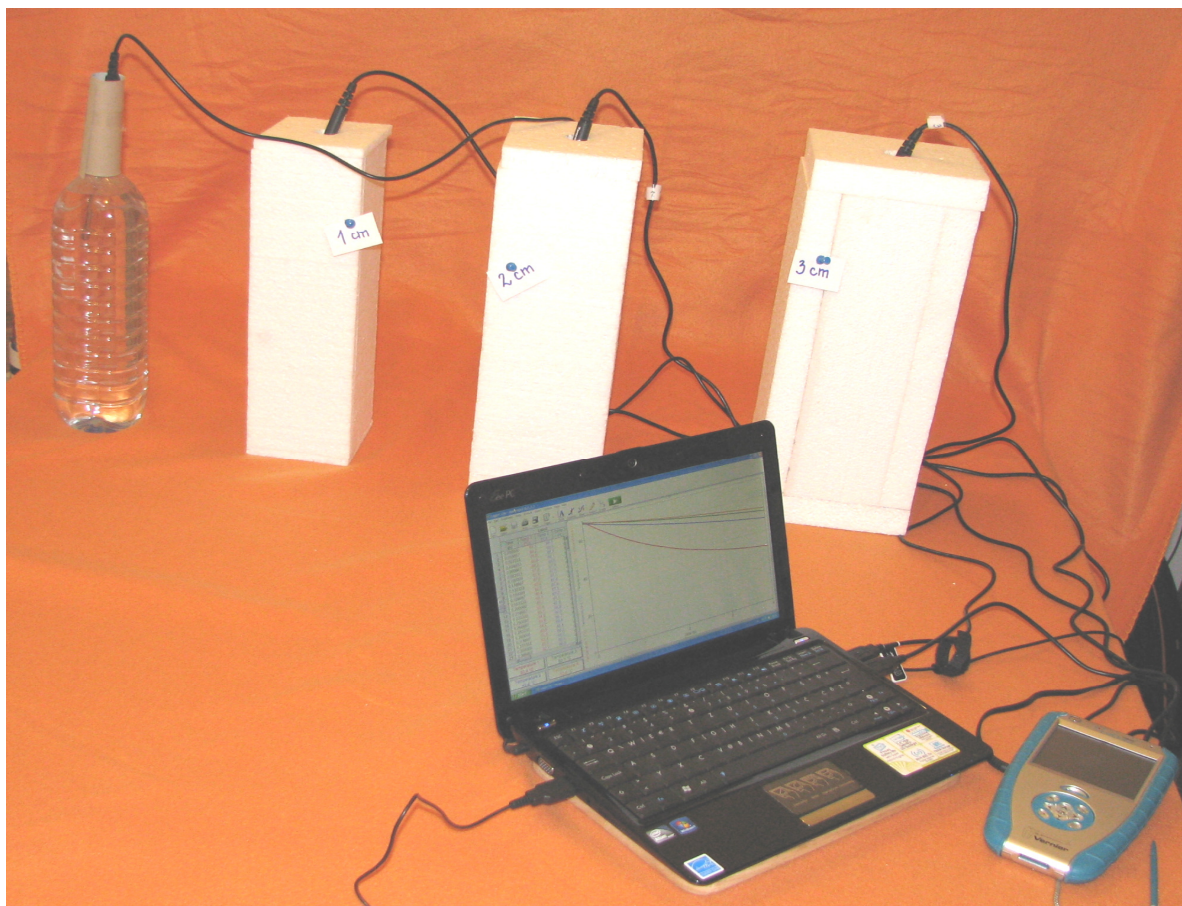
- Možnost konstantnega merjenja, pri čemer pa ne posegamo v vzorec, ki ga merimo.
- Merjenje v poljubno kratkih časovnih intervalih, lahko vsako sekundo, pogosteje ali redkeje.
- Samodejno beleženje meritev, pri tem pa ne pride do napak, do katerih bi prišlo, če bi morali ročno meriti temperaturo štirih vzorcev večkrat na minuto.
- Sprotni grafični prikaz meritev omogoča enostavnejše spremljanje in sprotno presojo postavljenih hipotez.

Zadnja prednost, a kljub temu zelo pomembna, pa je uporaba moderne tehnologije v šoli, kjer še vedno prevladujejo klasični načini in metode dela. Pomembno je, da učenci spoznajo te moderne pristope in vse prednosti, ki jih prinesejo. Tako bomo tudi bolj pripravljeni na potrebe informacijske družbe, v kateri živimo.

Skupaj z računalnikom sta bila naša najpomembnejša pripomočka program Logger Lite in senzor za merjenje temperature. Z njimi smo dosegli omenjene prednosti in meritve izvedli natančno ter brez posegov v predmet merjenja.

Program Logger Lite nam je omogočil uporabo mnogo različnih nastavitvev. Nastavili smo:

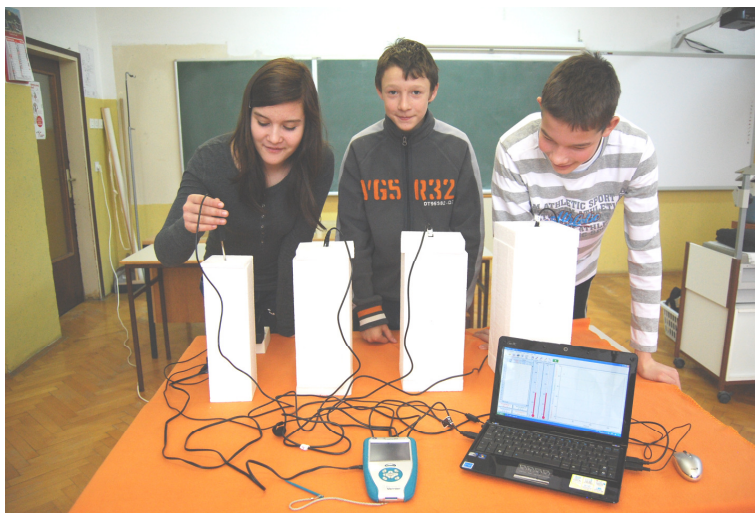
- interval merjenja,
- čas merjenja,
- mersko enoto,
- način izrisa grafa,...



Slika 7: Senzorje smo preko vmesnika povezali z računalnikom

Glede na to, da lahko preko vmesnika priključimo na računalnik več senzorjev hkrati, smo se odločili, da bomo merili temperaturo vode v več posodah z različno debelim stiropornim ovojem. Za posode smo izbrali plastenke s prostornino 1,5 litra, za izolacijski ovoj pa stiropor z debelino 1cm, 2cm, 3cm, 4cm in 6 cm, ki se je tesno prilegal plastenkam.

3.3 Meritve



Slika 8: Patricija, Dejan in Anže pri izvajanju meritev

Vse meritve so potekale pri isti zunanji oz. sobni temperaturi 22°C. V enake plastenke s prostornino 1,5 litra, ki smo jih uporabili pri vsaki od meritev, smo nalili vročo vodo z enako temperaturo. Eno plastenko smo pustili brez stiropornega ovoja, ostale pa so imele ovoj iz iste snovi, toda različnih debelin. Merili smo temperaturo vode med ohlajanjem v vsaki plastenki in opazovali padce temperatur. Te smo izračunali s pomočjo pridobljenih meritev. Izvedli smo štiri sklope meritev.

Tabela 2: Izvedene meritve

	Debelina izolacije (cm)			
	1. plastenka	2. plastenka	3. plastenka	4. plastenka
1. meritev	0	/	/	/
2. meritev	0	1	2	3
3. meritev	0	2	4	/
4. meritev	0	3	6	/

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 Plastenka brez stiropora

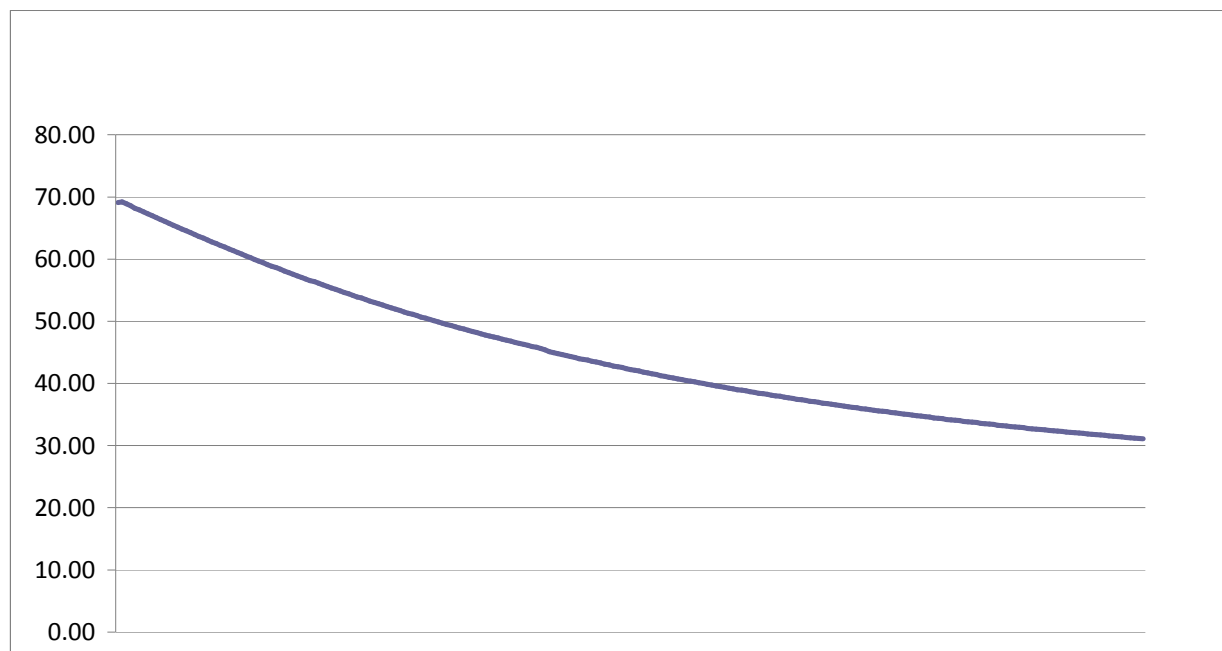
Na začetku merjenja je bila temperatura vode 69,1°C in temperatura prostora 22°C. Temperaturo smo merili 4 ure in pridobili meritve, povzete v tabeli spodaj.

Tabela 3: Ohlajanje vode v plastenki brez ovoja

Čas merjenja (h)	Temperatura vode (°C)	Padec temperature v eni uri (°C)	Padec temperature v % glede na prejšnjo izmerjeno temperaturo
0	69,1	/	/
1	53,1	16,0	23,2
2	42,2	10,9	20,6
3	35,4	6,8	16,1
4	31,1	4,3	12,0

Rezultati merjenja so pokazali, da med ohlajanjem temperatura vode ni padala enakomerno. Padci temperatur so se ves čas zmanjševali. Na grafu lepo vidimo, da se temperatura ohlajajoče se vode vedno manj razlikuje od sobne temperature. V prvi uri merjenja se je voda ohladila od 69,1°C na 53,1°C in padec temperature je znašal 16°C, kar je 23,2%. V zadnji, četrti uri merjenja pa se je voda ohladila od 35,4°C na 31,1°C, torej je znašal padec temperature 4,3°C ali 12%.

Graf 1: Graf predstavlja zmanjševanje temperature v času merjenja

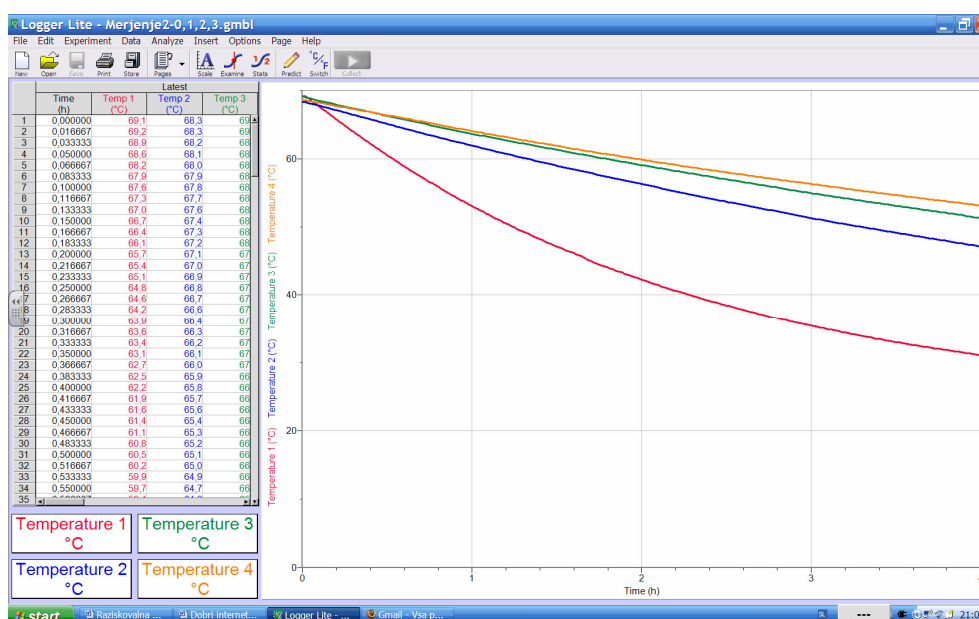


Spremembe temperature pri ohlajanju vode v enakih časovnih intervalih niso bile enake, zato lahko rečemo, da se temperatura ni linearno zmanjševala s časom. S tem smo potrdili našo prvo hipotezo.

4.2 Plastenka brez stiropora in tri plastenke s stiroporom debeline 1cm, 2cm in 3cm

Že takoj na začetku smo se prepričali, kako natančni so senzorji za temperaturo. Vsi člani naše skupine smo z večkratnim poskušanjem ter s hitrim in usklajenim delovanjem želeli v najkrajšem možnem času natočiti vročo vodo v štiri plastenke, jih zapreti v izolacijski ovoj in pričeti z merjenjem temperature. Merjenje vedno pričnemo z enim samim pritiskom na gumb. Kljub hitri akciji je prišlo do razlik v začetnih temperaturah vode, ki so od povprečne temperature 68,8°C odstopale za $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Nekaj tega odstopanja moramo razumeti tudi z vidika napake instrumenta.

Tudi ta meritev je potekala štiri ure. S štirimi senzorji za temperaturo smo istočasno pričeli meriti temperaturo vode v plastenkah in sicer vsako minuto. Računalnik je samodejno beležil podatke in jih predstavil z grafom temperature v odvisnosti od časa $T(t)$.

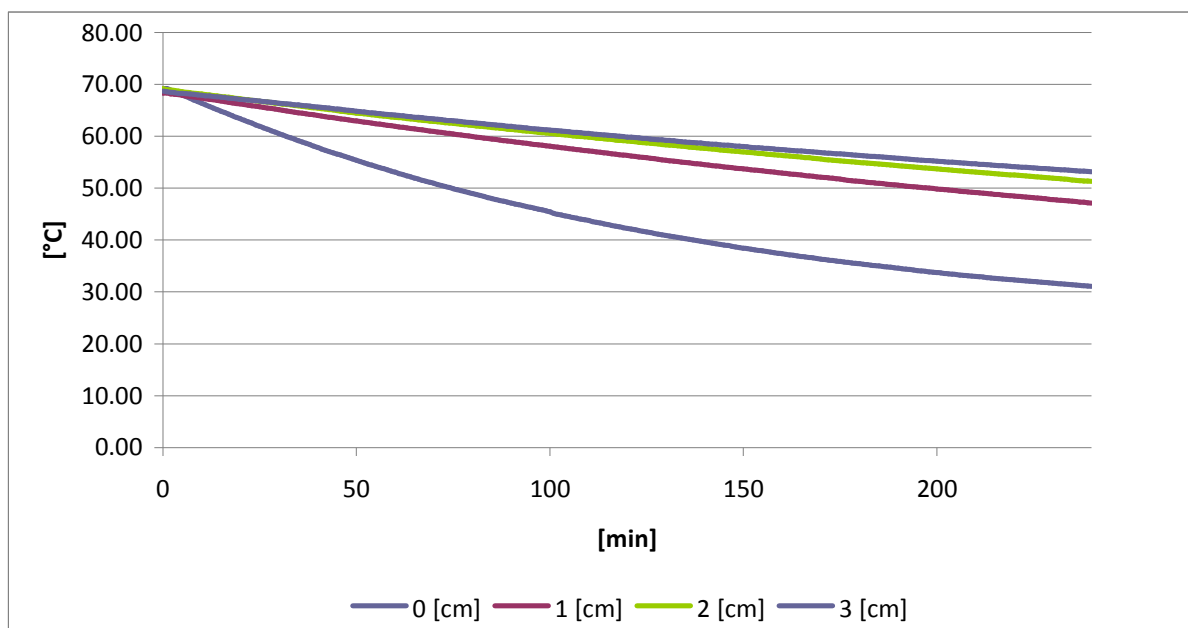


Slika 9: Izpis na zaslonu po končanem merjenju

V štirih urah merjenja se je voda ohlajala. Spremembe temperature vode so bile odvisne od debeline stiropornega ovoja. Temperatura vode v plastenki brez stiropora je padla kar za 38°C, kar predstavlja 55%. Pri 1cm debeli steni stiropora je temperatura padla za 21,2°C ali 31%, pri 2cm debeli steni za 17,9°C ali 26% in pri 3cm debeli steni stiropora le še za 15,5°C ali 23%. Vsaka naslednja sprememba je bila manjša od prejšnje spremembe temperature.

Tabela 4: Temperatura vode v plastenkah

	Debelina stiropora (cm)			
	1. plastenka brez stiropora	2. plastenka 1cm stiropora	3. plastenka 2 cm stiropora	4. plastenka 3 cm stiropora
Začetna temperatura (°C)	69,1	68,3	69,2	68,7
Končna temperatura (°C)	31,1	47,1	51,3	53,2
Sprememba temperature (°C)	38	21,2	17,9	15,5
Sprememba temperature (%)	55	31	26	23

Graf 2: Ohlajanje vode pri 1 cm in 2 cm debelem stiropornem ovoju

Vidimo, da že najmanjša debelina stiropora (1 cm) občutno zmanjša padec temperature vode v plastenkah. Vsak dodatni cm v debelini stiropora je hkrati pomenil tudi 2-kratno in 3-kratno povečanje debeline stiropora. Ali 2-kratno povečanje debeline stiropora povzroči tudi 2-krat manjši padec temperature? Ali 3-kratno povečanje debeline stiropora povzroči tudi 3-kratno zmanjšanje padca temperature? Če bi na obe vprašanji odgovorili pritrdilno, potem bi medsebojno odvisnost med padcem temperature in debelino stiropora imenovali obratno sorazmerje. Na ti dve vprašanji pa ne moremo odgovoriti trdilno, zato omenjena medsebojna odvisnost ni obratno sorazmerje. Večanje debeline izolacije je torej zmanjšalo padce temperatur, ki pa niso bili obratno sorazmerni z debelino.

Tabela 5: Čas ohlajanja vode

Čas ohlajanja vode do temperature 53,2°C			
1. plastenka brez stiropora	2. plastenka 1 cm stiropora	3. plastenka 2 cm stiropora	4. plastenka 3 cm stiropora
1 ura	2,6 ure	3,5 ure	4 ure

Plast stiropora okrog plastenke je pomagala ohranjati temperaturo vode v notranjosti plastenke. Voda v plastenki s 3 cm debelim stiroporom je imela po štirih urah temperaturo 53,2°C. To temperaturo je voda v plastenki brez stiropornega ovoja dosegla že po 1 uri, voda v plastenki s 1 cm debelim stiroporom v 2,6 ure in voda v plastenki s 2 cm debelim stiroporom po 3,5 ure. Stiropor z debelino 3 cm je torej podaljšal čas ohlajanja vode do temperature 53,2°C kar za 4-krat. S povečevanjem debeline stiropora se je čas ohlajanja vode podaljševal, toda za ta čas in debelino stiropora ne velja premo sorazmerje.

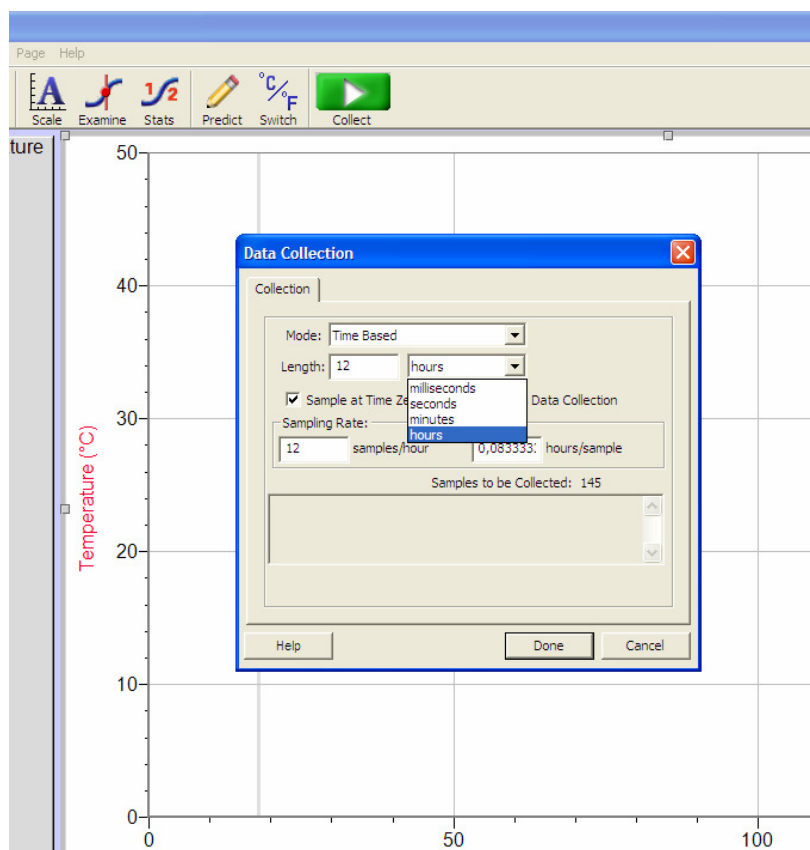
Debelina stiropora, s katerim so obdane plastenke z vodo, zagotovo vpliva na padce temperatur vode in na čas ohlajanja vode. S tem smo potrdili drugo hipotezo. Za zanesljivo potrditev tretje in četrte hipoteze, pa smo izvedli še nekaj dodatnih meritev.

4.3 Plastenka s stiropornim ovojem in dvakrat debelejšim ovojem

Pri prejšnjih meritvah smo vzeli 1cm debel stiropor, 2-krat debelejšega in 3-krat debelejšega, ter opazovali ali med debelino izolacije in padcem temperature obstaja medsebojna odvisnost. Za začetek nas je zanimalo, ali 2-kratno povečanje debeline stiropora 2-krat zmanjša padec temperature vode pri ohlajanju. Pred kratkim smo se pri matematiki naučili, da taki medsebojni odvisnosti med dvema količinama rečemo obratno sorazmerje. Če bi meritve to pokazale, bi nato raziskali še, če 3-kratno povečanje debeline povzroči 3-kratno zmanjšanje padcev temperature, ... Meritve tega niso pokazale.

Na podlagi meritev, opisanih v točki 4.2, se lepo vidi, da sprememba temperature ni obratno sorazmerna debelini stiropora. Ker pa so bile razlike med izmerjenimi končnimi temperaturami majhne, smo izvedli nekaj dodatnih meritev. Za izolacijo smo izbrali še stiropor z večjo debelino (2 cm in 2-krat debelejšega ter stiropor z debelino 3 cm in 2-krat debelejšega) in ponovno preverili odgovor na vprašanje: »Ali 2-krat debelejša plast stiropora 2-krat zmanjša padec temperature.«

Meritev nismo izvajali le štiri ure, ampak 12 ur, saj smo pričakovali, da bodo nastale razlike v padcih temperatur, ki bodo bolj izrazite. V nastavitvah smo zahtevali, naj računalnik izmeri temperaturo vsakih 5 minut, kar pomeni 145 meritev v 12 urah.



Slika 10: Nastavitev časa merjenja in intervalov

Tabela 6: Sprememba temperature pri 1 cm in 2 cm debelem stiroporu

	Debelina stiropora (cm)	
	1. plastenka 1cm stiropora	2. plastenka 2cm stiropora
Začetna temperatura (°C)	70,8	70,4
Končna temperatura (°C)	28,8	33,9
Sprememba temperature (°C)	42,0	36,5
Sprememba temperature (%)	59,3	51,8

Voda se je ohlajala 12 ur. V tem času je temperatura pri 1cm debelem stiroporu padla od 70,8°C na 28,8°C, torej za 42,0°C ali 59,3%. Temperatura vode v 2-krat debelejšem stiroporu pa je padla iz 70,4°C na 33,9°C, torej za 36,5°C ali 51,8%.

Vidimo, da 2-kratno povečanje debeline stiropora ni povzročilo 2-krat manjšega padca temperature. Primerjajmo še spremembi temperatur v obeh plastenkah. Razlika med obema padcema temperatur je znašala samo 7,5°C, kar je približno 10,6%.

Tabela 7: Sprememba temperature pri 2 cm in 4 cm debelem stiroporu

	Debelina stiropora (cm)	
	1. plastenka 2cm stiropora	2. plastenka 4cm stiropora
Začetna temperatura (°C)	70,4	70,6
Končna temperatura (°C)	33,9	40,6
Sprememba temperature (°C)	36,5	30
Sprememba temperature (%)	51,8	42,5

Voda se je ohlajala 12 ur. V tem času je temperatura pri 2cm debelem stiroporu padla od 70,4°C na 33,9°C, torej za 36,5°C ali 51,8%. Temperatura vode v 2-krat debelejšem stiroporu pa je padla iz 70,6°C na 40,6°C, torej za 30°C ali 42,5%.

Vidimo, da 2-kratno povečanje debeline stiropora ni povzročilo 2-krat manjšega padca temperature. Primerjajmo še spremembi temperatur v obeh plastenkah. Razlika med obema padcema temperatur je znašala samo 6,5°C, kar je približno 9%.

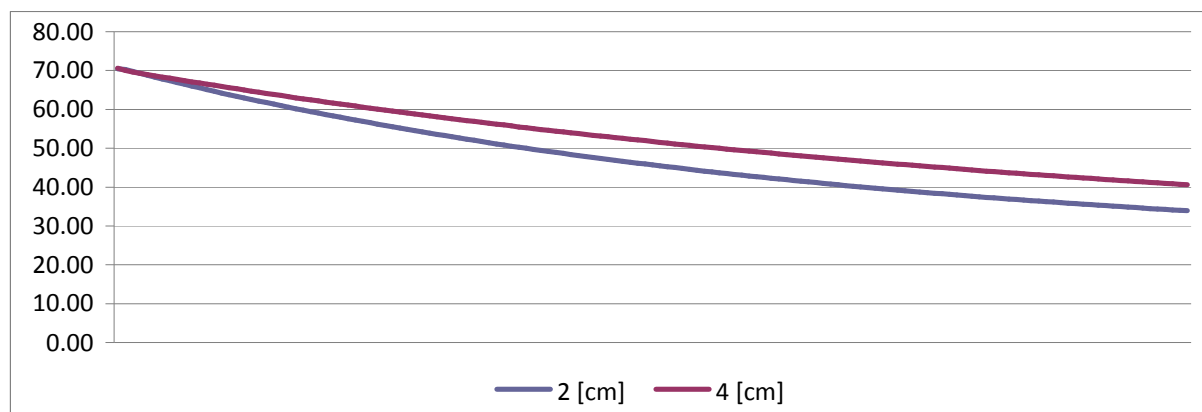
Graf 3: Ohlajanje vode pri 2cm in 4cm debelem stiropornem ovoju

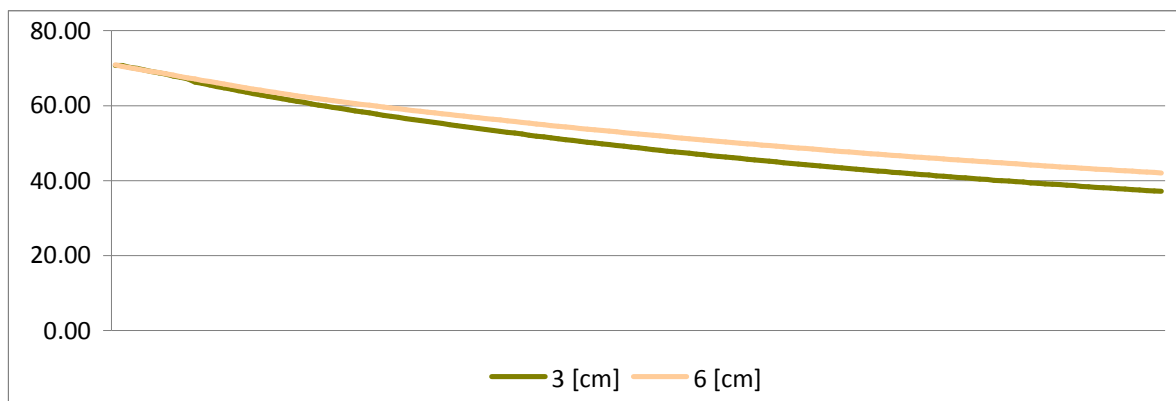
Tabela 8: Sprememba temperature pri 3 cm in 6 cm debelem stiroporu

	Debelina stiropora (cm)	
	1. plastenka 3cm stiropora	2. plastenka 6cm stiropora
Začetna temperatura (°C)	70,7	70,9
Končna temperatura (°C)	37,2	42,1
Sprememba temperature (°C)	33,5	28,8
Sprememba temperature (%)	47,4	40,6

Voda se je ohlajala 12 ur. V tem času je temperatura pri 3cm debelem stiroporu padla od 70,7°C na 37,2°C, torej za 33,5°C ali 47,4%. Temperatura vode v 2-krat debelejšem stiroporu pa je padla iz 70,9°C na 42,1°C, torej za 28,8°C ali 40,6%.

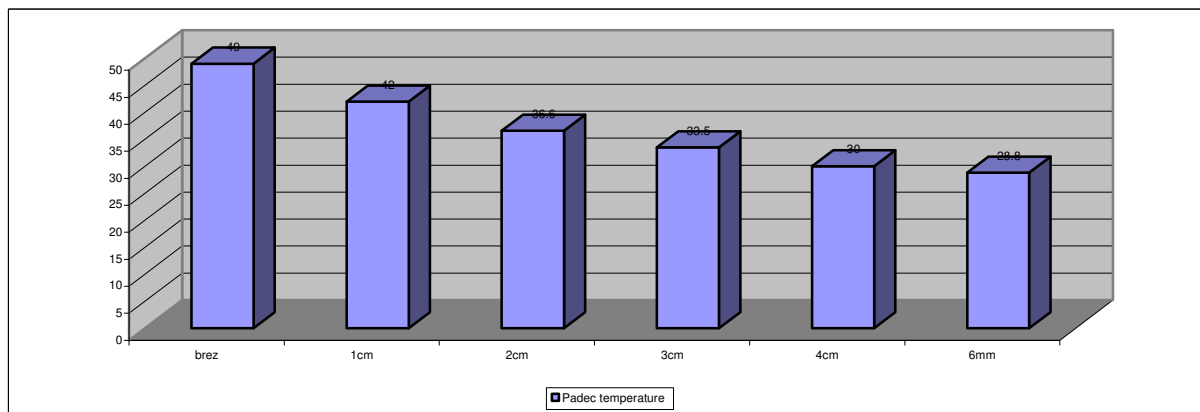
Vidimo, da 2-kratno povečanje debeline stiropora ni povzročilo 2-krat manjšega padca temperature. Primerjajmo še spremembi temperatur v obeh plastenkah. Razlika med obema padcema temperatur je znašala samo 4,7°C, kar je približno 7%.

Graf 4: Ohlajanje vode pri 3cm in 6cm debelem stiropornem ovoju



Na podlagi meritev lahko potrdimo, da spremembe temperatur vode v plastenkah, ki imajo različno debelino stiropornega ovoja, niso obratno sorazmerne debelini stiropora. Temperatura, sprememba temperature in debelina izolacije so fizikalne količine. V 8. razredu osnovne šole jih znamo izmeriti, opisati in opazovati odvisnost med njimi. Nimamo pa še zadosti znanja matematike, da bi to odvisnost poimenovali in jo zapisali z enačbo odvisnosti ter tako izmerjene vrednosti primerjali z izračunanimi.

Graf 5: Padci temperature pri različno debelih ovajih

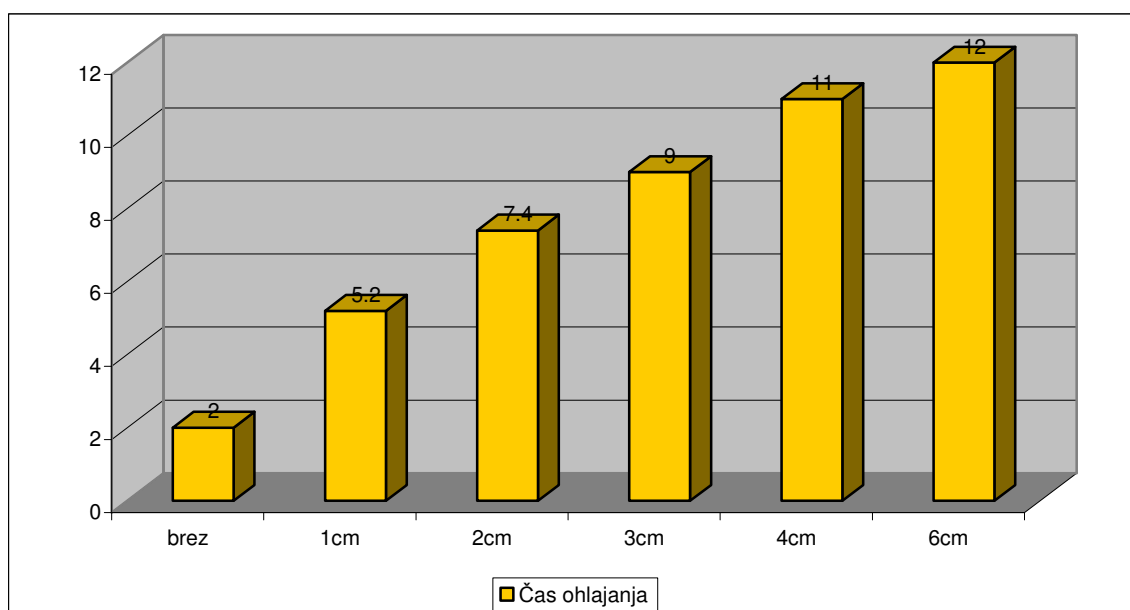


Zanimiva je tudi primerjava časov ohlajanja do tiste temperature, ki jo je dosegla voda v vsaki plastenki, to je do temperature $42,1^{\circ}\text{C}$. To je hkrati tudi končna temperatura vode v plastenki z najdebelejšo izolacijo. Čase ohlajanja do temperature $42,1^{\circ}\text{C}$ smo zbrali v spodnji tabeli:

Tabela 9: Čas ohlajanja vode pri različnih ovojih

Čas ohlajanja vode do temperature $42,1^{\circ}\text{C}$				
1. plastenka 1 cm stiropora	2. plastenka 2 cm stiropora	3. plastenka 3 cm stiropora	4. plastenka 4cm stiropora	5. plastenka 6cm stiropora
5,2 ure	7,4 ure	9 ur	11 ur	12 ur

Graf 6: Odvisnost časa ohlajanja od debeline stiropora



Voda v plastenki z najdebelejšim stiroporom se je v 12 urah ohladila na $42,1^{\circ}\text{C}$. To temperaturo je voda v plastenki s stiroporom debeline 1cm dosegla že po 5,2 ure, v plastenki s stiroporom debeline 2cm po 7,4 urah, v plastenki s stiroporom debeline 3cm v 9 urah in v plastenki s stiroporom debeline 4 cm po 11 urah. Vidimo lahko, da se čas ohlajanja vode daljša, toda ne premo sorazmerno z večanjem debeline stiropora. Voda v plastenki brez stiropora je potrebovala le 1,9 ure, da se je ohladila na omenjenih $42,1^{\circ}\text{C}$. 6cm debela stena stiropora je torej podaljšala čas ohlajanja iz 1,9 ure na 12 ur, to pomeni kar za 6,3-krat.

Sklep:

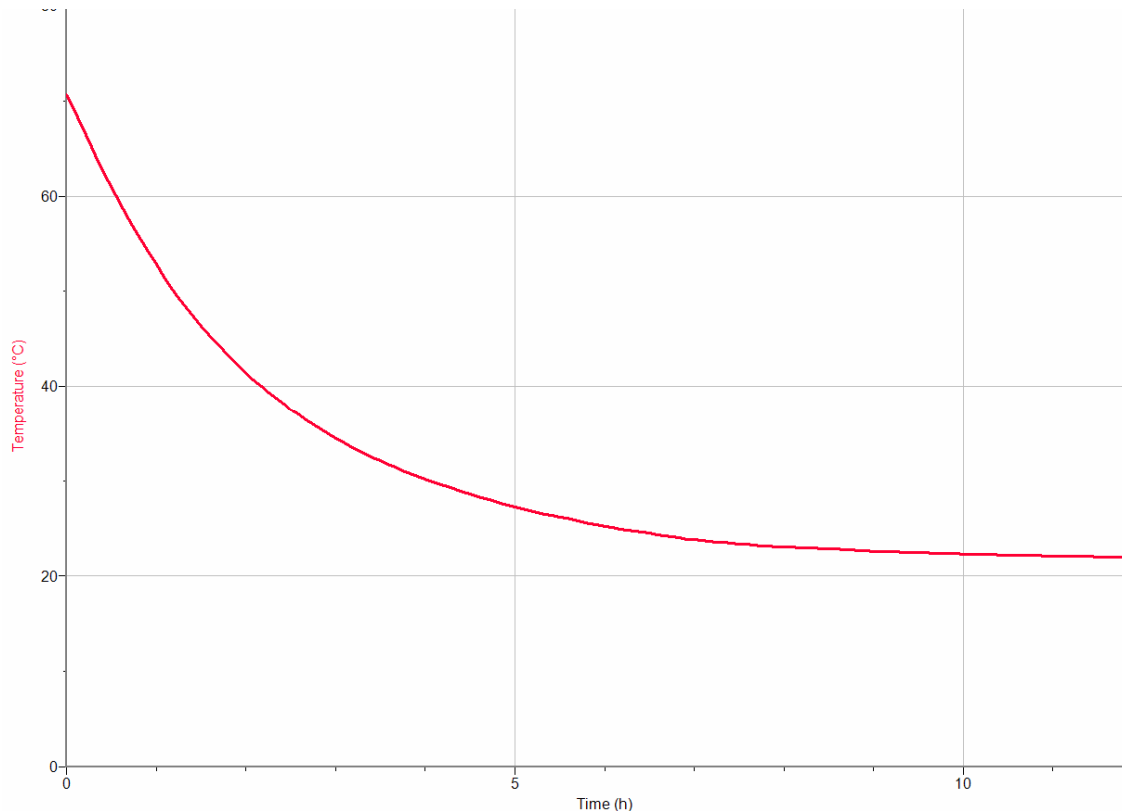
Na podlagi pridobljenih meritev lahko zapišemo dve ugotovitvi:

- S povečevanjem debeline stiropora se padci temperatur ves čas zmanjšujejo. Padci temperatur pa niso obratno sorazmerni debelini stiropora.
- S povečevanjem debeline stiropora se čas ohlajanja vode podaljšuje. Čas ohlajanja pa ni premo sorazmeren z debelino stiropora.

S tem smo potrdili tretjo in četrto hipotezo.

5 ZAKLJUČEK

Ohlajanje vode je fizikalni pojav, ki ga srečamo v vsakdanjem življenju. Vsakdo že iz izkušenj ve, da se voda na začetku ohlaja hitro, potem pa vedno počasneje.



Slika 11: Graf ohlajanja vode, izrisan v programu Logger Lite

Da se temperatura vode zmanjša za 1°C , je potreben vedno daljši čas, dokler na koncu voda ne »obtiči« pri temperaturi, ki jo ima okolica. Že pri raziskovanju odvisnosti temperature od časa ohlajanja smo spoznali, da znanje matematike v 8. razredu ne zadošča, da bi to odvisnost opisali z matematično enačbo, ampak smo se morali zadovoljiti z običajnim sklepanjem in kvalitativnim opisovanjem.

Vse podatke, ki smo jih pri tem potrebovali, smo pridobili z merjenjem. Zato so morali biti zanesljivi in natančni, predvsem pa pogosto izmerjeni. Voda v plastenkah z debelejším stiroporom se je ohlajala zelo počasi. Meritve smo izvajali najprej nekaj ur, vendar se je izkazalo, da so v tem času spremembe temperatur premajhne za zanesljive odgovore. Zato smo čas ohlajanja vode podaljšali na 12 ur in predvidevamo lahko, koliko težav bi imeli z ročnim merjenjem (čas, beleženje, ponovitve ipd).

Računalnik, skupaj s senzorjem za temperaturo se je izkazal kot zelo učinkovita merilna naprava. Omogočil nam je natančno merjenje temperature vode, ki se ohlaja in to v več merilnih posodah hkrati. Podatke je pridobival in zapisoval samodejno, v izbranih intervalih in v izbranem času merjenja. Od začetka merjenja dalje nam ni bilo potrebno posegati v objekt opazovanja, pravzaprav naša prisotnost do zaključka merjenja temperature sploh ni bila potrebna. Sproti je risal grafe, ki so nam pripovedovali, kako poteka ohlajanje.

Na podlagi pridobljenih meritev smo potrdili vse naše hipoteze.

Tabela 10: Hipoteze

Hipoteza	Potrditev
Temperatura vode, ki se ohlaja, ne pada enakomerno.	✓
Debelina stiropora vpliva na padec temperature in na čas ohlajanja vode.	✓
Spremembe temperatur niso obratno sorazmerne debelini stiropora.	✓
Čas ohlajanja vode ni premo sorazmeren debelini stiropora.	✓

Debelina stiropora okrog platenke z vročo vodo, občutno vpliva na velikost temperaturnih sprememb vode in na dolžino časa, ki je potreben, da vroča voda toploto odda okolici z nižjo temperaturo. Z uporabo pri matematiki pridobljenega znanja o premem in obratnem sorazmerju smo si pomagali pri opisovanju odnosa med časom ohlajanja in debelino stiropora oz. med padcem temperature in debelino stiropora.

6 POVZETEK

Zgodovina merjenja temperature sega v leto 1592. Takrat je Galileo Galilei skonstruiral prvi termometer, ki je bil še brez skale. Umerjen termometer z merilno skalo so razvili skoraj sto let kasneje. Razvoj termometrov je bila za fizike zahtevna naloga. Za primerjavo povejmo, da je J. Kepler do leta 1618 že odkril vse tri zakone, ki opisujejo gibanje planetov.

Razvoj fizike je močno povezan z razvojem merilne tehnike. Ta je danes podprta z računalnikom kot merilnim orodjem in kot pripomočkom za zbiranje in obdelavo meritev. V naši raziskovalni nalogi smo uporabili računalnik, ki se je skupaj s senzorjem za temperaturo Vernier izkazal za učinkovito merilno napravo. Omogočil je natančno merjenje temperatur, samodejno zapisoval podatke in risal grafe. Z nastavitvami v računalniškem programu Logger Lite, smo izbirali poljubno dolžino časa merjenja in število meritev v tem času. Možnost, da na računalnik priključimo več senzorjev, smo uporabili za merjenje temperatur vode, ki se je istočasno ohlajala v plastenkah z različno debelino stiropornega ovoja. Opazovali smo razlike v spremembah temperatur in raziskali, kako je debelina stiropora vplivala nanje oz. na čas ohlajanja vode v plastenkah ter matematično opisali odvisnost med opazovanimi količinami. Ugotovili smo, da padec temperatur vode v plastenkah ni obratno sorazmeren debelini stiropora in da čas ohlajanja vode ni premo sorazmeren debelini stiropora.

Za nas mlade raziskovalce je pomembno, da razumemo pomen, ki ga ima debelina izolacije za npr. stanovanjsko hišo in da pričakujemo razvoj novih, še boljših izolacijskih materialov. Pomembno je tudi, da spoznamo moderne načine izvajanja meritev. Tako bomo povečali našo pripravljenost za vstop na bodočo poklicno pot.

7 ZAHVALA

Zahvaljujemo se vsem, ki so nam pomagali in nas vzpodbujali pri raziskovanju in izdelavi raziskovalne naloge.

Zahvaljujemo se Didaktičnemu ateljeju Romiks, ki nam je posodilo vmesnik in senzorje za merjenje temperature. Brez teh merilnih naprav ne bi bilo mogoče izvesti meritev tako, kot smo si zamislili. Darko Bele, hišnik na naši šoli, nam je pomagal pri konstrukciji stiropornih ovojev za platenke z vodo, zato se mu zahvaljujemo.

Še posebej pa se zahvaljujemo našim staršem, mentorici Dušanki Colnar in mentorju Miru Colnarju, saj so nas ves čas vzpodbujali, nas usmerjali in verjeli v nas.

8 PRILOGE**8.1 Priloga 1 – Meritve temperature pri 0 cm, 1 cm, 2 cm in 3 cm debelem stiroporu**

t [min]	0 [cm]	1 [cm]	2 [cm]	3 [cm]
0	69.12	68.30	69.17	68.69
1	69.19	68.34	68.95	68.59
2	68.87	68.16	68.90	68.47
3	68.56	68.10	68.81	68.40
4	68.19	68.00	68.68	68.30
5	67.94	67.89	68.60	68.26
6	67.62	67.77	68.47	68.20
7	67.31	67.67	68.40	68.13
8	67.00	67.58	68.29	68.06
9	66.69	67.45	68.22	67.96
10	66.37	67.33	68.14	67.89
11	66.06	67.21	68.02	67.80
12	65.75	67.10	67.93	67.76
13	65.44	67.00	67.85	67.66
14	65.12	66.90	67.75	67.59
15	64.81	66.77	67.65	67.51
16	64.56	66.65	67.58	67.43
17	64.25	66.56	67.50	67.37
18	63.94	66.43	67.40	67.26
19	63.62	66.31	67.29	67.20
20	63.37	66.22	67.22	67.12
21	63.06	66.10	67.11	67.05
22	62.75	65.99	67.02	66.97
23	62.50	65.89	66.93	66.91
24	62.19	65.77	66.84	66.84
25	61.94	65.65	66.75	66.76
26	61.62	65.55	66.64	66.68
27	61.37	65.44	66.57	66.61
28	61.06	65.34	66.47	66.53
29	60.81	65.23	66.38	66.46
30	60.50	65.11	66.30	66.38
31	60.25	65.01	66.20	66.30
32	59.94	64.87	66.11	66.25
33	59.69	64.74	66.01	66.16
34	59.44	64.62	65.93	66.07
35	59.12	64.53	65.85	66.02
36	58.87	64.42	65.76	65.93
37	58.62	64.31	65.65	65.86
38	58.37	64.20	65.57	65.81
39	58.06	64.11	65.48	65.69
40	57.81	63.99	65.41	65.63
41	57.56	63.89	65.31	65.54
42	57.31	63.79	65.23	65.47
43	57.06	63.67	65.13	65.40
44	56.81	63.58	65.06	65.32
45	56.56	63.47	64.94	65.24
46	56.37	63.35	64.82	65.19
47	56.12	63.27	64.74	65.08
48	55.87	63.16	64.63	64.99
49	55.62	63.04	64.55	64.92
50	55.37	62.94	64.46	64.83
51	55.12	62.84	64.38	64.73
52	54.87	62.72	64.30	64.66
53	54.62	62.63	64.23	64.56
54	54.44	62.54	64.15	64.51
55	54.19	62.43	64.07	64.41
56	53.94	62.32	63.97	64.35
57	53.75	62.23	63.90	64.28
58	53.50	62.12	63.81	64.21
59	53.25	62.02	63.73	64.14
60	53.06	61.92	63.66	64.06
61	52.81	61.81	63.58	63.99
62	52.62	61.72	63.50	63.92
63	52.37	61.62	63.41	63.85
64	52.19	61.50	63.34	63.74
65	51.94	61.41	63.26	63.67
66	51.75	61.31	63.16	63.61

t [min]	0 [cm]	1 [cm]	2 [cm]	3 [cm]
67	51.50	61.21	63.08	63.56
68	51.31	61.11	63.01	63.48
69	51.12	61.01	62.92	63.40
70	50.94	60.92	62.86	63.31
71	50.69	60.82	62.77	63.26
72	50.50	60.72	62.70	63.19
73	50.31	60.61	62.61	63.09
74	50.12	60.53	62.54	63.01
75	49.87	60.43	62.46	62.97
76	49.69	60.32	62.39	62.88
77	49.50	60.22	62.30	62.81
78	49.31	60.14	62.23	62.72
79	49.12	60.03	62.14	62.66
80	48.94	59.93	62.08	62.56
81	48.75	59.84	61.98	62.51
82	48.56	59.75	61.92	62.46
83	48.37	59.64	61.83	62.39
84	48.19	59.55	61.76	62.30
85	48.00	59.46	61.68	62.24
86	47.81	59.36	61.61	62.15
87	47.62	59.26	61.52	62.07
88	47.50	59.16	61.46	62.05
89	47.31	59.08	61.38	61.94
90	47.12	58.98	61.30	61.89
91	46.94	58.89	61.21	61.80
92	46.81	58.81	61.15	61.75
93	46.62	58.71	61.07	61.66
94	46.44	58.61	60.99	61.60
95	46.31	58.52	60.92	61.50
96	46.12	58.42	60.85	61.45
97	45.94	58.34	60.77	61.38
98	45.81	58.24	60.69	61.32
99	45.62	58.16	60.61	61.25
100	45.44	58.06	60.55	61.17
101	45.12	57.99	60.48	61.09
102	44.94	57.89	60.39	61.05
103	44.81	57.80	60.32	60.98
104	44.62	57.70	60.25	60.90
105	44.50	57.61	60.17	60.85
106	44.31	57.53	60.09	60.76
107	44.19	57.44	60.02	60.71
108	44.00	57.35	59.95	60.65
109	43.87	57.25	59.88	60.57
110	43.75	57.16	59.80	60.53
111	43.56	57.09	59.73	60.45
112	43.44	56.98	59.65	60.37
113	43.31	56.91	59.58	60.31
114	43.12	56.81	59.50	60.26
115	43.00	56.71	59.44	60.20
116	42.81	56.63	59.36	60.13
117	42.69	56.54	59.29	60.05
118	42.56	56.45	59.20	59.98
119	42.37	56.37	59.15	59.93
120	42.25	56.27	59.06	59.84
121	42.12	56.18	59.00	59.78
122	42.00	56.11	58.92	59.72
123	41.81	56.02	58.86	59.67
124	41.69	55.92	58.78	59.57
125	41.56	55.84	58.71	59.54
126	41.44	55.76	58.64	59.45
127	41.25	55.65	58.58	59.41
128	41.12	55.53	58.49	59.34
129	41.00	55.45	58.43	59.30
130	40.87	55.37	58.35	59.22
131	40.75	55.27	58.29	59.17
132	40.62	55.20	58.22	59.11
133	40.50	55.11	58.15	59.03

t [min]	0 [cm]	1 [cm]	2 [cm]	3 [cm]
134	40.37	55.02	58.07	58.97
135	40.25	54.94	58.01	58.89
136	40.12	54.85	57.93	58.85
137	40.00	54.77	57.86	58.79
138	39.87	54.69	57.80	58.73
139	39.75	54.61	57.73	58.69
140	39.62	54.52	57.66	58.60
141	39.50	54.44	57.59	58.54
142	39.37	54.35	57.52	58.47
143	39.25	54.27	57.46	58.45
144	39.12	54.20	57.37	58.36
145	39.00	54.11	57.31	58.29
146	38.94	54.03	57.25	58.24
147	38.81	53.95	57.18	58.18
148	38.69	53.86	57.11	58.10
149	38.56	53.79	57.04	58.08
150	38.44	53.70	56.96	58.01
151	38.37	53.62	56.91	57.95
152	38.25	53.55	56.83	57.87
153	38.12	53.47	56.78	57.80
154	38.00	53.38	56.70	57.77
155	37.94	53.31	56.64	57.72
156	37.81	53.22	56.57	57.65
157	37.69	53.14	56.49	57.59
158	37.56	53.06	56.44	57.53
159	37.44	52.98	56.36	57.49
160	37.37	52.90	56.30	57.43
161	37.25	52.82	56.23	57.36
162	37.12	52.74	56.16	57.30
163	37.06	52.66	56.10	57.24
164	36.94	52.58	56.04	57.19
165	36.81	52.51	55.97	57.14
166	36.75	52.43	55.90	57.09
167	36.62	52.35	55.84	57.02
168	36.56	52.28	55.76	56.96
169	36.44	52.20	55.71	56.92
170	36.31	52.11	55.59	56.86
171	36.25	52.05	55.52	56.79
172	36.12	51.97	55.46	56.75
173	36.06	51.90	55.39	56.68
174	35.94	51.82	55.33	56.63
175	35.87	51.74	55.26	56.58
176	35.75	51.61	55.20	56.52
177	35.69	51.51	55.13	56.45
178	35.56	51.42	55.08	56.41
179	35.50	51.36	55.01	56.36
180	35.44	51.28	54.95	56.29
181	35.31	51.21	54.87	56.25
182	35.25	51.14	54.82	56.19
183	35.12	51.07	54.75	56.13
184	35.06	50.99	54.70	56.08
185	35.00	50.92	54.63	56.03
186	34.87	50.84	54.57	55.98
187	34.81	50.76	54.51	55.91
188	34.75	50.69	54.45	55.86
189	34.62	50.63	54.37	55.81
190	34.56	50.55	54.32	55.76
191	34.44	50.47	54.25	55.70
192	34.37	50.40	54.20	55.64
193	34.31	50.33	54.13	55.56
194	34.19	50.26	54.07	55.49
195	34.12	50.19	54.01	55.44
196	34.06	50.13	53.95	55.38
197	34.00	50.05	53.89	55.33
198	33.87	49.98	53.82	55.28
199	33.81	49.92	53.77	55.23
200	33.75	49.83	53.70	55.17
201	33.69	49.76	53.64	55.12
202	33.56	49.70	53.57	55.07
203	33.50	49.64	53.53	55.02
204	33.44	49.56	53.46	54.97

t [min]	0 [cm]	1 [cm]	2 [cm]	3 [cm]
205	33.37	49.49	53.40	54.92
206	33.25	49.42	53.34	54.86
207	33.19	49.35	53.28	54.81
208	33.12	49.29	53.21	54.77
209	33.06	49.22	53.16	54.70
210	33.00	49.15	53.10	54.66
211	32.94	49.08	53.04	54.60
212	32.87	49.00	52.98	54.56
213	32.75	48.95	52.93	54.50
214	32.69	48.87	52.85	54.45
215	32.62	48.80	52.80	54.40
216	32.56	48.75	52.75	54.36
217	32.50	48.67	52.69	54.30
218	32.44	48.61	52.63	54.26
219	32.37	48.54	52.57	54.19
220	32.31	48.48	52.51	54.14
221	32.25	48.41	52.46	54.09
222	32.19	48.33	52.38	54.04
223	32.12	48.27	52.33	53.99
224	32.06	48.21	52.29	53.95
225	32.00	48.14	52.21	53.89
226	31.94	48.08	52.16	53.83
227	31.87	48.02	52.10	53.79
228	31.81	47.95	52.05	53.75
229	31.75	47.85	51.99	53.69
230	31.69	47.77	51.93	53.65
231	31.62	47.71	51.88	53.59
232	31.56	47.65	51.82	53.54
233	31.50	47.58	51.75	53.49
234	31.44	47.51	51.69	53.45
235	31.37	47.46	51.56	53.40
236	31.31	47.40	51.50	53.35
237	31.25	47.32	51.45	53.30
238	31.19	47.26	51.39	53.25
239	31.12	47.19	51.34	53.19
240	31.06	47.14	51.28	53.15

8.2 Priloga 2 – Meritve temperature pri 2 cm, 3 cm, 4 cm, 6 cm debelem stiroporu

t [min]	3 [3cm]	6 [6cm]	2 [cm]	4 [cm]
0	70.69	70.89	70.44	70.59
5	70.69	70.45	70.25	69.98
10	70.25	70.09	69.76	69.61
15	69.94	69.75	69.25	69.26
20	69.50	69.41	68.79	68.93
25	69.12	69.14	68.29	68.62
30	68.75	68.83	67.81	68.30
35	68.37	68.46	67.34	68.00
40	67.94	68.12	66.90	67.70
45	67.56	67.76	66.44	67.40
50	67.12	67.40	66.00	67.08
55	66.31	67.11	65.56	66.79
60	65.94	66.74	65.11	66.49
65	65.50	66.43	64.63	66.19
70	65.06	66.10	64.20	65.90
75	64.75	65.77	63.78	65.61
80	64.37	65.44	63.36	65.33
85	64.00	65.11	62.96	65.03
90	63.62	64.74	62.54	64.68
95	63.19	64.41	62.13	64.39
100	62.87	64.11	61.74	64.10
105	62.50	63.81	61.34	63.82
110	62.19	63.52	60.94	63.55
115	61.81	63.22	60.56	63.29
120	61.50	62.95	60.17	62.97
125	61.19	62.63	59.78	62.70
130	60.87	62.37	59.42	62.43
135	60.50	62.10	59.04	62.16
140	60.12	61.82	58.68	61.90
145	59.87	61.56	58.32	61.63
150	59.56	61.30	57.96	61.35
155	59.25	61.06	57.61	61.10
160	58.94	60.83	57.25	60.85
165	58.62	60.59	56.90	60.57
170	58.31	60.35	56.57	60.31
175	58.06	60.11	56.21	60.06
180	57.75	59.87	55.88	59.79
185	57.44	59.64	55.50	59.56
190	57.19	59.41	55.16	59.30
195	56.87	59.19	54.84	59.05
200	56.56	58.96	54.51	58.80
205	56.31	58.73	54.19	58.56
210	56.06	58.50	53.87	58.30
215	55.75	58.29	53.56	58.07
220	55.50	58.07	53.26	57.84
225	55.25	57.85	52.95	57.59
230	54.94	57.64	52.65	57.35
235	54.69	57.42	52.35	57.13
240	54.44	57.22	52.05	56.89
245	54.19	57.01	51.75	56.66
250	53.94	56.79	51.38	56.42
255	53.62	56.59	51.11	56.20
260	53.37	56.39	50.82	55.99
265	53.12	56.17	50.54	55.75
270	52.87	55.97	50.26	55.48
275	52.69	55.78	49.98	55.26
280	52.44	55.52	49.71	55.04
285	52.12	55.32	49.45	54.81
290	51.87	55.11	49.18	54.60
295	51.69	54.92	48.92	54.39
300	51.44	54.72	48.66	54.17
305	51.19	54.53	48.40	53.96
310	50.94	54.34	48.15	53.77
315	50.75	54.14	47.88	53.55
320	50.50	53.95	47.60	53.34
325	50.25	53.76	47.35	53.14
330	50.06	53.57	47.11	52.94
335	49.81	53.38	46.87	52.74
340	49.62	53.19	46.62	52.53
345	49.37	53.02	46.39	52.34
350	49.19	52.82	46.16	52.13
355	48.94	52.65	45.93	51.94

360	48.75	52.48	45.69	51.74
365	48.50	52.30	45.46	51.47
370	48.31	52.11	45.24	51.29
375	48.12	51.95	45.02	51.09
380	47.87	51.77	44.80	50.90
385	47.69	51.50	44.58	50.71
390	47.50	51.34	44.33	50.52
395	47.31	51.16	44.10	50.34
400	47.06	51.00	43.90	50.15
405	46.87	50.83	43.68	49.96
410	46.69	50.66	43.49	49.80
415	46.50	50.50	43.28	49.61
420	46.31	50.33	43.07	49.44
425	46.12	50.16	42.86	49.26
430	45.94	50.00	42.68	49.09
435	45.75	49.84	42.47	48.90
440	45.56	49.69	42.29	48.74
445	45.37	49.51	42.09	48.55
450	45.19	49.36	41.90	48.39
455	45.00	49.21	41.72	48.22
460	44.81	49.05	41.53	48.05
465	44.62	48.89	41.35	47.87
470	44.44	48.74	41.17	47.67
475	44.25	48.58	40.95	47.51
480	44.12	48.43	40.77	47.35
485	43.94	48.28	40.59	47.18
490	43.75	48.12	40.40	47.02
495	43.56	47.97	40.23	46.86
500	43.37	47.78	40.07	46.71
505	43.25	47.64	39.90	46.54
510	43.06	47.49	39.73	46.39
515	42.87	47.35	39.56	46.24
520	42.75	47.19	39.39	46.07
525	42.56	47.05	39.23	45.92
530	42.44	46.92	39.08	45.77
535	42.25	46.77	38.91	45.62
540	42.12	46.63	38.75	45.47
545	41.94	46.50	38.60	45.32
550	41.81	46.34	38.43	45.16
555	41.62	46.21	38.29	45.03
560	41.50	46.07	38.13	44.87
565	41.31	45.94	37.98	44.73
570	41.19	45.80	37.80	44.57
575	41.00	45.66	37.64	44.43
580	40.87	45.53	37.49	44.25
585	40.75	45.40	37.36	44.11
590	40.56	45.27	37.21	43.97
595	40.44	45.14	37.07	43.82
600	40.31	45.01	36.93	43.68
605	40.12	44.88	36.80	43.55
610	40.00	44.76	36.66	43.41
615	39.87	44.62	36.51	43.27
620	39.75	44.50	36.39	43.15
625	39.62	44.33	36.25	43.02
630	39.44	44.20	36.13	42.88
635	39.31	44.07	36.00	42.75
640	39.19	43.95	35.87	42.63
645	39.06	43.83	35.74	42.49
650	38.94	43.70	35.61	42.37
655	38.81	43.58	35.48	42.23
660	38.69	43.46	35.35	42.10
665	38.50	43.33	35.23	41.97
670	38.37	43.22	35.10	41.85
675	38.25	43.09	34.98	41.72
680	38.12	42.98	34.86	41.60
685	38.00	42.86	34.75	41.48
690	37.87	42.75	34.59	41.36
695	37.75	42.63	34.47	41.23
700	37.62	42.52	34.36	41.11
705	37.50	42.41	34.25	40.97
710	37.37	42.29	34.14	40.83
715	37.25	42.18	34.03	40.72
720	37.19	42.07	33.92	40.60

9 VIRI IN LITERATURA

1. BEZNEC, B. et al. 2000. Moja prva fizika, fizika za 8. razred. Ljubljana, Modrijan
2. STRNAD, M. et al. 2004. Presečišče 8 - Matematika za 8.r. Ljubljana, DZS
3. STRNAD, J. 1977. Fizika 1.del, mehanika in toplota. Ljubljana, DZS
4. STRNAD, J. 1983. O merjenju temperature in termometrih. Presek, 11, 1, str. 34 – 39
5. KUNIČ, R. 2007. Univerzalni toplotni in zvočni izolator. Gradbenik, 5, str. 48
6. Enačbe za pretvorbo enot (22. 2. 2010). Dostopno na naslovu: http://web.bf.uni-lj.si/agromet/vaja_2.ppt
7. O stiroporu (22. 2. 2010). Dostopno na naslovu: http://www.novolit.si/slo/o_eps.html
8. Spletna revija Varčujem z energijo (23. 12. 2009). Dostopno na: <http://varcevanje-energije.si/termoizolacije/stiropor-univerzalen-toplotni-in-zvocni-izolator.html>
9. Mednarodni sistem enot (22. 2. 2010). Dostopno na: http://sl.wikipedia.org/wiki/Mednarodni_sistem_enot
10. Merilna tehnika Vernier (22. 12. 2009). Dostopno na naslovu: <http://www.romiks.si/>
11. PAVŠEK, Z., PETKOVŠEK, S. A. S., POKORNY, B., RIBARIČ LASNIK, C., STEBLOVNIK, K., ŠALEJ, M., ŠTRBENK, E., VRBIČ KUGONIČ, N. 2008. Osnove znanstveno raziskovalnega dela, 5. dopolnjena izdaja. Velenje, Inštitut za ekološke raziskave ERICo