

DOI 10.7251/VETJSR064D

UDK 636.2.085:616-008:636.2

Оригинални научни рад

УТИЦАЈ ТЕШКИХ МЕТАЛА У ВОДИ НА КОНЦЕНТРАЦИЈЕ МЕТАЛА У КРВИ И МЛЕКУ ВИСОКОМЛЕЧНИХ КРАВА

Ивана ДАВИДОВ*, Драгица СТОЈАНОВИЋ, Миодраг РАДИНОВИЋ,
Јован СТАНОЈЕВИЋ, Михајло ЕРДЕЉАН, Аннамариа ГАЛФИ
ВУКОМАНОВИЋ, Никола ДАВИДОВ, Милица ВРАНЕШЕВИЋ

Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад, Република
Србија

*Коресподентни аутор: Ивана Давидов, ivana.davidov@polj.edu.rs

Сажетак: Циљ овог истраживања је био да се испита присуство тешких метала у води и њихов утицај на концентрације метала у крви и млеку високомлечних крава. Истраживање је спроведено на шест фарми на територији Војводине, где је са сваке фарме насумично одабрано 20 крава. Узети су узорци крви и млека крава, као и узорци воде са фарми, која је потицала из јавног водовода који подлеже редовном санитарном надзору у складу са важећим прописима У свим узорцима анализирани су нивои пет тешких метала: олова (Pb), кадмијума (Cd), никла (Ni), хрома (Cr) и арсена (As). Резултати дескриптивне статистике показали су да су концентрације метала у води биле релативно ниске, док су у млеку и крви крава варирале, с највишим концентрацијама за олово и никл. Простом линеарном регресијом су испитане корелације између концентрација метала у води и њихових нивоа у млеку. Иако је олово показало високу корелацију ($r=0,955$), статистичка значајност ове везе била је маргинална ($p=0,088$). Остали метали, као што су кадмијум, никл, хром и арсен, нису показали значајну корелацију између концентрација у води и млеку. Ови резултати указују на то да олово може имати утицај на концентрацију овог метала у млеку, док остали тешки метали не показују значајну повезаност. Даља истраживања су потребна како би се разјаснили потенцијални дугорочни ефекти изложености тешким металима на здравље крава и безбедност млека.

Кључне речи: тешки метали, вода, крв, млеко, крава

УВОД

Загађење животне средине тешким металима представља озбиљан глобални проблем, који се директно одражава на екосистем и здравље животиња и људи. Тешки метали, попут олова (Pb), кадмијума (Cd), никла (Ni), хрома (Cr) и арсена (As), присутни су у различитим сегментима животне средине, укључујући водене ресурсе, ваздух, земљиште и храну. Због својих специфичних особина, као што су дуготрајан животни век, биоакумулација и токсичност, ови метали могу имати

озбиљан утицај на биолошке системе, укључујући и домаће животиње (Mitra и сар., 2022; Pujari и Kapoor, 2021; Tchounwou и сар., 2012).

На фарми високомлечних крава, као значајном извору за производњу млека, може доћи до контаминације тешким металима кроз различите канале, најчешће путем загађене хране, воде или директним контактом са загађеним окружењем. С обзиром на то да краве редовно конзумирају воду, а млеко је производ који је у широкој употреби, значај испитивања присуства тешких метала у овом контексту постаје кључан, како за здравље животиња, тако и за људску безбедност. Контаминација воде може довести до повећане концентрације тешких метала у организму крава (Tahir и Alkheraije, 2023), што заузврат може негативно утицати на квалитет млека и сигурност млека и млечних производа.

Иако су многа истраживања (Mitra и сар., 2022; Awasthi и сар., 2022; Katare и сар., 2021; Pujari и Kapoor, 2021; Davidov и сар., 2019; Adeleye и сар., 2016; Sankhla и сар., 2016; Tchounwou и сар., 2012) доказала присуство тешких метала у различитим деловима екосистема, врло се мало истраживања фокусирали на специфичан утицај тешких метала у води на концентрације тих метала у крви и млеку високомлечних крава. Такође, још увек није потпуно разјашњено који метали имају највећи утицај на здравље крава и на квалитет млека, нити како загађење водених ресурса може директно утицати на метаболизам и биоакумулацију ових метала у организму крава. Због ових недостатака у литератури неопходно је спровођење истраживања која ће пружити јаснији увид у повезаност између загађења воде тешким металима и концентрације метала у млеку и крви животиња.

Присутност тешких метала у води може се одразити на органе животиња кроз различите биолошке процесе (Sankhla и сар., 2016), укључујући апсорпцију метала путем дигестивног система, акумулацију у ткивима, и излучивање преко млека (Mitra и сар., 2022; Jaishankar и сар., 2014; Licata и сар., 2004). Због своје биоакумулације, тешки метали се могу таложити у виталним органима, као што су јетра, бубрези и плућа (Hossini и сар., 2022; Witkowska и сар., 2021), што може утицати на опште здравље крава (Tahir и Alkheraije, 2023). Када су у питању краве на фармама, утицај тешких метала у води може бити посебно забрињавајући, јер многе фарме користе изворе воде са потенцијалним загађењем тешким металима. Ова вода постаје кључни фактор за унос тешких метала у организам крава, чиме може доћи до њихове акумулације у млеку.

Упркос томе што је већ познато да тешки метали утичу на здравље крава, постоји врло мало података о томе како конкретно присуство метала у води може утицати на нивое метала у млеку. Разумевање ове динамике важно је за минимизацију ризика по здравље људи, јер млеко као прехранбени производ може бити директно контаминирано, што може довести до здравствених проблема код потрошача. Контаминација млека тешким металима такође може имати негативне ефекте на плодност и здравље животиња (Hossini и сар., 2022; Wrzecińska и сар., 2021), смањујући производњу млека, што има економске последице за фармере.

Због свега наведеног, циљ овог истраживања је да се испита утицај тешких метала у води на концентрације метала у крви и млеку високомлечних крава. Иако претходна истраживања указују на значај присуства тешких метала у животној средини, истраживање које повезује нивое метала у води са њиховим концентрацијама у млеку и крви високомлечних крава представља новину. Стога би ово истраживање могло пружити увид у тренутну ситуацију на фармама и омогућити давање препорука за смањење загађења и побољшање безбедности хране.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДЕ

Истраживање је спроведено у летњем периоду на шест фарми на територији АП Војводини, Република Србија, где је насумично изабрано по двадесет крава са сваке фарме, што је укупно чинило 120 крава. Краве које су укључене у истраживање су биле у добром здравственом стању, старости од две до пет година, у доброј кондицији и налазиле су се у различитим фазама лактације, али под стандардним режимом исхране за високомлечне краве.

Узораци крви, млека и воде су прикупљени са свих шест фарми. Од сваке краве узето је по 5 мл крви из репне вене, као и 10 мл млека током прве јутарње муже. Пре узимања узорака крви, место вене пункције је дезинфиковано алкохолом и затим је стерилном иглом извађена крв. Непосредно пре узимања узорака млека, виме крава је опрано топлом водом и обрисано чистом, сувом крпом. Такође, узето је 10 мл воде са сваког извора који је служио за напајање стоке, како би се проверио квалитет воде коју краве пију. Краве су се напајале водом из локалног водоводног система, који се користи за сточну и домаћинску употребу. Према подацима менаџера фарми, вода је потицала из јавног водовода који подлеже редовном санитарном надзору у складу са важећим прописима. Детаљни подаци о резултатима контрола квалитета воде нису били доступни, али се претпоставља да вода задовољава стандарде за употребу у пољопривредне сврхе и да не садржи тешке метале у концентрацијама изнад дозвољених вредности. Сви узорци, крви, млека или воде, стављени су у стерилне посуде, које су обележене и чуване у фрижидеру до транспорта у лабораторију на анализу.

У лабораторији су сви узорци подвргнути анализи на присуство тешких метала, укључујући арсен, олово, кадмијум, никал и хром. За мерење концентрација метала коришћена је метода атомске апсорпционе спектрометрије (ААС). Ова метода омогућава високу прецизност у детекцији и квантитативном одређивању концентрација тешких метала. Вода је директно анализирана, док су млеко и крв претходно пролазили кроз процес дигестије како би се ослободиле честице метала из својих матрица. Калибрација инструмента је вршена помоћу стандардних раствора познатих концентрација метала. Тиме су се осигурали тачни и прецизни резултати анализе. За контролу квалитета, узимани су и бланко узорци и узорци са познатим концентрацијама метала, а резултати су верификовани кроз интерне стандарде. Анализе су изведене према стандардним процедурама које су осигуравале веродостојност података.

За статистичку обраду података примењене су стандардне методе дескриптивне и аналитичке статистике. Средње вредности, максималне и минималне вредности, као и стандардне девијације коришћене су за описивање резултата. За процену статистичке значајности, примењена је Пирсонова корелација, а статистички значајни резултати су они који су имали p -вредност мању од 0,05. Статистички пакет, као што је СПСС 26.0, коришћен је за анализу и обраду података. Такође, примењена је метода једноставне линеарне регресије ради испитивања односа између концентрација тешких метала у води и њихових концентрација у млеку и крви.

Сви поступци узорковања крви и млека крава, вршени су у складу са етичким смерницама за рад са животињама, уз претходну сагласност од стране власника животиња. Истраживање није изазвало било какве негативне последице по здравље животиња и спроведено је у складу са прописима Републике Србије о заштити животиња.

РЕЗУЛТАТИ

Испитивањем узорака воде за напајање, крви и млека крава са шест фарми у Војводини, добијене вредности дескриптивне статистике су приказане у табели 1. Ова табела садржи резултате анализе пет тешких метала у три различита узорка: вода за напајање, крв крава и млеко крава. За сваки метал анализирани су средње вредности (mg/L) и стандардне девијације (Sd), које пружају преглед концентрација и варијација метала у узорцима.

Табела 1. Резултати дескриптивне статистике за тешке метале у води за напајање, крви крава и млеку крава

Метали у млеку	mg/L \pm Sd	Метали у води	mg/L \pm Sd	Метали у крви	μ g/L \pm Sd
Pb	0,206 \pm 0,183	Pb	0,012 \pm 0,008	Pb	0,018 \pm 0,021
Cd	0,006 \pm 0,046	Cd	0,000 \pm 0,000	Cd	0,011 \pm 0,017
Ni	0,398 \pm 0,578	Ni	0,053 \pm 0,010	Ni	0,022 \pm 0,017
Cr	0,021 \pm 0,022	Cr	0,165 \pm 0,004	Cr	0,016 \pm 0,012
As	0,067 \pm 0,054	As	0,028 \pm 0,026	As	0,042 \pm 0,030

За олово (Pb), средња вредност у млеку је 0,206 mg/L са стандардном девијацијом од 0,183, што указује на релативно ниску концентрацију уз одређену варијацију. У води је средња вредност олова 0,012 mg/L, а стандардна девијација 0,008, што указује на веома ниску и стабилну концентрацију. Средња вредност у крви је

0,018 $\mu\text{g/L}$, а стандардна девијација 0,021, што значи да је концентрација олово у крви такође ниска, али са већом варијацијом.

За кадмијум (Cd), средња вредност у млеку је 0,006 mg/L , али са високом стандардном девијацијом од 0,046, што указује на веома ниску концентрацију са великом варијацијом. У води није било присуства кадмијума ($0,000 \pm 0,000$), док је у крви средња вредност 0,011 $\mu\text{g/L}$ са стандардном девијацијом 0,017, што указује на ниску концентрацију са малом варијацијом.

Средња вредност никла (Ni) у млеку је 0,398 mg/L , али са високом стандардном девијацијом од 0,578, што указује на високу концентрацију и велику варијацију. У води је концентрација никла веома ниска (0,053 mg/L са стандардном девијацијом 0,010), а у крви је концентрација никла такође ниска, са средњом вредношћу од 0,022 $\mu\text{g/L}$ и стандардном девијацијом 0,017.

Хром (Cr) показује веома ниску концентрацију у млеку (0,021 mg/L са стандардном девијацијом 0,022), али са мало већом концентрацијом у води (0,165 mg/L са стандардном девијацијом 0,004). У крви је хром такође присутан у ниским количинама (0,016 $\mu\text{g/L}$ са стандардном девијацијом 0,012).

Арсен (As) има средњу вредност у млеку од 0,067 mg/L са стандардном девијацијом 0,054, што указује на ниску концентрацију са неком варијацијом. У води је арсен присутан у малим количинама (0,028 mg/L са стандардном девијацијом 0,026), док је у крви средња вредност 0,042 $\mu\text{g/L}$ са стандардном девијацијом 0,030.

Табела 2 представља резултате регресионе анализе која истражује утицај концентрације тешких метала у води на присуство ових метала у млеку крава. Резултати су приказани у три колоне: коефицијент корелације (r), F -статистика (F) и p -вредност (p). Коефицијент корелације (r) указује на снагу и правац односа између концентрације метала у води и његове концентрације у млеку. Вредности близу 1 или -1 указују на јаку корелацију, док вредности близу 0 указују на слабу или никакву корелацију. F -статистика тестира статистичку значајност модела, а p -вредност показује да ли је резултат статистички значајан.

Табела 2. Резултати регресионе анализе утицаја тешких метала у води за напајање на присуство тешких метала у млеку крава

Метал	r	F	p
Pb	0,955	10,333	0,088
Cd	0,411	0,203	0,831
Ni	0,506	0,344	0,744
Cr	0,596	0,552	0,644
As	0,908	4,685	0,176

Резултати за олово (Pb) показују јаку позитивну корелацију ($r=0,955$) између концентрације овог метала у води и његовог присуства у млеку. Међутим, F -статистика је 10,333, али p -вредност је 0,088, што значи да корелација није статистички значајна на нивоу од 5%, иако је близу значајности.

За кадмијум (Cd), коефицијент корелације је 0,411, што указује на слабу позитивну корелацију, али F -статистика је веома ниска (0,203), а p -вредност је висока (0,831), што указује да ова корелација није статистички значајна.

Никл (Ni) има коефицијент корелације од 0,506, што указује на слабу до умерену позитивну корелацију, али F -статистика (0,344) и p -вредност (0,744) су високи, што значи да корелација није статистички значајна.

За хром (Cr), коефицијент корелације је 0,596, што указује на умерену позитивну корелацију, али F -статистика је ниска (0,552), а p -вредност (0,644) указује да ова корелација није статистички значајна.

Арсен (As) показује јаку позитивну корелацију ($r=0,908$) између концентрације арсена у води и млеку, али F -статистика (4,685) и p -вредност (0,176) су нешто ниже од 0,05, што указује да корелација није статистички значајна на нивоу од 5%, али може бити значајна на нивоу од 10%.

Као резиме статистичких података, олово (Pb) и арсен (As) показују релативно јаку корелацију са концентрацијама у млеку, али ниједна од ових корелација није статистички значајна на нивоу од 5%. Кадмијум (Cd), никл (Ni) и хром (Cr) немају значајан утицај на њихове концентрације у млеку, јер су r вредности ниске, а p вредности високе.

ДИСКУСИЈА

Ово истраживање је имало за циљ да испита концентрацију тешких метала у води, млеку и крви високомлечних крава на шест фарми. Резултати су показали да су концентрације Pb биле највише у млеку, док су концентрације других метала, попут Cd, Ni, Cr и As, биле ниже. Регресијска анализа је указала на јаку корелацију између концентрација Pb у води и млеку, док остали метали нису показали значајну повезаност (Cowan и Blakley, 2016).

Многи истраживачи (Boudebouz и сар., 2021; Davidov и сар., 2019; Licata и сар., 2004) су се бавили питањем присуства тешких метала у млеку и њиховом потенцијалном утицају на здравље људи и животиња. Према студијама Giri и сар. (2020), Pb је често један од најзаступљенијих метала у млеку, што је у складу са налазима овог истраживања. Они су такође, извештавали да концентрације Pb у млеку могу бити последица контаминације хране и воде, што би одговарало као могући извори контаминације у оквиру овог истраживања.

У истраживању Ogbay и сар. (2021) и Bilandžić и сар. (2021) су истраживали Cd и Ni у млеку и крви животиња, те су приметили сличне ниске концентрације ових метала у млеку. У резултатима овог истраживања, Cd је био присутан у врло ниским концентрацијама у млеку ($0,006 \pm 0,046$ mg/L), што је у складу са њиховим налазима. Ови метали се често не акумулирају у значајној количину у млеку, јер је њихова биорасположивост у организму крава мања него код метала попут Pb.

Што се тиче As, резултати у оквиру овог истраживања су у складу са истраживањем Rana и сар. (2010), који су такође бележили ниске концентрације As у млеку. Иако As може бити присутан у храни и води, његов ниво у млеку

често остаје испод детектабилних граница, што сугерише да краве ефикасно елиминишу овај метал. За разлику од Davidov и сар. (2021), који су усвом истраживању закључили да As у води за напајање крава има статистички позитивно јаку корелацију са концентрацијом As у крви и млеку, што значи да са повећањем концентрације As у води долази до повећања концентрације As у крви и млеку.

Један од кључних фактора који може објаснити резултате овог истраживања је начин на који тешки метали улазе у организам крава. Pb, на пример, има тенденцију да се акумулира у млеку, јер може да пролази кроз дигестивни систем и да буде апсорбован у крвоток, где се везује за протеине и транспортује до млечне жлезде (Swarup и сар., 2005). Ово би могао бити разлог зашто је концентрација Pb у млеку била значајно већа него у води и крви крава у оквиру овог истраживања.

С друге стране, Cd и Ni су метали који се спорије апсорбују и имају тенденцију да се акумулирају у костима, због чега њихове концентрације у млеку могу бити знатно ниже. Овај феномен је добро документован у литератури Rocznik и сар. (2017).

Такође, чињеница да је вода са фарми била контаминирана са релативно ниским концентрацијама метала може указивати на то да сам ниво контаминације у околини није био довољан да изазове високе концентрације метала у крви или млеку. У студији Ullah и сар. (2024), слични резултати су забележени на фармама које користе воду са ниским концентрацијама тешких метала.

Резултати овог истраживања указују на потенцијалну опасност од акумулације Pb у млеку крава, што може имати негативне последице по људско здравље, нарочито при конзумирању млека које није адекватно преконтролисано. Иако су концентрације осталих метала биле релативно ниске, значај Pb у млеку, које је директно повезано са контаминацијом воде, представља важан налаз. Овај резултат је у складу са Mukherjee и сар. (2023) који сугеришу да је мониторинг нивоа тешких метала у храни и води кључан за обезбеђивање безбедности млека и других млечних производа.

Ове информације су важне за млекарску индустрију, јер указују на потребу за имплементацијом бољих система контроле квалитета воде и хране, посебно на фармама које користе воду из природних извора који могу бити загађени. Такође, ове информације могу бити корисне у постављању нових смерница за максималне дозвољене концентрације тешких метала у млеку.

Једно од ограничења овог истраживања је што је број фарми био ограничен на шест фарми, што значи да резултати можда нису потпуно репрезентативни за све фарме у региону. Такође, узорци су узети само у летњем периоду, што може бити фактор у варијацији концентрација метала, јер сезонске промене могу утицати на нивое контаминације.

Будућа истраживања би требало да прошире број фарми и узорке током различитих сезона, као и да се фокусирају на специфичне изворе загађења, као што су пестициди и индустријски отпад. Такође, требало би истражити ефекте

тих метала на здравље крава, што би могло пружити додатне информације о потенцијалним ризицима за животиње и људе.

ЗАКЉУЧАК

Резултати овог истраживања су показали да су концентрације Pb биле највише у млеку, док су други метали, попут Cd, Ni, Cr и As, били присутни у знатно нижим концентрацијама. Поред тога, регресијска анализа је указала на значајну корелацију између концентрација Pb у води и млеку, док остали метали нису показали сличну повезаност. Ови резултати указују на то да вода представља главни извор загађења за Pb у млеку, док остали метали нису показали изражен утицај.

Такође, ови налази имају значајну импликацију у млекарској индустрији, јер указују на потребу за бољим системима контроле квалитета воде и хране, нарочито у контексту смањења присуства тешких метала у храни и води за стоку. С обзиром на потенцијалне ризике за људско здравље, нарочито при конзумирању млека, препоручује се увођење ригорознијих стандарда за нивое тешких метала у млеку.

Поред тога, истраживање је указало на потребу за даљим истраживањима која би обухватила већи број фарми и узорака током различитих сезона (узимајући у обзир и анализу хране за животиње), како би се добили прецизнији подаци о варијацијама концентрација метала у околини и њиховом утицају на здравље крава. Такође, будућа истраживања треба да обухвате и ефекте тешких метала на здравље животиња, што би омогућило боље разумевање дугорочних последица.

Изјава о сукобу интереса: Аутори изјављују да не постоји сукоб интереса.

ЛИТЕРАТУРА

- Adeleye A.S., Conway J.R., Garner K., Huang Y., Su Y., Keller A.A. (2016): Engineered nanomaterials for water treatment and remediation: Costs, benefits, and applicability. *Chemical Engineering Journal*, 286:640-662. DOI: 10.1016/j.cej.2015.10.105
- Awasthi G., Nagar V., Mandzhieva S., Minkina T., Sankhla M.S., Pandit P.P., Aseri V., Awasthi K.K., Rajput V.D., Bauer T. (2022): Sustainable amelioration of heavy metals in soil ecosystem: Existing developments to emerging trends. *Minerals*, 12(1):85. DOI: (MDPI): 10.3390/min12010085
- Bilandžić N., Calopek B., Sedak M., Dokić M., Gajger I.T., Murati T. (2021): Essential and potentially toxic elements in raw milk from different geographical regions of Croatia and their health risk assessment in the adult population. *Journal of Food Composition and Analysis*, 104:104152. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.104152
- Boudebouz A., Boudalia S., Bousbia A., Habila S., Boussadia M.I., Gueroui Y. (2021): Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. *Science of the Total Environment*, 751:141830. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141830
-

- Cowan V., Blakley B. (2016): Acute lead poisoning in western Canadian cattle - A 16-year retrospective study of diagnostic case records. *Canadian Veterinary Journal*, 57(4):421-426.
- Davidov I., Stojanović D., Galfi Vukomanović A., Vranešević M., Radinović M., Erdeljan M., Lakić B. (2021): Uticaj arsena na parenhim vimena krava. *Veterinarski žurnal Republike Srpske*, 21(1-2):294-301. DOI: 10.7251/VETJEN2101286D
- Davidov I., Kovačević Z., Stojanović D., Pucarević M., Radinović M., Stojić N., Erdeljan M. (2019): Contamination of cow milk by heavy metals in Serbia. *Acta Scientiae Veterinariae*, 47(1):1682-1685. DOI: 10.22456/1679-9216.96366
- Giri A., Bharti V.K., Kalia S., Arora A., Balaje S.S., Chaurasia O.P. (2020): A review on water quality and dairy cattle health: A special emphasis on high-altitude region. *Applied Water Science*, 10:79. DOI: 10.1007/s13201-020-1160-0
- Hossini H., Shafie B., Niri A.D., Nazari M., Esfahlan A.J., Ahmadpour M. (2022): Comprehensive review on human health effects of chromium: insights on induced toxicity. *Environmental Science and Pollution Research*, 2022(47): 70686-70705. DOI: 10.1007/s11356-022-22705-6
- Jaishankar M., Tseten T., Anbalagan N., Mathew B.B., Beeregowda K.N. (2014): Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdiscip Toxicol*, 7(2):60-72. DOI: 10.2478/intox-2014-0009
- Katare P.Y., Sankhla M.S., Singhal M., Ekta B., Jadhav K.P., Bhagyashri T.N., Bhardwaj L. (2021): Microplastics in aquatic environments: Sources, ecotoxicity, detection & remediation. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 12:3407-3428. DOI: 10.33263/BRIAC123.34073428
- Licata P., Trombetta D., Cristani M., Giofre F., Martino D., Calo M., Naccari F. (2004): Levels of “toxic” and “essential” metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy. *Environment International*, 30(1):1-6. DOI: 10.1016/S0160-4120(03)00139-9
- Mitra S., Chakraborty A.J., Tareq A.M., Emran T.B., Nainu F., Khusro A., Idris A.M., Khandaker M.U., Osman H., Alhumaydhi F.A., Simal-Gandara J. (2022): Impact of heavy metals on the environment and human health: Novel therapeutic insights to counter the toxicity. *Journal of King Saud University-Science*, 34(3):101865. DOI: 10.1016/j.jksus.2022.101865
- Mukherjee A.G., Renu K., Gopalakrishnan A.V., Veeraraghavan V.P., Vinayagam S., Paz-Montelongo S., Dey A., Vellingiri B., George A., Madhyastha H., Ganesan R. (2023): Heavy metal and metalloid contamination in food and emerging technologies for its detection. *Sustainability*, 15(2):1195. DOI: 10.3390/su15021195
- Oraby M.I., Baraka T.A., Rakha G.H. (2021): Impact of cadmium intoxication on health status, rumen and blood constituents in Egyptian Ossimi sheep. *International Journal of Veterinary Science*, 10:102-106. DOI: 10.47278/journal.ijvs/2021.040
-

- Pujari M., Kapoor D. (2021): 1- Heavy metals in the ecosystem: Sources and their effects. *Heavy Metals in the Environment*, 2021:1-7. DOI: 10.1016/B978-0-12-821656-9.00001-8
- Rana T., Bera A.K., Das S., Bhattacharya D., Bandyopadhyay S., Pan D. (2010): Effect of chronic intake of arsenic-contaminated water on blood oxidative stress indices in cattle in an arsenic-affected zone. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73:1327-1332. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2010.07.019
- Roczniak W., Brodziak-Dopierała B., Cipora E., Jakóbič-Kolon A., Kluczka J., Babuška-Roczniak M. (2017): Factors that affect the content of cadmium, nickel, copper and zinc in tissues of the knee joint. *Biological Trace Element Research*, 178(2):201-209. DOI: 10.1007/s12011-017-0934-5
- Sankhla M.S., Kumari M., Nandan M., Kumar R., Agrawal P. (2016): Heavy metals contamination in water and their hazardous effect on human health- A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5:759-766. DOI: 10.20546/ijcmas.2016.510.082
- Swarup D., Patra R.C., Naresh R., Kumar P., Shekhar P. (2005): Blood lead levels in lactating cows reared around polluted localities; transfer of lead into milk. *Science of the Total Environment*, 347:106-110. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2004.12.055
- Tahir I., Alkheraije K.A. (2023): A review of important heavy metals toxicity with special emphasis on nephrotoxicity and its management in cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, DOI: 10.3389/fvets.2023.1149720
- Tchounwou P.B., Yedjou C.G., Patlolla A.K., Sutton D.J. (2012): Heavy metal toxicity and the environment. *Experientia Supplementum*, 101:133-164. DOI: 10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- Ullah W., Ahmad K., Rehman G., Ullah K., Kebaili I., Majeed A., Subhanullah M., Rawan B., Hussain S. (2024): Heavy metal impacts on antioxidants in cow blood from wastewater-irrigated areas. *Scientific Reports*, 2024:16918. DOI: 10.1038/s41598-024-67792-2
- Witkowska D., Słowik J., Chilicka K. (2021): Heavy metals and human health: Possible exposure pathways and the competition for protein binding sites. *Molecules*, 26(19):6060. DOI: 10.3390/molecules26196060
- Wrzecińska M., Kowalczyk A., Cwynar P., Czerniawska-Piątkowska E. (2021): Disorders of the reproductive health of cattle as a response to exposure to toxic metals. *Biology (Basel)*, 10(9):882. DOI: 10.3390/biology10090882
-