

Mladi za napredek Maribora 2017

34. srečanje

**MERILNIK RADIOAKTIVNOSTI – GEIGERJEV
ŠTEVEC Tematsko področje:
Elektrotehnika, Fizika
Raziskovalna naloga**

Avtor: SIMON VAVAN SKAZA, MIHAEL NAMESTNIK BRBRE, ALEŠ PAJTLER
Mentor: BOJAN ROZIN
Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR

Maribor, 2017

Mladi za napredek Maribora 2017

34. srečanje

**MERILNIK RADIOAKTIVNOSTI – GEIGERJEV
ŠTEVEC Tematsko področje:
Elektrotehnika, Fizika
Raziskovalna naloga**

Maribor, 2017

KAZALO

ZAHVALA.....	2
UVOD	3
HIPOTEZE	3
RADIOAKTIVNOST	4
<i>Alfa</i>	4
<i>Beta</i>	4
<i>Gama</i>	4
RADIOAKTIVNI RAZPADI	5
ODKRITJE RADIOAKTIVNOSTI.....	6
NEVARNOST RADIOAKTIVNOSTI.....	7
SPREMINJANJE STOPNJE RAZPADANJA.....	7
VRSTE SEVANJA, RAZPOLOVNI ČAS	8
VRSTE PODAJANJA SEVANJE IN ENOTE.....	8
a) <i>glede na ekvivalentno količino-dozo sevanja</i>	8
b) <i>V katerih enotah merimo ekvivalentno dozo?</i>	8
c) <i>Glede na aktivnost</i>	9
d) <i>Glede na absorbirano dozo ionizirajočega sevanja</i>	9
GM - GEIGER CEV	10
IZDELAVA MERILNIKA	12
VPLIV SEVANJA NA LJUDI	13
MERITVE SEVANJA.....	19
ZAKLJUČEK.....	21
DRUŽBENA ODGOVORNOST	21
VIRI	22

KAZALO SLIK

Slika 1: Alfa, beta in gama delci	4
Slika 2: Geiger cev	
Slika 3: Skala elektromagnetnega valovanja vseh valovnih dolžin.....	14
Slika 4: Navadni geigerjev števec	18

ZAHVALA

Zahvalili bi se mentorju za vso pomoč, svetovanje, za vse njegove ideje, katere so nam pomagale pri izdelavi izdelka in za njegovo potrpljenje. Brez njega nam ne bi uspelo narediti naloge. Zahvaljujemo se tudi lektorici, ki nam je pregledala in popravila nalogo in vsem, ki so nam ob delu stali ob strani in nas podpirali

UVOD

Letos smo se odločili izdelat merilnik radioaktivnosti z Geigerjevim števcem in raziskati njegovo delovanje. Predvsem nas je zanimal strošek izdelave in natančnost delovanja v primerjavi z drugimi visokokakovostnimi merilniki. Z merilnikom smo merili radioaktivnost na različnih krajih in delali primerjave glede na okolico. Izdelan je bil tako, da lahko meri v 99,99uSv/h ali 9,999uSv/h merilnem območju. Ima digitalni prikazovalnik iz katerega se odčitavajo rezultati merjenja. Uporabili smo rusko cev STS-5, ki je namenjena za merjenje ekvivalentne doze.

HIPOTEZE

1. Ali bo naš merilnik zagotavljal zadovoljivo meritev?

Menimo, da bo naš merilnik zagotavljal zadovoljive meritve, se poglobili v izdelavo. Izbrali smo pravilne komponente in menimo, da bodo meritve pravilne zaradi enostavne izvedbe, ki smo jo izbrali.

2. Ali bo naš merilnik glede na stroške izdelave zanesljiv?

Menimo, da bo naš merilnik zanesljiv, kljub majhnim stroškom izdelave. Pomemben je le končni rezultat, ta pa mislimo, da bo odličen, sploh pri nizkih stroških izdelave, ki smo si jih zadali.

RADIOAKTIVNOST

Radioaktivna jedra izsevajo pri razpadu različne masne delce z veliko kinetično energijo ali pa oddajajo energijo v obliki elektromagnetnega valovanja. Ta valovanja so t.i. žarki tipa alfa, beta in gama.

Alfa

-Delci alfa so dvakrat pozitivno nabiti težki delci, ki so sestavljeni iz dveh protonov in dveh nevtronov. Ti delci so v bistvu jedra helija. Ustavi jih že tanek list papirja.

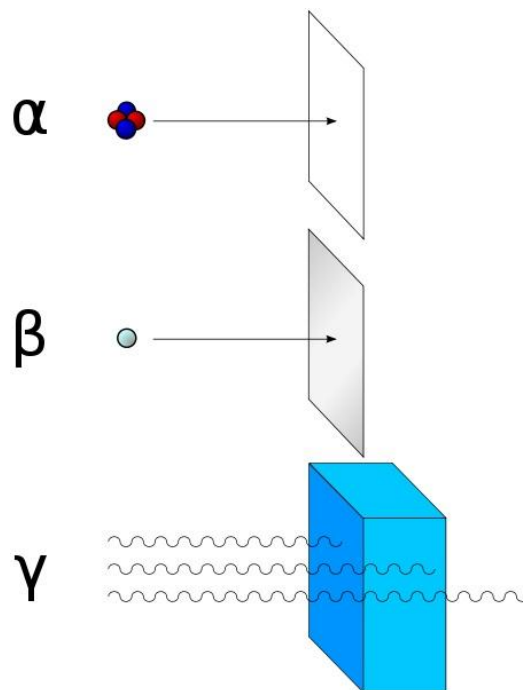
Beta

-Delci beta so negativno ali pozitivno nabiti lahki delci z maso elektrona. Ustavi jih že tanjša kovinska ploskev.

Gama

-Žarki gama so elektromagnetno valovanje kratke valovne dolžine z visoko energijo. Ustavi pa jih lahko samo debela svinčena ploskev, zato so tudi najbolj nevarni živim bitjem.

Naša cev pretežno meri gama valovanje, prav tako zazna beta valovanje, vendar redko kdaj. Alfa delcev oz. valovanja ne zazna.



Slika 1: Alfa, beta in gama delci (Vir: www.radioaktivnost.si)

Radioaktivna jedra so različno dolgo v nestabilnem stanju. Zaradi tega merimo, definiramo razpolovni čas, ki je čas, v katerem razpade polovica začetnih jeder. Razpolovni časi obsegajo zelo široko območje, od manj kot tisočinke sekunde pa do sto milijard let.

Radioaktivnost je pojav, pri katerem **nestabilno atomsko jedro razpade**. Pri razpadu nastane drugo jedro, obenem pa se sprosti še visokoenergijski delec. Snovi z nestabilnimi atomskimi jedri imenujemo **radioaktivne snovi**.

Radioaktivni razpad je naključni proces razpada atomskega jedra, tako da ga niti s pomočjo kvantne mehanike ni mogoče zanesljivo napovedati. Verjetnost, da jedro razpade, se s časom ne spreminja, kar pomeni, da je vseeno, koliko časa jedro že obstaja. Za velike skupine atomskih jeder pa lahko verjetnost za razpad skupine jeder izračunamo na osnovi izmerjenega razpolovnega časa, kar je osnova radio-metričnega datiranja-merjenja.

Radioaktivni razpad oz. izguba energije atomskega jedra je rezultat procesa, v katerem se ena vrsta atomskih jeder, imenovana **starševski radionuklid** pretvori v jedro v drugem stanju, ali v jedro z drugačnim številom protonov in nevtronov. Nastalo jedro imenujemo **hčerinski nuklid**. Pri nekaterih razpadih sta starševski in hčerinski nuklid različna kemijska elementa, tako da pri jedrskem razpadu nastanejo atomi drugega kemijskega elementa. Ta pojav imenujemo **jedrska transmutacija**. Poznamo veliko različnih vrst radioaktivnih razpadov.

RADIOAKTIVNI RAZPADI

1.

Prvi razpadni procesi, ki so jih odkrili, so bili alfa, beta in gama delci.

- a) Delci **alfa** so ionizirajoče sevanje, ki ga atomsko jedro oddaja pri **razpadu alfa** (razpad, pri katerem atomsko jedro izseva delec alfa oz. helijevo jedro in ob tem preide v jedro, ki ima za 4 manjše masno število in za 2 manjše vrstno število – primer razpad jedra urana-238. V delce alfa je vezan par protonov in par nevtronov, torej so enaki jedrom helija-4, dvakrat ioniziranega atoma najpogostejšega izotopa helija.
- b) Pri razpadu **beta** se pretvori en proton v atomskem jedru v nevtron ali obratno, pri čemer se izseva elektron, pozitron ali nevtrino. Nevtrino je osnovni delec gradnikov vesolja in spada med fermione. Jedro lahko tudi zajame elektron iz elektronske orbitale in ob tem v procesu, imenovanem ujetje elektrona, pretvori enega od protonov v jedru v nevtron. Vsi ti naštetih procesi nam dajo v dobro definirane jedrske transmutacije.
- c) Razpad **gama**: Vzbujeno atomsko jedro v procesu, imenovanem razpad gama, izseva energijo kot žarek gama, ali pa se ta energija uporabi za izbitje orbitalnega elektrona ob interakciji z vzbujenim jedrom; pojav imenujemo **notranja konverzija**. Visoko vzbujena jedra z veliko nevtroni, nastala kot produkt drugih vrst razpada, včasih izgubijo energijo z izsevanjem nevtrona, pri čemer se jedro pretvori v drug izotop istega kemijskega elementa.

2.

Druge vrste radioaktivnih razpadov vodijo v razpadne produkte, ki niso določeni, ampak lahko zaobsegajo cel razpon delov prvotnega jedra.

Pri tej vrsti razpada, imenovani spontana jedrska cepitev ali fisija, se težko nestabilno jedro spontano razcepi na dve (redkeje tri) manjši hčerinski jedri, pri čemer v splošnem pride tudi do izsevanja žarkov gama, nevtronov ali drugih delcev.

Na Zemlji je 29 radioaktivnih kemijskih elementov. Najbolj znani primeri so jedra urana in torija, mednje pa sodijo tudi naravni dolgoživi radioizotopi, kot denimo kalij-40. Poznamo tudi radionuklide, ki so lahko umetno ustvarjeni v pospeševalnikih ali jedrskih reaktorjih. Približno 650 takšnih radionuklidov ima razpolovni čas daljši od ene ure, radionuklidov s krajšimi razpolovnimi časi pa je več tisoč.

Radioaktivne razpade so razdelili (Za radioaktivne razpade je bilo ugotovljeno, da bi lahko električno ali magnetno polje po delih razdelili) v tri tipe nosilcev. Zaradi pomanjkanja boljših izrazov so bili žarki razdeljeni po grškem abecednem redu alfa, beta in gama, ki se uporabljajo še danes. Čeprav je bil alfa razpad opažen le pri težjih elementih (atomska število 52 in več), sta bili drugi dve vrsti razpada vidni pri vseh elementih. Pri analizi je bilo razvidno, da alfa žarke določa pozitiven naboj, beta žarke negativen naboj, gama žarki pa so bili nevtralni. Od velikosti deformacije je bilo jasno, da so bili alfa delci veliko bolj množični pri razkroju kot beta delci, kateri so se pokazali kot jedra helija. Drugi poskusi so pokazali podobnost med sevanjem beta in katodnimi žarki, ki povzročajo visoko energetska elektromagnetna sevanja. Čeprav so alfa, beta, gama razredi najpogostejši, so bile kasneje odkrite tudi druge vrste razpadov. Kmalu po odkritju nevtronov leta 1932 je Enrico Fermi odkril, da so nekatere redke reakcije razpada tako donos nevtronov kot razpad delcev.

ODKRITJE RADIOAKTIVNOSTI

Radioaktivnost je bila odkrita leta 1896. Definiral jo je francoski znanstvenik **Henri Becquerel**, medtem ko je delal na fosforescentnih snoveh. Te snovi svetijo v temi po izpostavljenosti svetlobi, zato je mislil, da se svetijo v katodnih ceveh z žarki X, ki so povezani s fosforescenco. Snovi je zavil v črni papir in jih postavil na fotografsko ploščo. Na njej so ustvarile različne fosforescentne pojave. Vsi rezultati so bili negativni, dokler ni bila uporabljena uranova sol. Rezultat s temi spojinami je globoko potemnil ploščo. To sevanje so imenovali Becquerelovi žarki.

Kmalu je postalo jasno, da temnenje fotografske plošče ni imelo nič opraviti s fosforescenco, saj je ta potemnila počrnila tudi v temi. Prav tako so ploščo potemnile tudi nefosforescentne soli urana in kovinskega urana. Torej je postalo očitno, da obstaja neka oblika sevanja, ki gre skozi papir in povzroča, da plošča postane temna-črna.

Sprva se je zdelo, da je bilo novo sevanje podobno nedavno odkritim žarkom x. Nadaljnje raziskave, ki so jih izvedli Becquerel, Marie Curie, Pierre Curie, Ernest Rutherford in drugi, pa so pokazale, da je radioaktivnost bistveno bolj zapletena. Pojavijo se lahko različne vrste razpada, vendar je Rutherford prvi spoznal, da se vse pojavijo z enakimi matematičnimi eksponentnimi formulami.

Raziskovalci so na začetku ugotovili, da je veliko tudi drugih kemijskih elementov, ki imajo poleg urana radioaktivne izotope. Najbolj sistematično iskanje skupne radioaktivnosti v uranovi rudi je opravila poljakinja Marie Curie.

NEVARNOST RADIOAKTIVNOSTI

Nevarnosti radioaktivnosti in sevanja takrat niso bile znane. Nevarnost in akutni učinki sevanja so najprej opazili pri uporabi žarkov X, poskus je leta 1896 opravi inženir in fizik Nikola Tesla, ki se je namerno izpostavljal žarkom X. Tesla je objavil svoje izsledke, saj je dobil opekline na prstih roke, ki so se mu kasneje zacelile.

Genetski učinki sevanja, vključno s povečanim tveganje raka, so bili odkriti in priznani precej kasneje. Leta 1927 je Hermann Joseph Muller objavil raziskave, ki so kazale na telesno genetske učinke sevanja. Leta 1946 je bil za svoje ugotovitve nagrajen z Nobelovo nagrado.

Ko so spoznali osnove bioloških učinkov sevanja, so mnogi zdravniki in družbe začeli uporabljati in tržiti radioaktivne snovi, ki naj bi imele zdravilne učinke. Marie Curie pa je svarila pred to vrsto zdravljenja, saj učinki sevanja na človeško telo še niso bili dobro razumljeni. Domnevali so, da je Marie Curie kasneje umrla zaradi svojega dela z radijem, toda pregledi njenih kosti so pokazali, da je v kosteh imela nizko količino radija. Bolj verjeten vzrok je bila njena izpostavljenost žarkom X.

SPREMINJANJE STOPNJE RAZPADANJA

Številni poskusi so pokazali, da na stopnjo upadanja naravno prisotnih radioaktivnih izotopov, ne vplivajo zunanji pogoji, kot so temperatura, tlak, kemično okolje in električna, magnetna ali gravitacijska polja. Primerjava laboratorijskih poskusov v zadnjem stoletju, študije naravnega jedrskega reaktorja Oklo, in astrofizikalnih svetilnosti razpadlih oddaljenih supernov, ki se je pojavili že zdavaj, močno kažejo, da so bile stopnje upadanja konstantne (vsaj v omejitvah malih eksperimentalnih napak) v odvisnosti od časa.

Po drugi strani pa nekateri zadnji rezultati kažejo na možnost, da bi stopnje upadanja bile zelo šibko odvisne (0,1 % ali manj) od okoljskih dejavnikov.

Predlagano je bilo, da se meritve stopnje upadanja silicija-32, mangana-54 in radija-226 pojavijo malih merilna nihanja (približno 0,1 %), na katere ne vplivati učinek sonca in razdalja od njega. Vendar pa so bili pri meritvah meritvah zelo dovzetni za sistematične napake. Izjema je upadanje na način znani kot zajetje elektronov z majhno število izotopov. Kemijske vezi lahko vplivajo na stopnjo zajetja elektronov v manjši meri (na splošno manj kot 1 %) glede na bližino elektronov v jedru.

VRSTE SEVANJA, RAZPOLOVNI ČAS

Radioaktivna jedra izsevajo pri razpadu različne masne delce z veliko kinetično energijo ali pa oddajajo energijo v obliki elektromagnetnega valovanja. Različne vrste žarkov so imenovani alfa, beta in gama.

Delci alfa so dvakrat pozitivno nabiti težki delci, ki so sestavljeni iz dveh protonov in dveh nevtronov. Ti delci z v bistvu jedro elementa helija. Te delce lahko ustavi že tanek list papirja ali nekaj podobnega.

Delci beta so negativno ali pozitivno nabiti lahki delci z maso elektrona. Te delce lahko ustavi tanjša kovinska ploskev.

Žarki gama so elektromagnetno valovanje s kratkimi valovnimi dolžinami ali z visokimi energijami. Žarke gama pa lahko ustavi debela svinčena ploskev.

Radioaktivna jedra so različno dolgo v nestabilnem stanju. Čas, v katerem razpade polovica začetnih jeder, imenujemo razpolovni čas. Razpolovni časi obsegajo zelo široko območje, od manj kot tisočinke sekunde pa do sto milijard let.

Število razpadov radioaktivnih jeder v časovni enoti je merilo za aktivnost vira. Enota za aktivnost je becquerel (Bq), ki pomeni en razpad v sekundi. Aktivnost 50 Bq pomeni, da razpade 50 radioaktivnih jeder v sekundi.

Naša cev meri pretežno gama valovanje.

VRSTE PODAJANJA SEVANJE IN ENOTE

a) glede na ekvivalentno količino-dozo sevanja

Ekvivalentno dozo sevanja imenujemo količino energije, ki jo je absorbiralo obsevano tkivo. Različne vrste sevanja so za živo tkivo različno škodljive, kar upoštevamo s faktorjem učinkovitosti (ta je za sevanje beta in gama 1, za sevanje alfa in nevtrone pa do 20, kar pomeni, da je npr. sevanje alfa pri isti absorbirani energiji dvajsetkrat škodljivejše od sevanja gama). Ekvivalentna doza sevanja je torej produkt absorbirane doze sevanja (absorbirane energije) in faktorja učinkovitosti.

b) V katerih enotah merimo ekvivalentno dozo?

Z enoto Sv (sievert, izgovori siver) merimo ekvivalentno dozo sevanja. Doza sevanja zaradi absorpcije nevtronov ali delcev alfa je za živo tkivo bolj škodljiva kot enaka absorbirana doza sevanja beta ali gama. To upoštevamo s faktorjem učinkovitosti (1 do 20), s katerim pomnožimo absorbirano dozo. Dobljeni produkt imenujemo ekvivalentna doza sevanja. 1 Sv je precej velika enota, zato uporabljamo za doze, s katerimi imamo običajno opravka, tisočkrat manjšo enoto milisievert: $1\text{ mSv} = 1/1000$

Ker ima sevanje alfa drugačni učinek kot sevanje gama se pri ekvivalentni dozi upošteva težnostni faktor W_R . Tako se upoštevajo različni učinki sevanj na tkivo.

$$\text{Sievert} = W_R \cdot \text{Gray}$$

Težnostni faktorji W_R .

Žarki X, γ	1
Elektroni, pozitroni, mioni	1
Protoni	5
α delci	20

Merjenje glede na **efektivno dozo sevanja** je podobna ekvivalentni dozi, le da upošteva še občutljivost posamičnih organov ali tkiv na sevanje za razvoj raka.

Težnostni faktorji W_T

Spolne žleze	0,20
Rdeči kostni mozeg	0,12
Pljuča	0,12
Želodec	0,12
Prsi	0,05
Žlezaščitnica	0,05
Koža	0,01
Celo telo	1,00

c) **Glede na aktivnost**

Aktivnost je število razpadov radioaktivnih jeder v eni sekundi. Enota je Becquerel[Bq], ki predstavlja 1 razpad na sekundo.

$$\text{Bq} = \text{razpad/s}$$

1Bq je en razpad v sekundi, torej aktivnost 50 Bq pomeni, da razpade 50 radioaktivnih jeder v sekundi.

1 Ci (curie, izgovori kiri) je stara enota za aktivnost, ki jo marsikje še navajajo. Velja zveza: 1 Ci = 3,7 10¹⁰ Bq.

d) **Glede na absorbirano dozo ionizirajočega sevanja**

Absorbirana doza sevanja je količina sevane energije na enoto mase, ki jo absorbira snov, skozi katero prehaja sevanje. Absorbirano dozo sevanja merimo z enoto Gy (gray). Snov je obsevana z dozo 1 Gy, če je 1 kg snovi absorbiral 1 J (1 džul) energije ionizirajočega sevanja.

Ker pa je Sievert velika enota pogosteje uporabljamo mSV.

GM - GEIGER CEV

GM (Geiger-Müller) cev sestavlja steklena ali kovinska cev, v kateri je mešanica plinov (helij, neon in halogeni plini) in kovinska anoda. Sestavlja jo kovinska žica postavljena v sredino cevi. Cev je kovinska ali steklena premazana s prevodnim materialom in tvori elektrodo-katodo. Med elektrodama je napetost par 100 voltov (400V za STS-5 cev).

Ko ionizirajoče sevanje prodre skozi steno cevi,, se molekule plina v cevi ionizirajo. Zaradi tega plin postane prevoden in steče kratkotrajni elektronski tok(»avalanche – plazoviti efekt«) med katodo in anodo. Če bi se plin v cevi ioniziral samo na enem mestu, smatramo to kot en »avalanche« na ioniziran dogodek. V tem primeru je število vzbujenih molekul okoli 10^6 do 10^8 . Ampak zaradi večjih »avalanche« efektov je število vzbujenih molekul večje (do 10^{10} - 10^{11} avalanchev). To pa zaradi tega, ker se pri ioniziranju ustvarjajo tudi UV fotoni, ki dodatno vzbujajo »avalanche« efekte in dodatno ionizirajo plin. Zaradi ioniziranega plina se ustvari tokovna konica (špica), ki na velikem uporu vezanem na anodo ustvari velik napetostni impulz. Te impulze pa štejemo.

V našem merilniku radioaktivnosti uporabljamo rusko cev STS-5, ki je zmerno občutljiva cev. (Namenjena je za merjenje stopnje hitrosti doze lahko pa tudi samo doze ali pa absorbiranje doze.) Občutljivost cevi je 25 impulzov/sekundo na 1 mR/h.



Slika 1: Geigerjeva Cev (vir www.pocketmagic.net)

Specifikacije cevi STS-5:

- Gama občutljivost (Cs137): MED - 0.28mkR·s-1
- Delovna napetost (volts): 360 - 440V
- Napetost impulza: Minimalno 80 V
- Število impulzov za spremembo napetosti: 0.125%/V
- Maksimalna vrednost CPM v ozadju: 27 pulses / min or 0.45/s
- Anodni Upor : 5...10 MOhm

- Kondenzator: 7...10 pF
- Delovna temperatura: -40 to +50C
- Maksimalna delovna doza, 30uR·s-1
- Maksimalna dovoljena doza - 50R· h-1
- Dolžina: 110 mm
- Premer: 12 mm
- Teža: 8g

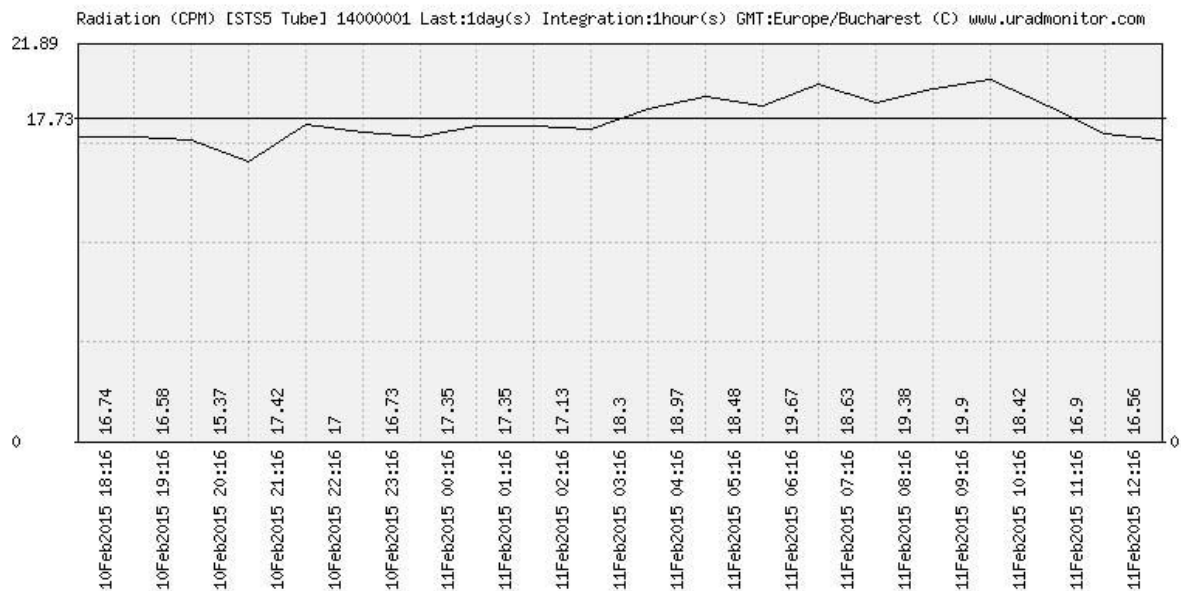


Diagram 1: Povprečna meritev/1h (vir www.pocketmagic.net)

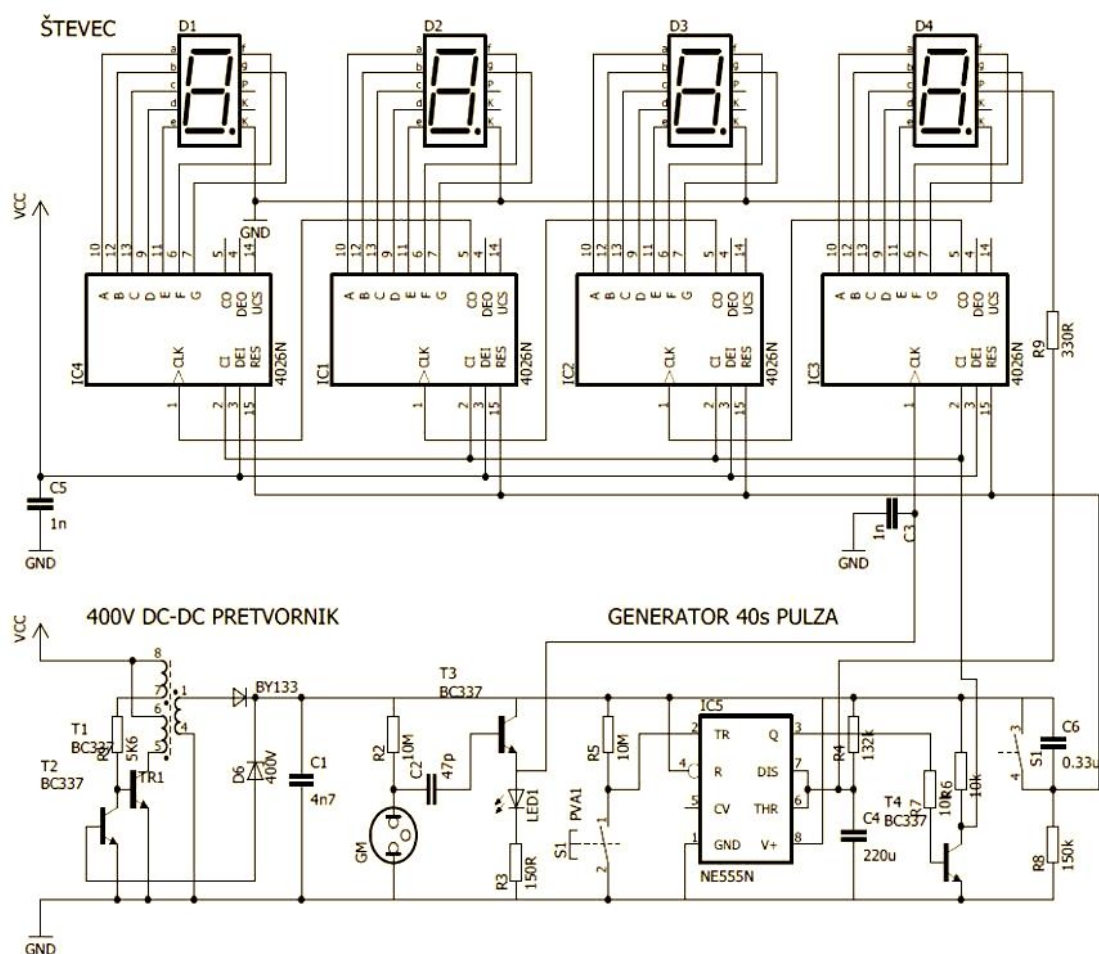
Na diagramu 1.1 vidimo koliko je število impulzov na minuto (CPM) pri radioaktivnosti ozračja 12uR/h. Iz njega razberemo, da je povprečno število impulzov približno 18. Graf je izrisan z izračunom povprečja meritev na eno uro.

Izračun časa zajemanja:

$$\frac{18\text{CPM}}{12\text{uR/h}} \cdot 1\text{uR/h} = 1.5\text{CPM}$$

$$1.5\text{CPM}^{-1} = 0.667\text{min} \Rightarrow 40\text{s}$$

IZDELAVA MERILNIKA



Slika 2: Shema (Vir: Avtor Naloge)

Merilnik je sestavljen iz:

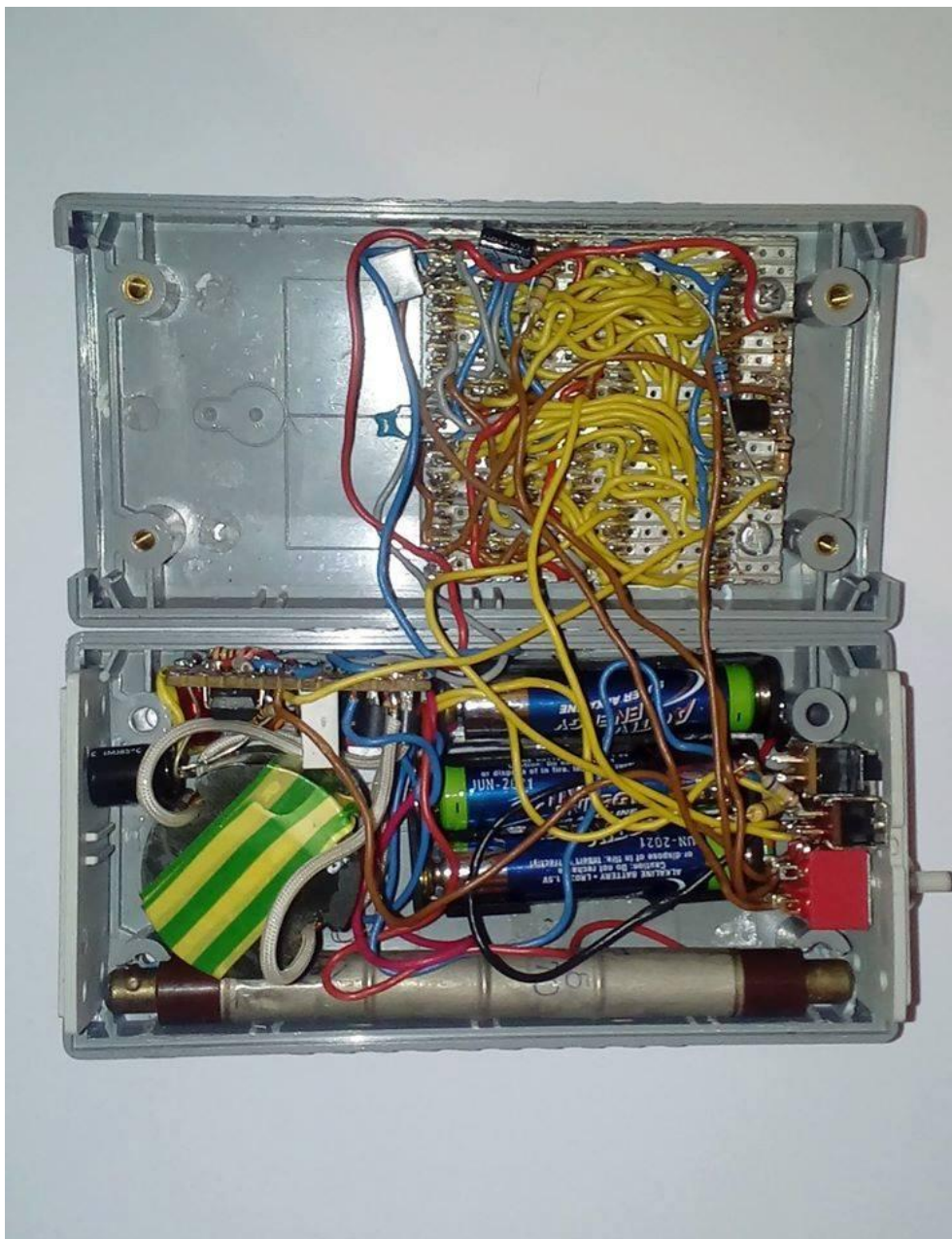
- Števec
- 400V DC pretvornika
- Generatorja 40/400s pulza

Števec je sestavljen iz štirih 7 segmentnih prikazovalnikov in štirih dekadnih CD4026 števec.

Izhod carry je vezan na vhod naslednjega števca, da dobimo 4 mestni števec.

400V pretvornik je sestavljen iz oscilatorja in transformatorja za povišanje napetosti, katero reguliramo z tranzistorjem T2 in zener diodama. Ta napetost je kasneje usmerjena in glajena, saj Geigerjeva cev deluje na 400VDC. Izhod geigerjeve cevi je preko kondenzatorja, ki odstrani DC komponento vezan na BC337 emitorski sledilnik. Emitter je vezan na LED diodo in kondenzator za poceni odstranjevanje motenj v signalu. Če tega ne bi imeli, bi lahko namesto 1 impulza števec preštel npr. 50 pulzov.

Generator 40/400s impulza je izdelan iz enostavnega za uporabo 555 števca vezanega kot monostabilni multivibrator. Izhod tega je vezan na Clock Inhibit vhod čipov CD4026, da števci štejejo le 40 oz 400 sekund.



Slika 3: Notranjost merilnika (Vir: Avtor Naloge)

VPLIV SEVANJA NA LJUDI

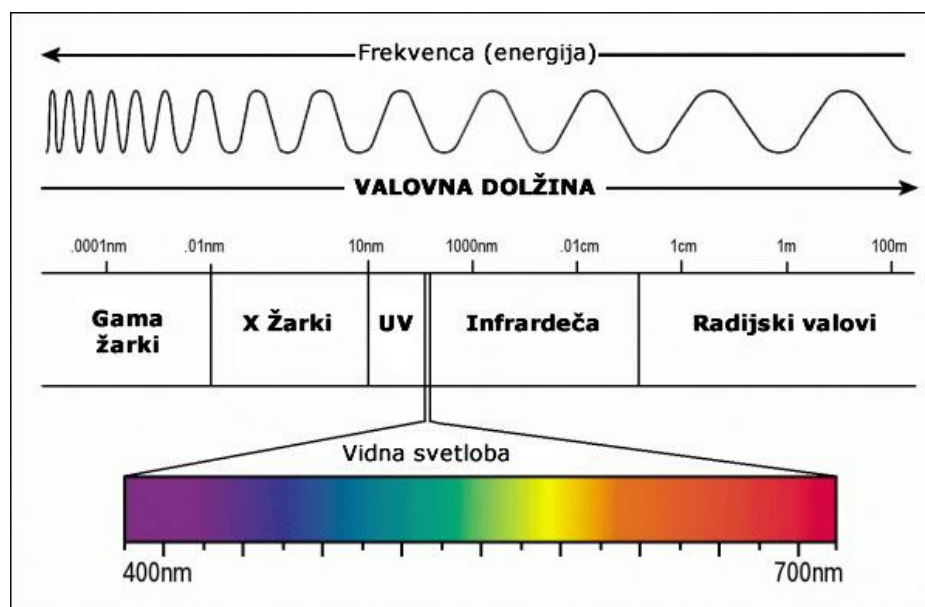
Ljudje smo bili že od nekdaj izpostavljeni elektromagnetnemu sevanju, vendar smo stotisočletja od celotnega elektromagnetnega spektra poznali le vidno svetlobo, ki jo je sposobno zaznavati naše oko.

Leta 1800 je nemško-britanski astronom Friedrich Wilhelm Herschel odkril infrardečo svetlobo. Meril je temperaturo različnih barv svetlobe, ki jih je ločil z uklonom v optični prizmi. Ugotovil je, da termometer pokaže največjo vrednost izven območja vidne

svetlobe, malo pod rdečo svetlobo. Šlo je za infrardeče žarke. Naslednje leto je nemški fizik, kemik in filozof Johann Wilhelm Ritter na nasprotnem delu spektra vidne svetlobe iskal ohlajevalne žarke, katerih pa ni našel. Ugotovil pa je, da očem nevidni žarki zraven vijoličaste barve, ki jih danes imenujemo ultravijolični žarki, počrtnijo beli srebrov klorid in jih je poimenoval kemični žarki. Da gre pri svetlobi za elektromagnetni pojav, je ugotovil angleški znanstvenik Michael Faraday leta 1845, ki je dokazal, da na polarizacijo svetlobe vpliva magnetno polje. Teoretične osnove elektromagnetnega polja, ki veljajo še danes, je postavil škotski fizik James Maxwell leta 1860. Nemški fizik Heinrich Hertz je leta 1886 izdelal aparat, ki je oddajal radijske valove, za katere je dokazal, da potujejo s svetlobno hitrostjo. To odkritje je bilo temelj za kasnejši razvoj sporazumevanja preko radijskih valov. Hertzov rojak Wilhelm Rontgen je leta 1895 odkril žarke, ki potujejo skozi mehke dele človeškega telesa, v dobršni meri pa jih ustavijo kosti. Rentgenske žarke odtlej s pridom uporabljamo v medicini.

Danes vemo, da gre pri elektromagnetnem sevanju za pojav, ki ima dve lastnosti in ti sta lastnost valovanja in lastnost delcev. Vse vrste elektromagnetnega valovanja potujejo s svetlobno hitrostjo, pri čemer električna in magnetna komponenta nihata pravokotno druga na drugo in obenem pravokotno na smer širjenja valovanja.

Elektromagnetno valovanje ima tudi lastnosti delcev, saj ne prenaša energijo v poljubnih količinah ampak v natančno določenih najmanjših odmerkih. Delce elektromagnetnega valovanja imenujemo fotoni. Elektromagnetni spekter v smeri od valovanja z najmanjšo energijo proti valovanju z največjo energijo obsega radijske valove, mikrovalove, infrardeče žarke, vidno svetlobo, ultravijolične žarke, rentgenske žarke in žarke gama.



Slika 2: Skala elektromagnetnega valovanja vseh valovnih dolžin

Elektromagnetno valovanje nastaja, kadar se pospešujejo ali zaustavljajo električno nabiti delci, najpogosteje elektroni. Visokoenergijski žarki gama nastajajo pri razpadu ali zlivanju atomskih jeder. Sonce, v katerem nenehno poteka zlivanje vodikovih jeder v helijeva, je zelo močan vir elektromagnetnega sevanja, vendar večino sevanja z

veliko energijo, rentgenske žarke in ultravijolične žarke, prestreže zemeljska atmosfera, zlasti molekule dušika in ozona. Če se zavedamo tega, nam je jasno, zakaj ni dobro dopustiti, da z onesnaževanjem ozračja uničimo zaščitni ozonski sloj. Atmosfera dobro prepušča vidno svetlobo, infrardeči žarki pa se ustavljajo ob stiku z molekulami vode, ki jih je na pretek v oblakih. Mikrovalovi in radijski valovi ponovno brez težav prodirajo skozi atmosfero. Kadar radijski valovi ali mikrovalovi naletijo na prevodnik, kot je antena, inducirajo električni tok, kar s pridom izkoriščamo pri sporazumevanju na daljavo preko radijskih naprav in prenosnih telefonov. Mikrovalovi imajo tudi pravšnjo frekvenco, da pospešijo vrtenje in nihanje celih molekul, kar povzroča gretje, niso pa sposobni »raztrgati« molekul in povzročiti ionizacije.

Učinki elektromagnetnega sevanja na žive organizme so odvisni od frekvence valovanja in moči sevanja. Nizkofrekvenčni del elektromagnetnega valovanja, kamor sodijo radijski valovi in mikrovalovi, učinkujejo na tkiva predvsem s segrevanjem. Nikoli nismo izpostavljeni tako močnim radijskim valovom, da bi nas greli, navajeni pa smo, da nam močno mikrovalovno sevanje pogreje hrano v mikrovalovni pečici, ki deluje z močjo približno 700 W. Prenosni telefoni za povezavo uporabljajo mikrovalove, ki pa imajo mnogo manjšo moč kot v mikrovalovni pečici. Sodoben prenosni telefon med pogovorom oddaja mikrovalovno sevanje z močjo 0,2 W. Šibko nizkofrekvenčno elektromagnetno sevanje, ki niti ne segreva tkiv, lahko povzroča biološke učinke preko indukcije zelo šibkih električnih tokov, vendar ni nikakršnih prepričljivih dokazov, da bi to povzročalo raka. Evropska unija zakonsko omejuje moč nizkofrekvenčnega elektromagnetnega valovanja, ki mu smejo biti izpostavljeni prebivalci, na 5-10 W na celo telo. To je toliko, kolikor energije na enoto časa oddaja šibka nočna lučka. V praksi je moč radijskih valov in mikrovalov, ki dosežejo človeka, tudi v bližini oddajnikov približno 100-krat manjša od zakonsko predpisanega maksimuma.

Infrardeči žarki, podobno kot mikrovalovi, pospešujejo nihanje in vrtenje celih molekul, kar povzroča segrevanje. Sonce nas greje z infrardečimi žarki, ki se jim je uspelo prebiti skozi atmosfero. Ob jasnem vremenu, ko je sonce najvišje na nebu, prihaja na vsak kvadratni meter zemljine površine v višini morske gladine sevanje z močjo približno 1000 W. Večji del predstavlja infrardeča svetloba (527 W), manjši del pa vidna svetloba (445 W) in ultravijolično sevanje (33 W). Zanimivo je, da človeško telo s telesno temperaturo od 36 do 37 stopinj celzija oddaja šibko infrardeče sevanje, ki ga ponoči lahko zaznajo vojaške naprave za »nočni vid«. Infrardeče žarke uporabljajo tudi za komunikacijo po optičnih kablích. Infrardeči žarki majhnih valovnih dolžin se že približujejo valovnim dolžinam vidne rdeče svetlobe.

Ultravijolični žarki, pred katerimi nas ščiti obleka ali zaščitna krema, imajo v visokofrekvenčnem delu svojega spektra že dovolj energije, da iz atomov izbijajo elektrone in povzročajo nastanek reaktivnih, škodljivih snovi (imenovanih ioni in prosti radikali), ki lahko poškodujejo naš genski zapis - molekule DNK v celičnem jedru. Ultravijolični žarki so nedvomno karcinogeni in so najpomembnejši krivec za nastanek kožnega raka pri ljudeh.

Rentgenski žarki in žarki gama ob stiku s tkivi vselej povzročajo ionizacijo. Ionizirajoče sevanje je v medicini nepogrešljivo, a je treba stik z njim omejiti na najmanjšo možno mero. Varovanje pred ionizirajočimi sevanji obravnavajo posebni predpisi in zakoni. Zdravstvene delavce, npr. intervencijske kardiologe, ki ob srčnem infarktu rešujejo življenja bolnikov s katetrskim širjenjem koronarnih arterij pod rentgensko kontrolo, pred rentgenskimi žarki ščitijo svinčeni plašči in zaščitna očala, predvsem pa sodobni rentgenski aparati, ki ustvarjajo zelo usmerjen snop rentgenskih žarkov z minimalnim sipanjem v okolico. V tkivih izražamo biološko učinkovito absorbirano dozo ionizirajočega sevanja v milisievertih. Gre za enoto, ki zajame hkrati absorbirano dozo in biološki učinek sevanja v tkivu. Vsak človek letno prejme 3 – 5 milisievertov ionizirajočega sevanja iz naravnih virov, h katerim prištevamo sevanje sonca in sevanje radona, ki se sprošča iz opek in kamna v naših domovih. Vsak čezoceanski polet z letalom doda 0,03 milisievertov, rentgensko slikanje prsnih organov 0,08 milisievertov, slikanje trebušnih organov z računalniško tomografijo pa 10 milisievertov, kar predstavlja tri letne doze naravnega ozadja. Ameriška agencija za prehrano in zdravila ocenjuje, da vsakih 10 milisievertov poveča tveganje za smrt zaradi rakave bolezni za 0,05%. Ker ima vsak človek v razvitem svetu približno 20 procentno tveganje, da bo umrl zaradi raka, eno slikanje z računalniško tomografijo poveča tveganje z 20 % na 20,05 %. Kljub temu se proizvajalci medicinske opreme in radiološki inženirji trudijo pri vsaki rentgenski preiskavi čim bolj omejiti dozo sevanja, ki jo prejme bolnik.

Tabela 1: mSv in učinki po določenem času

Izpostavljenost (mSv)	Vpliv na zdravje	Čas nastopa (brez zdravljenja)
50-100	Spremembe krvi	Nekaj ur
500	Slabost	
550	Utrujenost	
700	Bruhanje	
750	Izpadanje las	2-3 tedne
900	Driska	
1000	Krvavitev	
4000	Možnost smrti	V 2 mesecih
10000	Uničenje sluznice	
	Notranje krvavitve	1-2 tedna
	Smrt	
20000	Poškodbe v centru živčevja	
	Izguba zavesti	Nekaj minut
	Smrt	
		Od nekaj ur do nekaj dni

Tabela 2: mSv po določenem času ter stopnje nevarnosti

Mikro sieverti na uro	Mili sieverti na leto	Radioaktivnost ozadja
0,10	0,88	Povprečna radioaktivnost
0,21	1,83	
0,42	3,65	
0,5	4,34	Normalni presežki povprečne radioaktivnosti Zaznane vroče točke ali oblak sevanja
0,83	7,3	
1,25	10,95	
4,17	36,5	Zelo nevarno območje sevanja
		Še večja nevarnost

Torej elektromagnetno sevanje ni nujno nekaj slabega. Brez infrardečih žarkov in vidne svetlobe s sonca na Zemlji ne bi bilo življenja. Dandanašnji si življenje tudi težko zamišljamo brez radia, televizije, prenosnih telefonov in brezžično povezanih naprav, ki dobivajo informacije preko radijskih valov in mikrovalov, še posebej pa brez dobre povezave z internetom, ki je v dobršni meri odvisna od optičnih kablov, po katerih informacije prenašajo infrardeči žarki. Elektromagnetna sevanja z valovno dolžino, daljšo, kot jo ima vidna svetloba, so dokazano škodljiva le, kadar je njihova moč tako velika, da povzroča pregrevanje tkiva. Varovati se je treba ultravijoličnih žarkov, ki povzročajo kožnega raka, predvsem pa ionizirajočega sevanja – rentgenskih žarkov in žarkov gama.

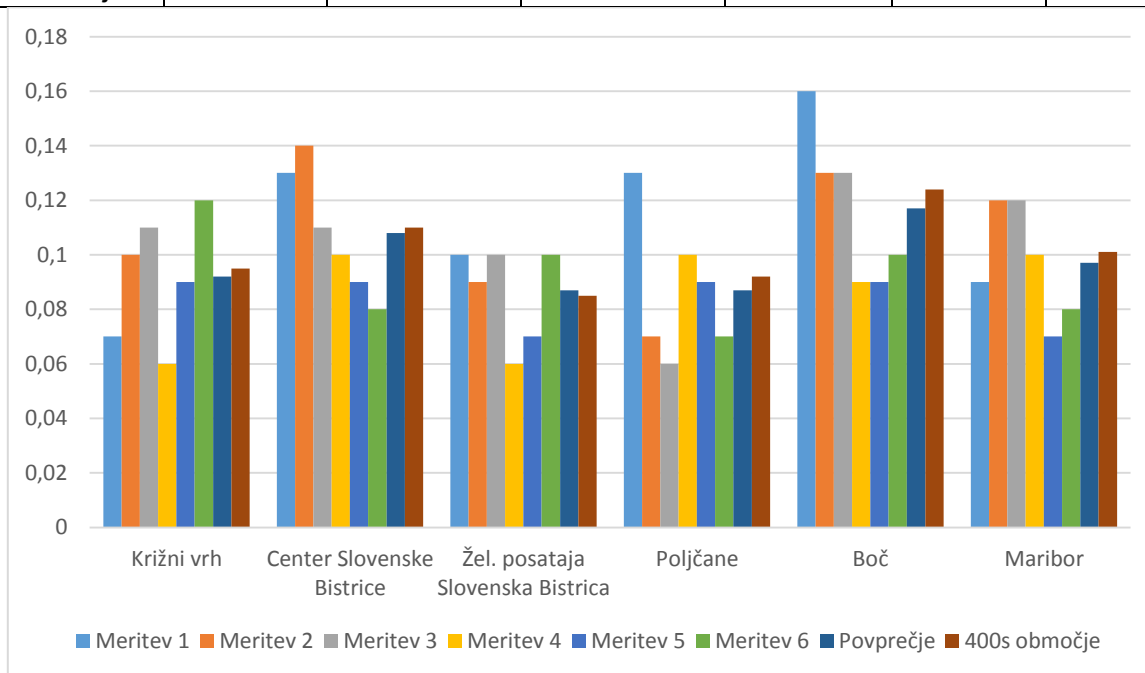


Slika 3: Naš geigerjev števec(Avtor: Vir Naloge)

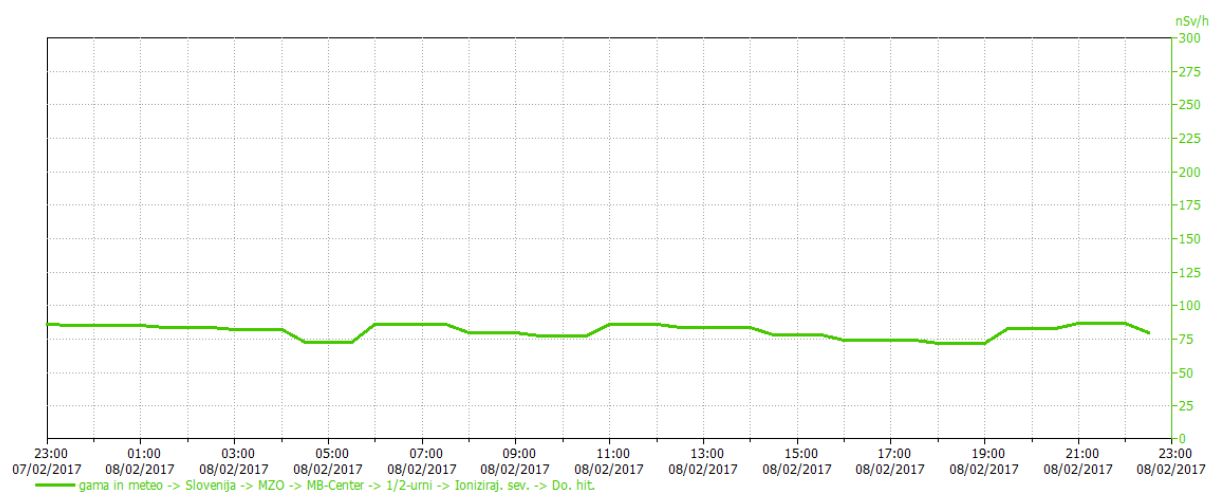
MERITVE SEVANJA

Tabela 3: Meritve sevanja na različnih lokacijah

	Križni Vrh	Center Slovenske Bistrice	Železniška postaja Slovenska Bistrica	Poljčane	Boč	Maribor
Meritev 1 (40s)	0,07	0,13	0,10	0,13	0,16	0,09
Meritev 2 (40s)	0,10	0,14	0,09	0,07	0,13	0,12
Meritev 3 (40s)	0,11	0,11	0,10	0,06	0,13	0,12
Meritev 4 (40s)	0,06	0,10	0,06	0,10	0,09	0,10
Meritev 5 (40s)	0,09	0,09	0,07	0,09	0,09	0,7
00,00uSv/h- Meritev 6 (40s)	0,12	0,08	0,10	0,07	0,10	0,8
Povprečje	0,092	0,108	0,087	0,087	0,117	0,097
0,000uSv/h- 400s območje	0,095	0,110	0,085	0,092	0,124	0,101



Graf 1: Meritve sevanja na različnih lokacijah



Slika 2: Hitrost Doze Sevanja v Mariboru (vir: www.radioaktivnost.si)

ZAKLJUČEK

1. Ali bo naš merilnik zagotavljal zadovoljivo meritev?

V primerjavi z dejansko hitrostjo doze sevanja lahko zaključimo, da naš merilnik zagotavlja zadovoljive meritve.

2. Ali bo naš merilnik glede na stroške izdelave zanesljiv?

Glede na stroške izdelave, ki so bili minilani-21€ je naš merilnik zelo zanesljiv, robusten in smo z njim zelo zadovoljni, sploh če ceno primerjamo z 100-500€, kolikor stanejo komercialni merilniki.

DRUŽBENA ODGOVORNOST

Naloga se nam zdi družbeno odgovorna, saj je lahko uporabljena kot vir informacij za druge. Tako si bojo lahko tisti, ki jih to področje zanima zadevo pogledali, da bi lažje prišli do rešitve problema, ki ga imajo.

VIRI

<http://www.arao.si/vprasanja-in-odgovori/o-radioaktivnosti>

<http://www.pocketmagic.net/tube-sts-5-%D1%81tc-5-geiger-tube/>

<http://www.radioaktivnost.si/>

<http://www.arao.si/uploads/datoteke/raopis-14.pdf>