

ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za storitvene dejavnosti in logistiko



ALI JE PREPOVED OSVINČENEGA BENCINA DOSEGLA SVOJ NAMEN?

RAZISKOVALNA NALOGA



AVTORJI:

Silvija Aplinc

Primož Iršič

Viktorija Klinar

MENTORICA:

mag. Mateja Skale - Kos, univ. dipl. inž. kem. tehnol.

MESTNA OBČINA CELJE, MLADI ZA CELJE

CELJE, 2017

ZAHVALA

Zahvaljujemo se mentorici mag. Mateji Skale - Kos za vso pomoč in podporo pri našem delu. Prav tako bi se radi zahvalili g. Sebastianu Klovarju, univ. dipl. inž. kem. tehnol., ki nam je omogočil, da smo eksperimentalni del naše raziskovalne naloge opravili na Srednji šoli za kemijo, elektrotehniko in računalništvo, ter profesorici Mojci Pristovnik, ki je našo nalogo lektorirala.

KAZALO VSEBINE

ZAHVALA.....	2
KAZALO SLIK.....	5
KAZALO GRAFIKONOV	5
KAZALO TABEL.....	5
1 POVZETEK	6
2 UVOD.....	7
3 OPREDELITEV PROBLEMA.....	9
3.1 HIPOTEZE	9
3.2 IZBIRA RAZISKOVALNIH METOD	10
4 PROMET.....	11
4.1 CESTNI PROMET	11
4.1.1 Prednosti in slabosti cestnega prometa.....	11
4.2 PROMET KOT PORABNIK ENERGIJE IN ONESNAŽEVALEC OKOLJA.....	12
4.3 BENCIN.....	17
4.3.1 Oktansko število.....	19
4.3.2 Neosvinčeni bencin	21
4.3.3 Učinek bencina na zdravje	22
5 TLA - KOŽA ZEMLJE	24
5.1 DEGRADACIJA TAL.....	24
5.2 TEŽKE KOVINE V TLEH	26
5.3 SVINEC	27
5.3.1 Lastnosti in uporaba svınca	30
5.3.2 Razširjenost svınca in njegovih spojin v Sloveniji in v okolici Celja.....	30
5.3.3 Izpostavljenost svincu in njegovim spojinam	31
6 DOLOČANJE SVINCA V TLEH.....	33
6.1 VZORČENJE TAL.....	33
6.2 PRIPRAVA VZORCEV.....	34
6.3 RAZKLOP	34
6.4 SPEKTROFOTOMETRIČNA DOLOČITEV SVINCA V VZORCIH.....	35
6.4.1 Spektrofotometrija.....	35
6.4.2 Spektrofotometer	36
6.4.3 Spektrofotometrične meritve in rezultati.....	37

7 OVREDNOTENJE HIPOTEZ IN ZAKLJUČEK.....	39
8 VIRI IN LITERATURA.....	43

KAZALO SLIK

Slika 1: Promet	16
Slika 2: Izo-oktan	19
Slika 3: n-heptan.....	20
Slika 4: Svinčev tetraetil.....	20
Slika 5: Tla	24
Slika 6: Onesnaženost tal v opuščeni plinarni	25
Slika 7: Svinec	28
Slika 8: Onesnaženost tal s svincem.....	31
Slika 9: Zemljevid vzorčenja (lastni vir)	33
Slika 10: Vzorci, pripravljene za razklop (lastni vir).....	34
Slika 11: Tehtanje vzorcev (lastni vir) Slika 12: Filtriranje vzorcev (lastni vir)...	35
Slika 13: Dokazni reagenti za spektrofotometrično določitev (lastni vir).....	37
Slika 14: Standardna plastična kriveta Slika 15: Spektrofotometer (lastni vir) .	37

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Razmerje v porabi končne energije med prometom in drugo rabo v Sloveniji	13
Grafikon 2: Struktura rabe končne energije po vrstah vozil.....	15
Grafikon 3: Primerjava med izmerjenimi, mejnimi in opozorilnimi vrednostmi svinca	38

KAZALO TABEL

Tabela 1: Sestava bencina (http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5372)	18
Tabela 2: Vrednosti oktanskega števila nekaterih ogljikovodikov.....	21
Tabela 3: Mejne koncentracije aditivov v bencinu.....	23
Tabela 4: Nevarne snovi v tleh	25
Tabela 5: Emisijske vrednosti težkih kovin.....	26
Tabela 6: Koncentracija svinca v različnih okoljih	29
Tabela 7: Dobljeni rezultati	37

1 POVZETEK

V raziskovalni nalogi je zajeta okoljska problematika, ki jo predstavlja promet. Promet sicer omogoča gospodarski razvoj, mobilnost in povezovanje v prostoru, vendar ga vedno bolj povezujemo z okoljsko problematiko, ki jo povzroča. V začetku 21. stoletja je promet prevzel prvo mesto v porabi energije, ki izhaja skoraj v celoti iz fosilnih goriv. Tako je postal glavni povzročitelj globalnega segrevanja. Poleg emisij toplogrednih plinov pa mu pripisujejo tudi zelo veliko krivdo za onesnaženost okolja s svincem, ki je trajni onesnaževalec okolja, saj se v tleh ne razgrajuje, temveč kopiči. Svinec nastane pri izgorevanju bencina, ki mu je dodan svinčev tetraetil za zviševanje oktanskega števila. V raziskovalni nalogi smo ugotavljali, ali je promet glavni vzrok za onesnaževanje okolja s svincem in ali je Direktiva 98/70 o prepovedi uporabe osvinčenega bencina, ki sta jo sprejela Evropski parlament in svet 13.10.1998, dosegla svoj namen. Poleg tega smo ugotavljali, kakšen je vpliv aditivov v bencinu, ki se dodajajo za zviševanje oktanskega števila po prepovedi uporabe bencina, ki vsebuje svinčev tetraetil.

Ključne besede: promet, onesnaževanje, svinec, oktansko število, spektrofotometrija.

ABSTRACT

Our research paper presented the impact of transport on the environment. We introduced the impact of lead in the soil and its content. We tried to prove that the abolition of leaded gasoline has achieved its purpose and contributed to the protection of nature and the environment. We also found out that the traffic is not the main polluter of the environment with lead but there are also “Cinkarna Celje”, “EMO factory”, “Štore Steel” and melting of lead in Mežica. We have investigated the toxicity and danger of lead and its influence on the environment. We also measured the content of the soil in the area of Frankolovo and Ivenca. Our main hypothesis and our goal were to prove or disprove whether the prohibition of leaded gasoline reached its point, and if the traffic is really the biggest lead polluter. We have also examined dangerous substances which are contained in gasoline today, and examined those substances that are used to increase the octane number. We examined the soil and tried to find how deep the lead must come to be dangerous to mankind (groundwater). Most of the hypotheses have been demonstrated by empirical work that we have undertaken at Secondary School of Chemistry and Electrical Engineering and Computer Engineering -School Centre Celje, where the samples were processed and disengagement made. We have also examined spectrophotometer, a device which helped us to measure the content of lead per kilogram of soil.

Although the task in this paper is not a part of transport which we study about at school but we had a lot of fun while investigating and researching.

KEY WORDS:

- Octane number
- lead
- Gas
- Pollution
- Spectrophotometry

2 UVOD

Človekovo življenjsko okolje predstavlja 29 % Zemljinega kopnega površja. Zaradi skrajnih podnebnih pogojev je velik del površja neprimeren za življenje. Na preostalem delu je 7 milijard ljudi, ki potrebujejo prostor za bivanje in delovanje. Ne smemo pa pozabiti, da si ta prostor delimo tudi z živalmi in rastlinami. Okolje moramo varovati, saj z onesnaževanjem ne ogrožamo samo narave, ampak tudi sebe.

Človek s svojimi dejanji neprestano vpliva na okolje, ga skuša spreminjati in ga onesnažuje. Glavni povzročitelji onesnaževanja so industrijska dejavnost, intenzivno kmetijstvo, množični turizem in promet.

Promet nam omogoča gospodarski razvoj in mobilnost ter deluje kot povezovalac prostora. Z njegovim naraščanjem ga vedno bolj povezujemo z okoljskimi problemi. Promet je postal najpomembnejši vir škodljivih emisij ter tako prevladujoč dejavnik onesnaževanja okolja.

Z naraščanjem prometa se povečuje tudi poraba končne energije v prometu, saj le-ta v zadnjem desetletju po porabi energije prevzema prvo mesto. S povečevanjem motorizacije nenehno naraščajo tudi emisije toplogrednih plinov ter ostalih onesnaževal, ki pri tem nastajajo.

Brez prometa ne bi bilo sodobnega načina življenja, zato se moramo zavedati vseh posledic, ki jih s tem povzročamo, ter stremeti k njegovemu sonaravnemu razvoju.

3 OPREDELITEV PROBLEMA

V zadnjem stoletju je motor z notranjim izgorevanjem spremenil svet. Ljudem je omogočil, da z avtomobilom in drugimi prevoznimi sredstvi potujejo hitreje in dlje kot kdajkoli prej. Sedaj že plačujemo ceno za novo pridobitev 20. stoletja. Okolje se je zastrupilo in s tem prizadelo rastline, živali in ljudi.

Promet, poleg ostalih onesnaževal, v okolje oddaja tudi večje količine svınca. Svinčev tetraetil $Pb(C_2H_5)_4$ se je dolgo uporabljal kot dodatek bencinu za zvišanje oktanskega števila. Če je oktansko število prenizko, prihaja do t. i. klenkanja v motorju, ki ga povzroča predčasen vžig goriva. V devetdesetih letih 20. stoletja so, zaradi strupenosti svınca, v Evropski uniji omejili dodajanje svınca v bencin, tako da postaja prometno onesnaževanje s svincem vse bolj stvar preteklosti. Vendar pa je svinec izredno trdovratno onesnaževalo. Po izpustu v zrak se hitro usede in v tleh ostane zelo dolgo, tudi več kot 100 let. Tako so ceste dolgo predstavljale stalen linijski vir onesnaževanja okolja s svincem. Stopnja tega onesnaževanja je bila odvisna od gostote in strukture prometa, vsebnosti svınca v gorivu, načina vožnje, meteoroloških pojavov in drugih vplivov.

Evropski parlament in svet sta 13. 10. 1998 sprejela Direktivo 98/70 o prepovedi uporabe osvinčenega bencina. Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije pa je sprejelo odločitev o ukinitvi prodaje osvinčenega 98-oktanskega bencina s 1. julijem 2001. Pred prepovedjo uporabe osvinčenega bencina je bila največja dovoljena vsebnost svınca v bencinu 0,15 g/l, po prepovedi pa lahko bencin vsebuje 0,013 g Pb/l.

3.1 HIPOTEZE

Pred pričetkom raziskovanja smo si postavili naslednje hipoteze:

- HIPOTEZA ŠT. 1: Uporaba osvinčenega bencina v prometu je glavni vzrok za onesnaževanje tal s svincem.
- HIPOTEZA ŠT. 2: Z uporabo okolju prijaznega bencina se je količina svınca v tleh na avtocestnem območju zmanjšala.
- HIPOTEZA ŠT. 3: Količina svınca v tleh se zmanjšuje z oddaljenostjo od cestišča.

- HIPOTEZA št. 4: Aditivi, ki se danes uporabljajo za zviševanje oktanskega števila kot alternativa svinčevega tetraetila, imajo tudi negativne posledice na okolje.

3.2 IZBIRA RAZISKOVALNIH METOD

Z analizo virov smo prišli do ključnih ugotovitev, ki so nam pomagale ovrednotiti hipoteze št. 1, 2 in 4. Hipotezo št. 3 smo ovrednotili s spektrofotometrično analizo metodo. Nasvete za izbiro terena, ki bi bil najprimernejši za odvzem vzorcev prsti, pripravo suhega arhiva vzorcev in njihov razklop smo poiskali na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije pri g. Iztoku Koširju. Spektrofotometrične analize vzorcev prsti smo izvajali na Srednji šoli za kemijo, elektrotehniko in računalništvo s pomočjo g. Sebastiana Klovarja.

4 PROMET

Mobilnost je postala temeljna zahteva kvalitete bivanja. Tako se razvoj družbe čedalje bolj povezuje z razvitostjo prometa. V današnji realnosti pa to pomeni tudi milijone ton porabljenega goriva, zato se vse bolj ukvarjamo z negativnimi posledicami, ki jih povzroča masovni promet.

4.1 CESTNI PROMET

Cestni promet je gospodarska dejavnost premeščanja, prenosa blaga in potnikov z vsemi vrstami cestnih vozil po vseh cestah oz. poteh, ne glede na to, v kakšen namen se izvaja.

Cestni transport je najpogosteje uporabljena gospodarska dejavnost, za katero je značilno, da poteka na umetno zgrajenih poteh z različnimi prevoznimi sredstvi. Služi za hitro in varno premestitev blaga v nacionalnem in mednarodnem transportu. Transport blaga po cesti se vsakodnevno povečuje, saj zaradi nenehnega širjenja cest in avtocest omogoča visoko stopnjo dostopnosti. Po podatkih Ministrstva za promet Republike Slovenije se dve tretjini mednarodnega blagovnega transporta opravita po cestah, mednarodni blagovni transport pa predstavlja 18 % blaga, prepeljanega po slovenskih cestah.

Transportna pot v cestnem prometu je cesta, na kateri poteka promet. Ceste morajo biti načrtovane, grajene in opremljene tako, da ustrezajo svojemu namenu in zahtevam prometne varnosti. Ceste, primerne za prevoz tovorov, morajo zdržati najmanj 10 ton pritiska, za lokalne ceste in ulice pa velja, da morajo zdržati najmanj 6 ton osnega pritiska.

4.1.1 Prednosti in slabosti cestnega prometa

Cestni promet omogoča dostavo od vrat do vrat in je konkurenčen na kratke razdalje. Fizično pretovarjanje je zmanjšano, kjer je potrebno naložiti in razložiti le enkrat. Vsaka država je dostopna s tovornjaki. Cestni prevoz je mogoč 24 h na dan in je za krajše razdalje najhitrejši. Primeren je za hitro in direktno dostavo hitro pokvarljivega blaga in dnevnih

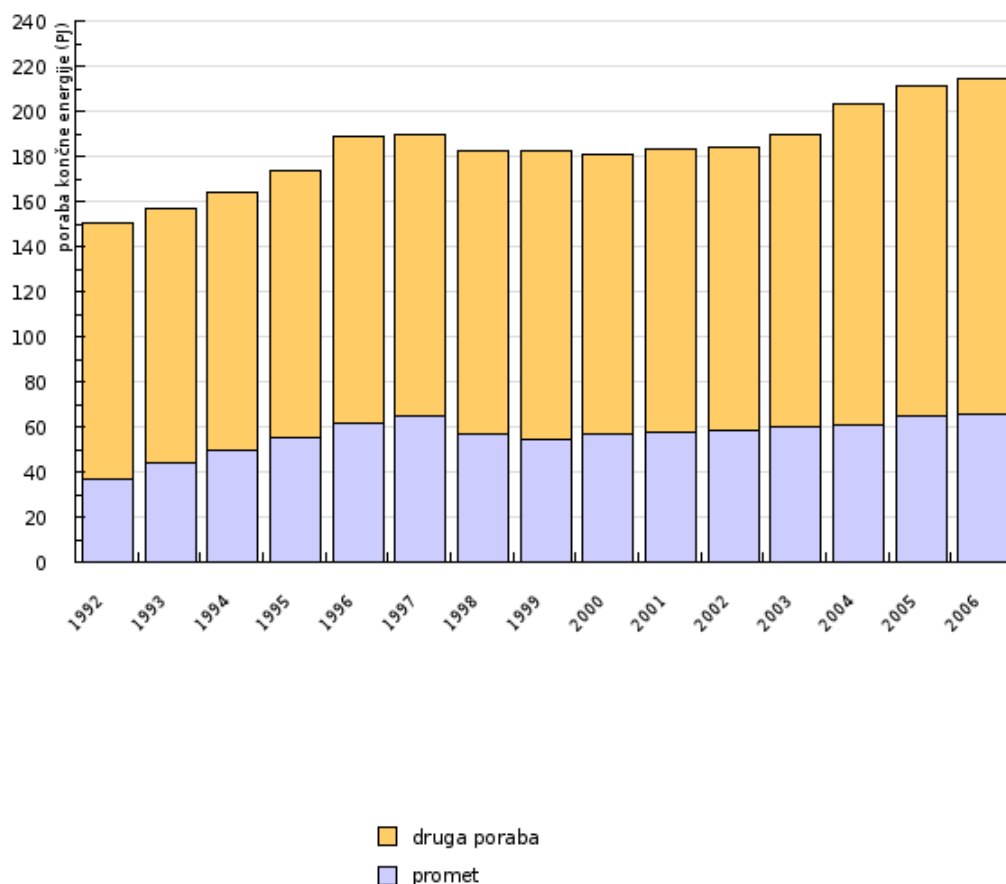
prehranskih proizvodov. Je zanesljiv dopolnilni transport v povezavi z drugimi načini transporta. Če tovor prevažamo v obeh smereh, se stroški prevoza bistveno zmanjšajo. ESTC - Elektronsko satelitsko sledenje in kontrola sistema omogočata dolge dostave prevoza v fleksibilnem času. Nenehna gradnja cest oz. širitev cestnega omrežja povečuje pretočnost in hitrejšo gibanje blagovnih tokov. Ima pa cestni promet tudi številne slabosti. Povzroča onesnaženost tal s svincem, emisije izpušnih plinov in hrup. Stroški transporta na večjih razdaljah so zelo visoki, kar je posledica visokega deleža variabilnih stroškov. Točnost je v precejšni meri odvisna od vremenskih, podnebnih in drugih razmer v cestnem prometu. Varnost je od vseh vrst prometa pri cestnem prometu najslabša. V primeru zastojev se lahko hitrost prevoza znatno upočasni. Večji tovornjaki zahtevajo najmanj dva člana posadke na daljših relacijah, kar povzroča dodatne stroške za večje dostave. Večji tovornjaki ne morejo voziti po ozkih cestah. Prevoz izrednih tovorov zahteva določeno planiranje in pridobivanje raznih soglasij in dovoljenj. Nizki podvozi, mostovi ali zožitve ceste pogosto zahtevajo obvoze.

4.2 PROMET KOT PORABNIK ENERGIJE IN ONESNAŽEVALEC OKOLJA

Promet je, v primerjavi z ostalimi dejavnostmi, velik porabnik energije in je najbolj odvisen od neobnovljivih energetskega virov.

Poraba energije v prometu je tesno povezana z njegovim obsegom, ta pa z gospodarsko rastjo. Po podatkih EEA (2006) je v državah EU-10 poraba energije v prometu med letoma 1991 in 2004 naraščala veliko hitreje kot v državah EU-15, kar naj bi bila posledica večje gospodarske rasti in s tem povečanega prometnega povpraševanja v novih državah članicah (npr. Češki, Slovaški ali Sloveniji). Nasprotno pa je v nekaterih novih in pridruženih članicah EU, ki so doživele gospodarski zastoj, poraba energije v prometu upadla (npr. Baltske države).

V začetku 21. stoletja je promet prevzel prvo mesto med sektorji po porabi energije, saj je leta 2006 porabil 32 % skupne energije v Sloveniji. Poraba energije v prometu se je v obdobju od 1992 do 2006 povečala za 86 % in še naprej narašča. Porabljena energija v prometu skoraj izključno (99 %) temelji na fosilnih gorivih, kar ima za posledico nenehno naraščanje emisij toplogrednih plinov.



Grafikon 1: Razmerje v porabi končne energije med prometom in drugo rabo v Sloveniji

Najhitreje rastoči prometni podsistem v EU je glede na porabo energije letalski promet, najpomembnejši pa cestni, ki je leta 2004 v EU porabil kar 72 % energije v prometu (EEA, 2005). V cestnem prometu se porabi največji delež celotne rabe energije v prometu. Leta 2011 je znašal 97 %. 62 % celotne rabe energije v prometu se je porabilo v osebnih avtomobilih, 33 % pa v tovornih vozilih. Avtobusi so predstavljali 1 %, prav tako raba energije za prevoz po železnicah in z letali. Glede na leto 2000 se je močno povečal delež rabe energije tovornih vozil, in sicer za 13 %, deleži ostalih vrst prevoza so se zmanjšali. Povečanje deleža je posledica zelo hitre rasti rabe energije tovornega prometa. V obdobju 2000-2003, pred vstopom Slovenije v EU, je povprečna letna rast znašala 11,5 %, v obdobju 2003-2008 pa 15,7 %. Gospodarska kriza je vplivala na zmanjšanje rabe leta 2009. Leta 2011 je bila še vedno nižja kot leta 2008, in sicer za 7 %. Do leta 2008 se je

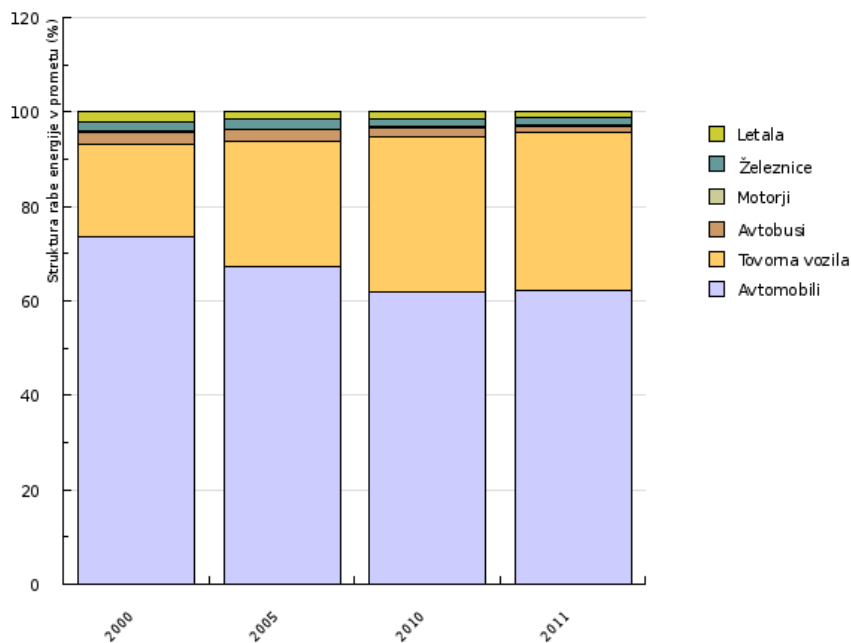
povečala raba tudi v vseh ostalih vrstah prevoza, gospodarska kriza pa je vplivala na njeno zmanjšanje. Tako je bila raba energije v osebnih avtomobilih leta 2011 višja za 32 % od leta 2000, v tovornih vozilih za 168 %, v motorjih za 453 %, v železniškem prevozu za 7 %, v avtobusih in letalskem prevozu pa za 22 % oz. 4 % nižja kot leta 2000.

Učinkovitost rabe energije v prometu se je v obdobju 2000-2011 poslabšala, in sicer za 15 %. Poslabšanje je posledica manjše učinkovitosti tovornega prometa, kjer je bila raba energije na tonski kilometer leta 2011 za 59 % višja kot leta 2000. Pri avtomobilih je bila učinkovitost rabe minimalno boljša kot leta 2000 (0,3 %), opazno pa se je izboljšala pri vseh ostalih vrstah prevoza, vendar zaradi majhnega deleža v skupni rabi energije to nima velikega vpliva na skupno učinkovitost rabe energije v prometu. Poslabšanje učinkovitosti tovornega prometa lahko pripišemo dejstvu, da statistika spremlja prodajo goriv v Sloveniji in ne porabo goriv slovenskih tovornih vozil, zaradi česar pride do neskladja med podatkom o rabi energije tovornih vozil, ki zajema tudi prodajo goriv tujim vozilom (tranzit), ter opravljenimi tonskimi kilometri, kjer so zajeta samo slovenska tovorna vozila.

Iz tega sledi, da je za realno oceno izboljšanja učinkovitosti rabe energije v prometu potrebno iz bilance rabe energije izločiti prodajo goriva tranzitnemu prometu. Ker točnih podatkov o količini goriva prodanega tujim vozilom ni, so bile narejene ocene. V letu 2011 je bilo tranzitnemu prometu pripisana raba energije v višini 12,7 PJ, kar predstavlja 16 % celotne rabe energije v prometu. Večji del odpade na tovorna vozila, preostanek pa na osebne avtomobile. Brez tranzitnega prometa se učinkovitost rabe energije v prometu v obdobju 2000-2011 izboljša za 4 %, učinkovitost tovornega prometa pa za 9 %. Ocena rabe energije tranzitnega prometa je zelo groba, med drugim predpostavlja, da tranzitnega prometa pred vstopom Slovenije v EU ni bilo.

Glede na velik delež osebnih avtomobilov v rabi energije in s tem tudi v izpustih CO₂ ima izboljšanje učinkovitosti avtomobilov velik vpliv na njuno gibanje. Zato je EU leta 2009 v okviru strategije za izboljšanje učinkovitosti vozil sprejela Uredbo o določitvi standardov emisijskih vrednosti za nove osebne avtomobile (443/2009). Uredba določa, da povprečni izpusti CO₂ novih vozil leta 2015 ne smejo presegati 130 g CO₂/km, prav tako pa vsebuje tudi dolgoročni cilj za leto 2020 v višini 95 g CO₂/km. Povprečje novih vozil, prodanih v Sloveniji, je leta 2011 znašalo 140 g CO₂/km, kar je 3 % manj kot leto prej. Izpusti so bili

do leta 2008 skoraj enaki, od takrat pa se znižujejo. Leta 2011 so bili za 10 % nižji kot leta 2008.



Grafikon 2: Struktura rabe končne energije po vrstah vozil

Povečano prometno povpraševanje ter povečevanje deleža cestnega in letalskega prometa so, v kombinaciji s težjimi in močnejšimi avtomobili ter tovornjaki, za zdaj nadomestile tehnološke izboljšave pri energetske učinkovitosti motorjev. Kljub temu se nadaljuje izvajanje prostovoljnega sporazuma avtomobilske industrije v EU, s katerim naj bi po letu 2008/09 proizvedeni avtomobili v povprečju oddajali 140 g CO₂/km, kar pomeni porabo 6,2 l/100 km za bencinska oziroma 5,1 l/100 km za dizelska vozila. Do leta 2015 se je pričakovalo postopno približevanje tej učinkovitosti, do leta 2010 pa je to pomenilo znižanje povprečne specifične porabe za 11,5 % glede na stanje leta 2006. Zmanjšanje specifične porabe zaradi tehnoloških izboljšav je predvideno tudi za tovornjake in avtobuse (do 6 % oziroma do 2,5 % letno do leta 2010).

Poraba energije v prometu je pomemben okoljski kazalec. Ker promet temelji skoraj izključno na fosilnih gorivih, sorazmerno z njegovo rastjo posredno naraščajo izpusti toplogrednih plinov. Z obveznostmi, ki sta jih EU in Slovenija sprejeli s Kjotskim protokolom, je postalo obvladovanje rasti porabe teh goriv v prometu pomembno prometno in okoljsko politično vprašanje. Zmanjšanje negativnih vplivov porabe fosilnih goriv v

prometu sodi k ciljem Kjotskega protokola. Doseči jih je mogoče z zmanjšanjem prometnega povpraševanja, povečanjem energetske učinkovitosti prevoznih sredstev ali povečanjem deleža alternativnih oziroma bolj trajnostnih energetskih virov, predvsem biogoriv. Nacionalni program varstva okolja se v povezavi z zmanjševanjem emisij toplogrednih plinov zavzema za 12 % delež obnovljivih virov energije v celotni energetski oskrbi do leta 2010, zmanjšanje energetske intenzivnosti do leta 2015 za 30 % (v primerjavi z letom 2000), 2 % delež uporabe biogoriv do leta 2005 in 5,75 % do leta 2010 ter možnost znižanja porabe energije v javnem sektorju za 15 % (ReNPVO, 2006).

Glavni izzivi so zmanjšanje obsega in deleža avtomobilskega prometa, razvoj in širjenje vozil z majhnimi ali ničelnimi izpusti, omejevanje vstopa vozil s prekomernimi izpusti v gosto naseljena področja, pospeševanje zamenjave vozil z vozili, ki imajo manjše izpuste škodljivih snovi in delcev, zmanjšanje nepotrebne osvetlitve vozišč, opremljenost s protihrupnimi ograjami in omejitev hitrosti. Prevelika in neustrezna osvetljenost cest in ulic oz. prometna signalizacija ter reklamni napisi ob cestah so tudi glavni povzročitelji svetlobnega onesnaženja.



Slika 1: Promet

Vir:http://www.slovenskenovice.si/sites/slovenskenovice.si/files/styles/s_1280_1024/public/dti_import/2013/03/23/image_7946629_3.jpg?itok=CTbT8Q9O

Promet z izgorevanjem fosilnih goriv prispeva v okolje naslednja onesnaževala (Hoyle, Knowles, 1994): ogljikov dioksid (CO_2), ogljikov monoksid (CO), dušikove okside (NO_x), ogljikovodike (C_xH_x), žveplov dioksid (SO_2), svinec in razpršene delce. Izpušne snovi nastanejo pri izgorevanju ali pa so prisotne že v gorivu. Skupno se v ozračje sprošča okoli

200 različnih snovi, od katerih je povsem neškodljivih razmeroma malo. Ena takih je npr. voda (Majcen, 2001).

4.3 BENCIN

Večino svetovne proizvodnje nafte, približno 80 do 85 %, porabimo za gorivo in pogonsko sredstvo v raznih oblikah. Preostanek nafte porabimo za proizvodnjo topil, maziv, parafinov, asfalta ali za druge surovine v kemični industriji. Zaloge surove nafte in s tem bencina so omejene. Znanstveniki se trudijo poiskati vir energije, ki je okolju prijaznejši od bencina in je obnovljiv.

Bencine delimo na avtomobilске, letalske in tehnične. Bencin je vnetljiva in potencialno eksplozivna spojina. Navadno vsebuje več kot 250 ogljikovodikov in majhne koncentracije dodatkov. Sestava bencina se razlikuje v različnih deželah, v letnih časih in po namenu uporabe.

Bencin sestavljajo lahko hlapni ogljikovodiki, ki jih dobimo s frakcionirano destilacijo pri temperaturah 30 do 200 °C.

S frakcionirano destilacijo dobimo iz nafte naslednje vrste bencina:

- Težki bencin ($T_{vre} = 100-200$ °C), ki se uporablja kot topilo za lake, smole, voske in maščobe.
- Srednji bencin ($T_{vre} = 50-130$ °C), ki se uporablja kot pogonsko sredstvo.
- Lahki bencin ($T_{vre} = 30-120$ °C), ki se uporablja kot topilo in kot dezinfekcijsko sredstvo.

Gorivo se mora v bencinskih motorjih zlahka in popolnoma upliniti. Delež goriva, ki se upari pri temperaturi do 70 °C, naj bi bil tolikšen, da po eni strani zagotovi vžig hladnega motorja tudi pozimi, po drugi strani pa pri vročem motorju ne sme priti do nevarnega nastajanja mehurčkov. Do 180 °C naj bi se uplinilo približno 90 % goriva, saj tako predvsem pri hladnem motorju v največji meri preprečimo redčenje mazalnega olja z neuplinjenim gorivom. Goriva za bencinske motorje imajo plamenišče pod 21 °C, tako da sodijo v skupino A v nevarnostnem razredu I, ki predstavlja najvišjo stopnjo nevarnosti.

Bencin, ki ni primeren kot pogonsko sredstvo za bencinske motorje, ima v glavnem ogljikovodike z nerazvejano verigo (npr. oktan). V kakovostnem bencinu prevladujejo aciklični ogljikovodiki z razvejano verigo, cikloalkani in areni.

Delež bencina, ki ga dobimo z destilacijo in se uporablja kot gorivo za motorje z notranjim izgorevanjem, je 15 do 30 %, zato frakcionirani destilaciji nafte sledita še postopka krekinga in reforminga. Kreking poteka pri visokem tlaku in temperaturi, kjer se dolge verige ogljikovodikov cepijo v krajše, razvejane verige, ki imajo nižje vrelišče. Krekingu sledi postopek, ki se imenuje reforming, kjer potekajo kemijske reakcije ciklizacija, izomerizacija in aromatizacija. Na ta način se delež bencina poveča na 80 %, poveča pa se mu tudi oktansko število. Bencinu dodamo še aditive za zvišanje oktanskega števila, fosforne spojine za nižanje vžiga in snovi, ki preprečujejo zmrzovanje v uplinjačih in oksidacijo, antioksidante, kovinske deaktivatorje, sredstva proti rjavenju, barvila in »antiknock« sredstva, ki preprečujejo eksplozije v motorjih z notranjim izgorevanjem. Dodatki v bencinu izboljšajo njegovo delovanje in mu povečajo stabilnost.

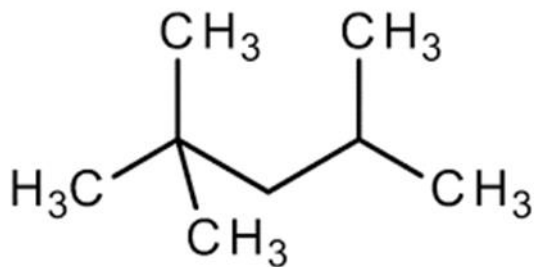
Tabela 1: Sestava bencina (<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5372>)

Parameter	Enota	Najmanjša vrednost	Največja vrednost
Raziskovalno oktansko število-RON		95	
Motorno oktansko število-MON		85	
Parni tlak, poletno obdobje	Kpa	-	60,0
Destilacija:			
➤ Količina uparjenega pri 100 °C	% v/v	46,0	-
➤ Količina uparjenega pri 150 °C	% v/v	75,0	-
Vsebnost ogljikovodikov:			
➤ Olefini	% v/v	-	18,0
➤ Aromati	% v/v	-	35,0
➤ Benzen	% v/v	-	1,0
Vsebnost kisika	% m/m	-	3,7
Kisikove spojine			
➤ Metanol	% v/v	-	3
➤ Etanol	% v/v	-	10
➤ Izopropil alkohol	% v/v	-	12
➤ Terciarni butilni alkohol	% v/v	-	15
➤ Izobutilni alkohol	% v/v	-	15
➤ Etri, ki vsebujejo pet ali več atomov ogljika na molekulo	% v/v	-	22
➤ Drugi kisikove spojine	% v/v	-	15
Vsebnost žvepla	mg/kg	-	10
Vsebnost svinca	g/l	-	0,005

4.3.1 Oktansko število

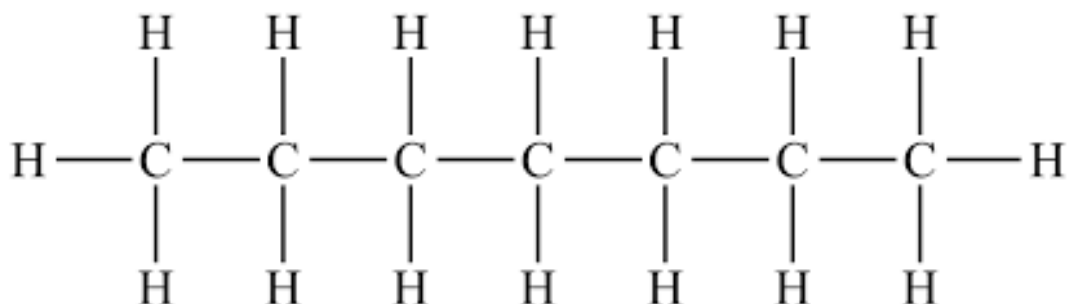
Bencinski motor klenka takrat, kadar poleg izgorevanja zaradi iskre z vžigalne svečke nastane tudi samovžig zmesi goriva in zraka. Samovžig, ki sproži sočasen vžig na več mestih, povzroči prehitro, sunkovito izgorevanje, saj se plamen lahko razširi s hitrostjo celo do 300 m/s in tlak postane previsok. Sledi močan, sunkovit zvok, ki ga imenujemo klenkanje. To povzroči višjo mehansko in toplotno obremenitev ročičnega mehanizma, s tem pa se zmanjša moč.

Sposobnost goriva, da prenese določeno stopnjo kompresije, ne da bi se pri tem mešanica goriva in zraka vžigala sama, imenujemo oktansko število. Eksperimentalno ga merijo tako, da v motorju z nastavljivim kompresijskim razmerjem primerjajo mejo samovžiga izbranega goriva s standardom, zmesjo izo-oktana (2,2,4-trimetilpentana) in n-heptana. Oktansko število 90 npr. pomeni, da gorivo doseže stopnjo samovžiga pri enaki kompresiji kot zmes 90 % izo-oktana in 10 % n-heptana.



Slika 2: Izo-oktan

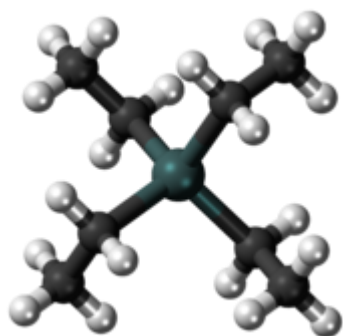
Vir: <http://www.hornik.eu.com/pl/producttag/15346/izooktan>



Slika 3: n-heptan

Vir: http://www.raumzeitwellen.de/SAL/sal5/kw-oel/heptan-isomere_alle9.htm

Pred 2. svetovno vojno je samo izjemno čist motorni bencin dosegal oktansko število 87, zaradi vsebovanih nečistoč pa je imelo na črpalkah dostopno gorivo oktansko vrednost 80 ali celo manj. Že leta 1921 je v laboratorijih General Motorsa Thomas Midgley ml. uporabil svinčev tetraetil v bencinu kot antidetonator, da so motorji tekli bolj gladko in tišje. Do leta 1926 so uvedli oktansko število, s katerim se merita kakovost bencina oz. kompresijska toleranca.



Slika 4: Svinčev tetraetil

Vir: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tetraethyllead>

Spojina svinčev tetraetil je zelo strupena, ampak dodati jo je potrebno v zelo majhnih količinah, da bencin doseže kompresijska razmerja, ki so več kot podvojila učinkovitost (0,8 mL/L). Po vojni je postal motorni bencin z dodatkom svinčevega tetraetila splošno dostopen na črpalkah.

Svinčev tetraetil v motorju izgori, vendar se svinec izloči v izpušnih plinih. Sicer ga je zelo malo, ampak število avtomobilov je v povojnem razcvetu gospodarstva strmo naraščalo. Leta 1970 je količina svinca, izločena v izpušnih motornih vozil, dosegla vrhunec, skupaj 380.000 ton za ves svet, saj osvinčeni bencin vsebuje več kot 0,05 g svinca v gramu bencina.

4.3.2 Neosvinčeni bencin

Vsebina svinčevega tetraetila je zaradi strupenih izpušnih plinov v večini držav že omejena. V Sloveniji se osvinčeni bencin ne sme uporabljati od julija 2001. Bencinu se za doseganje predpisane najmanjše oktanske vrednosti dodajajo aromatske spojine kot npr. benzen, toluen, ksilen, anilin, metilanilin, butadien, dodajajo se izoparafini, alkoholi, kot npr. metanol ali etanol, ki sicer zvišajo oktansko število, vendar lahko pri previsoki koncentraciji povzročajo težave pri vžigu, poleg tega pa najedajo določene snovi (tesnila, plovce ...).

Tabela 2: Vrednosti oktanskega števila nekaterih ogljikovodikov

OGLJIKOVODIKI	OKTANSKO ŠTEVILO
Heksan	25
2-metilbutan	92,3
2,2-dimetilbutan	91,8
Cikloheksan	83
Ciklopentan	101
Metilbenzen	120
1,2-dimetilbenzen	107
1,3-dimetilbenzen	118
1,4-dimetilbenzen	116
2,2,4-trimetilpentan	100

Za vozila s katalizatorjem moramo uporabljati neosvinčeni bencin, saj pri uporabi osvinčenega bencina svinčeve spojine v izpušnih plinih sčasoma prekrijejo plast prevleke v katalizatorju, ki pretvarja škodljive primesi izpušnih plinov v neškodljive, tako da to onemogoči njegovo delovanje. Zaradi tega je vsebina svinca v neosvinčenem bencinu omejena.

Na nekaterih območjih se uporabljajo sezonski kemični dodatki zaradi težav, ki se lahko pojavijo na določenih geografskih področjih, kot npr. metanol, da ne zmrznejo cevi za dovod goriva.

Bencin pa ogroža okolje tudi z žveplom, saj ga vsebuje približno 0,15 %. Žveplove spojine imajo škodljiv vpliv pred in po izgorevanju bencina v bencinskem motorju. Pred izgorevanjem korodirajo dovodni sistem, nastajajo črne usedline kovinskih sulfidov. Pri izgorevanju se žveplo nahaja v obliki žveplovega dioksida.



Ta spojina v prisotnosti zraka in vodne pare preide v žveplovo(VI) kislino, ki korodira dele motorja.



V bencinu so prisotne tudi smole, ki nastanejo pri oksidaciji nenasičenih spojin; te nastopajo v bencinu, pridobljenem s krekningom. Smole povzročajo nastajanje usedlin, ki povzročijo motnje pri delovanju motorja.

4.3.3 Učinek bencina na zdravje

Osrednje živčevje je poglavitni ciljni organ delovanja bencina. Človek navadno bencin vdihava, smrtni odmerek je velik, približno 7000 ml za odraslega človeka. Lipoidni pnevmonitis pa povzročajo že manjše količine vdihanega bencina. Kratkotrajen dotik z bencinom včasih draži kožo, očno veznico in sluznice. Dolgotrajnejši dotik kožo razmasti in izzove vnetje. Sorazmerno malo vemo, zakaj je bencin strupen za živčevje.

Strupeni so zlasti njegovi hlapi, ki delujejo dalj časa, tudi kadar so koncentracije bencina majhne. Enourno izpostavljanje 900 ppm povzroči rahlo vrtoglavico, pri 10.000 ppm pa bencin silno draži kožo in sluznice. Znaki zastrupitve so očitni že v 10 minutah. Izpostavljanje velikim količinam bencinskim hlapov mine navadno brez posledic, opisali pa so trajne poškodbe možganov po dolgotrajnem izpostavljanju.

Pri poskusnih živalih so z bencinom v velikih koncentracijah povzročili tumorje in raka, vendar raziskave pri ljudeh niso našle povezanosti med rakom in izpostavljanju bencinu. Opisali so posamezne primere ledvičnega raka pri delavcih na bencinskih črpalkah, vendar opazovanja statistično niso značilna. Raziskava v Kanadi je pokazala, da obolijo delavci, zaposleni v rafinerijah, pogosteje za levkemijo, saj so izpostavljeni velikim koncentracijam benzena v bencinu. Sestavine bencina lahko zmotijo razplod pri poskusnih živalih, ni pa dokazano, da bencin vpliva na plodnost pri človeku.

Leta 1990 so v ZDA določili, da bencin ne sme vsebovati več kakor 1 % benzena in da je treba emisije benzena zmanjšati za 15 %. Podobno velja tudi za druge sestavine bencina, kot so butadien, policiklične organske spojine, formaldehid in acetaldehid.

Danes so mednarodno že sprejeli nekatere standarde, ki zadevajo bencin. Mejna dovoljena količina na delovnem mestu v zraku je 300 ppm. Nekatere ustanove ga v zraku na delovnem mestu sploh ne dovoljujejo zaradi nevarnosti, da bi deloval kancerogeno.

Poleg tega so standardno določene tudi mejne koncentracije za nekatere aditive v bencinu, ki jih prikazuje naslednja tabela:

Tabela 3: Mejne koncentracije aditivov v bencinu

Aditiv	Mejna koncentracija (mg/L)
benzen	0,005
toluen	0,0
etilbenzen	0,7
ksilen	10,0
etilendibromid	0,00005

5 TLA - KOŽA ZEMLJE

Tla so vrhnja plast oziroma preperel del zemeljske skorje, ki vsebuje razkrojene organske snovi. Matična veda, ki preučuje fizikalne, kemijske in biotske lastnosti, rodovitnost, genezo in klasifikacijo tal, je pedologija. Danes veda pridobiva zaradi okoljske degradacije po onesnaženju vedno večji pomen. Prvi v svetu so začeli lastnosti tal preučevati ruski znanstveniki na koncu devetnajstega stoletja. Na nastanek in razvoj tal vplivajo pedogenetski dejavniki.



Slika 5: Tla

Vir: <http://radio.ognjisce.si/sl/162/komentarji/15952/>

5.1 DEGRADACIJA TAL

Degradacija tal je proces, ki ga pogosto povzročijo človek ali njegove dejavnosti. Tla v procesu degradacije izgubljajo sposobnost izvajanja bistvenih funkcij za življenje. To ima za posledico izginotje življenja ali izgubo plodnosti. Vzroki za izgubo plodnosti ali življenja so lahko mehanski, kemični ali biološki.

Katere nevarne snovi najdemo v tleh, prikazuje naslednja tabela:

Tabela 4: Nevarne snovi v tleh

Anorganske nevarne snovi		Organske nevarne snovi	
Kovine	kadmij baker nikelj svinec krom živo srebro kobalt molibden arzen	Aromatske spojine	hlapni fenoli benzen toluen
		Policiklični aromatski ogljikovodiki	naftalen antracen krizen fluoranten benzo(a)piren benzo(a)antracen
Druge anorganske spojine	fluoridi nitrati sulfati kloridi cianidi	Druge organske spojine	mineralna olja, piridin, cikloheksanon

Ker je obnovitev degradiranih tal dolgotrajen proces, spada degradacija tal v vseh pogledih med pojave poslabšanja tal. Posledica industrializacije, urbanizacije in intenzivnega kmetijstva so tla, onesnažena s težkimi kovinami. Glavne vire takega onesnaženja v veliki meri predstavljajo izgorevanje fosilnih goriv, taljenje rud, uporaba mineralnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev, odpadna blata in gošče komunalnih čistilnih naprav, promet, emisije kemijske in druge težke industrije (Leštan in sod., 2003). V mnogih državah ureja omejitve v zvezi z onesnaženjem tal zakon, v Sloveniji je to Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih emisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uredba ..., 1996).



Slika 6: Onesnaženost tal v opuščeni plinarni

Vir: https://sl.wikipedia.org/wiki/Degradacija_tal#/media/File:Soilcontam.JPG

5. 2 TEŽKE KOVINE V TLEH

Težke kovine v tleh so stabilni, obstojni in trajni onesnaževalci okolja. V tleh se ne razgrajujejo, pač pa kopičijo. Njihova razpolovna doba je od nekaj deset do več tisoč let. Po nekaterih izračunih je razpolovna doba svincev v tleh od 740 do 5400 let.

Kovine so v tleh naravno prisotne, saj nastajajo s preperevanjem matične podlage in se v tleh pojavljajo v različnih koncentracijah. Kovine v sledovih so tiste kovine, ki se pojavljajo v zelo nizkih koncentracijah. Kovine v sledovih so lahko esencialne, organizmom nujno potrebne za delovanje njihovega metabolizma, ter neesencialne. Vse so v visokih koncentracijah za organizme toksične.

Emisijske vrednosti težkih kovin prikazuje naslednja tabela:

Tabela 5: Emisijske vrednosti težkih kovin

	MEJNA VREDNOST (mg/kg)	OPOZORILNA VREDNOST (mg/kg)	KRITIČNA VREDNOST (mg/kg)
Kadmij in njegove spojine (Cd)	1	2	12
Baker in njegove spojine (Cu)	60	100	300
Nikelj in njegove spojine (Ni)	50	70	210
Svinec in njegove spojine (Pb)	85	100	530
Cink in njegove spojine (Zn)	200	300	720
Krom (Cr)	100	150	380
Živo srebro in njegove spojine (Hg)	0.8	2	10
Kobalt in njegove spojine	20	50	240

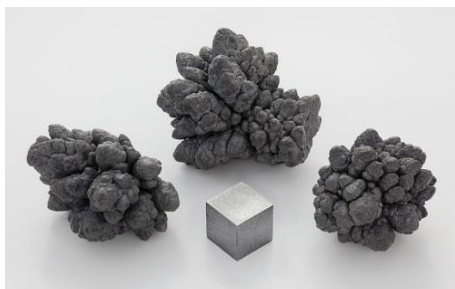
(Co)			
Molibden in njegove spojine (Mo)	10	40	200
Arzen in njegove spojine (As)	20	30	55

Za kmetijstvo predstavljajo tla, onesnažena s težkimi kovinami, velik problem, saj lahko težke kovine prehajajo v prehranjevalno verigo in postanejo nevarne tako za zdravje ljudi kot živali. Kemijska oblika, v kateri se težke kovine nahajajo v tleh, je pri tem bistvena, saj določa biodostopnost in mobilnost težkih kovin v tleh. Poznavanje skupne vsebnosti težkih kovin v tleh je pomemben kriterij, a ne tudi zadosten za oceno ekološkega vpliva.

Težke kovine so kovine, katerih specifična gostota je večja od 5 g/cm^3 oziroma imajo atomsko število nad 20 (Barceló in Poschenrieder, 1990) in se v okolju pojavljajo v zelo nizkih koncentracijah ter predstavljajo manj kot 1 % zemeljske skorje. Spadajo med elemente v sledovih. Naravna vsebnost težkih kovin je posledica preperevanja matične podlage in je odvisna od mineralne sestave kamnine, na kateri se tla nahajajo, ter biogeokemičnih procesov v tleh. Poleg tega je lahko naravna vsebnost težkih kovin posledica gozdnih požarov in vulkanskih izbruhov. Kot vir onesnaženja tal s težkimi kovinami so pomembni tudi številni antropogeni izvori, kot npr. emisije (rudarstvo in topilnice, industrija, zasebna kurišča, promet, ...), sredstva za varstvo rastlin (Cu, As, Pb, ...), mineralna gnojila (Cd, Zn, ...), blata čistilnih naprav (Hg, Zn, Pb, Cd, Cu,) ter vode za namakanje kmetijskih površin.

5.3 SVINEC

V zemeljski skorji je približno 0,002 % svinca. Nahaja se v kombinaciji s cinkovimi, bakrovimi in srebrovimi rudami. Najpomembnejše svinčeve rude so galenit PbS , ceruzit PbCO_3 in anglezit PbSO_4 .



Slika 7: Svinec

Vir: <http://www.e-kompetencia.si/egradiva/strojnistvo2/4-1%20nezel-kovine/index9.html>

Po današnjih spoznanjih je svinec prva kovina, ki jo je človek pred več tisoč leti pridobival iz rude in jo oblikoval s svojimi rokami. Od takrat naprej svinec spremlja napredek civilizacije.

Svinec in njegove spojine so glede pogostosti in razširjenosti v zemeljski skorji na 36. mestu. Koncentracija svinca iz naravnih virov v atmosferi znaša 0,0005 in 0,0006 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Svetovna proizvodnja svinca je bila leta 1970 približno 13 milijonov ton letno. Svinec za organizme ni esencialni element. Tako v obliki prahu kot tudi v obliki spojin je zelo strupen. V zadnjih letih je začel človek zaradi vsesplošnih potreb po svincu intenzivno iskati svinčeve rude in jih predelovati v anorganske in organske spojine. Letno se v svetu proizvede okoli 4 milijone ton svinca.

Svinec in njegove spojine onesnažujejo okolje na različnih proizvodnih in reprodukcijskih stopnjah, kot so kopanje rude, separiranje, taljenje, kemično sintetiziranje, recikliranje in nepravilno odlaganje svinčenih snovi. Posebno nevarnost predstavljajo procesi, kjer svinec uhaja v obliki prahu, dima ali pare. Povečana koncentracija svinca v tleh se opaža v okolici obratov, ki predelujejo svinčeno rudo (5-10 km) in v neposredni bližini (30 m) avtocest. Osvinčeni bencin predstavlja za okolje zelo velik vir onesnaževanja. Svinčeni aditivi se avtomobilskemu bencinu in gorivu za letala dodajajo od leta 1923, in sicer od 0,3 do 0,6 g/l v obliki PbBrCl ali PbO . Te snovi kondenzirajo v delce premera manj od 0,1 mikrometra, ki se po 7 do 21 dneh združujejo v večje delce. Ti se z atmosfero prenesejo več sto do več tisoč km daleč. Dokaz za to je povečana vsebnost svinca v ledu iz polarnega področja. Izračunano je, da pride v ZDA na ta način v ozračje letno 200 tisoč ton svinca, v Evropi pa 25.000 ton.

Danes se največ svınca porabi za elektrode v akumulatorjih, za izdelavo baterij, kot dodatek strelivu in sredstvom za spajkanje, prisoten je v barvah, emajlih, kristalnem steklu, v zaslonih, ki so zaščita pred sevanji, in v ekranih. Do nedavnega se je svinec uporabljal za izdelavo vodovodne napeljave, tako da je v starejših stavbah možna prisotnost svınca tudi v pitni vodi.

Medtem ko se je poraba svınca nekoliko zmanjšala, pa povpraševanje po težkih kovinah še raste. Svinec lahko ostane v okolju zelo dolgo in doslej še niso iznašli metode za njegovo odstranitev iz prsti, kar bo povzročilo trajno škodo živemu svetu.

Atmosfera je za kontaminacijo s svinčevimi snovmi najdovzетnejša. Stacionarne emisije svınca v okolje so lokalizirane predvsem v gosto naseljenih območjih in v bližini drugih virov onesnaževanja. Količina svınca narašča sorazmerno od podeželskih do mestnih območij, kar prikazuje tabela.

Tabela 6: Koncentracija svınca v različnih okoljih

OKOLJE	KONCENTRACIJE
ZRAK	
Naravni, predzgodovinski	0,00001-0,0001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Podeželski	0,008-0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mestni	0,1-10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
V bližini topilnic svınca	0,1-75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PREHRANA	
Pitna voda	20ppb
Živila	0,1-10ppm

Količina svınca v urbanih območjih nekajkrat presega odlaganje na podeželju in 1.000.000-krat na Antarktiki.

5.3.1 Lastnosti in uporaba svinca

Svinec je težka (gostota je $11,2 \text{ g/cm}^3$) in mehka kovina z nizkim tališčem ($327 \text{ }^\circ\text{C}$). Temperatura vrelišča svinca je $1740 \text{ }^\circ\text{C}$. Je sivo bele barve, vendar brez leska, ki je značilen za večino ostalih kovin. Zaradi njegove mehкости in elastičnosti ga lahko enostavno oblikujemo, zato ima še danes kljub ugotovljeni strupenosti zelo široko področje uporabe. Na zraku oksidira v svinčev oksid PbO ; le-ta z ogljikovim dioksidom iz zraka daje svinčev karbonat (PbCO_3), ki je zaščitna plast svinca pred korozijo.

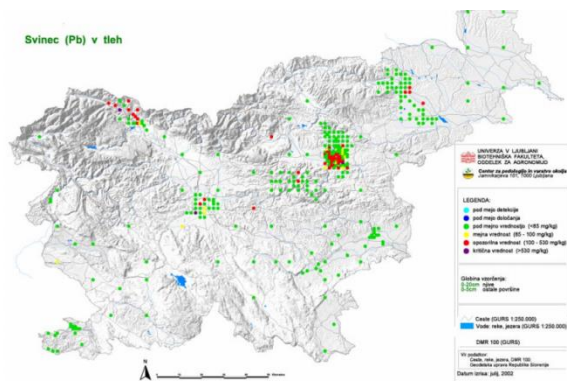
Sprva so svinec uporabljali tudi kot gradbeni material, za barvila, za loščenje keramike in za cevi vodovodne napeljave. V evropskih gradovih in katedralah so bile znatne količine svinca v okrasnem inventarju, strehah, ceveh in oknih. Svinec je peta najširše uporabljena kovina (v svojem elementarnem stanju), takoj za železom, aluminijem, bakrom in cinkom.

Pogosto ga uporabljajo v proizvodnji akumulatorjev, v elektronskih komponentah, v povezavi kablov, kot strelivo, v keramiki, svinčenem steklu, svinčenem vodovodu (danes se zaradi zdravstvenih težav ne uporablja več in ga izpodriva napeljava iz umetne mase), v barvilih (danes ne več, a teža starejših obarvanih površin lahko vsebuje polovico svinca), zlitinah v livarstvu, kositrni posodi, spajkah in zobnih zalivkah. Uporablja se tudi za prekrivanje ostrešja, da se spoji zaščitijo pred dežjem, ter v bencinu za zviševanje oktanskega števila.

5.3.2 Razširjenost svinca in njegovih spojin v Sloveniji in v okolici Celja

Največji onesnaževalec okolja s svincem je talilnica svinca v Mežici, kjer so leta 1976 proizvedli 25.533 ton svinca, leta 1986 20.607 ton, leta 1991 pa 15.874 ton. Večji del svinca predelajo v svinčene akumulatorje, okrog 8 % ga predelajo v aluminij, 18 % pa v valjane izdelke iz svinca. Leta 1992 je bila emisija prahu s 35 % do 45 % svinca med 10 in 25 kg dnevno.

Povečana koncentracija svinca je v Sloveniji ugotovljena tudi ob avtocestah. To potrjujejo podatki o onesnaženosti ob avtocesti Malence-Šmarje-Sap, kjer dosežejo koncentracije svinca v vzorcih na nekaterih mestih preko 20 µg/g.



Slika 8: Onesnaženost tal s svincem

Vir: <http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/poro%C4%8Dila/poro%C4%8Dila%20o%20Ostanju%20okolja%20v%20Sloveniji/tla.pdf>

Največji vir onesnaževanja zraka s svincem v Celju je industrija. S svincem onesnažuje mesto z okolico tovarna EMO s talilnico frit. Poleg nje je velik onesnaževalec s svincem tudi železarna Štore. Prah iz elektroobločnih peči vsebuje 3,6 % svinca, kar znaša letno 11 ton. Precej pa doprinese k onesnaženosti s svincem tudi bližina avtoceste Maribor-Vransko, saj so izmerjene vrednosti vsebnosti svinca v tleh na območju Arja vas-Vransko od 32-55 ppm.

5.3.3 Izpostavljenost svincu in njegovim spojinam

Kontaminacijska veriga svinca, ki lahko prizadene človeka, skoraj vedno poteka v biociklusu: atmosfera-voda-zemlja-rastlina-žival-človek. Od onesnaževalcev atmosfere pride na promet 60 %, na industrijo in termoelektrarne pa 30 %. Ob uporabi osvinčenega bencina, za kar omenjeni podatek tudi velja, povprečni voznik skozi izpušno cev vozila izloči letno okrog 2 kg svinca. Človek je izpostavljen svincu predvsem s hrano, kar predstavlja 60 % svinca v krvi. Vdihavanje z zrakom ga prispeva okoli 30 %, voda pa 10 %. V hrani predstavlja nepredelana hrana 4/5, konzervirana pa 1/5 svinca. Povečana

koncentracija svineca v zraku je še posebej nevarna zato, ker je resorpcija svineca, ki pride v telo z vdihavanjem, 30-50 %. Resorpcija svineca, ki pride v telo skozi usta, je v želodcu in črevesju le 5-10 %.

Povečano koncentracijo svineca v zemlji zasledimo v vrhnjem sloju tal, saj se anorganski svinec močno absorbira na organske in anorganske koloide in tvori netopne kelate z organskimi snovmi v vrhnjem sloju tal. Izjema so svinčev tetraetil in drugi alkilni derivati svineca, ki pri izgorevanju v motorju razpadejo in je njihova koncentracija v okolju nizka. V daljšem časovnem obdobju pa lahko pride do izpiranja svineca v globlje sloje tal, s čimer je zabrisana razlika med vplivi prometa v preteklosti in nedavnim onesnaževanjem. V veliki meri je sprejeto, da ima svinec dolgo dobo zadrževanja v gozdni prsti.

Za obdobje od 1970 do 1980 so raziskovalci ugotovili, da se svinec akumulira v vrednosti 50-700 g/ha na letno. Zadrževalna doba svineca v tleh je med 150-500 leti. Zato so v Torontu leta 1988 na zahtevo ministrstva za okolje, kjer je bila v urbanih tleh v bližini talilnic svineca zelo visoka koncentracija (več kot 20 $\mu\text{g/g}$), to sanirali tako, da so v oddaljenosti 500 m od virov to prst 30 cm globine zamenjali s prstjo, ki je vsebovala manj svineca. Emisija organskih svinčenih spojin se pozimi razlikuje od poletja za faktor 10, ker stroji takrat dalj časa delujejo. Tudi bencin vsebuje pozimi več svinčevega metila kot poleti. Razlog za nizke koncentracije organskih svinčenih spojin poleti so tudi večje fotokemične reakcije razgradnje.

Emisije svineca v zrak so v zadnjih letih začele upadati. K temu v veliki meri prispeva uporaba neosvinčenega bencina. Vrsta držav razvitega sveta se je že v 90-ih letih prejšnjega stoletja odločila za postopno zmanjševanje svineca v motornem bencinu. Prvi postavljeni cilj je bil 0,4 g/dm^3 , končni pa 0,15 g/dm^3 . Zaostrovanje zahtev po zmanjšanju emisij svineca pa pomeni uporabo neosvinčenega bencina, kjer je svineca po normativu manj kot 0,013 g/dm^3 . V razvitih deželah so tako v zadnjih 15 letih zmanjšali emisije svineca iz avtomobilskih izpuhov za več kot 97 %.

6 DOLOČANJE SVINCA V TLEH

Za določanje svınca v tleh smo se odločili zato, da bi ovrednotili hipotezo št. 3, v kateri smo predpostavili, da se količina svınca v tleh z oddaljenostjo od cestišča zmanjšuje.

6.1 VZORČENJE TAL

Nasvet glede izbire lokacije, ki bi bila najprimernejša za odvzem vzorcev tal, smo poiskali na Inštitutu za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, pri g. Iztoku Koširju.

Za odvzem vzorcev smo izbrali lokacijo med krajema Frankolovo in Ivenca, saj je bila ta regionalna cesta pred izgradnjo avtocestnega odseka Celje-Maribor glavna povezava med Mariborom in Celjem. Za avtocesto se nismo odločili zato, ker je bila uporaba osvinčenega bencina kmalu po njeni izgradnji že prepovedana. Predvidevali smo, da so bila tla ob regionalni cesti Celje-Maribor veliko dlje izpostavljena onesnaženju s svincem.

Vzorčevali smo na razdaljah 0 m, 50 m, 100 m, 150 m in 200 m od roba cestišča, in sicer na vsaki od razdalj na treh mestih. Poleg tega smo odvzeli še vzorec na lokaciji, kjer je bila prisotnost svınca v tleh kot posledica prometa izključena. Za vsak vzorec posebej smo odstranili rušo in izvedli odvzem prsti na globini približno 5 cm, pri čemer smo uporabljali lopatico in koničasto sondo. Vzorcev nismo jemali globlje, ker je za svinec značilno, da je med vsemi težkimi kovinami najmanj mobilna in se zadržuje v vrhnjem sloju tal. Odvzeli smo približno pol kilograma posameznega vzorca.



Slika 9: Zemljevid vzorčenja (lastni vir)

6.2 PRIPRAVA VZORCEV

Vzorci, ki smo jih odvzeli na enaki oddaljenosti od cestišča, smo dobro zmešali in jih z metodo četrтинjenja čim bolj homogenizirali. Nato smo jih, zaradi velike vlažnosti, najprej posušili na zraku ter jih nato zdrobili v stekleni terilnici. Tako pripravljene vzorce smo presejali skozi sito velikosti 5-2 mm in jih sušili pri temperaturi 40 °C. Tako smo pripravili suhi arhiv, ki smo ga hranili v eksikatorju. Vzorce smo pred razklopom ponovno presejali skozi sito velikosti 150 μm.

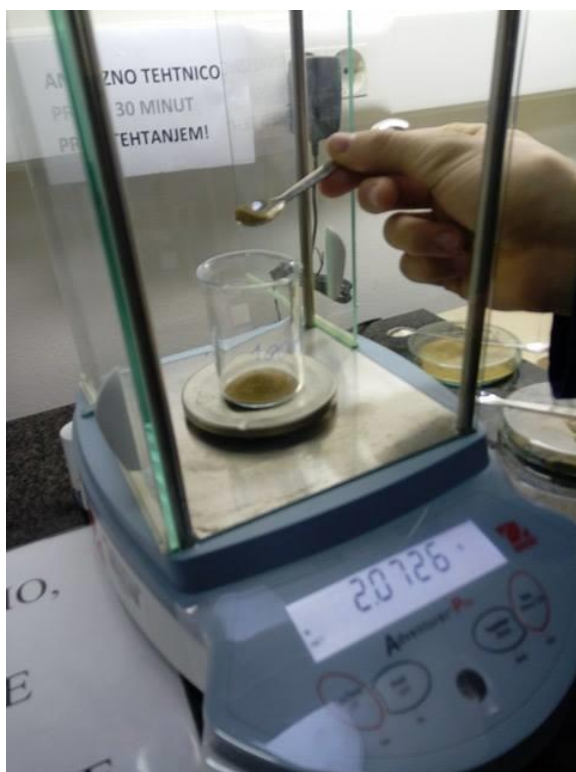


Slika 10: Vzorci, pripravljene za razklop (lastni vir)

6.3 RAZKLOP

Natehtali smo 3 g vzorcev in jih navlažili z 1 ml H₂O. Vzorcem smo počasi, ob stalnem mešanju, dodali 21 ml 37 % HCl, pri čemer smo opazili zelo burno reakcijo. Nastal je CO₂ kot posledica prisotnosti karbonatov v vzorcu. Nato smo po kapljicah dodali še 7 ml 65 % HNO₃. Vzorce smo pustili v digestoriju 16 ur, v hermetično zaprtih čašah na sobni temperaturi in jih nato še 2 uri segrevali na povratnem hladilniku, da je ohlajal hlape, ki so uhajali iz vroče reakcijske zmesi. Nato smo vzorce prefiltrirali skozi filtrirni papir s

srednjo velikostjo por, jih prelili v 100 ml merilne bučke in razredčili z destilirano vodo do značke. Tako pripravljene smo nalili v kivete in opravili meritve na spektrofotometru.



Slika 11: Tehtanje vzorcev(lastni vir)



Slika 12: Filtriranje vzorcev (lastni vir)

6.4 SPEKTROFOTOMETRIČNA DOLOČITEV SVINCA V VZORCIH

6.4.1 Spektrofotometrija

Spektrofotometrijo uvrščamo med molekulske absorpcijske spektrometrije. V to skupino sodita tudi kalorimetrija in fotometrija. Spektrofotometrija temelji na merjenju absorpcije svetlobe pri prehodu skozi raztopino vzorca. Molekulska spektroskopija, ki temelji na UV, vidnem in IR sevanju, se v veliki meri uporablja za identifikacijo in detekcijo mnogih organskih in anorganskih spojin. IR spektrofotometrija je ena izmed najboljših razpoložljivih tehnik v kemiji za določanje strukture organskih in anorganskih spojin. V današnjem času je ta metoda zelo pomembna za določanje onesnaževalcev v naravi.

Molekulska UV in vidna spektrofotometrija sta pomembni za kvantitativno analizo. Molekulske fluorescenčne metode so pomembne zaradi visoke selektivnosti in velike občutljivosti.

Najpomembnejše značilnosti spektrofotometričnih metod so široka uporaba, velika občutljivost, selektivnost, točnost in enostavnost uporabe.

6.4.2 Spektrofotometer

Spektrofotometer je sestavljen iz izvora svetlobe, monokromatorja, kivete in detektorja. Za izvor svetlobe uporabljamo devterijevo ali volframovo žarnico. S prvo merimo v območju med 195 do 375 nm, z drugo pa v območju med 350 in 1000 nm. Monokromator je po navadi sestavljen iz optične rešetke ali optične prizme, v nekaterih primerih pa tudi iz optičnega filtra. Z izbiro kota padanja svetlobe na optično rešetko ali optično prizmo lahko izberemo valovno dolžino svetlobe, ki jo monokromator prepusti. Kivete so dolge okoli 1 cm. So iz kvarčnega ali navadnega stekla. Stran, skozi katero gre žarek svetlobe, mora biti gladka in čista, saj to vpliva na točnost merjenja. Detektor meri intenziteto prepuščene svetlobe skozi vzorec. Zaslona nam prikaže izmerjeno absorbanco.

Spektrofotometer primerja delež svetlobe, ki preide skozi referenčno raztopino in skozi merjeni vzorec. Svetloba potuje skozi vzorec. Del svetlobe se pri tem absorbira, prepuščena svetloba pa pride do detektorja. Absorpcijo svetlobe podaja Beerov zakon, ki velja le za razredčene raztopine.

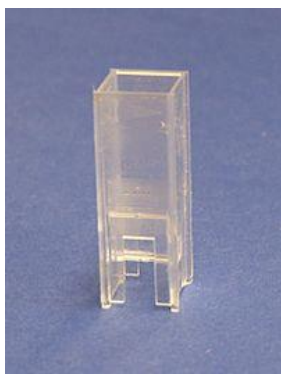
Obstajata dve glavni različici spektrofotometra – enožarkovni in dvožarkovni. V dvožarkovnem spektrofotometru nastajata dva žarka s pomočjo ogledala v obliki črke V. Temu pravimo delitelj snopa. En snop prehaja skozi referenčno raztopino proti fotodetektorju, istočasno pa drugi prehaja skozi vzorec proti drugemu fotodetektorju. Oba izhodna signala se ojačata in njuno razmerje se prikaže na zaslonu. Pri enožarkovnem spektrofotometru pa merjenje zahteva dva koraka. Najprej izmerimo absorbanco referenčnemu vzorcu in njegovo absorbanco nastavimo na nič. Potem izmerimo še absorbanco vzorcu. Čeprav je merjenje z dvožarkovnim spektrofotometrom lažje, pa ima enožarkovni spektrofotometer večji dinamični domet, je preprostejši in kompaktnjši.

6.4.3 Spektrofotometrične meritve in rezultati

S spektrofotometrom smo izmerili vsebnost svınca v vzorcih zemlje tako, da smo 5 ml vzorca dodali pet kapljic reagenta za določitev svınca ter kiveto vstavili v spektrofotometer.



Slika 13: Dokazni reagenti za spektrofotometrično določitev (lastni vir)



Slika 14: Standardna plastična kriveta



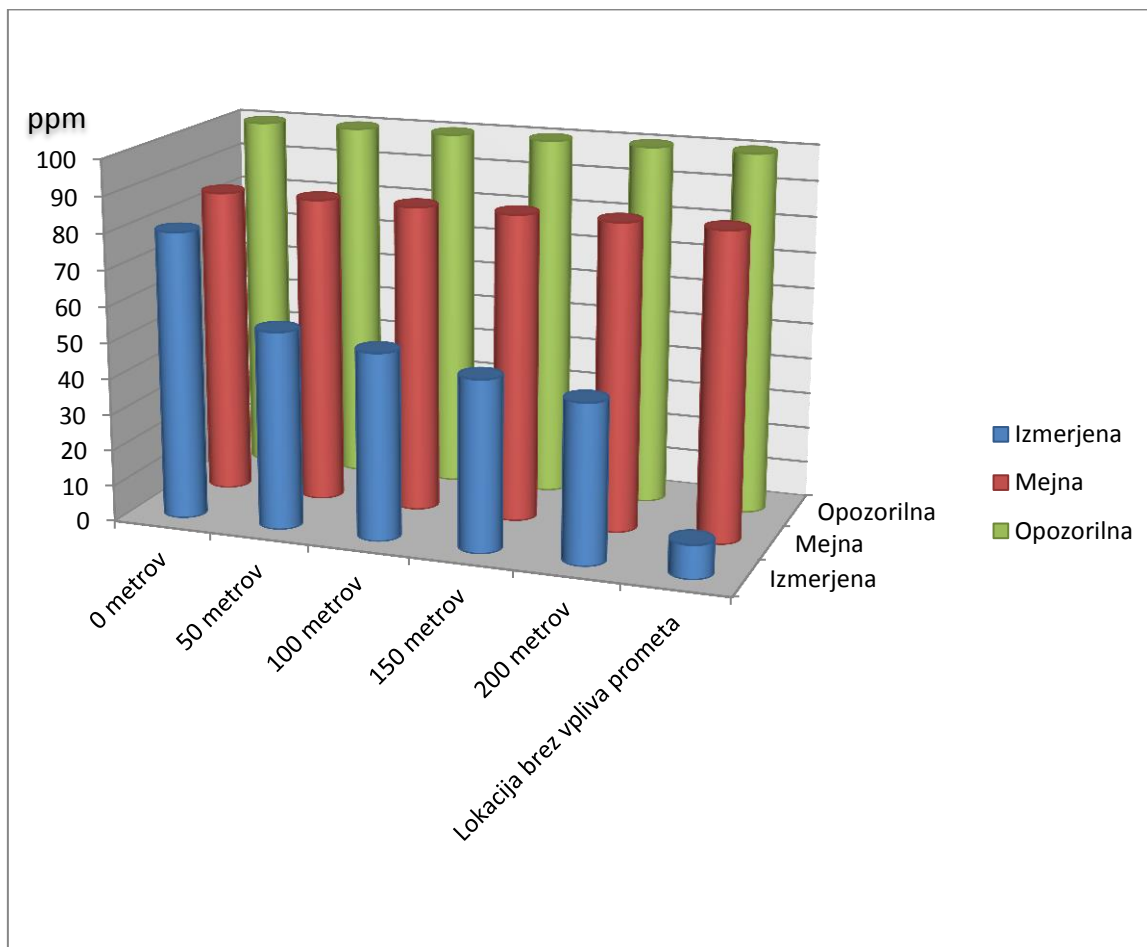
Slika 15: Spektrofotometer (lastni vir)

Dobljene rezultate prikazuje naslednja tabela.

Tabela 7: Dobljeni rezultati

Oddaljenost od cestišča (m)	Vrednost svınca v vzorcu (mg/kg)
--------------------------------	-------------------------------------

0	79,8 mg/kg
50	54,9 mg/kg
100	51,8 mg/kg
150	47,4 mg/kg
200	44,0 mg/kg
lokacija brez vpliva prometa	9,3 mg/kg



Grafikon 3: Primerjava med izmerjenimi, mejnimi in opozorilnimi vrednostmi svınca

7 OVREDNOTENJE HIPOTEZ IN ZAKLJUČEK

Za analizo problematike, ki smo jo obravnavali v raziskovalni nalogi, obstaja veliko različnih virov, vendar se le-ti med seboj pogosto izključujejo, zato smo imeli težave pri oblikovanju lastnega mnenja. Velik izziv so nam predstavljale analizne metode pri eksperimentalnem delu, ki jih, kot bodoči logistični tehniki, v okviru našega izobraževanja nismo spoznali.

S pomočjo analize različnih virov in z eksperimentalnim delom smo prišli do spoznanj, s katerimi smo ovrednotili hipoteze, postavljene v uvodu.

Hipoteza št. 1: Uporaba osvinčenega bencina v prometu je glavni vzrok za onesnaževanje tal s svincem.

Z analizo različnih virov smo to hipotezo lahko le delno potrdili. Promet je sicer povečeval onesnaženost okolja s svincem, še zdaleč pa ni glavni povzročitelj onesnaženosti.

Koncentracija svinca v tleh je tik ob prometno obremenjenih cestiščih povečana, vendar v večini primerov ne presega mejne vrednosti onesnaženja s svincem, ki znaša 85 mg/kg. To potrjujejo podatki o onesnaženosti ob avtocesti Malence-Šmarje-Sap, kjer dosežejo koncentracije svinca v vzorcih na nekaterih mestih sicer več kot 20 $\mu\text{g/g}$, kar pa je še vedno bistveno manj od mejne vrednosti. Veliko bolj ogrožena zaradi onesnaženosti s svincem so nekatera industrijska območja. V diplomski nalogi gospe Nadje Bačac smo zasledili podatek, da ga je v Celju, na območju stare Cinkarne, v tleh kar 1504 mg/kg^{-1} . Celjska regija je močno onesnažena s svincem zaradi intenzivne metalurške in kemijske industrije. Količine svinca v tleh so močno povečane v okolici Mežice zaradi večstoletnega rudarjenja in industrije svinca. Z monitoringom merjenja količine svinca v tleh so bile dobljene vrednosti 26-4483 mg/kg. Poleg tega so rezultati pokazali povečano koncentracijo svinca in drugih težkih kovin na kmetijskih površinah, ki so posledica uporabe fitofarmaceutskih sredstev.

Hipoteza št. 2: Z uporabo okolju prijaznega bencina se je količina svınca v tleh na avtocestnem območju zmanjšala.

Izpusti svınca v Sloveniji so se po letu 1994 pričeli zmanjševati, saj je postala obvezna uporaba katalizatorjev v novih avtomobilih z bencinskim motorjem, ki ne morejo uporabljati osvinčenega bencina. Z julijem 2001 je v Sloveniji stopila v veljavo omejitev koncentracije svınca v motornih bencinih za promet največ do 0,05 mg/kg, od 1. 1. 2005 pa je uporaba svınca v teh bencinih povsem prepovedana, s čemer je izginil vir kot posledica prometa v Sloveniji. Kljub prenehanju emisij svınca pa težke kovine v tleh predstavljajo obstojne in trajne onesnaževalce okolja. V tleh se ne razgrajujejo, temveč kopičijo. Po nekaterih izračunih je razpolovna doba svınca v tleh od 740 do 5400 let. Iz teh podatkov je razvidno, da se količina svınca v tleh ni bistveno zmanjšala, le njegovih emisij v okolje z uvedbo bencina brez svınca ni več.

Hipoteza št. 3: Količina svınca v tleh se zmanjšuje z oddaljenostjo od cestišča.

Potrditev te hipoteze smo dobili z eksperimentalnim delom, ki smo ga zaključili s spektrofotometrično analizo svınca v tleh. Izmerjene vrednosti so pokazale, da onesnaženost s svincem močno pada z oddaljenostjo od cestišča. Tik ob cestišču je bila dobljena količina svınca 79,8 mg/kg, na razdalji 50 m od cestišča se je zmanjšala na 54,9 mg/kg.

Hipoteza št. 4: Aditivi, ki se danes uporabljajo za zviševanje oktanskega števila kot alternativa svinčevega tetraetila, imajo tudi negativne posledice na okolje.

Tudi to hipotezo smo z analizo različnih virov potrdili. Ugotovili smo, da je bila količina svınca v bencinu pred prepovedjo uporabe osvinčenega bencina 0,15 g/l, po prepovedi pa lahko bencin vsebuje 0,013 g Pb/l. Svinčev tetraetil se je dodajal bencinu zaradi zvišanja oktanskega števila, ki je po prepovedi njegove uporabe ostalo nespremenjeno. Danes se za zviševanje oktanskega števila dodajajo različne spojine, kot so benzen, toluen, ksilen, anilin, metilanilin, butadien, izoparafini, metanol, etanol itd. Tudi številne med temi spojinami so strupene.

Kratkotrajno vdihavanje visokih koncentracij benzena lahko povzroči smrt, vdihavanje nizkih koncentracij pa povzroči zaspanost, vrtoglavico, povišan srčni utrip, glavobol, drhtavico, zmedenost in nezavest. Zaužitje večjih količin benzena povzroči bruhanje, razdraženost želodca, vrtoglavost, zaspanost, krče in smrt.

Dolgotrajno izpostavljanje benzenu povzroča okvaro kostnega mozga, posledice pa so anemija, krvavitve in oslabitev imunskega sistema, kar poveča verjetnost infekcij. Benzen povzroča tudi levkemijo in druge oblike krvnega raka. Izpostavljenost benzenu je svetovni zdravstveni problem. Dolgotrajno izpostavljanje benzenu povzroča okvare jeter, ledvic, pljuč, srca, možganov, DNK in kromosomov. Prva poročila, da povzroča raka, so iz leta 1920. Kemična industrija je kljub mnogim poročilom v medicinski literaturi šele leta 1979 priznala, da povzroča raka pri človeku. Dotlej je poskušala ovreči vse študije, ki so se opravile na živalih, in trdila, da benzen na človeka nima nobenega vpliva. Raziskave so dokazale, da benzen povzroča raka pri različnih vrstah preskusnih živali, ne glede na to, kako so mu bile izpostavljene. Pri nekaterih ženskah, ki so vdihavale velike koncentracije benzena, so se pojavile nepravilnosti v menstrualnem ciklu in zmanjšanje velikosti jajčnih celic. Vpliv benzena na plod noseče ženske in plodnost moškega ni raziskan. Študije na živalih so pokazale manjšo porodno maso mladičev, zakasnitev razvoja kosti in poškodbe kostnega mozga. Dve neodvisni študiji povezujeta benzen z redkimi oblikami raka ledvic. Prva študija je zajela šoferje cistern za prevoz bencina, druga pa mornarje na tankerjih, ki prevažajo benzen. Benzen je zdaj klasificiran kot karcinogen (razred 1), ker dolgotrajna izpostavljenost visokim koncentracijam benzena v zraku pri občutljivih posameznikih povzroča levkemijo, akutno mielocitno levkemijo (AML) in akutno nelimfocitno levkemijo (ANLL) pa nesporno povzroča ravno benzen.

Nevarne lastnosti toluena so podobne kot pri benzenu. Ksilen ne spada med mutagene snovi, je pa dokazano teratogena snov. Anilin spada med krvne strupe in povzroča methemoglobinimijo. Tudi metilanilin in butadien imata mutagene in rakotvorne lastnosti.

Iz vsega navedenega lahko sklepamo, da svinec sicer spada med strupene snovi in okolju povzroča veliko škodo, vendar so tudi aditivi, ki so ga v bencinu nadomestili, nevarne snovi.

V raziskovalni nalogi smo spoznali, da onesnaževanje, ki je posledica prometa, vsekakor vpliva na stanje našega okolja. Promet je med vsemi sektorji največji porabnik energije, ki skoraj v celoti izhaja iz fosilnih goriv, kar ima za posledico velike emisije toplogrednih plinov. Toplogredni plini pa niso edina onesnažila, ki so posledica masovnega prometa. Podrobneje smo analizirali izboljšave okoljskega stanja, ki jih je prinesla prepoved uporabe osvinčenega bencina. Ugotovili smo, da emisij svineca v okolje zaradi uporabe motornega bencina sicer ni več, vendar pa so svinčev tetraetil v bencinu nadomestili aditivi, ki so vse prej kot nestrupene snovi. Poleg tega smo z raziskovanjem spoznali, da je onesnaženost s svincem povečana le tik ob cestiščih in se z oddaljenostjo zelo hitro zmanjšuje. Žal pa se škoda, ki je bila narejena zaradi vnosa svineca v okolje, ne bo kmalu zmanjšala, saj je svinec trajni onesnaževalec, ki vztraja v tleh od več sto do več tisoč let.

8 VIRI IN LITERATURA

1. BAČAC, N. Vpliv nekaterih talnih lastnosti na frakcionacijo svinca in cinka v onesnaženih tleh Celjske regije: diplomsko delo. [Online]. [Citirano 14. feb. 2017; 9:32]. Dostopno na spletnem naslovu: http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_bacac_nadja.pdf.
2. GEOGRAFIJA 9. [Online]. Eučbeniki. [Zadnja sprememba 14. avg.2016]. [Citirano 3. feb. 2017;10:13]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://eucbeniki.sio.si/geo9/2632/index.html>.
3. HEBAR, S. Vpliv prometa na okolje: diplomsko delo. [Online]. [Citirano 5. feb. 2017; 11:34]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://dk.um.si/Dokument.php?id=15647>.
4. KOLAR, J. Človekovo okolje. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije. 1992.
5. LIKAR, M. Vodnik po onesnaževalcih okolja. Ljubljana: Zbornica sanitarnih tehnikov in inženirjev Slovenije. 1998.
6. PORABA končne energije v prometu. [Online]. Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor. [Zadnja sprememba 11. avg. 2008]. [Citirano 14. feb. 2017; 11:05]. Dostopno na spletnem naslovu: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=61.
7. PROMETNO onesnaževanje ozračja. [Online]. Citirano 15. feb. 2017; 10:24]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.shrani.si/f/31/13d/1pSUnXBs/promet-predavanja-9.pdf>.
8. RAZISKAVE onesnaženosti tal Slovenije v letu 2005. [Online]. Biotehniška fakulteta v Ljubljani. [Citirano 13. feb. 2017; 11:39]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/tla/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/ROTS2005.pdf>.
9. RAZISKAVE onesnaženosti tal v Sloveniji. [Online]. Agencija republika Slovenije za okolje. [Citirano 23. dec. 2016; 13:03]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/tla/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/>.
10. *SANACIJA onesnaženja okolja v Zg. Mežiški dolini*. [Online]. [Citirano 15. nov. 2016; 10:14]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.sanacija-svinec.si/index.php/svinec-v-meziski-dolini/svinecinzdravjesplosno#Izpostavljenostsvincuđ>.
11. SKALE Kos, M. Tehnološke značilnosti tovorov v prometu: interno gradivo za višješolski študijski program- promet. Celje: Šolski center Celje. 2007.
12. SVINEC v bencinu. [Online]. [Citirano 13. feb. 2017; 12:38]. Dostopno na spletnem naslovu: http://www.podnebna-prevara.si/Zelene_lazi/Svinec-1.html.
13. UREDBA o fizikalno-kemijskih lastnostih tekočih goriv. [Online]. Uradni list RS. [Zadnja sprememba 23. sep. 2011]. [Citirano 13. feb. 2017; 12:39]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED5372#>.

14. VSEBNOST težkih kovin v tleh in rastlinah v bližini avtocest. [Online]. [Citirano 13. feb. 2017; 12:14]. Dostopno na spletnem naslovu: http://www.kgzs-ms.si/users_slike/metkab/ZED05/02Susin.pdf.