

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA FARMACIJO

SUZANA KARO

DIPLOMSKA NALOGA

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ LABORATORIJSKE
BIOMEDICINE

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA FARMACIJO

SUZANA KARO

**KONCENTRACIJA SVINCA V KRVI PRI OTROCIH
GLEDE NA TO ALI ŽIVIJO V MESTNEM, KMEČKEM ALI
OBREMENJENEM OKOLJU**

**LEAD BLOOD CONCENTRATION IN CHILDREN
DEPENDING ON URBAN, RURAL OR BURDENED LIVING
ENVIRONMENT**

Ljubljana, 2009

Diplomsko nalogo sem opravljala na Fakulteti za farmacijo pod mentorstvom prof. dr. Joška Osredkarja. Določitve svinca v krvi so bile izvedene v laboratoriju za analizo encimov in elementov v sledovih na inštitutu za Klinično kemijo in biokemijo.

ZAHVALA

Rada bi se zahvalila svojemu mentorju prof. dr. Jošku Osredkarju za strokovno svetovanje, potrpežljivost in spodbudo pri nastajanju diplomskega dela.

Hvala tudi tebi Alan, da me sprejemaš tako kot sem. V vseh mojih vzponih in padcih si verjel vame, me spodbujal ter mi nesebično pomagal.

Iskrena hvala tudi vsej moji družini za vso podporo in finančno pomoč pri študiju.

Hvala tudi vsem ostalim, ki ste mi vsa ta leta stali ob strani.

IZJAVA

Izjavljam, da sem diplomsko delo samostojno izdelala pod vodstvom mentorja prof. dr. Joška Osredkarja, mag. farm.

Ljubljana, december 2009

Predsednik diplomske komisije: izr. prof. dr. Samo Kreft

Član diplomske komisije: doc. dr. Iztok Grabnar

KAZALO

1	UVOD	7
1.1	TEŽKE KOVINE	10
1.1.1	Krom.....	12
1.1.2	Kobalt	12
1.1.3	Nikelj	13
1.1.4	Baker.....	14
1.1.5	Cink	14
1.1.6	Molibden.....	15
1.1.7	Kositer	16
1.1.8	Živo srebro.....	16
1.2	SVINEC	18
1.2.1	Uporaba svine v preteklosti in danes	19
1.2.2	Izpostavljenost svincu	21
1.2.3	Najpomembnejši viri svine	22
1.2.3.1	Zrak.....	22
1.2.3.2	Voda	22
1.2.3.3	Prehrana	23
1.2.3.4	Zemlja.....	23
1.2.4	Vstop svine v telo	24
1.2.5	Škodljivi učinki svine	25
1.2.5.1	Bolezniški znaki in simptomi	26
1.2.5.2	Zastrupitve s svinco pri otrocih	30
1.2.5.3	Svinec in karcinom	33
1.2.6	Izločanje svine iz organizma.....	33
1.2.7	Diagnoza.....	33
1.2.8	Zdravljenje.....	34
1.2.8.1	Kelati	35
1.2.8.2	Svinec in vitamin C	35
1.2.9	Preprečevanje.....	36
1.2.10	Določanje svine	36

1.2.10.1	Monitoring (biomonitoring)	36
1.2.10.2	Model IEUBK- pripomoček pri odločanju	36
2	NAMEN DELA	37
3	MATERIALI IN METODE	38
3.1	VZORCI	38
3.2	METODA	38
3.2.1	Atomska absorpcijska spektrometrija	38
4	EKSPERIMENTALNI DEL	41
5	REZULTATI	42
5.1	REZULTATI POSAMEZNIH SKUPIN	42
5.1.1	Osnovna šola Žužemberk	44
5.1.2	Osnovna šola Vižmarje Brod	47
5.1.3	Osnovna šola Idrija	50
5.2	REZULTATI PRIMERJAV MED SKUPINAMI	53
5.2.1	Kruskal - Wallisov test	53
5.2.2	Mann - Whitneyev test	54
6	RAZPRAVA	56
7	SKLEP	59
8	LITERATURA	60
9	PRILOGE	64

POVZETEK

Težke kovine v zdravstvu največkrat povezujemo s škodljivimi vplivi na zdravje. Najbolj nas skrbijo tiste, ki v telesu nimajo znane vloge, med te pa spada tudi svinec. Svinec ima dolgo razpolovno dobo in tako predstavlja breme za številne generacije. Višje koncentracije ovirajo normalno delovanje organizma in vodijo v obolenja. Zaradi specifičnega metabolizma, predstavljajo otroci eno izmed skupin z največjim tveganjem za pojav negativnih posledic na zdravje ob izpostavljenosti svincu.

V diplomski nalogi smo želeli ugotoviti ali se koncentracija svınca v krvi pri osnovnošolskih otrocih razlikuje glede na to ali živijo v mestnem, kmečkem ali obremenjenem okolju. Prav tako nas je zanimalo ali so otroci v urbanem okolju obremenjeni s svincem in ali rudnik živega srebra v Idriji vpliva na koncentracije svınca pri otrocih iz OŠ Idrija. V ta namen smo analizirali 175 vzorcev otrok starih med 7 in 11 let, ki so jih leta 2007 pridobili na Kliničnem inštitutu za klinično kemijo in biokemijo. Rezultate smo statistično ovrednotili in grafično prikazali z računalniškima programoma Microsoft Excel in SPSS 17.0 za Windows.

Danes določen nivo svınca v krvi, pri katerem je potrebno ukrepanje, je 100 µg/l krvi, določil pa ga je CDC 1991 leta. Mi pa smo izbrali mejno vrednost koncentracije 50 µg/l krvi. Vrednosti, ki smo jih dobili s statistično analizo povprečno, niso v nobenem kraju presegle zastavljene meje. Najprej smo analizirali podatke za vsako osnovno šolo posebej. Otroci OŠ Žužemberk so imeli najvišjo povprečno vrednost svınca v krvi, in sicer 25,63 µg/l, otroci OŠ Vižmarje Brod so imeli nekoliko nižje vrednosti koncentracije. Njihova povprečna koncentracija je znašala 21,89 µg svınca na liter krvi. Otroci iz OŠ Idrija so imeli v povprečju najnižjo koncentracijo Pb, to je 20,95 µg/l. Ko smo nato primerjali rezultate med posameznimi skupinami, smo ugotovili, da se koncentracija Pb statistično značilno razlikuje glede na to iz kakšnega življenjskega okolja prihajajo otroci. Na koncu smo primerjali koncentracijo Pb v krvi glede na spol in med dečki in deklicami nismo ugotovili razlike.

Iz rezultatov je razvidno, da imajo največ svınca v krvi otroci iz podeželja, vendar izmerjene koncentracije Pb ne presegajo dovoljene vrednosti, kar je posledica večje osveščenosti ljudi in prizadevanj stroke za omejitev oziroma prepoved uporabe Pb na področjih, ki so v preteklosti predstavljala glavni vir onesnaženja s Pb.

ABSTRACT

In the field of health care, heavy metals are most notably connected with the adverse affect on human health. We are most concerned about those heavy metals which impact to the body is unknown; lead is among them. The half-life of lead is long, and thus represents a burden for a number of generations. Higher concentrations obstruct normal organism's functions and lead to diseases. Children have very specific metabolism, and thus represent one of the groups where the exposure to lead has the highest risk of negative implications on health.

In this diploma paper, we wanted to determine whether the blood lead concentration in primary school children differs according to their living environment – urban, rural or burden environment. We were also curious whether the children in the urban environment are burdened with lead, and whether the Idrija Mercury Mine impacts on the lead concentration in primary school children in Idrija. For this purpose, we have analysed 175 samples of children aged between 7 and 11 years; these samples were obtained by the Clinical Institute of Clinical Chemistry and Biochemistry in 2007. The results were statistically evaluated and graphically presented by computer programmes Microsoft Excel and SPSS 17.0 for Windows.

In 1991, the Centre for Disease Control and Prevention set the blood Pb concentration limit at 100 µg/l, bellow which health risks should not exist. We have decided to set the concentration limit at 50. The values acquired through the statistical treatment have not exceeded the set limit anywhere. Firstly, we have processed the data for each individual primary school. Children from Žužemberk have a maximum average concentration Pb 25,63 µg/l, children from Vižmarje Brod have 21,98 µg/l and children from Idrija have minimum average concentration of Pb 20,95 µg/l. When we compared the results between the individual groups, we have discovered that these values statistically differ. At the end, we have compared the blood Pb concentration by gender; we have established that there are no statistically significant differences.

SEZNAM OKRAJŠAV

<i>Oznaka:</i>	<i>Opis:</i>
LOQ	meja določljivosti
LOD	meja zaznavnosti
AAS	atomska absorpcijska spektrometrija
EMV	elektromagnetno valovanje
EDTA	etil-diaminotetraocetna kislina
CaNa ₂ -EDTA	kalcidinatrijev edetat
ALAD	5-aminolevulinat dehidrataza
KPGO	koproporfirin oksidaza
CDC	center za nadzor in preprečevanje bolezni
BAL	dimerkaprol
GIT	gastrointestinalni trakt
ATP	adenozin-5'-trifosfat
NMDA	N-metil-D-asparaginska kislina
ppb	delcev na bilijon
ppm	delcev na milijon
λ	valovna dolžina
OŠ	osnovna šola

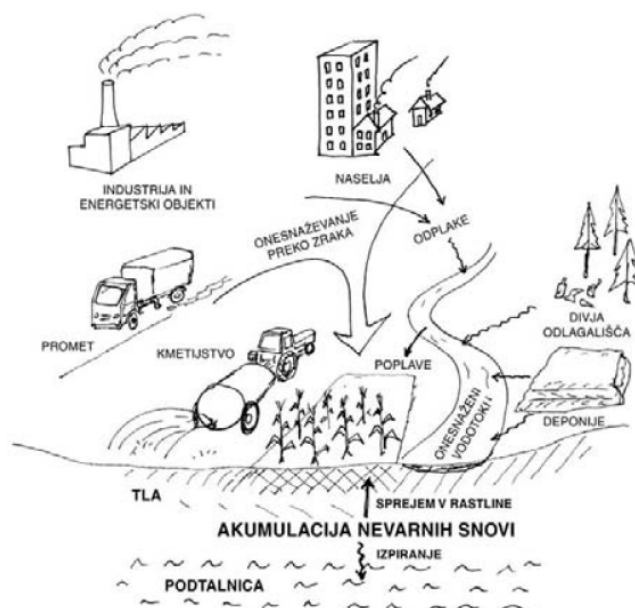
1 UVOD

Onesnaževanje, kateremu pravimo tudi kontaminacija, je neposredno ali posredno spreminjanje kemijskih, termalnih, bioloških in radioloških lastnosti okolja tako, da postanejo spremembe nevarne za zdravje in življenje kateregakoli živega bitja (1). Med najpomembnejše vrste onesnaževanja spadajo onesnaževanje zraka, vode in tal.

Onesnaževanje zraka predstavlja spreminjanje naravne sestave zraka zaradi vpliva človeka, posebej zaradi spuščanja (emisije) za okolje in zdravje škodljivih snovi v ozračje. Posebno nevarni so plini in prah iz plavžev, žveplov dioksid, ogljikovodik, dušikovi oksidi, težke kovine in halogenske spojine. Največji onesnaževalci zraka so vozila, industrija, termoelektrarne, male obrti, kurišča in industrijski obrati, v katerih izdelujejo sintetične substance, npr. lake in razpršila (2).

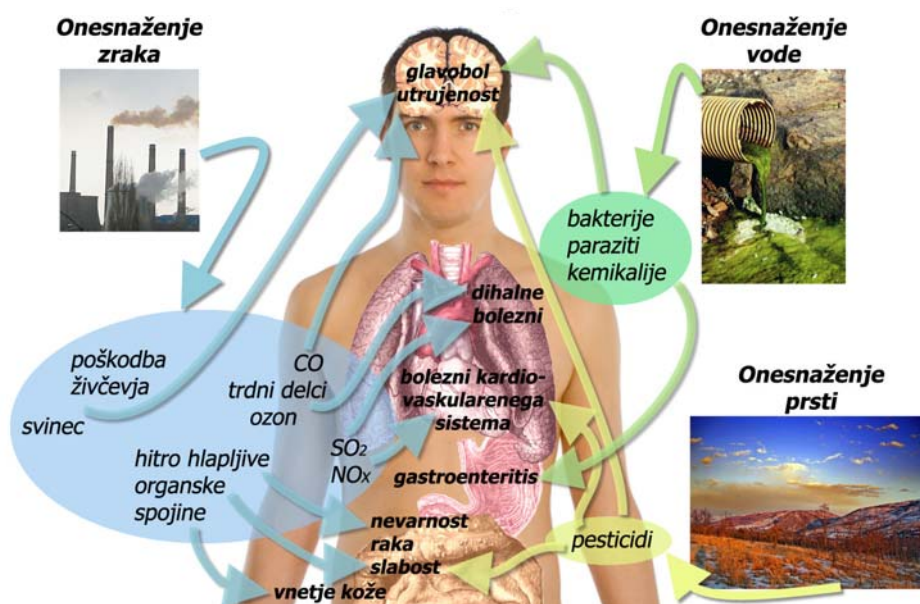
Površinske vode in podtalnico onesnažujemo s spuščanjem škodljivih snovi iz gospodinjstev, obrtnih, kmetijskih in industrijskih obratov ter iz zraka (kisel dež). Preveliko onesnaževanje zmanjšuje samočistilno sposobnost voda, onemogoča njihovo rabo za industrijsko in pitno vodo ter ruši ekološko ravnotežje v vodnih ekosistemih.

Bolj kot zrak in voda, so tla tisti del prostora, v katerem se kopičijo škodljive snovi. Zrak in voda se za razliko od tal, ki so stična točka med litosfero (Zemljino skorjo), hidrosfero in atmosfero ter nastajajo s preperevanjem kamninske osnove in tvorbo humusa ob razgradnji organskih ostankov v tleh, lahko hitro očistita. Tla pa so sistem, v katerem se škodljive anorganske in organske substance zadržujejo. Tla se največkrat onesnažijo po zračni poti, ko izpuhi strupene snovi v plinasti, tekoči ali trdni obliki potujejo po zraku in se potem usedajo na površje (slika 1). Tla ostanejo onesnažena tudi po prenehanju onesnaževanja, ker nekatere škodljive snovi zelo počasi razpadajo (3).



Slika 1; Načini onesnaževanja tal (4)

Onesnaženje tal je, v nasprotju z onesnaženjem zraka in vode, običajno človeku nevidna grožnja. Količine enkratnih vnosov nevarnih snovi iz tal v človekov organizem so običajno majhne, zato so akutni primeri zastrupitve odraslega človeka neposredno zaradi onesnaženih tal zelo redki; ne smemo pa zanemariti možnosti kroničnega zastrupljanja kot dejavnika tveganja za človekovo zdravje (slika 2).



Slika 2; Učinki onesnaženja na zdravje človeka

Dosedanje sistematične raziskave kažejo, da tla v Sloveniji, razen nekaterih izjem, niso močno onesnažena. Proces onesnaževanja tal in onesnaženost, tal kot njegova posledica, sta praviloma povezana s človekovo dejavnostjo v okolju. Rudarjenje in taljenje rude je na prvem mestu dejavnosti, ki so vzrok za povečano vsebnost kovin oziroma težkih kovin, predvsem As, Cd, Hg, in Pb v tleh. Nezanemarljiv delež k vsebnosti kovin v tleh prispevajo še: promet, kmetijstvo, industrija, atmosferske usedline in odlaganje odpadkov (5). Posledica prometa so predvsem povečane koncentracije Pb in Cd, kmetijstvo danes prispeva predvsem z uporabo fitofarmaceutskih sredstev (Cu, nekoč tudi Hg in Pb) in mineralnih gnojil (Zn, Cd, As). Različna industrija prispeva različne kovine: industrija plastike na primer Cd, Cr, Hg, Co, tekstilna industrija Zn, Sn, Al in Ti, metalurgija pa Pb, Cd, As, Cu, Zn, Cr, Ni, Mn in druge (4).

1.1 TEŽKE KOVINE

Težke kovine so slabo opredeljena skupina kovinskih elementov. Za njihovo razvrstitev je bilo predlaganih veliko različnih definicij. Od teh nekatere temeljijo na gostoti, atomskem številu ali teži, kemijskih lastnostih in strupenosti.

Izraz težke kovine tako najpogosteje uporabljamo za elemente, katerih specifična teža je večja od 5 g/cm^3 oziroma imajo atomsko število nad 20. Težke kovine so v tleh zastopane v majhnih koncentracijah, zato v literaturi zanje velikokrat zasledimo izraz mikroelementi oziroma sledne prvine (4).

Lahko so esencialne ali neesencialne. Esencialne težke kovine so organizmom nujno potrebne za delovanje njihovega metabolizma in njihovo pomanjkanje ali presežek vodi v pomanjkanje življenjskih funkcij. Neesencialne so v visokih koncentracijah za organizem toksične, kar je odvisno od značilnosti posameznega elementa, ki vstopa v organizem, njihove koncentracije in trajanja izpostavljenosti.

Ne glede na to, ali je neka kovina v tleh nujno potrebna ali ne, je lahko v prevelikih koncentracijah toksična tako za rastline, kot za živali in človeka. Vnos v človekov organizem je možen neposredno z vdihovanjem pršnih talnih delcev v zraku oziroma z uživanjem tal preko umazanih rok ali pa posredno preko prehranjevalne verige (4).

Težke kovine v tleh so stalni, obstojni in trajni onesnaževalci okolja. V tleh se ne razgrajajo, pač pa kopičijo. Njihova razpolovna doba je od nekaj deset do nekaj tisoč let. Po nekaterih izračunih je razpolovna doba za koncentracijo svine v tleh od 740 do 5400 let, odvisno od vrste tal, vsebnosti organske snovi in padavin (6).

Težke kovine, ki so v zraku, se v obliki mokrega in suhega usedanja izločajo iz atmosfere, padejo na zemljo in v vode ter povzročajo njihovo onesnaženje. V človeško telo pride z zrakom približno 0,1 - 4 % težkih kovin, s hrano več kot 90 % in vodo 0,3 - 5 % težkih kovin (7).

Toksični efekti težkih kovin se med seboj razlikujejo, saj kovine različno vplivajo na fiziološke in biokemične procese v organizmu. Znano je, da veliko težkih kovin reagira z encimi, pri čemer pride do inaktivacije encima, nekatere lahko pri encimskih reakcijah zamenjajo esencialne kovine, kar ravno tako privede do spremembe delovanja in funkcije

encimov. Kovinski ioni vplivajo na ravnovesja elektrolitov v gastro-intestinalnem traktu, ledvicah in živčnem sistemu, kar pripelje do nepravilnega delovanja možganov. Številne težke kovine povzročajo tudi škodljiva delovanja pri sami tvorbi hemoglobina (Pb, Cd, metilirana oblika Hg, Ni, Co), drugi ciljni organi pa so jetra (Cd, Pb, Hg), ledvice (As, Cr, Cu), kardiovaskularni sistem (Pb, As) in živčni sistem (Pb, Hg) (7).

V slovenski zakonodaji (Ur. l. RS 68/96) imamo za deset kovin (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn) in vsebnost skupnih fluoridov predpisane normativne vrednosti, ki so prikazane v preglednici I. V njej so vse vrednosti podane v mg/kg za zračno suha tla.

Preglednica I; Mejna, opozorilna in kritična emisijska vrednost nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96) ter spodnja meja podajanja rezultata (LOQ) in detekcije uporabljene metode (LOD) (4)

dosežena koncentracija merjene nevarne snovi	pod mejo detekcije uporabljene metode	pod mejo določljivosti uporabljene metode	do mejne imisijske vrednosti	mejna imisijska vrednost do opozorilne vrednosti	opozorilna imisijska vrednost do kritične vrednosti	kritična imisijska vrednost in več
As	<1	<2	<20	≥20	≥30	≥55
Cd	<0,03	<0,1	<1	≥1	≥2	≥12
Co	<1	<2	<20	≥20	≥50	≥240
Cr	<2	<5	<100	≥100	≥150	≥380
Cu	<2	<5	<60	≥60	≥100	≥300
Hg	<0,02	<0,1	<0,8	≥0,8	≥2	≥10
Mo	<0,02	<1	<10	≥10	≥40	≥200
Ni	<2	<5	<50	≥50	≥70	≥210
Pb	<2	<5	<85	≥85	≥100	≥530
Zn	<5	<10	<200	≥200	≥300	≥720
fluoridi	<6	<18	<450	≥450	≥825	≥1200

V nadaljevanju so na kratko predstavljeni elementi, ki povzročajo največjo zaskrbljenost v Evropi. Poudarek je na svincu, ki prizadene centralni živčni sistem, ledvica, jetra, kožo, kosti in zobe.

1.1.1 Krom

Krom je kemijski element s simbolom Cr in atomskim številom 24. Je jekleno-siva, sijoča in trdna kovina, ki jo je mogoče položiti, težko se spaja in je odporna proti koroziji ter potemnitvi (8).

Kromu je človek izpostavljen preko dihanja, uživanja hrane in vode ter preko stika kože z njim in njegovimi spojinami. Običajno je njegova koncentracija v zraku in vodi nizka. V hrani se krom nahaja v zelenjavi, sadju, mesu, kvasu in žitaricah. Krom je esencialno hranilo za organizem, ker njegovo pomanjkanje povzroči težave v presnovi, delovanju srca in diabetes (9).

Krom je nujno potreben mineral za presnovo maščob, beljakovin in sodeluje z inzulinom pri presnovi ogljikovih hidratov.

Zaradi starostnega upadanja proizvedene količine v telesu lahko pride do sladkorne bolezni, zvišanega holesterola in obolenj srca, zmanjšanja fizične moči, krajše življenjske dobe, nezadostne rasti ali celo impotence. Prehrana bogata s sladkorjem povzroča močno pomanjkanje kroma. Slednji močno krepi delovanje insulina in s tem uravnaveša energetska bilanco v telesu. Omogoča resorpcijo aminokislin in pospešuje sintezo beljakovin, povečuje vzdržljivost in pomaga pri hujšanju (10). Priporočen dnevni vnos kroma znaša 120 µg (9).

1.1.2 Kobalt

Kobalt ima v periodnem sistemu simbol Co in atomsko število 27. Kobalt je srebrno bel in krhek element. Uporablja se v številnih zlitinah, magnetnih zapisih, kot katalizator za naftno in kemijsko industrijo ter kot sredstva za sušenje barve in črnila (11).

V okolju je kobalt široko razširjen. Prisoten je v zraku, vodi, zemlji, kamninah, rastlinah in živalih. Majhne količine kobalta se sproščajo v ozračje zaradi izgorevanja premoga in rudarstva.

Kobalt je del vitamina B12, ki je bistvenega pomena za zdravje ljudi. Uporablja se za zdravljenje anemije pri nosečnicah, ker spodbuja nastanek rdečih krvnih celic.

Previsoke koncentracije pa so lahko zdravju škodljive. Pojavi se lahko astma in pljučnica predvsem pri tistih ljudeh, ki imajo dnevno opravljanje z njim. Pri zaužitju visokih koncentracij se lahko pojavi bruhanje in slabost, težave s srcem in ščitnico. Izpostavljenost radioaktivnim izotopom kobalta lahko povzroči neplodnost, izgubo las, krvavitve, drisko, komo in celo smrt. To sevanje včasih uporabljamo pri obolenih za rakom, da uničimo tumorske celice. Priporočen dnevni vnos kobalta znaša 10-20 µg (12).

1.1.3 Nikelj

Nikelj je srebrnkasto bela lesketajoča se kovina, ki ima v periodnem sistemu simbol Ni in atomsko število 28 (13).

Nikelj uporabljamo v različnih industrijskih in potrošniških izdelkih. Največ se ga uporablja za izdelavo nerjavečega jekla, saj povečuje odpornost jekla na korozijo.

Nikelj se uporablja tudi za razne nekovinske zlitine in t.i. superzlitine, ki so izjemno odporne na visoke temperature in pritiske oziroma imajo visoko električno prevodnost. Nikelj se v naravi v glavnem pojavlja kot oksid, sulfit in silikati (14).

Nikelj ni esencialni element za človeka. Priporočen dnevni vnos je ocenjen do 0,2 mg; pri tem naj voda predstavlja do 10 % tega vnosa. Absorpcija v prebavilih je večja iz vode kot iz hrane, zlasti na tešče. Izloča se v materino mleko in prehaja skozi posteljico. Pri pitju vode z visokimi koncentracijami niklja se pojavi slabost, bruhanje, driska. Najpogostejši učinek pri človeku je alergični kontaktni dermatitis, ki se pogosteje pojavlja pri ženskah (nakit, ure). Pri občutljivih osebah lahko zaužitje okrog 500 µg/dan povzroči spremembe na koži (ekcem rok); pogosto se občutljive osebe te povezave ne zavedajo. Senzibilizacija se razvije po kožnem stiku, ne pa po vnosu niklja preko prebavil (hrana, voda). Nikelj je element, ki je v manjših količinah prisoten v različnih oblikah v zemeljski skorji. Glavni vir vnosa za človeka je hrana, v kateri je nikelj lahko prisoten tudi zaradi uporabe nerjaveče posode. Glavni vir v pitni vodi je raztapljanje niklja iz različnih elementov omrežja (14).

1.1.4 Baker

Baker je kemijski element s simbolom Cu in atomskim številom 29. Je rdečkasta kovina z visoko električno in toplotno prevodnostjo. Baker utegne biti najstarejša kovina v uporabi (15).

Najpomembnejša bakrova ruda vsebuje mineral halkoprit. Iz halkoprita pridobivajo surovi baker po večstopenjskem postopku. Baker pridobivamo metalurško, s praženjem sulfidov, kjer je največ samorodnega bakra. Čisti baker pridobivamo z elektrolizo (16). Zaradi svojih mehanskih, fizikalnih in bioloških lastnosti ga lahko uporabljamo na številnih življenjskih področjih. V industriji je baker najpogosteje uporabljena kovina. Je odlično prevoden za električni tok, zelo odporen proti vsaki vrsti korozije in se ga da z lahkoto oblikovati. Uporablja se ga tudi za proizvodnjo mesiga (zlitina bakra in cinka) in brona (zlitina bakra in kositra), ki predstavljata višjo trdoto, kot osnovna kovina sama. Na bakreni površini ne morejo nastati bakterije, ker je baker biostatičen. Da bi širitev bakterij omejili, se kovina uporablja pri proizvodnji živil, v klimatskih napravah in tudi pri izdelavi kljuk.

Pomen bakra raste tudi v sektorju visoke tehnologije (npr. računalniški čipi, sončni kolektorji, hibridni motorji) (17).

Dolgotrajna izpostavitve bakru lahko povzroči draženje nosu, ust in oči ter lahko povzroči glavobole, bolečine v želodcu, vrtoglavico in drisko. Vnos visokih koncentracij bakra povzroči okvaro jeter in ledvic, lahko pa celo tudi smrt. Glede karcinogenega vpliva bakra še ni zanesljivih podatkov. Obstajajo znanstveni članki, ki nakazujejo povezavo med dolgoročno izpostavljenostjo visokim koncentracijam bakra in upadu inteligence pri mladih adolescentih. Kronična zastrupitev z bakrom povzroča Wilsonovo bolezen, pri kateri pride do jetrne ciroze, poškodbe možganov, ledvične bolezni in odlaganja bakra v roženici. Priporočljiv dnevni vnos bakra znaša 2 mg (18).

1.1.5 Cink

Cink ima simbol Zn in atomsko število 30 (19). Čisti cink je sorazmerno mehka, modrikasto bela kovina. Veže se z drugimi kovinami v zlitine, med katerimi je najbolj pomembno galvanizirano jeklo. Cinkov oksid ZnO, je najbolj pomembna cinkova spojina. Uporablja se za vulkaniziranje kavčuka, za izdelovanje kopirnega papirja in zdravljenje

opeklin, infekcij in kožnih bolezni. Človek je izpostavljen cinku predvsem s hrano in nekoliko manj tudi z vodo. V hrani se nahaja v beljakovinah, največji izvor so mleko in mlečni izdelki, meso ter žita. Količine cinka so v naravi največje v okolici rudnikov cinka in topilnicah, ob železarnah in jeklarnah ter podjetjih za elektro galvanizacijo. Delavci v takšnih industrijah in zlasti varilci so izpostavljeni največjim količinam cinka, navadno dimu s cinkovim oksidom (20).

Cink je naravna prvina, ki je v sledovih nujno potrebna za normalno delovanje organizma sesalcev. Cink ima vlogo pri presnovi beljakovin in nukleinskih kislin ter je nujen za sintezo DNK. Pomanjkanje cinka ima hujše učinke pri otrocih (pritlikavost in zakasnelo spolno dozorevanje). Manj hudi učinki so pomanjkanje teka, izguba čutov za okus in vonj, počasno celjenje ran, groba in suha koža in duševna otopelost. Kronično hudo in nezdravljeno pomanjkanje cinka je smrtno nevarno. Nasprotno pa so čezmerne količine cinka lahko vzrok za cinkovo toksičnost. Čezmerna izpostavljenost cinku lahko povzroča želodčne težave, krče, slabost, bljuvanje in drisko. Človek izloči cink preko prebavil.

Čezmerno jemanje cinka v prehrambenih dodatkih lahko prizadene prebavila, srce, ožilje in imunski sistem. Znano je, da so cinkove soli strupene, zato cink ni primeren za kuhinjsko posodo. Delavci izpostavljeni hlapom pri delu s cinkovim oksidom lahko zbolijo za boleznijo »vročinskih hlapov«. Gre za motnje v dihalih, ki nastanejo zaradi vdihavanja kovinskih hlapov. Za to bolezen, ki lahko nastane pri izpostavljenosti tudi drugim kovinskim hlapom, so značilni: pospešeno dihanje, mrzlica, vročina, bolečine v prsih in splošna slabost. Cinkov klorid poškoduje pljuča in je smrtno nevaren v zaprtem prostoru. Blažje izpostavljanje človeku ne škoduje. Priporočen dnevni vnos znaša 15 mg (20).

1.1.6 Molibden

V periodnem sistemu ima molibden simbol Mo in atomsko število 42 ter je prehodna kovina. Čista kovina je srebrnkasto bele barve in zelo trda (21). Molibden je precej redek element. Pridobivamo ga s praženjem molibdenovega (VI) oksida. Oksid se reducira z aluminijem ali z vodikom. Molibden je na zraku obstojen in se ne raztaplja v kislinah. V čisti obliki je uporaben kot nosilec za nitke v žarnicah (22).

Molibden in njegove spojine so zelo toksične. Obstajajo primeri delavcev, ki so bili izpostavljeni molibdenu z okvarami jetrnih funkcij in hiperbilirubinemijo. Povečana

koncentracija v organizmu povzroča znake protina, bolečine v sklepih kolen, rok, nog, deformacije sklepov ter eritem in edem na predelu sklepov. Priporočen dnevni vnos molibdena je 75 µg (23).

1.1.7 Kositer

Kositer ima simbol Sn in atomsko število 50. Je srebrna, šibka kovina, ki na zraku ne oksidira zlahka in se upira koroziji (24).

Kositer se večina uporablja v različnih organskih snoveh, ki so za človeka nevarne. Kljub nevarnosti pa se uporablja v barvni industriji, industriji plastičnih mas in pesticidih v kmetijstvu. Kositer lahko absorbiramo s hrano, dihanjem in skozi kožo. Akutni učinki na organizem, ki se pojavijo, so glavobol, omotičnost, hudo potenje, oteženo dihanje, draženje kože in oči. Dolgoročni učinki, ki se lahko pojavijo pa so depresija, poškodbe jeter, zmanjšan imunski odziv, kromosomske poškodbe in poškodbe možganov (25).

1.1.8 Živo srebro

Živo srebro ima v periodnem sistemu simbol Hg in atomsko število 80. Je težka srebrna prehodna kovina in ena od zgolj treh elementov, ki so pri sobni temperaturi tekoči. Uporablja se v termometrih, barometrih in drugih znanstvenih aparaturah, pa tudi v zobozdravstvu za izdelavo zobnih plomb iz amalgama. Je relativno slab toplotni prevodnik, a sposoben prevodnik elektrike (26).

Živo srebro je najbolj nevarno v zaprtih prostorih in pri uporabi v industrijskih procesih ali v laboratoriju. V naravi ga ni veliko. Nevarnost za onesnaženje okolja je večja pri industrijski uporabi.

Pojavlja se v več oblikah in vse so strupene. Elementarno živo srebro je hlapno in ga lahko vdihamo. Če v telo vnesemo večjo količino, lahko vstopi v posamezna tkiva, povzroči glavobol, škodi dlesni, zobem itd. Zaužitje živega srebra ne bi bilo posebej nevarno, ker bi se v blatu iz črevesja odstranilo pravočasno in bi se ga le malo vsrkalo v kri. Živo srebro lahko vstopi v možgane in se tam veže z beljakovinami, ki vsebujejo žveplo, npr. s ključnimi encimi za delovanje živcev. Zaradi topnosti v maščobah živo srebro z lahkoto vstopi v zarodek in v njegov živčni sistem ter ovira ključne procese za razvoj možganov in hrbtenjače.

Anorgansko živo srebro, ki se pojavlja v soleh, se lahko vsrka iz črevesja in količina v krvi je dovolj velika, da veže žveplo vsebujoče beljakovine. Čeprav te beljakovine z vezavo prvotno raztopijo živo srebro, jih ledvice lahko razgradijo, pri čemer nastanejo produkti, ki lahko vstopijo v celice in jih resno poškodujejo. Vendar pa anorgansko živo srebro ne vstopa v možgane, saj ni topno v maščobi, zato ne more prečkati pregrade med krvjo in možgani (27).

Pri obremenjenosti krvi z živim srebrom se je potrebno zavedati, da se organski in anorganski Hg v krvi različno razporejata. Meritev koncentracije Hg v eritrocitih je boljše merilo za obremenjenost z metil-Hg, medtem ko je meritev koncentracije Hg v plazmi boljše merilo za anorgansko Hg. Po podatkih ameriških institucij EPA, FDA, ATSDR pa je največja dovoljena doza od 0,1-0,4 mikrogramov na kilogram telesne teže (28).

1.2 SVINEC

Svinec je mehka, težka, strupena in kovno težka kovina, ki je modrikasto bele barve, vendar na zraku potemni v temno sivo. Označuje ga simbol Pb. Njegovo atomsko število znaša 82 in je od vseh stabilnih elementov največje. Atomska masa svineca je 207,19 g/mol, specifična gostota pa 11,35 g/cm³. Pojavlja se v oksidacijskem stanju +2 in +4. Svinec je tudi izjemno odporen na korozijo. Navadno se nahaja v trdnem agregatnem stanju, najdemo pa ga tudi kot tekočo sestavino.

Svinec lahko delimo na anorganski in organski svinec. Anorganski se v krvni obtok absorbira z vdihavanjem, s hrano in tobakom. Nato se porazdeli po mehkih tkivih, kot so kostni mozeg, ledvice in jetra. Organske spojine svineca so v bencinu. Absorbirajo se preko kože in prebavnega trakta. Ciljni organ so možgani (29).

Pomembne svinčeve spojine, ki temeljijo na uporabi raznovrstnih goriv, barv, keramičnih izdelkih, strešnih kritinah, električnih napravah, so:

- Svinčev (II) acetat $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ je zelo strupen, bel kristal, ki ima okus po sladkorju (svinčev sladkor). Je iz svinčevega oksida in očetne kisline. Uporablja se pri tiskanju in barvanju bombaža ter pri pripravi svinčevih spojin.
- Svinčev karbonat PbCO_3 je strupen, prozoren, bel kristal. Ti so surovine za svinčevo belilo, ki ima, pomešano z lanenim ali makovim oljem, kot slikarska barva veliko prekrivno moč.
- Svinčev kromat PbCrO_4 se uporablja kot slikarska barva pri tiskanju tapet, knjig, kamna (kromove barve). Vse svinčeve barve so strupene in temnijo zaradi nastajanja svinčevega sulfida.
- Svinčev (II) oksid (PbO) je rumene ali rdeče barve in je pomemben dodatek pri izdelavi stekla. Povečuje lom in disperzijo svetlobe (svinčev kristal, flintno steklo).
- Svinčev (II, IV) oksid (Pb_3O_4) imenovan minij, se uporablja za zaščito proti koroziji, a se zaradi strupenosti svineca opušča.
- Svinčev dioksid (PbO_2) se uporablja za prenos energije v svinčevih akumulatorjih (2).

1.2.1 Uporaba svinec v preteklosti in danes

Kovino svinec ljudje uporabljamo že več kot 2000 let in že dolgo so znane tudi njegove škodljive lastnosti. Hipokrat je že leta 300 pr.n.št. opisal primer zastrupitve s svincem. Svinec onesnažuje okolje in tako nas danes tudi najbolj ogroža. V preteklosti so bili svincu izpostavljeni predvsem delavci v rudarstvu, še posebej tisti, ki so sodelovali pri taljenju svinec. Ko se je svinec kasneje začel uporabljati pri izdelavi glazur lončenih izdelkov, barv, vodovodnih cevi in svinčenih loncev za kuhanje, se je močno povečala izpostavljenost svincu in s tem tudi možnost številnih zastrupitev. Svinec se sčasoma nalaga v kosteh (kot fosfatna sol) in tam dolgo ostane. Zaradi tega je mogoče ugotoviti izpostavljenost svincu tudi po tem, ko ostane samo še človeško okostje. Na podlagi tega vemo, da smo danes izpostavljeni večji količini svinec kot je bil pračlovek in da imamo v kosteh dvakrat več svinec. Ta količina pa še vedno ni primerljiva s tisto, ki so ji bili izpostavljeni ljudje v antičnem času in tudi kasneje, denimo tisti v tovarnah in blizu njih v času industrijske revolucije v 19. stoletju. Po nekaterih hipotezah je zaradi svinec celo propadlo rimsko cesarstvo (27).

Ko so analizirali kosti Rimljanov, so odkrili veliko koncentracijo svinec, ki je bila zadostna za zastrupitev. Rimljani so uvedli uporabo svinčenih cevi in tako je bila voda, ki se je pretakala po njih onesnažena s svincem. Tako je ponekod še danes, zlasti na območjih z mehko in kislo vodo. Tudi lončevina iz tistega časa je bila prevlečena s svincem. Svinčeni so bili tudi lonci za kuho.

Pred 2000 leti so svinec uporabljali tudi za pripravo nekaterih zdravil in mazil za zdravljenje kožnih bolezni. V 19. stoletju so nekateri zdravniki za zdravljenje driske priporočali mešanice svinčevega acetata in opija. To je opisano tudi v zgodnji verziji britanske farmakopeje. Verjeli so, da so nekatere svinčeve soli močni adstringenti (sredstva, ki zmanjšajo prepustnost kože in sluznice), ki pomagajo pri zdravljenju ran in pospešijo celjenje. Svinčeve raztopine so uporabljali tudi za zdravljenje različnih vrst raka, ki jih ne moremo odstraniti z operacijo.

V novejši zgodovini so se za pomemben vir onesnaženja s svincem izkazali avtomobilski izpušni plini, ki vsebujejo svinec iz dodatkov osvinčenega bencina. Bencinu se dodaja svinčev tetraetil, ki je organska oblika kovine in ima tako kot organsko živo srebro drugačne strupene učinke kot anorganska oblika. Zlasti nevaren je za osrednje živčevje.

Telo in osrednje živčevje lahko vsrkata svinčev tetraetil. Čeprav se del organskega svine v motorjih vozil razgradi v anorganskega, ga je nekaj še vedno v avtomobilskih izpušnih plinih. Zmanjšanje količine svine v bencinu na manj kot 1 odstotek leta 1971 in nato na 0,06 odstotka leta 1977 je v ZDA imelo velik vpliv na raven svine v ljudeh.

Na revnejših območjih ZDA so bile v začetku 20. stoletja pogoste zastrupitve majhnih otrok, ki so živeli v starih hišah. Te hiše so bile prebarvane s svinčenimi barvami. Te barve so lahko vsebovale do 40 % svine. Otroci, ki so zaužili odluščene kose takšne barve, so se zastrupili s svinco. Pri odstranjevanju svinčenih barv lahko nastaja prah, ki je ob zaužitju ali vdihavanju delcev zelo nevaren (27).

Danes ponekod še vedno uporabljajo svinec za akumulatorje, strelivo, izdelavo vitraža, v steklu katodnih zaslonov, v svinčenem steklu, uporabljen pa je tudi kot spajk kositrne posode in taljivih zlitin.

Treba je omeniti, da se je raven onesnaženosti okolja (in ljudi) s svinco znižala in se v razvitih državah še znižuje (27).

Preglednica II; Viri svine v preteklosti in danes (27)

<i>VIRI SVINCA V PRETEKLOSTI</i>	<i>VIRI SVINCA DANES</i>
svinec v ceveh in v opremi za proizvodnjo pijač	svinec v vodovodni vodi
svinčene barve	stare svinčene barve
svinčene soli kot živilska barvila	električni akumulatorji
svinčeni vojaki (igrače)	osvinčeni bencin
fungicidi	topilnice svine

1.2.2 Izpostavljenost svincu

Izpostavljenost ljudi svincu je večja na območjih, kjer so koncentracije svine v okolju večje. Poleg izrazito izpostavljene skupine ljudi, ki prihajajo v stik s svincem pri opravljanju svojega poklica so bolj izpostavljeni tudi ljudje, ki živijo v bližini obratov za pridobivanje in predelavo svine, ljudje, ki živijo v starejših hišah, kjer so stene prebarvane z barvami na osnovi svine in ljudje, ki živijo v bližini prometnih cest. Slaba lastnost svine je namreč njegova vztrajnost v okolju, saj lahko v zgornjih plasteh zemlje vztraja več sto let (30).

Pomembna skupina izpostavljenosti svincu so otroci. Slednji so mu izpostavljeni v zunanjem okolju in tudi v bivalnih prostorih (dom, varstvo, vrtec, šola). Otroci so na enoto telesne teže in telesno površino škodljivim agensom bolj izpostavljeni kot odrasli. Popijejo več vode, pojedjo več hrane in dihaajo več zraka kot odrasli v odnosu na njihovo telesno težo (preglednica III). Otroci in dojenčki, ki so komaj shodili, z umazanimi rokami preko ust vnašajo v organizem onesnaženo zemljo in prah (30).

Preglednica III; Primerjava vnosov pri otrocih in odraslih (30)

<i>Medij</i>	Otroci (< 1 leto)	Odrasli	Razmerje otroci / odrasli
Zrak [m³/kg / dan]	0,44	0,19	2,3:1
Voda / tekočine [g/kg / dan]	161,0	33,5	4,8:1
Hrana [g/kg / dan]	140,0	23,0	6,1:1

Kljub poznavanju nevarnosti, se še vedno dogajajo zastrupitve s svincem. Tudi poklicno so mu ljudje še vedno izpostavljeni. V državah, kjer se uporablja svinčeni bencin, je ogroženost ljudi večja zaradi vdihavanja onesnaženega zraka. Ocenili so, da polovica svine v zraku izvira iz uporabe bencina, zlasti so izpostavljeno prometni policisti in mehaniki v avtomehaničnih delavnicah (27).

1.2.3 Najpomembnejši viri svine

1.2.3.1 Zrak

Predstavniki svine v zraku so večinoma manjši delci, ki se ne usedajo hitro in se lahko prenašajo na večje razdalje. Ti delci prehajajo v telo preko dihal, nekoliko večji pa tudi preko prebavil, če zaužijemo delce, ki smo jih izkašljali. Višje koncentracije svine v zraku so v mestnem okolju, še višje pa v bližini industrijskih emisijskih virov (preglednica IV). Koncentracije svine v notranjem zraku so navadno precej nižje, kot v zunanjem (okoli 30 % koncentracije v zunanjem zraku). Približno tretjina svine, ki ga v telo vnesemo preko zraka, se veže v kri.

Preglednica IV; Koncentracije svine v različnih okoljih (31)

OKOLJE	KONCENTRACIJE
ZRAK	
Naravni, prazgodovinski	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 svine	0,1 - 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
V bližini avtocest in mestih	0,2 - 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mejne dopustne koncentracije	1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
VODA	
Pitna	do 20 ppb
Mejna dopustne koncentracije	20 ppb
HRANA	0,1 - 10 ppm

1.2.3.2 Voda

Povišane koncentracije svine v vodi so navadno zaradi raztapljanja materiala omrežja, t.j. spojev in cevi. Svinec se bolj izloča iz materialov, ki so v stiku z vodo ob nižjem pH (bolj kisli vodi) in bolj mehki vodi. V takih primerih se koncentracija svine v vodi v primeru zadrževanja vode v omrežju večja in vnos znižamo, če pustimo vodo pred zaužitjem nekaj časa teči iz pipe. Svinec je lahko v vodi tudi že na viru, vendar je to redkeje, vprašljiva pa je tudi nujnost uporabe vode iz tako obremenjenega vira. Posebno moramo biti pozorni pri

uporabi vode za pripravo prehranskih nadomestkov za otroke, kjer je v primeru obremenjenosti vodovodne vode s svincem, priporočena uporaba ustekleničene vode.

1.2.3.3 Prehrana

Prehrana predstavlja pri nepoklicno izpostavljenih odraslih najpomembnejši vir vnosa svine v telo. Po spoznanju, kako nevaren zdravju je svinec, se je vsebnost svine v prehrani in embalaži bistveno znižala in po letu 1990 ni več problematična.

Problem je predvsem predelava in uživanje hrane na močno onesnaženih območjih, kjer je vnos svine v telo preko prehrane lahko močno povišan. Zelo obremenjena s svincem je predvsem zemlja, ki predstavlja tudi vir svine za rastline. Na območjih kjer je biološka razpoložljivost svine nizka, je problematičen predvsem onesnažen prah, ki se nabira na površinah rastlin. Vnos svine v telo torej lahko bistveno zmanjšamo s temeljitim umivanjem doma pridelanega sadja in zelenjave pred zaužitjem, kakor tudi z izbiro vrtnin, ki vežejo manj svine. Ob samem vnosu svine v telo preko prehrane je zelo pomembna tudi vezava svine v telesu, ki jo lahko bistveno zmanjšamo z uživanjem hrane bogate z železom, kalcijem in vitaminom C. Še pomembnejša pa je redna prehrana, saj se pri odraslem preko prebavil v primeru praznega želodca v telo absorbira okoli 40 % svine, medtem, ko je v primeru redne prehrane absorpcija le dobrih 10 %.

1.2.3.4 Zemlja

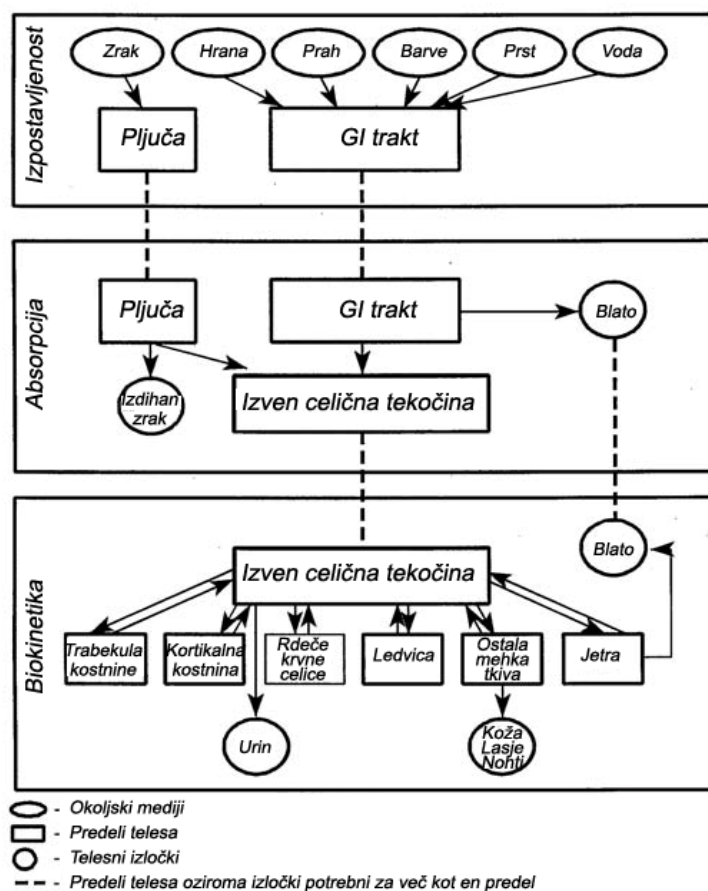
Zemlja in prah sta zelo pomembna vira svine pri vnosu. Svinec se v največji meri nalaga v zgornji plasti zemlje, od koder se nato lahko prenaša v okolje. Prav tako je pomemben del svine prah, ki je v veliki meri odraz okoliške zemlje, v manjši meri pa tudi usedlin iz zraka. Oba faktorja skupaj predstavljata najpomembnejši delež vnosa svine v telo pri otrocih (okoli 50 %). Največji del je vnosa preko prebavil, saj otroci plazijo po tleh, radi dajejo roke v usta in nimajo dobro razvitega občutka za osebno higieno. Problem je tudi, da se pri otrocih preko prebavil v telo absorbira bistveno večji delež svine, kot pri odraslih (okoli 40 %) in je tako vnos še večji.

Vnos svine v telo lahko tako bistveno znižano z ukrepi za zmanjšanje širjenja s svincem obremenjenega prahu, ki jih je potrebno izvajati tako na ravni skupnosti, kot na ravni posameznika. Ukrepi na ravni skupnosti so: prekrivanje makadamskih cest, zatavljanje

golih površin, menjava dvoriščne zemlje itd..., ukrepi na ravni posameznika pa: vzdrževanje osebne higiene otroka, redno ustrezno čiščenje prahu iz bivalnih prostorov, zagotovitev varnih igralnih površin za otroke, odstranitev prahu prijaznih materialov iz bivalnih prostorov. Poleg opisanih imajo vlogo pri vstopu svine v kri otrok tudi nekateri drugi možni viri: prenos preko matere tako v času nosečnosti, kot v času dojenja; svinčen nakit, igrače, ki vsebujejo svinčena barvila, delci stenske barve na bazi svine, ki se luščijo (30).

1.2.4 Vstop svine v telo

Svinec vstopa v telo po različnih poteh kot je prikazano na sliki 3. Anorganski svinec največkrat vstopa preko prebavil in dihal, organski pa tudi skozi kožo. Pomembno je upoštevanje navodil osebne higiene in ravnanja z obleko po zapustitvi delovnega mesta, umivanje rok po vseh opravilih v naravi, po čiščenju prahu v stanovanjih, po igranju z zemljo, v peskovniku in na igralih.



Slika 3; Izpostavljenost, absorpcija in biokinetika svine v organizmu

Svinec vstopa iz prebavil v kri, manjši del se nakopiči v eritrocitih in mehkih tkivih kot so jetra, ledvice, možgani, kostni mozeg. Ta je povezan z direktno toksičnostjo. V kosteh, nohtih, lasih in zobeh se v obliki kristalov svinčevega hidroksiapatita nalaga od 80-90 %. To nalaganje pa ni splošno toksično.

Vstop svinec preko prebavil je bistveno večji na prazen želodec, kot pa v primeru redne prehrane. Iz prebavil se ga absorbira 10 % (pri otrocih do 50 %) zaužite količine.

Pri vdihavanju se absorbirajo le drobni delci prahu, večji pa ostanejo na sluznici zgornjih dihalnih poti.

1.2.5 Škodljivi učinki svine

Na listi, ki jo objavlja ameriška Agencija za varstvo okolja (EPA) in ki trenutno vključuje 275 nevarnih snovi, je svinec po oceni tveganja glede na potencialno nevarnost za človeka uvrščen na prvo mesto (32).

Škodljive učinke svinec so poznali že v Stari Grčiji. Učinki svinec so lahko akutni, danes pa so bolj pomembni kronični nevrotoksični učinki. Od akutnih učinkov je najbolj značilna encefalopatija. Akutne zastrupitve so bile skozi zgodovino dolgo časa tiste, ki so jih opazali kot pomembne. Že iz časa rimskega cesarstva poznamo opise hudih obolenj in smrtnih primerov, katerih vzrok je bil svinec. Tudi v začetku 20. stoletja so v Avstraliji opazali primere encefalopatije pri otrocih, kar se je po drugi svetovni vojni ponovilo v ZDA. Dolgo časa je bila bolezen zaznana šele v primeru težjih zapletov, počasi pa je na pomenu pridobivala kronična izpostavljenost svincu v nižjih koncentracijah in s tem povezani manj značilni zdravstveni problemi. Danes vemo, da svinec v telesu nima koristne funkcije in tudi že v najnižjih koncentracijah lahko škodi zdravju. Skupina z največjim tveganjem so otroci do sedmega leta starosti. Posledice okvare funkcije možganske skorje se lahko kažejo kot lažje duševne zaostalosti, hiperaktivnost, motnje vedenja in druge razvojne motnje. Ti učinki so pri posamezniku morda manj zaznavni, imajo pa bistven vpliv na nivoju družbe, tako z vidika zdravja, kot tudi z vidika razvoja in ekonomike. Danes določen nivo svinec v krvi, pri katerem je potrebno ukrepanje, je 100 µg/l krvi, določil pa ga je CDC leta 1991 (27).

Preglednica V; Vplivi koncentracije svine v krvi na zdravje (20)

<i>ŽIVLJENSKO OBDOBJE</i>	<i>UČINEK</i>	<i>SVINEC V KRVÍ [μg/l]</i>
Otroci	Znižana aktivnost ALAD	< 50
	Efekti nevrološkega razvoja	< 100
	Spolno dozorevanje	< 100
	Zmanjšanje vitamina D	> 150
	Zvišan eritrocitni porfirin	> 150
	Zmanjšana hitrost živčnega prenosa	> 300
	Zmanjšan hemoglobin	> 400
	Kolike	> 60
Odrasli	Zmanjšan ALAD	< 50
	Zmanjšana glomerulna filtracija	< 100
	Povišan krvni pritisk	< 100
	Povečan eritrocitni porfirin (ženske)	> 200
	Proteinurija	> 300
	Periferna nevropatija	> 400
	Nevro-vedenjski efekt	> 400
	Spremenjeni tiroidni hormoni	> 400
	Zmanjšana fertilnost	> 400
	Zmanjšan hemoglobin	> 500
Starejši	Nevro-vedenjski efekt	> 40

1.2.5.1 Bolezenski znaki in simptomi

Pri akutni zastrupitvi ima bolnik bolečine v trebuhu in drisko. Pri kronični pa so znaki na začetku prikriti ali blagi. Kažejo se kot splošna slabost, utrujenost, hujšanje, izguba apetita, slabokrvnost, motnje razpoloženja, prezgodnji porodi, motnje psihomotoričnih funkcij, okvare ledvic, okvare kostnega sistema. Kasneje se pojavijo abdominalne bolečine, t.i. svinčeve kolike, zaprtje in slabokrvnost. Na dlesni pa lahko opazimo tudi sivo črto- »Burtonova črta« (37).

Bolezniški znaki in simptomi po sistemih so:

- kardiovaskularni sistem: zvišan krvni tlak, kardiovaskularni kolaps in šok,
- centralno-živčni sistem: šibkost mišic in bolečina v sklepih, parastezije, depresija in glavobol, svinčeva encefalopatija, povečan intrakranialni tlak, epileptični napadi,
- GIT: anoreksija, slabost, bruhanje, diareja, zaprtje, kolike, metalni okus po ustih,
- oči: kemični konjunktivitis,
- ledvice in jetra: okvara ledvic (prizadetost proksimalnih ledvičnih tubulov) in jeter,
- kri: anemija (mikrocitna ali normocitna), bazofilni stipling,
- reproduktivni sistem: zmanjšana fertilnost, zmanjšano število spermijev, abnormalna spermatogeneza, okvare plodu, splavi (20).

Toksično delovanje na kardiovaskularni sistem povzroči predvsem povečan krvni pritisk, kar se verjetno zgodi zaradi spremembe občutljivosti gladkega mišičja na vazoaktivnem področju. Izpostavljenost svincu mora biti sprejemljiva sprememba funkcije gladkega mišičja, kar aktivira kalcij, zabeleži se aktivnost natrij-kalijeve adenozin trifosfataze in stimulacija natrij-kalijeve črpalke. Pri akutno izpostavljenih osebah lahko sodeluje ledvični renin-angiotenzin-aldosteronski mehanizem. Pri kronično izpostavljenih pa je lahko normalna ali celo znižana reninska aktivnost (42).

Toksično delovanje svine na živčni sistem najpogosteje povzroči svinčevo encefalopatijo in periferno motorično nevropatijo.

Svinčeva encefalopatija je stanje, v katerem so možgani edematozni. Pojavlja se predvsem pri otrocih (41). Svinčeva encefalopatija se kaže kot ataksija, delirij, krči in motnje zavesti do kome in kot emocionalna inkontinenca, spominske motnje, odljudnost, neučinkovitost in depresivnost, rahla anksioznost, halucinacije in nespečnost. Večina študij poroča o pomanjkanju 2 do 4 točke IQ za vsake 10 mg/dl v razponu od 5 do 35 mg/dl. Glutamat je transmitter polovice sinaps v možganih in je izjemno pomemben pri učenju. Svinec

selektivno blokira N-metil-D-aspartat receptorje, kar moti trajno obdržanje novo naučenih informacij v spominu (34).

Prav tako je ugotovljeno, da izpostavljenost svincu zmanjša količino genov in proteinov za NMDA receptorje v hipotalamusu (v hipotalamusu se podatki iz kratkotrajnega spomina prepišejo v dolgotrajnega) (20).

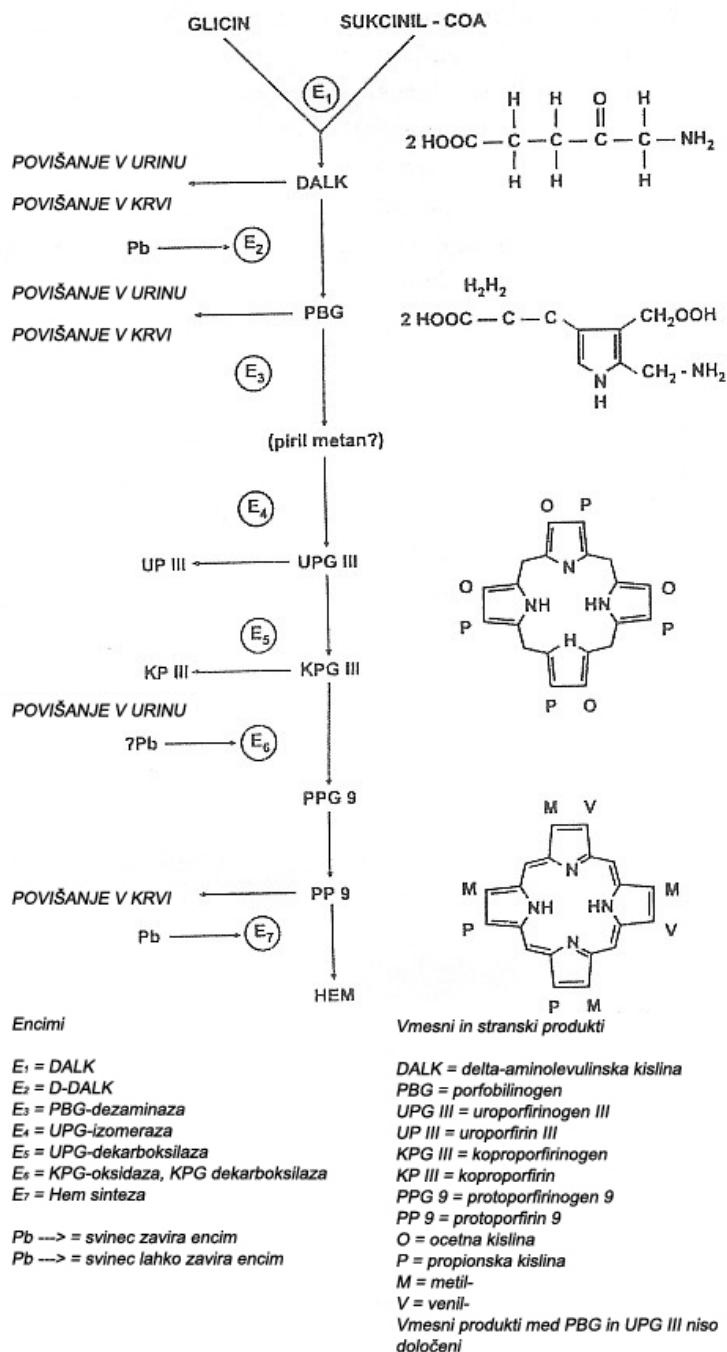
Periferna motorična nevropatija se najpogosteje pojavi pri odraslih. To je poškodba, vnetje ali obolenje perifernih živcev. Periferni so tisti živci, ki potekajo izven območja možganov in hrbtenjače in predstavljajo "kable" električne napeljave, ki nam omogoča zaznavanje občutkov ter motorično reakcijo. Ti živci so povsod po telesu, periferno nevropatijo pa najpogosteje opazamo pri živcih prstov, dlani, rok, stopala in nog. Znaki periferne nevropatije so odvisni od vrste živcev, ki so poškodovani. Najpogosteje so prizadeti senzorni ali zaznavni živci. Spremembe občutka v prstih, stopalu in rokah so prisotni v vzorcu rokavice ali nogavice. Nekateri menijo, da lahko nevropatija povzroči ali poslabša zaprtje ali celo popoln zastoj v črevesju. Običajni znaki so mravljinčenje, zbadanje, hladnost, ščipanje, stiskanje, vroč občutek ali električni sunki in jih imenujemo parestezije (44).

Toksično delovanje svine na hematopoetski sistem najpogosteje povzroči anemijo, ki je glaven znak zastrupitve s svincem. Anemija je deloma posledica inhibitornega učinka svine na sintezo hema, deloma pa je posledica zmanjšane sinteze globina in povečane hemolize (33). Ko svinec prodre v rdeče krvničke, jih poškoduje. Posledica je upad hemoglobina in znižanje števila rdečih krvničk, ki hemoglobin potrebujejo za prenašanje kisika.

Svinec preprečuje sintezo hema v eritroblastih kostnega mozga, s tem da inhibira delovanje δ -aminolevulinične kislinske dehidrataze. Svinec nadalje inhibira še ferohelektazo-encim, ki katalizira vključevanje železa v porfirinski obroč. Pri zastrupitvi s svincem se opaža predvsem sideroblastna anemija pri otrocih, posledice pa se kažejo tudi kot mikrocitična anemija in hipokromična anemija, kar povzroča utrujenost, ravnodušnost in bledost. Na srečo se anemija ozdravi, če se zmanjša izpostavljenost (41).

Sinteza hemoglobina se v prvi fazi odvija v citoplazmi, končna faza pa se dogaja v mitohondrijih (42). Svinec moti sintezo hema na več stopnjah: zavira sintetazo delta amino

levulinske kisline in hem sintetazo. Okvari tudi eritrocitno membrano tako, da je anemija delno hemolitična. Za diagnozo je določilna koncentracija svinca v serumu, ki je višja od 800 µg/l. Povišana je tudi koncentracija eritrocitnega protoporfirina, v urinu pa delta aminolevulinske kisline ter koproporfirina in uroporfirina (43).



Slika 4; Sinteza hema (42)

Toksično delovanje na ledvica povzroči svinčevo nefropatijo. Toksičen vpliv nastane na celice proksimalnih ledvičnih tubulov. Te funkcionalne spremembe pa spremlja še formacija inkluzijskih teles v jedra celic proksimalnih tubulov (inkluzijska telesca so v obliki svinec-protein kompleksov) (41).

Toksično delovanje na reproduktivni sistem najpogosteje prizadene plod. Nosečnice so v nevarnosti, ker svinec prehaja skozi placento in poškoduje živčevje razvijajočega se otroka. Nosečnost sama lahko povzroči, da se svinec sprosti iz kosti, kjer je bil naložen dolga leta, v krvni obtok. Podobno se lahko zgodi ob menopavzi. Povzroči pa lahko tudi splave. V študiji predstavljeni leta 2004 so odkrili, da imajo otroci, ki so bili v maternici izpostavljeni povečanim vrednostim svine, dvakrat večjo možnost, da bodo razvili shizofrenijo (34).

1.2.5.2 Zastrupitve s svincem pri otrocih

Otroci predstavljajo eno od skupin z največjim tveganjem za pojav negativnih posledic na zdravje ob izpostavljenosti toksičnim kovinam, kamor spada tudi svinec.

Razlogi za večjo ogroženost otrok so odvisni od nekaterih bioloških dejavnikov kot so:

➤ **Občutljivosti skozi rast in razvoj**

Zaradi hitre rasti in razvoja so razvijajoči se organizmi še posebno občutljivi na različne kemične in fizikalne agense. Zarodek je še posebej ogrožen, saj gre za zelo hitro rast in razvoj, primarno diferenciacijo tkiv in organov, kar daje večjo možnost škodljivim agensom, da vplivajo na nastanek mutacij in prirojenih nepravilnosti. Prav tako izpostavljenost razvijajočih se možganov oz. živčnega sistema v prvih letih življenja, škodljivim snovem, npr. svincu, živemu srebru, zaradi zmanjšane sposobnosti reparacije pri otrocih, lahko vodi do nepopravljivih okvar možganovine oz. živčnega sistema. Doza in čas izpostavljenosti škodljivemu agensu sta odločilna za škodo za zdravje.

➤ **Nezrel metabolizem**

V prvih 6-12 mesecih starosti je presnova pri otroku nezrela, kar ima za posledico manjšo sposobnost detoksikacije in izločanja kemikalij kot pri odraslih. To je tudi vzrok, zakaj so potrebne nižje doze zdravila na kg telesne teže in priporočljivi daljši intervali med odmerki predpisanih zdravil v prvih tednih in mesecih življenja. Včasih je ta nezrelost lahko tudi koristna, saj metabolične poti, ki aktivirajo nekatere toksične produkte, še ne potekajo.

Pri otrocih se pogosto pojavlja deficitarno uživanje, na primer železa ali vitamina D, kar pospeši absorpcijo svine iz prebavnega trakta. Pri otrocih možgansko žilna prepreka še ni v celoti razvita, zato svinec lahko vstopa v možgane.

➤ **Večja izpostavljenost**

Otroci so na enoto telesne teže in telesno površino škodljivim agensom bolj izpostavljeni kot odrasli. Popijejo več vode, pojedjo več hrane in dihajo več zraka kot odrasli v odnosu na njihovo telesno težo. Večja je lahko absorpcija hrane iz prebavil pri otrocih, zato npr. otrok absorbira 50 % več svine prisotnega v hrani, medtem ko odrasla oseba le 10 %. Prehrana otrok se tudi razlikuje od prehrane odraslih. Dojenčki in otroci, ki so komaj shodili, z umazanimi rokami preko ust vnašajo v organizem onesnaženo zemljo in prah: npr. svinec, pesticide; veliko se zadržujejo na tleh, izpostavljeni so kemičnim snovem, fizikalnim agensom na tleh in plasti zraka tik nad tlemi (radon, cigaretni dim, druge snovi) (29).

Spodaj je navedena preglednica, ki prikazuje količino svine v krvi in škodljive učinke na organizem pri otrocih. Te vrednosti pa so samo približne, ker nanjo vplivajo različni faktorji izpostavljenosti.

Preglednica VI; Škodljivi učinki različnih koncentracij svine pri otrocih (27)

KOLIČINA SVINCA V KRVÍ (µg/l)	UČINEK
100	zmanjšana rast, manjši IQ, slabši sluh
200	spremembe živčnih funkcij
400	zmanjšano nastajanje hemoglobina
600	trebušni krči
700	slabokrvnost
800	poškodbe ledvic
850	poškodbe možganov
1300	smrt

Najpomembnejši vmesni faktorji zastrupitve s svincem določajo resnost vpliva na zdravje. Ti faktorji izpostavljenosti svincu so:

- doza,
- starost osebe ob izpostavi (razvijajoči se živčni sistem je najbolj občutljiv sistem na svinec, absorpcija iz GIT je pri otrocih večja kot pri odraslih),
- trajanje izpostavljenosti,
- zdravje in življenjski stil izpostavljene osebe,
- prehranjenost izpostavljene osebe (dieta z zadostni kalcija in železa zmanjša absorpcijo svineca),
- kemična oblika svineca (35).

Akutne zastrupitve s svincem so izjemno redke. V Sloveniji v zadnjih 20 letih ni bilo primera akutne zastrupitve. Leta 2004 je bilo v svetu najmanj 400.000 otrok mlajših od 6 let, ki so imeli preveč svineca v krvi (36).

1.2.5.3 Svinec in karcinom

Svinec in svinčeve zmesi so humani kancerogeni. Izpostavljenost svincu poveča tveganje za nastanek pljučnega raka in raka na želodcu ter mehurju (20). Pojavljajo se tudi tumorji ledvic in možganov. Svinec povzroča kromosomske odklone (strukturne in številčne spremembe kromosomov), poškodbe DNA in fragmentacijo. Svinec prav tako inhibira aktivnost DNA in RNA polimeraze (38).

1.2.6 Izločanje svinec iz organizma

Iz organizma se svinec izloča predvsem z urinom, manj z blatom, znojem, slino in materinim mlekom (30).

Izločanje je zelo dolgotrajno. V primeru akutne izpostavljenosti, ki traja nekaj dni, so potrebni meseci, da se ta količina odstrani iz organizma. Koncentracija svinec v krvi se znižuje za manj kot 1 µg/100 ml/dan.

Največ svinec se izloča skozi ledvica z glomerulno filtracijo, potem pa se dokončno reabsorbira v tubulih ledvic in se izloči s tubulno sekrecijo. Od celokupne količine svinec v organizmu, se ga dnevno z urinom izloči približno 0,02 % (42).

1.2.7 Diagnoza

Zastrupitev zaznamo na več načinov, od enostavnega merjenja količine svinec v telesu do merjenja posebnih biokemičnih označevalcev v krvi. Tudi presnovne motnje, zaradi katerih je ovirana sinteza hemoglobina, lahko uporabimo pri diagnostiki zastrupitve (30).

Na preglednih rentgenskih slikah pri zaužitju svinčevih soli vidimo zasenčenje v prebavilih. Pri otrocih se vidijo tudi tipične svinčeve črte na mestu rasti v dolgih kosteh. Koncentracija svinec v krvi in urinu je običajno zvišana. Najobčutljivejša preiskava za dokaz zastrupitve je zmanjšanje aktivnosti ALAD in povečana količina protoporfirina v eritrocitih. V klinični praksi pa se uporablja določitev povečanega izločanja 5-aminolevulinske kisline in koproporfirina v urinu (33). Pri nejasnih primerih se opravi mobilizacijski test s kalcijdinatrijevim edetatom (CaNa₂-EDTA). Pri naključnih zastrupitvah je diagnoza otežena, saj se pogosto ne pomisli na zastrupitev s svincem.

Diferencialno diagnostično pridejo v poštev še akutna kirurška bolezen trebuha, hemolitična in mikrocitna anemija, hepatitis, ledvične kolike, akutni napad porfirije, ginekološke in nevrološke bolezni ter malignom na prebavilih.

Diagnosticiranje zastrupitve pa je lahko tudi težavno, predvsem zaradi različnih simptomov. Potrebni so vsaj dve krvni preiskavi, da zastrupitev potrdimo. Rezultate je potrebno sporočiti na lokalni zdravstveni oddelek, če je koncentracija svine v krvi dvakrat ali večkrat večja kot 100 µg/l. V nadaljnje je potrebno, da se najde vir kontaminacije in se prepreči stik s svincem (39).

1.2.8 Zdravljenje

Saturizem ponavadi zdravimo s kelati, z enim ali več zdravili. To je odvisno od subjektivnih težav, klinične slike, starosti bolnika, koncentracije svine v krvi in sposobnosti izločanja. Kelati zmanjšujejo anorgansko koncentracijo svine v tkivih tako, da pospešijo izločanje svine skozi prebavila in ledvica.

Uporablja se dimerkaprol-BAL, kalcijev dinatrijev EDTA (CaNa_2EDTA), 2,3-dimerkaptosukcinski kislina (DMSA) in D-penicilamin.

Kako se zdravila dozirajo na m² površine telesa, v vsakodnevni rabi lahko izračunamo po navedeni enačbi:

$$\text{Površina telesa [m}^2\text{]} = \sqrt{\frac{\text{višina [cm]} \cdot \text{telesna masa [kg]}}{3600}}$$

BAL (« Britsh anti lewisite») se daje intramuskularno. BAL veže nase celični in izven celični svinec in ustvarja kompleks, kateri se potem izloča pretežno skozi jetra in ledvica.

$\text{CaNa}_2\text{-EDTA}$ se daje z intravenozno infuzijo 5 odstotne raztopine glukoze. To zdravilo odstranjuje svinec iz izven celičnih prostorov iz parenhimskih organov, eritrocitov in živčnega sistema. Ta ublaži klinične simptome in pospeši izločanje svine v urin.

DMSA je kelat, kateri se daje oralno. Vsebuje dve sulfhidrilni skupini, kateri s svincem ustvarjajo DSMA-svinčev kompleks, ki je topen v vodi in se izloča skozi ledvica. To zdravilo lahko odstrani svinec iz kosti in iz parenhimskih organov.

Prednost tega zdravila je, da se pri njegovi uporabi ne odstranjuje iz organizma znatne količine cinka, bakra, kalcija, železa in magnezija.

D-penicilamin se daje oralno in povzroči povečano izločanje svine z urinom. Je učinkovit za zdravljenje zastrupitev s svinco pri otrocih (42).

Hujše zastrupitve, še posebej pri otrocih z encefalopatijo, je treba zdraviti z dimerkaprolom (BAL) in CaNa_2EDTA . Blažje zastrupitve pa zdravimo le s $\text{CaNa}_2\text{-EDTA}$. Pri enkratnem zaužitju svinčevih barv in bencina ni potrebno izpiranje želodca, saj vsebujejo sorazmerno malo svine, ki se slabo absorbira iz prebavil. Učinkovitost zdravljenja s kelati pri zastrupitvah z organskimi spojinami svine (svinčevim tetraetilom) ni dokazana.

1.2.8.1 Kelati

Raziskave so pokazale, da so podgane brez svine v organizmu, ker so dobivale zdravilo za odstranjevanje svine, pokazale odklone v njihovem učenju, podobno kot podgane, ki so bile izpostavljene svincu. Kelati vežejo svinco in ostale kovine v krvi. Veliko se uporabljajo za zdravljenje avtizma pri otrocih. Terapija s kelati zmanjša probleme obnašanja in učenja, ki so posledica izpostavitve svincu, vendar imajo kelati stranske učinke pri uporabi brez povečanih vrednosti težkih kovin v krvi. Zdravniki raje uporabljajo sukcimer pri zdravljenju s svinco, ker izločajo manj cinka, železa in ostalih esencialnih mineralov iz telesa. Kelate je priporočeno uporabljati pri otrocih, katerih vrednosti presegajo 45 mg/dl (40).

1.2.8.2 Svinco in vitamin C

Nizke vrednosti vitamina C v krvi so povezane z visokimi vrednostmi svine v krvi med Američani. Torej bi povečana poraba askorbinske kisline lahko preprečila zastrupitve s svinco. Študija je dokazala, da 1000 mg vitamina C in njegovih dopolnil zmanjša vrednost svine pri težkih kadilcih. Ker kajenje zmanjša absorpcijo in poveča metabolizem vitamina C, je priporočeno zaužiti večje količine vitamina C. Priporočen dnevni vnos pri odraslih nekadilcih je 60 mg in pri kadilcih 100 mg (37).

1.2.9 Preprečevanje

S preprečevanjem lahko pogostost zastrupitve in njene posledice zelo omejimo. Pomembno je, da živila pred zaužitjem skrbno speremo. Zelo pomembno je tudi pogosto umivanje rok. Priporočljivo je zamenjati stare svinčene vodovodne cevi s cevmi iz novejših materialov. Odstraniti je treba barvila, ki se luščijo. Hkrati je pomembno, da ne uporabljamo barv, ki vsebujejo svinec. Ljudem, ki živijo v bolj ogroženem območju, je potrebno na takem področju preprečiti sajenje vrtnin. Prav tako je zelo dober ukrep asfaltiranje vseh površin, saj s tem zmanjšamo prašnost in s tem dvigovanje svinčenega prahu (20).

1.2.10 Določanje svine

1.2.10.1 Monitoring (biomonitoring)

Biomonitoring toksičnih substanc identificira skupine prebivalcev s povečanim tveganjem in pomaga opredeliti, če se v populaciji izpostavljenost spreminja. Izvaja se na biološkem materialu kot so lasje, kri in urin.

Razvijati je potrebno cenejše metode biomonitoringa, da bodo širše dostopne. Zdravstveno statistični podatki, kot npr. registri določenih obolenj, so pomembni za spremljanje trendov obolenj, ki so povezane z okoljem in so v pomoč pri evalvaciji razvoja in identifikaciji področij, ki potrebujejo ukrepanje (30).

1.2.10.2 Model IEUBK- pripomoček pri odločanju

Posamezni elementi so povzeti iz matematičnega modela za oceno vsebnosti svine v krvi otrok IEUBK, ki ga je izdelala ameriška Agencija za varovanje okolja (US EPA). Model na podlagi podanih vrednosti posameznih koncentracij svine v okolju (zrak, zemlja, voda) izračuna oceno vsebnosti svine v krvi otrok. Model je uporaben tudi v obratni smeri in tako na podlagi želene ciljne vrednosti v krvi otrok lahko pridemo do ciljnih vrednosti za posamezne faktorje okolja (30).

2 NAMEN DELA

Ker svinec ni sestavni del organizma in prav tako ni potreben pri nobenem procesu delovanja, spada v tako imenovano skupino neesencialnih oligoelementov, ki so v organizmu prisotni v zelo nizkih koncentracijah (elementi v sledovih) in jih dokazujemo v bioloških vzorcih predvsem ob sumu na zastrupitev. Njegova toksičnost je povezana z interakcijo različnih encimov ter njegovo lastnostjo, da lahko v biokemijskih reakcijah zamenja esencialne kovine.

Za določanje elementov v sledovih najpogosteje uporabljamo različne metode kot so plamenska emisijska spektrometrija, spektrofotometrija, HPLC, SSA kot referenčna metoda in metoda atomske absorpcijske spektrometrije (AAS) kot najpogosteje uporabljena metoda.

V eksperimentalnem delu diplomske naloge bo uporabljena metoda atomske absorpcijske spektrometrije (AAS), za določanje koncentracije svine v krvi.

V okviru EU6 projekta smo v Žužemberku Ljubljani in Idriji vzeli 175 vzorcev krvi otrokom starih od 7-11 let, katerim smo določili koncentracijo svine v krvi. V diplomski nalogi bomo statistično ovrednotili rezultate meritev koncentracij svine v krvi z namenom, da ugotovimo:

- Ali se koncentracije svine v krvi razlikujejo glede na to ali živimo v kmečkem, mestnem ali obremenjenem okolju?
- Ali so prebivalci v urbanem okolju obremenjeni s težkimi kovinami?
- Ali rudnik v Idriji, ki je nekoč deloval, vpliva na koncentracijo svine v krvi pri prebivalcih tega predela?

3 MATERIALI IN METODE

3.1 VZORCI

Analizirali smo rezultate koncentracije, ki smo jih dobili iz vzorcev krvi pri otrocih. Ti otroci so bili stari od 7 do 11 let, in smo jih razdelili v tri skupine, glede na to v kakšnem življenjskem okolju živijo. Otroke, ki živijo v Žužemberku, smo uvrstili v kmečko okolje. Rezultate otrok, ki smo jih dobili iz Idrije, smo uvrstili v skupino iz obremenjenega okolja, rezultate otrok iz osnovne šole Brod pa v skupino meščanov. Otroke smo znotraj teh treh skupin razdelili še po spolu.

3.2 METODA

Pri izbiri ustrezne metode moramo upoštevati dejstvo, da je svinec nevaren že v nizkih koncentracijah. Zato morajo biti metode njegove detekcije izjemno občutljive že v nizkih koncentracijah. V ta namen običajno uporabljamo atomsko absorpcijsko spektrometrijo (AAS).

3.2.1 Atomska absorpcijska spektrometrija

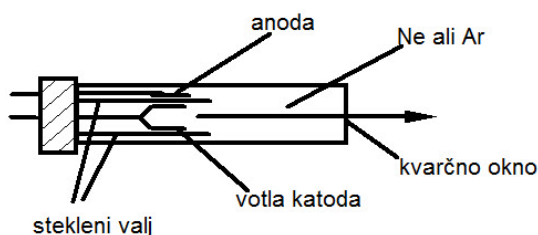
Prve instrumente za atomsko absorpcijsko spektrometrijo so izdelali leta 1960. Razvoj instrumentov je iz leta v leto napredoval. Kmalu je atomski absorpcijski spektrometer postal eden najbolj natančnih in najpogostejše uporabljenih analiznih instrumentov v analizi kemiji. AAS je najpomembnejša analizna tehnika, ki se uporablja za analizo elementov v sledovih. Ta metoda se uporablja za kvantitativno določanje približno 70 kemijskih elementov in temelji na absorpciji valovanja določene valovne dolžine, ki ga lahko absorbirajo samo atomi tistih elementov, katerih vzbujene energije ustrezajo dovedeni energiji (47). Poznamo plamensko AAS, kjer določamo v območju nekaj mg/l ali manj ter elektrotermično AAS, kjer določamo nekaj $\mu\text{g/l}$ ali manj. Ker merimo celotno koncentracijo kovine v vzorcu, ni pomembno v kakšni obliki se nahaja. Kovino lahko analiziramo v prisotnosti ostalih elementov, kar nam olajša proces, prihrani čas in napake.

Glavni sestavni deli AAS:

1) Izvor sevanja; navadno je to votla katoda, ki seva svetlobo točno določene valovne dolžine.

➤ *Žarnica z votlo katodo*

Sestavljena je iz volframove anode in cilindrične katode, ki sta v stekleni cevi, napolnjeni z inertnim plinom (Ar), pod tlakom 1 do 5 torr (nekaj 100 Pa). Katoda je narejena iz preiskovane kovine ali pa je obdana s prevleko iz te kovine. Z uporabo potenciala okoli 300 V med elektrodama povzročimo ionizacijo Ar. S prehajanjem kationov Ar in elektronov med elektrodama, nastane tok 5 do 10 mA. Ko je potencial zadosti velik, kationi Ar, zadenejo katodo z zadostno energijo, da izbirajo atome kovine in s tem nastane oblak atomov (proces, pri katerem se atomi ali ioni odstranijo s površine s pomočjo toka nabitih delcev). Izrinjeni kovinski atomi z medsebojnimi trki prehajajo v vzbujeno stanje in emitirajo značilne valovne dolžine pri vračanju v osnovno stanje. Izbiti atomi kovine iz žarnice se vračajo nazaj na katodno površino in se tam nalagajo.



Slika 5; Žarnica z votlo katodo

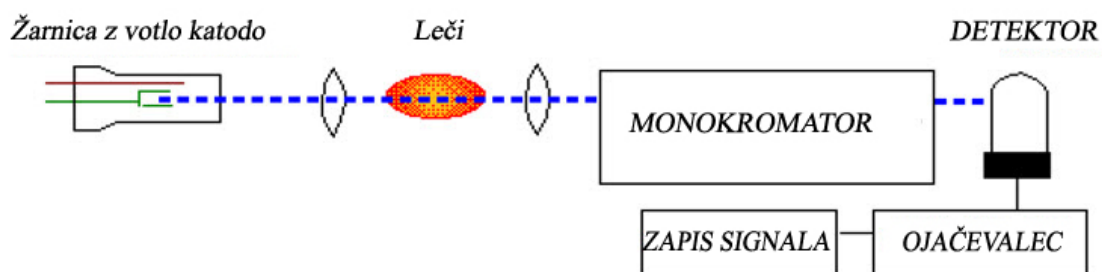
➤ *Ostali izvori svetlobnega sevanja*

Electrodeless discharge lamp (EDL) je žarnica brez elektrod. Žarnica dobi energijo s pomočjo mikrovalov ali radio valov. Sestavljena je iz cevi, v kateri je majhna količina kovine in zapolnjena z inertnim plinom. Sevanje je intenzivnejše kot pri katodni žarnici. Ugotovili so, da je tudi bolj občutljiva, vendar manj zanesljiva. Drugi tip žarnice, ki se uporablja pri AAS, je devterijska žarnica, ki seva enakomerno svetlobo v UV področju.

2) Prostor oz. medij, kjer se tvorijo atomi; pri plinski AAS je to plamen, pri elektrotermični pa grafitna kiveta, ki je cilindrična grafitna cev odprta na obeh straneh in ima odprtino za vzorec.

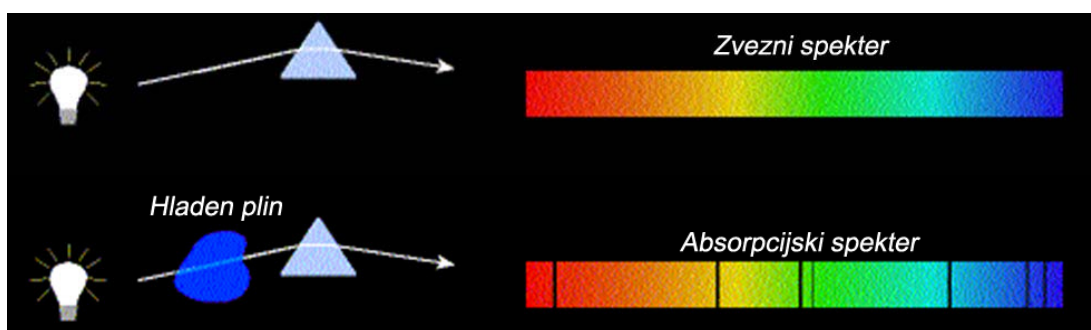
- 3) **Monokromator**; filter, ki prepušča želeno valovno dolžino in jo pošlje na detektor. Monokromator je potreben pri izolaciji zelo tanke emisijske linije izmed vseh emitiranih valovnih dolžin.
- 4) **Detektor**; fotopomnoževalka, ki pretvori svetlobno energijo v električni tok in ga ojača.
- 5) **Naprava za obdelovanje signalov**; računalnik, ki spremeni odgovor detektorja v analitični rezultat. S pomočjo umeritvene krivulje izračuna koncentracijo in poda standardno deviacijo.
- 6) **Sredstvo za prikaz rezultatov**; zaslon in tiskalnik.

Shema aparature



Slika 6; Glavne komponente atomske absorpcijske spektrometrije (45)

Spekter



Slika 7; Absorpcijski spekter (46)

Spekter zazna jakost svetlobe, ki jo oddaja vzorec. To je barvna črta na temnem ozadju, glede za element, na različnih valovnih dolžinah. Vsak element ima edinstven spekter.

4 EKSPERIMENTALNI DEL

Leta 2007 so na Kliničnem inštitutu za klinično kemijo in biokemijo odvzeli kri in urin otrokom iz treh osnovnih šol. Učenci osnovnih šol Žužemberk, Vižmarje Brod in Idrija predstavljajo vzorce populacije otrok, ki prihajajo iz kmečkega, mestnega in obremenjenega okolja.

Z analizo krvi in urina smo pridobili veliko količino podatkov za vsakega posameznega učenca. Podatki so bili v osnovi ločeni glede na osnovno šolo in zbrani v Microsoft Excelovem dokumentu. Za potrebe diplomske naloge smo v dokumentu naknadno ohranili le podatke o posameznem učencu (ime in priimek, starost in spol) ter podatke o izmerjeni koncentraciji svine v mikrogramih na liter krvi. Podatke smo za nadaljnjo analizo razdelili še glede na spol preiskovancev.

S pomočjo programa Microsoft Excel smo najprej analizirali število preiskovancev glede na spol in osnovno šolo ter dobili povprečno koncentracijo svine v krvi deklic in dečkov glede na šolo, ki jo obiskujejo.

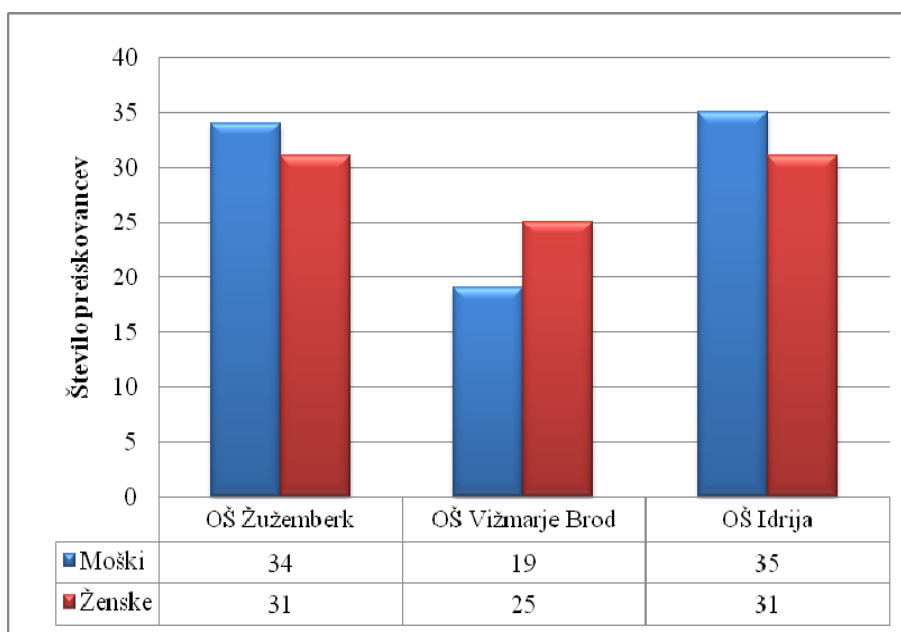
Za nadaljnjo analizo smo podatke prenesli v računalniški program za statistične analize SPSS 17.0 (najnovejša verzija se imenuje PASW) in najprej opravili Kolmogorov-Smirnov test. Z njim smo testirali normalno porazdelitev koncentracij svine in obenem pridobili podatke o povprečni vrednosti in standardni deviaciji za vsako skupino otrok. Omenjeni test smo nato izvedli še za vsak posamezen spol posebej in izdelali histograme za koncentracijo Pb.

Sledila je primerjava in analiza podatkov med posameznimi skupinami. Z Kruskal-Wallisovim testom smo dokazali, da se koncentracija svine v krvi otrok posamezne skupine statistično razlikuje glede na osnovno šolo, ki jo obiskujejo. V nadaljnji analizi smo primerjali še posamezne pare osnovnih šol, da smo ugotovili kje je odstopanje značilno. Uporabili smo Mann-Whitneyev test. Ta test smo uporabili tudi za primerjavo med obema spoloma. Za vse statistične teste smo uporabili stopnjo značilnosti 0,05.

5 REZULTATI

5.1 REZULTATI POSAMEZNIH SKUPIN

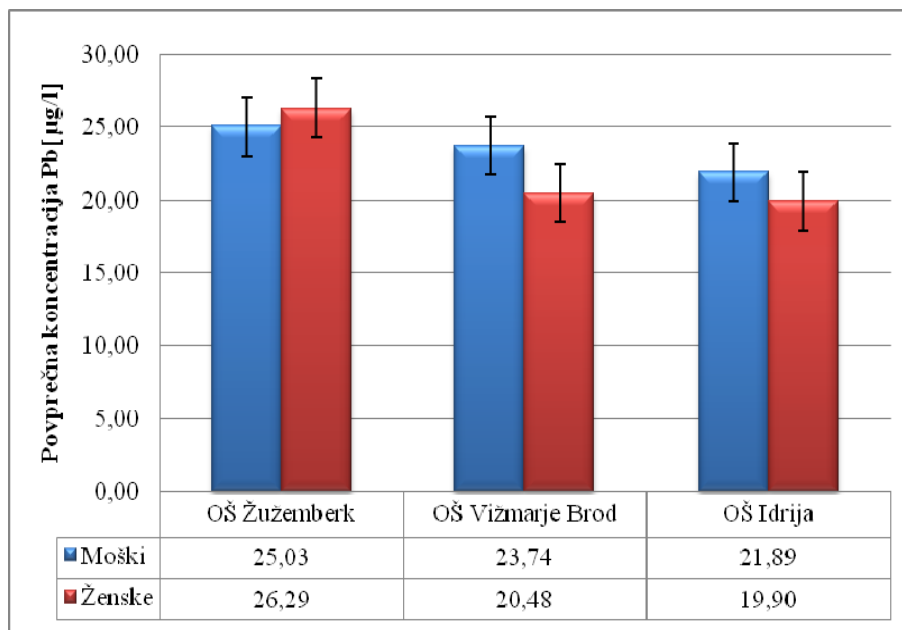
Analiza podatkov koncentracije svine v krvi je zajemala preiskovance treh osnovnih šol. Število preiskovanih otrok, ki obiskuje osnovno šolo Žužemberk in predstavlja prvo skupino, je 65, od tega je 34 dečkov in 31 deklic. Osnovno šolo Vižmarje Brod obiskuje 44 preiskovancev, od tega 19 dečkov in 25 deklic. Tretjo skupino preiskovancev pa sestavlja 66 otrok osnovne šole Idrija, med katerimi je 35 dečkov in 31 deklic. Spodnji graf (Slika 8) prikazuje število preiskovancev glede na spol in osnovno šolo.



Slika 8; Število preiskovancev glede na spol in osnovno šolo

Največje število preiskovancev tako prihaja iz OŠ Idrija, sledi OŠ Žužemberk s preiskovancem manj in skupina otrok, ki obiskuje osnovno šolo Vižmarje Brod, s komaj 44 preiskovanci. Slednja skupina je tudi edina, v kateri je delež dečkov manjši od deleža deklic. V ostalih dveh skupinah sta spola enakomerneje zastopana z malenkost večjim številom moških preiskovancev.

Preiskave vzorcev krvi, ki smo jih naredili pri otrocih, so pokazale, da povprečna vrednost preiskovancev za vsako OŠ ne presega mejne vrednosti koncentracij Pb v krvi. V vsaki OŠ pa imamo tudi posamezne otroke, katerih koncentracije svine v krvi so višje kot koncentracija, ki smo jo vzeli za mejno. Ta vrednost v našem primeru je 50 µg/l. Povprečno koncentracijo svine v krvi deklic in dečkov glede na šolo, ki jo obiskujejo, prikazuje graf na Sliki 9.



Slika 9; Povprečna koncentracija Pb v krvi glede na osnovno šolo

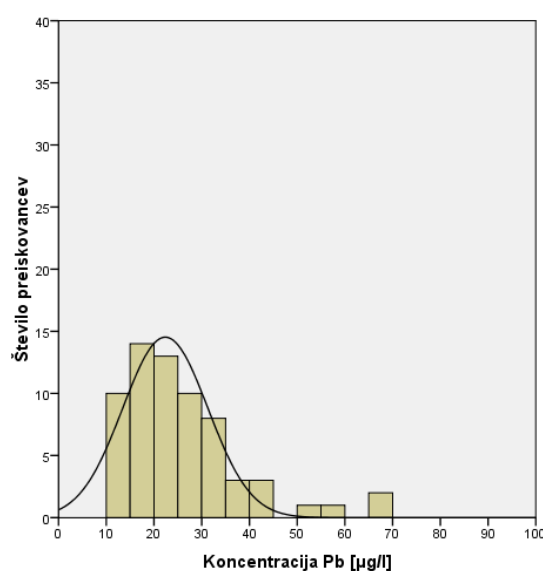
V Žužemberku je bila pri dečkih ugotovljena povprečna koncentracija 25,03 µg/l svine v krvi, pri deklicah pa še nekoliko višja koncentracija in sicer 26,29 µg/l, kar je od vseh preiskovanih skupin največ. Na OŠ Vižmarje Brod so imeli otroci nižjo povprečno koncentracijo svine kot otroci iz OŠ Žužemberk. Pri dečkih je bila povprečna koncentracija 23,74 µg/l, pri deklicah pa 20,48 µg/l, kar je obenem manj kot pri dečkih. Preiskovanci osnovne šole Idrija pa so imeli najnižjo povprečno koncentracijo Pb v krvi in sicer dečki 21,89 µg/l in deklice 19,90 µg/l, kar je najmanj izmed vseh skupin.

5.1.1 Osnovna šola Žužemberk

Nadaljnja analiza je bila izvedena v programu SPSS 17.0, v katerem smo najprej opravili Kolmogorov-Smirnov test za preiskovance osnovne šole Žužemberk, ki so predstavniki podeželskega okolja. Omenjeni test smo uporabili za testiranje ali je porazdelitev koncentracije svine v krvi pri preiskovancih normalna.

Porazdelitev koncentracije svine v krvi otrok OŠ Žužemberk prikazuje spodnji histogram. Poleg stolpcev je prikazana še krivulja normalne porazdelitve z upoštevanjo povprečno vrednostjo in standardno deviacijo obravnavane skupine.

Histogram 1; Koncentracije Pb – učenci OŠ Žužemberk



Preglednica VII; K-S test za preiskovance OŠ Žužemberk

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		K-Pb
N		65
Normal Parameters ^{a, b}	Mean	25,63
	Std. Deviation	12,153
Most Extreme Differences	Absolute	,129
	Positive	,129
	Negative	-,099
Kolmogorov-Smirnov Z		1,043
Asymp. Sig. (2-tailed)		,227

a. Test distribution is Normal.

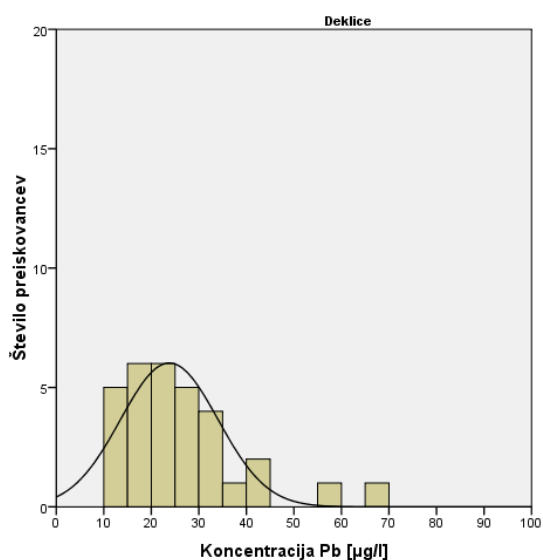
b. Calculated from data.

Iz preglednice VII, ki prikazuje izpis Kolmogorov-Smirnovega testa, je razvidno, da obravnavana skupina vsebuje 65 preiskovancev s povprečno koncentracijo 25,63 $\mu\text{g/l}$ svine v krvi in standardno deviacijo 12,153 $\mu\text{g/l}$. Naslednje tri vrstice izpisa, ki se nahajajo pod splošnim nazivom najbolj ekstremne razlike (ang. Most Extreme Differences), podajajo največje pozitivno in negativno razhajanje med komulativno porazdelitveno funkcijo izračunano neposredno iz podatkov in teoretično normalno porazdelitvijo. Statistični Z test (Kolmogorov-Smirnov Z) je produkt kvadratnega korena velikosti vzorca in največje absolutne razlike. Zadnja vrstica preglednice prikazuje najpomembnejši rezultat testa.

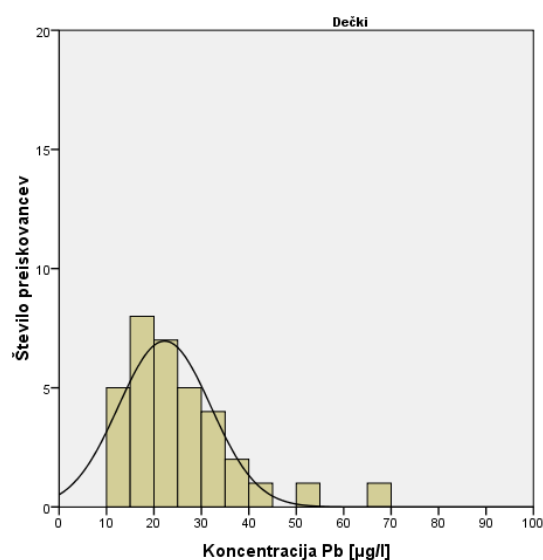
Ker je stopnja značilnosti v tem primeru 0,227 in tako večja od 0,05, porazdelitev koncentracije svine v krvi preiskovancev OŠ Žužemberk ustreza normalni porazdelitvi.

Podatke o koncentraciji svine v krvi smo v nadaljevanju razdelili glede na spol preiskovancev. Porazdelitev koncentracije Pb za dečke in deklice OŠ Žužemberk prikazujeta histograma 2 in 3. Nato smo izvedli Kolmogorov-Smirnov test za razdeljene podatke.

Histogram 2; Koncentracija Pb - deklice



Histogram 3; Koncentracija Pb – dečki



Preglednica VIII; K-S test za deklice in dečke OŠ Žužemberk

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
SPOL			K-Pb
F	N		31
	Normal Parameters ^{a,b}	Mean	26,29
		Std. Deviation	12,830
	Most Extreme Differences	Absolute	,163
		Positive	,163
		Negative	-,102
	Kolmogorov-Smirnov Z		,909
	Asymp. Sig. (2-tailed)		,381
M	N		34
	Normal Parameters ^{a,b}	Mean	25,03
		Std. Deviation	11,663
	Most Extreme Differences	Absolute	,123
		Positive	,123
		Negative	-,113
	Kolmogorov-Smirnov Z		,720
	Asymp. Sig. (2-tailed)		,679

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Iz preglednice VIII in histogramov 2 in 3 je razvidno, da imajo deklice višjo standardno deviacijo kot dečki, kar pomeni, da je razpršenost vrednosti koncentracije svinca v krvi okrog srednje vrednosti pri deklicah večja.

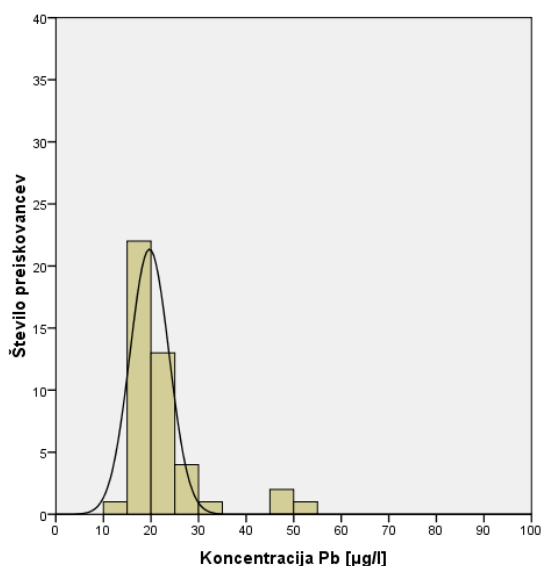
Rezultata Kolmogorov-Smirnovega testa dokazujeta, da sta porazdelitvi za deklice in dečke normalno porazdeljeni ($p > 0,05$). Stopnji značilnosti sta v obeh primerih veliko večji kot stopnja značilnosti pred razdelitvijo vzorca glede na spol. To dejstvo nakazuje na to, da sta porazdelitvi za deklice in dečke normalni a, obenem zamaknjeni ena glede na drugo.

5.1.2 Osnovna šola Vižmarje Brod

Druga analizirana skupina otrok obiskuje OŠ Vižmarje Brod in predstavlja skupino, ki izhaja iz urbanega okolja. Histogram 4 prikazuje porazdelitev koncentracije svine v krvi otrok. Iz njega je razvidno, da trije vzorci otrok značilno odstopajo od porazdelitve koncentracije svine celotne skupine.

Iz rezultatov Kolmogorov-Smirnovega testa (Preglednica IX) je razvidno, da zaradi te popačitve, porazdelitev ne ustreza teoretični normalni porazdelitvi ($p = 0,004 < 0,05$).

Histogram 4; Koncentracija Pb - učenci OŠ Vižmarje Brod



Preglednica IX; K-S test za preiskovance OŠ Vižmarje Brod

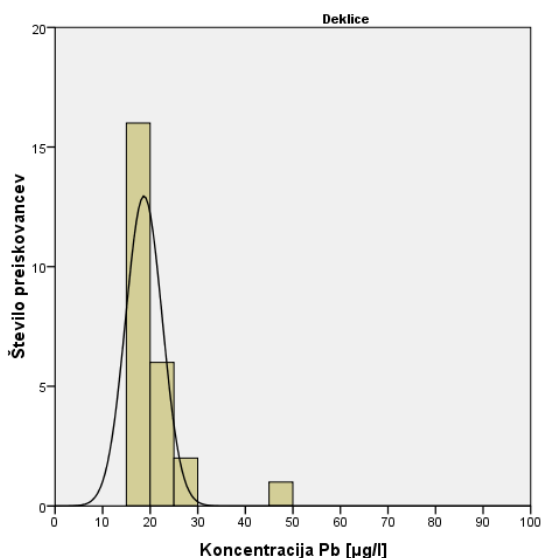
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test		
		K-Pb
N		44
Normal Parameters ^{a, b}	Mean	21,89
	Std. Deviation	7,866
Most Extreme Differences	Absolute	,267
	Positive	,267
	Negative	-,204
Kolmogorov-Smirnov Z		1,771
Asymp. Sig. (2-tailed)		,004

a. Test distribution is Normal.

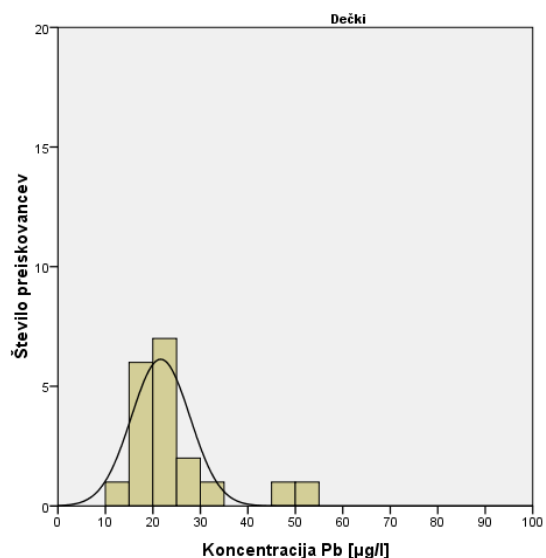
b. Calculated from data.

Podatke o koncentraciji svine v krvi smo v nadaljevanju tudi za to skupino razdelili glede na spol preiskovancev. Histograma 5 in 6 tako prikazujeta porazdelitev koncentracije Pb za dečke in deklice OŠ Vižmarje Brod.

Histogram 5; Koncentracija Pb - deklice



Histogram 6; Koncentracija Pb - dečki



Iz zgornjih histogramov je razvidno, da je porazdelitev koncentracije svine pri deklicah bližje teoretični normalni porazdelitvi, kar dokazuje tudi izpis Kolmogorov-Smirnovega testa (Preglednica X).

Vrednost stopnje značilnosti za deklice znaša 0,94, za dečke pa 0,86. Obe vrednosti sta tako večji od mejne 0,05, kar nakazuje na normalno porazdelitev koncentracije svine v krvi učencev in učenk OŠ Vižmarje Brod. S tem smo dokazali, da z delitvijo vzorcev, glede na spol, dobimo normalno porazdelitev koncentracije svine.

Preglednica X; K-S test za deklice in dečke OŠ Vižmarje Brod

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

SPOL			K-Pb
F	N		25
	Normal Parameters ^{a, b}	Mean	20,48
		Std. Deviation	6,488
	Most Extreme Differences	Absolute	,247
		Positive	,247
		Negative	-,245
	Kolmogorov-Smirnov Z		1,237
	Asymp. Sig. (2-tailed)		,094
M	N		19
	Normal Parameters ^{a, b}	Mean	23,74
		Std. Deviation	9,237
	Most Extreme Differences	Absolute	,288
		Positive	,288
		Negative	-,215
	Kolmogorov-Smirnov Z		1,254
	Asymp. Sig. (2-tailed)		,086

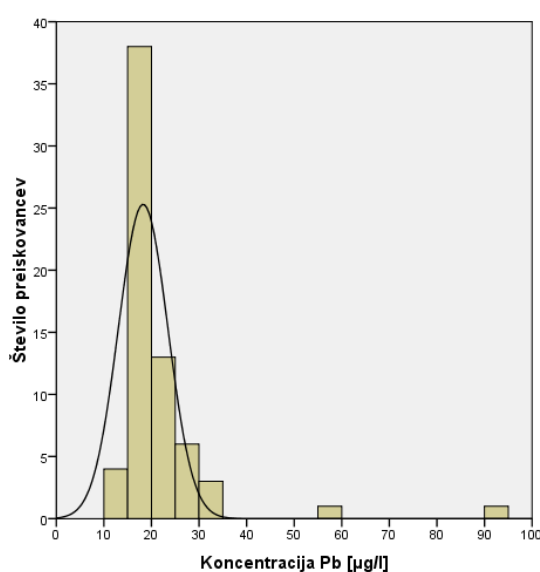
a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

5.1.3 Osnovna šola Idrija

Idrijski mestni predeli so zaznamovani z rudniško preteklostjo. Idrijski rudnik je eden najstarejših rudnikov v Evropi, saj so na tem območju nepretrgoma pridobivali živo srebro vse od leta 1490. Danes je odprt le del, ki je preurejen v turistični rudnik. Zaradi rudnika in ostalih kovin, ki se nahajajo na tem območju, smo to skupino otrok obravnavali kot populacijo, ki živi v okolju obremenjenem s težkimi kovinami.

Histogram 7; Koncentracija Pb - učenci OŠ Idrija



Preglednica XI; K-S test za preiskovance OŠ Idrija

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		K-Pb
N		66
Normal Parameters ^{a, b}	Mean	20,95
	Std. Deviation	11,309
Most Extreme Differences	Absolute	,286
	Positive	,286
	Negative	-,254
Kolmogorov-Smirnov Z		2,326
Asymp. Sig. (2-tailed)		,000

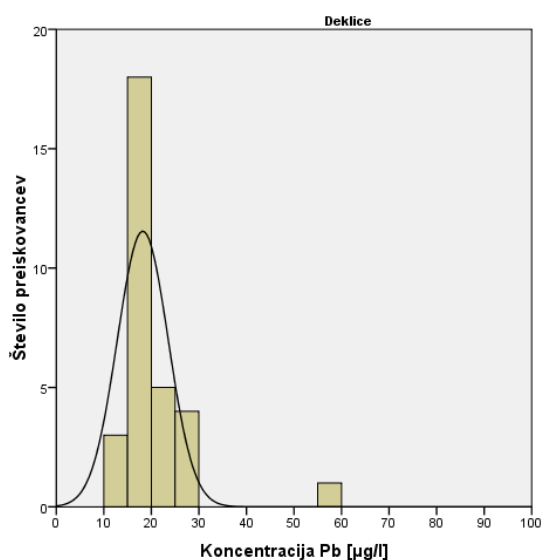
a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

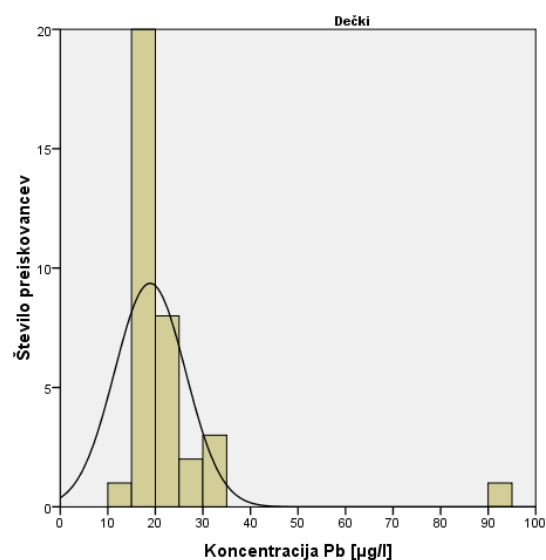
Iz histograma 7 in preglednice XI, ki prikazuje izpis Kolmogorov-Smirnovega testa za preiskovance osnovne šole Idrija, je razvidno, da porazdelitev vrednosti koncentracije svine v krvi nikakor ne ustreza teoretični normalni porazdelitvi ($p = 0,000 < 0,05$). Na histogramu sta lepo vidna dva vzorca, katera izstopata od ostalih in tako kvarita porazdelitev.

Ko skupino razdelimo glede na spol (Histograma 8 in 9), ugotovimo, da gre za en vzorec ženskega in en vzorec moškega spola. Slednji ima zelo visoko koncentracijo svine v krvi in zelo odstopa od povprečja skupine.

Histogram 8; Koncentracija Pb - deklice



Histogram 9; Koncentracija Pb - dečki



Rezultati Kolmogorov-Smirnovega testa (Preglednica XII) pričajo o veliki razpršenosti vzorcev z visoko standardno deviacijo (deklice 8,158, dečki 13,560) in o nenormalni porazdelitvi vrednosti koncentracije svine v krvi deklic in dečkov, ki obiskujejo osnovno šolo Idrija. Medtem, ko porazdelitev za deklice kaže na majhno povezavo z normalno ($p = 0,038 < 0,05$), pa porazdelitev dečkov zelo odstopa od nje ($p = 0,004 < 0,05$), predvsem zaradi vzorca z najvišjo koncentracijo svine v krvi.

Preglednica XII; K-S test za deklice in dečke OŠ Idrija

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

SPOL			K-Pb
F	N		31
	Normal Parameters ^{a, b}	Mean	19,90
		Std. Deviation	8,158
	Most Extreme Differences	Absolute	,253
		Positive	,253
		Negative	-,235
	Kolmogorov-Smirnov Z		1,409
	Asymp. Sig. (2-tailed)		,038
M	N		35
	Normal Parameters ^{a, b}	Mean	21,89
		Std. Deviation	13,560
	Most Extreme Differences	Absolute	,297
		Positive	,297
		Negative	-,277
	Kolmogorov-Smirnov Z		1,760
	Asymp. Sig. (2-tailed)		,004

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

5.2 REZULTATI PRIMERJAV MED SKUPINAMI

Po analizi vrednosti koncentracij svine v krvi otrok posamezne osnovne šole, smo izvedli primerjave med skupinami. Ker porazdelitve koncentracij svine v krvi med posameznimi osnovnimi šolami niso enake, nekatere pa celo nenormalne, smo uporabili neparametrične teste. Slednji za razliko od parametričnih testov, namreč ne uporabljajo predpostavk parametrov porazdelitve testne spremenljivke (kot sta npr. povprečna vrednost in varianca) in tudi ne predpostavljajo uporabe točno določene porazdelitve.

5.2.1 Kruskal - Wallisov test

Kruskal-Wallisov test je neparametrični test za več neodvisnih vzorcev. Uporablja se za testiranje ničelne hipoteze, da več neodvisnih vzorcev prihaja iz iste populacije. Za razliko od standardne ANOVE, ni potrebna izpolnitev predpostavke o normalnosti, in se lahko uporablja za testiranje zaporednih spremenljivk. Uporablja se kot neparametrična alternativa standardni enosmerni analizi variance.

Z Kruskal-Wallisovim neparametričnim testom smo testirali ničelno hipotezo, da imajo otroci ne glede na okolje v katerim obiskujejo osnovno šolo enako koncentracijo svine v krvi.

Preglednica XIII; Kruskal-Wallisov test

Ranks				Test Statistics ^{a,b}	
	Šola	N	Mean Rank		Pb
Pb	1	64	102,20	Chi-Square	11,712
	2	44	89,18	df	2
	3	66	72,12	Asymp. Sig.	,003
	Total	174			

a. Kruskal Wallis Test
b. Grouping Variable: Sola

P-vrednost znaša $0,003 < 0,05$. S tem zavrnemo ničelno hipotezo in zaključimo, da se koncentracija svine v krvi otrok posamezne skupine statistično značilno razlikujejo glede na osnovno šolo, ki jo obiskujejo. Tako imamo dovolj dokazov za sklepanje, da iz stališča

koncentracije svine v krvi ni vseeno iz katerega okolja prihaja otrok. Sam test nam sicer ne pove kako se skupine razlikujejo, pove samo da so različne na nek način.

5.2.2 Mann - Whitneyev test

Z Kruskal-Wallisovim testom smo dokazali samo, da se koncentracije svine v krvi pri otrocih razlikujejo vsaj med dvema osnovnima šolama. V nadaljnji analizi smo tako primerjali posamezne pare osnovnih šol, da smo ugotovili kje je odstopanje značilno.

V ta namen smo uporabili Mann-Whitneyev neparametričen test za dva neodvisna vzorce. Z njim smo testirali ali se vrednosti koncentracije svine v krvi razlikujejo med dvema skupinama otrok, ki prihajajo iz posamezne osnovne šole.

Preglednica XIV; Primerjava OŠ Žužemberk - OŠ Vižmarje Brod

Ranks				Test Statistics ^a	
Šola 1-2	N	Mean Rank	Sum of Ranks		Pb
Pb 1	65	59,40	3861,00	Mann-Whitney U	1144,000
2	44	48,50	2134,00	Wilcoxon W	2134,000
Total	109			Z	-1,770
				Asymp. Sig. (2-tailed)	,077

a. Grouping Variable:
Sola_1-2

Preglednica XV; Primerjava OŠ Žužemberk - OŠ Idrija

Ranks				Test Statistics ^a	
Šola 1-3	N	Mean Rank	Sum of Ranks		Pb
Pb 1	65	76,15	4950,00	Mann-Whitney U	1485,000
2	66	56,00	3696,00	Wilcoxon W	3696,000
Total	131			Z	-3,044
				Asymp. Sig. (2-tailed)	,002

a. Grouping Variable:
Sola_1-3

Preglednica XVI; Primerjava OŠ Vižmarje Brod – OŠ Idrija

Ranks				Test Statistics ^a	
Šola_2-3	N	Mean Rank	Sum of Ranks		Pb
Pb 1	44	63,74	2804,50	Mann-Whitney U	1089,500
2	66	50,01	3300,50	Wilcoxon W	3300,500
Total	110			Z	-2,223
				Asymp. Sig. (2-tailed)	,026

a. Grouping Variable:
Sola_2-3

Iz rezultatov testov, ki so prikazani v Preglednicah XIV, XV in XIV, je ob upoštevanju stopnji značilnosti $\alpha = 0,05$ razvidno, da se skupini vzorcev osnovne šole Žužemberk in Vižmarje Brod značilno ne razlikujeta ($p = 0,77 > 0,05$). Ker je pri primerjavi vzorcev OŠ Žužemberk in OŠ Vižmarje Brod s skupino vzorcev OŠ Idrija p vrednost manj kot 0,05, imamo dovolj dokazov za sklepanje, da obstajajo med njimi statistično značilne razlike.

Poleg primerjav med skupinami glede osnovne šole smo izvedli še primerjavo med spoloma. V ta namen smo prav tako uporabili neparametrični Mann-Whitneyev test za dva neodvisna vzorca. Rezultati so prikazani v preglednici XVII.

Preglednica XVII; Primerjava med spoloma

Ranks				Test Statistics ^a	
Spol	N	Mean Rank	Sum of Ranks		Pb
Pb 1	88	90,99	8007,50	Mann-Whitney U	3564,500
2	87	84,97	7392,50	Wilcoxon W	7392,500
Total	175			Z	-,788
				Asymp. Sig. (2-tailed)	,430

a. Grouping Variable: Spol

S testom nismo ugotovili razlike v koncentraciji svine v krvi glede na spol otrok ($p = 0,430 > 0,05$).

6 RAZPRAVA

Svinec je težka kovina, ki je splošno razširjena v našem okolju. Slaba lastnost svine je njegova vztrajnost v okolju, saj lahko v zgornjih plasteh zemlje vztraja več sto let. Njegova prisotnost v telesu je nevarna že v majhnih koncentracijah. Skupina z največjim tveganjem so otroci do sedmega leta starosti. Klinična slika zastrupitve je odvisna predvsem od koncentracije svine v krvi. Danes določen nivo svine v krvi, pri katerem je potrebno ukrepanje, je 100 µg/l krvi. Določil ga je CDC leta 1991.

Vemo, da je svinec prisoten v okolju, in vemo, da smo mu izpostavljeni, ne vemo pa v kakšnih koncentracijah. V našo raziskavo smo vključili 175 otrok, starih od 7 do 11 let, in jim v vzorcih krvi določili koncentracije svine.

Najprej smo rezultate primerjali znotraj posameznih osnovnih šol. Mejna vrednost, ki smo jo določili za otroke, je 50 µg/l. Pri otrocih iz Žužemberka je bila povprečna vrednost vseh vzorcev 25,63 µg/l. Ti otroci imajo najvišjo koncentracijo svine, vendar v povprečju ne presegajo mejne vrednosti. V tej skupini otrok so bili štirje posamezniki, ki so presegli mejno vrednost. Zakaj so najvišje vrednosti svine v krvi pri teh otrocih, ki živijo na podeželju, ne vemo. Sklepamo pa lahko, da je za to lahko krivo intenzivno kmetijstvo, ki je problematično zaradi onesnaževanja voda z umetnimi gnojili in strupi. Zaradi zelo razvitega turizma, se v Žužemberku zavzemajo za ohranjanje naravne dediščine in tako še danes ni asfaltiranih veliko lokalnih cest. Prepovedana pa je tudi obnova starih hiš in kar okrog 15% prebivalcev je brez ustreznega vodovoda in čiste pitne vode. V 19. stoletju pa je bila dolina reke Krke eno gospodarsko najbolj razvitih območij, ki je doživljalo višek v fužinarstvu in železarstvu. Do podobnih manj logičnih ugotovitev so pripeljale tudi ostale raziskave po svetu, ko so na primer prebivalci odmaknjenega podeželja Nove Gvineje imeli bistveno večje koncentracije svine v krvi, kot pa njihovi avstralski sodržavljeni v centru Melbourne. Številne raziskave namreč dokazujejo, da svinec, ki ga imamo v krvi, izvira izključno iz naše hrane in vode ter svinčenih barvil in instalacijskega materiala našega bivalnega okolja.

Brod je del Ljubljane, ki je nekoliko oddaljen od samega centra mesta in tudi večjih industrijskih središč. Povprečna vrednost svine v krvi, ki smo jo dobili pri otrocih iz OŠ Vižmarje Brod je 21,89 µg/l. Vrednosti pri otrocih niso presegale zastavljene meje, ki smo jo določili, razen v enem primeru.

Povprečna vrednosti pri otrocih iz Idrije je 20,95 µg/l, kar je manj kot pri otrocih iz Broda in Žužemberka. Tudi v tej skupini smo pri analizi vzorcev izmerili dve vrednosti, ki sta bili višji od mejne. Za to skupino otrok so vrednosti verjetno najnižje zaradi zagotovljene visoke javne varnosti in zdravja ljudi ter okoljsko stabilnih pogojev. Lahko tudi, da zaradi velikih količin živega srebra zemlja ni tako močno nasičena s svincem.

Za otroke, ki so imeli koncentracijo svine nad 50 µg/l ni večje nevarnosti za bolezni, saj te vrednosti ne presegajo vrednosti, ki jo je postavila CDC. Poleg tega so ti otroci starejši od 8 let. Ker so imeli samo redki posamezniki iz vseh treh različnih pokrajin toliko višje koncentracije od ostalih vrstnikov, lahko sklepamo, da imajo drugačen način življenja, so priseljeni, so njihovi starši na delu v stiku s svincem, so njihova stanovanja obremenjena s to težko kovino in še so dejavniki, ki bi lahko vplivali na višje koncentracije svine v njihovi krvi.

Pri vseh treh osnovnih šolah smo z Kolmogorov-Smirnovim testom preverjali normalno porazdelitev koncentracije svine v krvi. Pri OŠ Žužemberk koncentracija svine v krvi ustreza normalni porazdelitvi, medtem, ko pri OŠ Vižmarje Brod in OŠ Idrija porazdelitvi koncentracije svine v krvi tej porazdelitvi ne ustrežata. Ker vrednost ni bila povsod normalno porazdeljena, smo za nadaljnje analize uporabili neparametrične teste. Slednji namreč ne uporabljajo predpostavke normalnosti porazdelitve. Z neparametričnim Kruskal-Wallisovim testom smo zavrnili ničelno hipotezo in zaključili, da se koncentracija svine v krvi otrok posamezne skupine statistično značilno razlikujejo glede na osnovno šolo, ki jo obiskujejo. S stališča koncentracije svine v krvi tako ni vseeno ali otrok prihaja iz mestnega, kmečkega ali obremenjenega okolja. Potem smo z Mann-Whitneyevim testom dokazali, da se vzorci otrok OŠ Idrija statistično značilno razlikujejo od vzorcev OŠ Žužemberk in OŠ Vižmarje Brod. Skupini vzorcev OŠ Žužemberk in OŠ Vižmarje Brod pa se statistično ne razlikujeta. Ker nas je zanimalo, ali obstajajo razlike v koncentraciji svine v krvi glede na spol, smo na koncu posamično primerjali še rezultate za deklice in dečke. Med njimi nismo ugotovili statistično značilnih razlik.

Zgornja Mežiška dolina je območje v zgornjem delu reke Meže na severu Slovenije, ki je pri nas najbolj obremenjeno s Pb. Degradacija ter njene okoljske in zdravstvene posledice so rezultat dolgotrajne rudaristične preteklosti. Rezultati vsebnosti Pb otrok, ki so jih izvedli v letu 2004, so bili zaskrbljujoči, saj je imelo kar 78-80% otrok vrednosti nad 100 µg/l. V vzorcih odvzetih leta 2005 je bila najvišja vrednost 375 µg/l, v povprečju pa 159 µg/l.

V letu 2007 so pripravili dolgoročni program sanacije okolja zgornje Mežiške doline, za obdobje do leta 2022. Končni cilj naj bi bil 95 % otrok z vrednostjo Pb pod 100 µg/l.

Raziskave izvedene po Evropi pa kažejo, da je delež otrok, ki imajo vsebnost Pb nad določeno mejo kar 10-50 odstoten. Velik del tega zajema naša severna sosedka Avstrija.

7 SKLEP

Namen te diplomske naloge je bil, da ugotovimo ali se vrednosti koncentracije svine v krvi razlikujejo glede na to, v kakšnem okolju živimo.

- Iz naših rezultatov lahko sklepamo, da otroci, ki smo jih zajeli v preiskavo, povprečno nimajo povišanih koncentracij svine v krvi in to ne glede na to ali živijo v mestnem, kmečkem ali obremenjenem okolju.
- Na podlagi rezultatov različnih statističnih testov, ki smo jih opravili, lahko trdimo, da se koncentracije svine v krvi, statistično značilno razlikujejo glede na to, iz kakšnega življenjskega okolja prihajajo otroci.
- Vzorci otrok OŠ Idrija se statistično značilno razlikujejo od vzorcev OŠ Žužemberk in OŠ Vižmarje Brod. Skupini vzorcev OŠ Žužemberk in OŠ Vižmarje Brod pa se statistično ne razlikujeta.
- Najnižje koncentracije svine v krvi so prisotne pri otrocih iz osnovne šole Idrija, ki predstavljajo otroke iz okolja obremenjenega s težkimi kovinami. Najvišje vrednosti so imeli otroci iz Žužemberka, torej predstavniki kmečkega okolja.
- Pri otrocih nismo ugotovili statističnih razlik v koncentraciji svine v krvi glede na spol.

Vnos nekaterih škodljivih snovi v telo predstavlja znatno tveganje za zdravje tudi v primeru, ko so koncentracije teh snovi sorazmerno nizke. Poleg tega pa je pomemben tudi čas izpostavljenosti tem snovem. Še posebej velja to za tiste, ki se v telesu akumulirajo, tako kot se svinec.

8 LITERATURA

- (1) Ferk S: Seminarska naloga: Onesnaževanje okolja, Maribor, 2000 (dostopno 09.08.2009)
http://baza.svarog.org/ekologija/onesnazevanje_okolja.php
- (2) Več avtorjev: Veliki splošni leksikon, CD ROM, DZS, Ljubljana, 2005
- (3) Viher T: Seminarska naloga: Onesnaževanje prsti, Celje, 2007 (dostopno 27.07.2009)
<http://www.s-sc.ce.edus.si/tomi/seminarske2007/Onesnazevanje/prst.htm>
- (4) Zupan M, Grčman H, Lobnik F: Raziskave onesnaženosti tal Slovenije, Agencija RS za okolje, Ljubljana, 2008: 13, 28
- (5) Zupan M, Grčman H, Lobnik F: Raziskave onesnaženosti tal Slovenije v letu 2006, Agencija RS za okolje, Ljubljana, 2007: 6, 22
- (6) Kabata-Pendias A, Pendias H: Trace elements in soil and plants, CRC Press, Florida, 1984: 315
- (7) Šantej H: Težke kovine v zraku v Sloveniji. Diplomsko delo. Visoka šola za zdravstvo, Ljubljana, 2002: 4, 5
- (8) Krom (dostopno 27.07.2009)
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Krom>
- (9) Lenntech Water treatment & air purification Holding B.V: Crom (dostopno 27.07.2008)
<http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Cr-en.htm>
- (10) Natural health care (dostopno 27.07.2009)
<http://www.zdravje-plus.com/krom.htm>
- (11) Kobalt (dostopno 27.07.2009)
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Kobalt>
- (12) Lenntech Water treatment & air purification Holding B. V: Cobalt (dostopno 27.07.2009)

- <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Co-en.htm>
- (13) Nikelj (dostopno 27.07.2009)
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Nikelj>
- (14) Jamšek P: Nikelj. Seminarska naloga. Naravoslovno tehniška fakulteta, Ljubljana. 2007, 4-6
- (15) Baker (dostopno 27.07.2009)
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Baker>
- (16) Baker (dostopno 27.07.2009)
http://vsebine.svarog.org/periodni_sistem/elementi/029.htm
- (17) Baker (dostopno 27.07.2009)
<http://www.surovine.si/baker.php>
- (18) Lenntech Watter treatment & air purification Holding B.V: Copper (dostopno 27.07.2009)
<http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Cu-en.htm>
- (19) Cink (dostopno 27.07.2009)
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Cink>
- (20) Likar M: Vodnik po onesnaževalcih okolja. Zbornica sanitarnih tehnikov in inženirjev v Sloveniji, Ljubljana, 1998, 319
- (21) Molibden (dostopno 28.07.2009)
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Molibden>
- (22) Molibden (dostopno 28.07.2009)
<http://surovine.si/molibden.php>
- (23) Lenntech Watter treatment & air purification Holding B.V: Molybdenum (dostopno 28.07.2009)
<http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Mo-en.htm>
- (24) Kositer (dostopno 28.07.2009)
<http://sl.wikipedia.org/wiki/Kositer>

- (25) Lenntech Watter treatment & air purification Holding B.V: Tin (dostopno 28.07.2009)
<http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Sn-en.htm>
- (26) Živo srebro (dostopno 28.07.2009)
http://sl.wikipedia.org/wiki/Živo_srebro
- (27) Timbrell J: Paradoks strupa ,Kemikalije kot prijatelji in sovražniki, Inštitut za varovanje zdravja RS, Ljubljana, 2008,113-121, 140-148
- (28) Gnamuš A: Živo srebro v kopenski prehranski verigi-indikatorski organizmi, Prezem in kopičenje, Institut Jožef Stefan, Ljubljana 2002
- (29) Gerhardsson L, Skerfving S: Concepts on biological markers and biomonitoring for metal toxicity V: ChangL.W.Toxicology of metals CRC Press, Inc.,1996, 81-110
- (30) Sanacija onesnaženega okolja v Zgornji Mežiški dolini-svinec in zdravje (dostopno 29.7.2009)
<http://www.sanacija-svinec.si/index.php/svinecinzdravjesplosno.xhtml>
- (31) Voler A: Zastrupitev s svincem, Izzivi družinske medicine-zbornik seminarjev študentov MF UM, 2007/08, 259-264
- (32) Leštan D: Ekopedologija, študijsko gradivo, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo, Katedra za pedologijo in varstvo okolja, Ljubljana, 2002, 268
- (33) Kocjančič A, Mravlje F, Štajer D, Interna medicina, Ljubljana, Littera picta, 2005, 791
- (34) Lead poisoning (dostopno 30.07.2009)
http://en.wikipedia.org/wiki/Lead_poisoning
- (35) Agency for toxic substances and disease registry toxicological frofile for lead (dostopno 30.7.2009)
<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tr13.html>
- (36) Kotnik M: Tam, kjer umirajo drevesa, umirajo tudi ljudje. Sobotna priloga 2007, 16-18

- (37) University of California. Vitamin C levels linked to amount of lead in blood (dostopno 03.08.2009)
<http://www.sciencedaily.com/releases/1999/06/99062507.html>
- (38) Report on carcinogens. Lead and Lead compounds (dostopno 03.08.2009)
<http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/eleventh/profiles/s1001lead.pdf>
- (39) Lead poisoning: Medline Plus (dostopno 03.08.2009)
<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/leadpoisoning.html>
- (40) Cornell University Chelation therapy reduces lead-exposure problems but could create lasting effects for children treated for autism (dostopno 04.08.2009)
<http://www.sciencedaily.com/releases/2006/12/061213174303.htm>
- (41) Škodljive posledice kovinskih odlag v telesu
www.mf.uni-mb.si/slike/Gradivo/patologija-seminarji/skupina1/
- (42) Beritić T, Duraković Z: Metali i metaloidi. Olovo v knjigi Klinična toksikologija, Duraković Z, Universita studiom Zagreb 2000, 168-177
- (43) Uredil Andolšek D: Bolezni krvi in krvotvornih organov, Interna medicina, 967
- (44) Atomic absorption spectroscopy (dostopno 28.09.2009)
<http://elechem.kaist.ac.kr/vt/chem-ed/spe/atomic/aa.htm>
- (45) Atomska plamenska emisijska spektrometrija (dostopno 29.09.2009)
www.student-info.net/.../1232578152MBjDWTi_seminar_atomska_plamenska_emisijska_spec_trometrija.doc
- (46) Atomic Absorption and Emission Spectra (dostopno 01.10.2009)
<http://csep10.phys.utk.edu/astr162/lect/light/absorption.html>
- (47) Analizna kemija II (dostopno 03.10.2009)
http://atom.uni-mb.si/edu/egradiva/analizna2_gradivo.pdf

9 PRILOGE

Analizne vrednosti vzorcev

Zaporedno število vzorca	Koncentracija Pb [$\mu\text{g/l}$]		
	OŠ ŽUŽEMBERK	OŠ BROD	OŠ IDRIJA
1	19	17	15
2	22	23	17
3	30	22	18
4	12	22	15
5	23	19	16
6	11	16	20
7	33	17	16
8	21	18	17
9	10	48	17
10	28	21	16
11	18	19	19
12	23	18	22
13	19	21	27
14	31	21	18
15	43	25	20
16	34	18	17
17	15	16	32
18	17	19	14
19	14	18	18
20	19	18	18
21	15	17	58
22	31	27	15
23	23	17	13
24	14	21	18
25	21	30	18
26	33	51	16
27	26	27	19
28	24	21	34
29	18	19	20
30	65	23	14
31	27	17	15
32	14	21	21
33	36	21	20
34	27	17	23

35	18	17	17
36	24	22	16
37	29	45	27
38	18	25	94
39	27	18	17
40	30	19	17
41	24	20	33
42	26	14	15
43	28	19	22
44	55	19	28
45	44		21
46	51		17
47	14		18
48	15		18
49	10		15
50	69		17
51	29		18
52	19		15
53	27		21
54	38		27
55	31		18
56	21		15
57	20		19
58	42		18
59	37		16
60	19		27
61	12		21
62	17		14
63	20		21
64	14		28
65	22		16
66			21