

Állatorvostudományi Egyetem  
Állathigiéniai, Állomány-egészségtani és Állatorvosi  
Etológiai Tanszék

**Szárazonálló vemhes tehenek és újszülött borjaik szelén és  
mangán státuszának vizsgálata tejelő állományokban**

**Készítette:** Molnár Fanni

**Témavezető:** dr. Könyves László

ÁTE Állathigiéniai, Állomány-egészségtani és Állatorvosi Etológiai Tanszék  
Egyetemi Docens, Tanszékvezető

**Társkonzulensek:** dr. Bartha András, dr. Hejel Péter

Budapest, 2017

## Tartalom

I. Bevezetés.....	3
II. Irodalmi áttekintés .....	4
II. 1. Általában a Mn és Se jelentőségéről .....	4
II.1.1. Mangán.....	4
II.1.2. Ajánlott mangánbevitel .....	4
II.1.3. Szelén.....	6
II.1.4. Ajánlott szelénbevitel .....	6
II.2. Az állatok mangánnal és szelénnel való ellátása .....	7
II.2.1. Per os ellátás .....	7
II.2.2. Injektábilis kiegészítés .....	11
II.3. Kiválasztás.....	12
II.3.1. A mangán kiválasztása.....	12
II.3.2. A szelén kiválasztása.....	12
II.4. Mangán- és szelénellátottság ellenőrzésének módszerei .....	13
II.4.1. Vérben mérhető mangán- és szelén koncentrációk.....	13
II.4.2. Szőrből mérhető mangán- és szelén .....	14
II.4.3. Egyéb szövetekben, szövetekben mérhető mangán- és szelén .....	16
II.5. Kolosztrumban mérhető mangán- és szelén .....	18
II.5.1. Kolosztrumban mérhető mangán.....	18
II.5.2. Kolosztrumban mérhető szelén.....	19
II.6. Az anya és az utód közötti mangán és szelén transzfer .....	20
II.6.1. Mangán.....	20
II.6.2. Szelén.....	21
II.7. Mangán- és szelénhiány .....	24
II.7.1. Mangánhiány tünetei .....	24
II.7.2. Szelénhiány tünetei .....	26
III. Saját vizsgálatok .....	28
III.1. Célkitűzés.....	28
III.2. Anyag és módszer.....	28
III.2.1. A vizsgálatban részt vevő állományok jellemzői .....	28
III.2.2. A vizsgálati minták.....	28
III.2.3. A vizsgálat módszere .....	29
III.3. Eredmények és megbeszélésük.....	37
III.4. Következtetések .....	51

IV. Összefoglalás .....	52
V. Summary .....	53
VI. Köszönetnyilvánítás.....	54
VII. Mellékletek.....	55
VIII. Irodalomjegyzék .....	58

## I. Bevezetés

A gazdasági haszonállatok, így a tejlő tehének tápanyag-ellátottsága nagyban befolyásolja az állatok egészsét és termelési eredményeit, ezáltal a termelés gazdaságosságát. Az optimális tápanyag ellátottság elérésére alkalmazott takarmányozási gyakorlatok nem nélkülözhetik a folyamatos ellenőrzést. Megfelelő monitoring eljárások kidolgozása szükséges. Ezen monitoring eljárások alkalmazásával kapcsolatban vizsgáltuk meg szárazonálló vemhes tehének és újszülött borjaik szelén- és mangánstátuszát. Az anyák és borjaik biológiai mintáiból (vér, szőr, kolosztrum) mérhető szelén- és mangán koncentrációk közötti összefüggéseket kerestük. Az összefüggések feltárása az állomány-egészségügyi és takarmányozási monitoring protokollok kidolgozásához nyújthatnak segítséget.

## **II. Irodalmi áttekintés**

### **II. 1. Általában a Mn és Se jelentőségéről**

Az ásványi anyagok fontos szerepet játszanak az immunfunkciókban, a növekedésben és a fertilitásban (Machado és mtsai, 2013). Az ásványi anyagok fokozzák a neutrofil granulociták működését és a glutation-peroxidáz enzim aktivitását a borjakban az élet első 2 hetében (Teixeria, 2014)

#### **II.1.1. Mangán**

A mangán esszenciális nyomelem kérődzők számára (Hidiroglou, 1979). Összességében számos enzim aktivált a mangán által. (Djokovic, és mtsai., 2014) Metalloenzimeknek nevezik ezeket az enzimeket, melyek redukciós reakciók szereplői. A metalloenzimek több élettani folyamatban is részt vesznek, úgymint a légzés, a szénhidrát- és lipidmetabolizmus, a kollagénszintézis, keratinszintézis, antioxidáns folyamatok. (Gressley, 2009) A mangán több enzim fontos összetevője, így az argináznak, a szuperoxid-dizmutáznak és a piruvát-karboxiláznak. (Djokovic, és mtsai, 2014) Ezen kívül a glükózil-transzferáz enzimesaládnak is. Ez az enzimesalád a porc proteoglikánjainak metabolizmusában vesz részt, mely a glükózaminoglikán és az oligoszacharidok oldallánc szintézisében játszik szerepet (Leach és Harris, 1997). Ezek alapján a mangán a fiziológiás folyamatok széles és változatos köréhez esszenciális, akár a növekedés, termelés, reprodukció, vagy az egészség (Gressley, 2009).

#### **II.1.2 Ajánlott mangánbevitel**

Nehézségekbe ütközik a mangánigény minimális értékének megállapítása kérődzőkben, mert a mangán elérhetősége függ a takarmány egyéb komponenseitől, különösen a kalcium és foszfor koncentrációtól (Hidiroglou, 1979), mivel mindkét elem befolyásolja a mangán felhasználhatóságát (Rojas 1965)

Ha a takarmány megközelítőlegesen mangántartalma 14 mg / takarmány-szárazanyag kg, ez eléri egy 600 kg-os, napi 30 kg tejet termelő szarvasmarha totális mangánigényét, és ha ez az érték 17 mg/ takarmány-szárazanyag kg, akkor megfelelő egy 700 kg-os, szárazon álló, a vemhesség utolsó hónapjában lévő tehénnek. Ezen javaslatok viszont alacsonyabbak, mint az NRC 1989-

es ajánlása szerinti 40 mg/kg érték, továbbá szintén alacsonyabb, mint az egyéb tanulmányokban feltüntetett számok, ugyanis más ajánlások már mangán deficienciáról beszélnek 15-17 mg/szárazanyag kg érték alatt. Így például Rojas és munkatársai (1965) azt mondták ki, hogy 16-17 mg mangán/ kg szárazanyag egy vemhes tehén esetén ugyanúgy, mint egy húshasznú tehénnek esetén mangánhiányhoz vezet a születendő utódokban, Hansen és munkatársai (2006) pedig leírták, hogy ha a takarmány szárazanyaga kg-onként 16,6 mg mangánt tartalmaz, az nem elegendő a vemhes tehén számára a megfelelő magzati fejlődéshez. Azon borjak, melyek anyja a vemhesség során csak ehhez a mennyiséghez jutott hozzá, alacsonyabb vér-mangán koncentrációval születtek illetve mutatták a mangánhiány klinikai tüneteit is. A 16,6 mg Mn/kg takarmány szárazanyag kielégítő mennyiség a tehén számára, de nem fedezi a növekvő magzat igényeit. 50 mg mangán/ kg takarmány szárazanyag nem növeli az anya vérének mangán koncentrációját, de megelőzhető vele, hogy a mangánhiány klinikai jelei mutatkozzanak a borjúban. Az NRC ajánlása szerint használatos az abszorpciós koeficiens fogalma, mely a takarmányban lévő és a felszívódó mangán közötti összefüggést mutatja be: a felszívódó mangán grammban megadva/teljes mangán grammban megadva. Ez a takarmányban 0,0075, míg a kiegészítőkből 0,0015 és 0,012 az NRC 2001-es ajánlása szerint. Ha a takarmány abszorpciós koeficiense 0,0075, ez az alaptakarmánnyal felvett 3,8 mg/nap felszívódásra képes mangán esetén megfelel a 2001-es ajánlásba foglalt becsült felszívódott mangánszükségletnek (1,8 mg/nap). Weiss és Socha, 2005-ös kutatása szerint a látszólagos felszívódás 2,3-6,7% közé tehető. A mangán-kiegészítők esetén magasabb látszólagos emészthetőség mérhető, mely a kiegészítésből származó mangán nagyobb arányú felszívódásával támasztható alá. Azt viszont figyelembe kell venni, hogy az NRC az abszorpciós koeficiens fogalmát nem vonatkoztatja szerves nyomelem kiegészítőkre, azonban korábbi vizsgálatok alátámasztják, hogy a mangán-metionin magasabb biológiai hasznosulású, a mangán-szulfáthoz képest. Ezen kutatás ajánlása szerint a napi bevitel szárazonálló és laktáló Holstein-fríz szarvasmarhák számára 580 mg mangán, ugyanis ez a mennyiség képes fedezni a becsült elkerülhetetlen mangánvesztéséget a bélsárral. Ezen javaslat körülbelül 1,6-2,7- szer nagyobb az NRC által 2001-ben ajánlott értékeknél. (Weiss és Socha, 2005) A Magyar Takarmánykódexben rögzített maximális elem-tartalom takarmány-keverékre vonatkozóan 150 mg/kg takarmány szárazanyagra vonatkoztatva.

### II.1.3. Szelén

A szelén egy olyan nyomelem, mely szerepet játszik a sejt metabolizmusa közben keletkező hidrogén-peroxid akkumulációja elleni védelemben (Sordillo, 2016). Ez a funkció a szelenoproteineken keresztül valósul meg, mint a glutation-peroxidáz enzimsalád, a jodotironindejodáz és a tioredoxin-reduktáz, melyek aktív centrumában szelenocisztin található (Brigelius-Flohé és Maiorino, 2013; Mehdi és Dufrasne. 2016). Tehát a szelén az enzimek prosztetikus csoportjaként funkcionál. (Rotruck és mtsai, 1973). A szelén és az E-vitamin hatására a késői vemhesség során javulnak a vemhesülési mutatók, csökken az üres napok száma, és a petefészekciszta és a mastitis incidenciája (Bayril, és mtsai, 2015; Mehdi és Dufrasne. 2016; Pavlata és mtsai, 2003). Védi a sejteket az oxidatív károsodástól azáltal, hogy lipidoldékony és a sejtmembránhoz kapcsolódik. Ekképpen, az E-vitamin és a szelén együttes funkciója a sejt védelme az oxidatív reakciók okozta károsodásokkal szemben, ezért a hasonló funkció következtében az egyik csökkenése esetén a másikkal helyettesíthető, de teljes egészében nem váltható ki (Hoekstra, 1975; Maas, 1983). Borjak esetében a magasabb szelén koncentrációnak pozitívan hat az izomdisztrófia megelőzésére és termoregulációra, mivel befolyással bír a pajzsmirigy hormonális aktivitására, mely elősegíti a testhőmérséklet fenntartását, különösen a hideg időben születő borjak esetén (Cartens 1994).

### II.1.4. Ajánlott szelénbevitel

Gerloff, 1992-es tanulmánya szerint a vérszérumban 70-100 ng/ml Se az elfogadható koncentráció. A szelén bevitelének többnek kell lennie, mint 6 mg ahhoz, hogy a szérumban mért koncentráció elérje a 70 µg/l értéket (Bayril, és mtsai, 2015). Mehdi és Dufrasne. 2016-os összefoglalása szerint a szelén szükséglet húsmarhákban 100 µg/kg szárazanyag, míg tejhasznú szarvasmarhákban 300 µg/kg szárazanyag, borjakban pedig 100 µg/kg szárazanya/nap (Suttle, 2010; NRC 2001). A szelén toxikózis jóval ritkább, mint a hiány (Khanal és Knight, 2010). Szelén toxikózis akkor kezd kialakulni, ha a szelén mennyisége 5-8 mg/ kg szárazanyag a takarmányban (Claude, 2002; Neve és Favier 1988). A Magyar Takarménykódexben rögzített maximális érték 0,5 mg/kg takarmány szárazanyagra vonatkoztatva. Mérhető szelénhiányról akkor beszélünk, ha a szelén mennyisége kevesebb, mint 0,05 mg/kg szárazanyag (Claude, 2002). Az E-vitamin egyike azoknak a faktoroknak, melyek hatással vannak a szelén felhasználásra, mivel az E-vitamin és a szelén antioxidáns hatása kölcsönösen egymástól függő. Ha a takarmány alacsony E-vitamin tartalmú, következményesen magas szeléntartalmú kell, hogy

legyen az esetleges anomáliák elkerülése érdekében, és a hiányos szelénellátottság is kompenzálható adekvát E-vitamin bevitellel (NRC, 1966). NRC 1984-es ajánlás szerint egy felnőtt tehen napi E-vitamin szükséglete 15-60 NE. Abban az esetben, ha szelén vagy E-vitamin hiány lép fel, ez a tiroid-metabolizmus malfunkcióját eredményezheti, mely hatására a növekedési ráta csökkenése, csökkent fertilitás, megváltozott fagocita-aktivitás és számos betegség kialakulása figyelhető meg (Žust, és mtsai, 1996).

## **II.2. Az állatok mangánnal és szelénrel való ellátása**

### **II.2.1. Per os ellátás**

#### **II.2.1.1. Mangán**

Sperars, 2003-as cikkében leírtak alapján a mangán meglehetősen csekély mértékben szívódik fel kérődzőkben (1%-ban vagy még annál is kisebb mértékben) és ezt tovább csökkenti a takarmány magas kalcium- és foszfortartalma (Hidiroglou, 1979; van Bruwaene és mtsai, 1984). Abban az esetben, ha a mikroelem kiegészítést szerves sók, mint például mangán-szulfát vagy mangán-oxid formájában kapják az állatok, azok az előgyomrokban illetve az oltóban disszociálnak. (Gressley, 2009) Történik ez azért, mivel a bendő pH-értéke 6,0-6,8 közötti, enyhén savas (Sperars, 2003) A disszociált ionok az egyéb táplálékalkotókkal (növényi polifenolok, cukrok) emésztetetlen vegyületeket, egyéb ásványi anyagokkal pedig oldhatatlan komplexeket képezve már nem lesznek képesek felszívódni a vékonybélben, és ürülnek a bélsárral (Gressley, 2009). Mivel a bendőben az ásványi anyagok oldhatatlan formában vannak jelen, az oltóban is oldhatatlan formába jutnak tovább. A kérődző állatok diétája magas rosttartalmú, annak emésztése mikrobiális fermentációval zajlik az előgyomrokban. Bizonyos mértékig az ásványi anyagok emésztetlen rostalkotókhoz képesek kötődni, ennek következtében átjutnak az előgyomrokon az emésztőtraktus további szakaszaiba, így a kérődzők is biztosított bizonyos mértékben a felszívódásuk (Sperars, 2003). A mikroelemek csupán csekély mértékben abszorbeálódnak a bendő epitheliumon keresztül, felszívódásuk valódi helye a vékonybél (Gressley, 2009). Ezzel szemben a szerves nyomelem kiegészítők, amelyek esetén a mikroelem szállítója aminosav (például mangán-metionin) vagy fehérje komplex, kelát vagy proteinát formájában van jelen, stabilak maradnak az emésztőtraktusban, ezáltal felszívódnak az intestinumban. Azonban az organikus kiegészítők irányába elvárás, hogy ellenálljanak az emésztőtraktus pH-



változásainak és egyben őrizték meg jó abszorpciós és metabolizációs képességüket is, így bizonyos mértékű veszteségek az emésztőcső felsőbb szakaszán bekövetkező disszociáció miatt elkerülhetetlen. Összességében viszont mindezzel együtt is jobban hasznosíthatóak a szarvasmarha számára összevetve az anorganikus sókkal. Mindezeket figyelembe véve is nehéz objektíven összehasonlítani a különböző kiegészítőket. Ennek érdekében bevezetett fogalom a biológiai elérhetőség vagy hasznosulás. Ha egy ásványi anyag kiegészítőnek jó a biológiai hasznosulása, az azt eredményezi, hogy a felszívódott ásványi anyagok vér- és májkoncentrációja növekszik, az azt tartalmazó enzimek aktivitása nő, összességében tehát magasabb arányban támogatják az állat termelékenységét és egészségét, ez utóbbit a betegségekkel szembeni nagyobb fokú ellenálló képesség miatt. Ez azt is eredményezi, hogy a magasabb biológiai elérhetőségű kiegészítőből kevesebbet kell etetni az állattal, ezáltal csökkenthető a feletetendő mennyiség és az ürülő elemek miatti veszteség (Gressley, 2009). Olyan mértékű mangán kiegészítés 4 napig történő etetésével, mellyel a takarmány koncentrációja körülbelül 1000mg/kg –ra egészíthető ki, a portális és mesenterialis vérplazmában mérhető mangán koncentráció 3,9 µg/l –rel emelkedett a szisztémás keringésben mérhető értékek fölé. Ezt a kiegészítést hét napig etetve, hat nap után magasabb fokú emelkedés volt megfigyelhető a szisztémás plazma mangán koncentrációját tekintve, mely már toxikus hatást is eredményezhet (Sansom és mtsai, 1978). Weiss és Socha 2005-ös tanulmánya szerint viszont a kiegészítésként használt mangán eredete (szerves vagy szervetlen mangánvegyület) nincs befolyással a mangán felszívódására. A magasvemhes tehenek mangánszintjének emelkedése átlagosan 1 mg/nap volt, ha az anyák 50-60 mg/kg mangán-kiegészítést kaptak. A mangán látszólagos retenciója a kiegészítéssel ellátott tehenek esetében magasabb volt, mint ami a magzat és a hozzá kapcsolódó anyai szövetek növekedéséhez szükséges lett volna. Összevetve a 20 mg/kg és a 44 mg/kg mangántartalmú takarmánnyal ellátott tehenek újszülött borjainak májában mérhető mangán koncentrációkat, növekedés figyelhető meg azon borjak májában mérhető értékekben, melyek anyja a vemhesség alatt magasabb koncentrációban kapta a nyomelemet. Ez arra enged következtetni, hogy a kiegészítés fokozza a borjak májában a mangánretenciót. Nem volt különbség az anyák teljes vérének mangán koncentrációjában a kontrolcsoport (mangán-kiegészítéssel nem ellátott) és mangán-kiegészítésben részesült (függetlenül annak szerves vagy szervetlen mivoltától) tehenek között (Weiss és Socha, 2005). Angus és Simmentáli üszöket vizsgálva azon borjak, melyek anyja kiegészítést kapott a vemhesség alatt, súlya nagyobb volt és a születéskor a vérükben mérhető mangán koncentráció is magasabb volt. (Hansen és mtsai, 2006) A 16-17 mg mangán / takarmány szárazanyag kg nem kielégítő a magzati fejlődéshez. Ez a mennyiség nem kielégítő sem a húshasznú, sem a tejhasznú szarvasmarhák esetében. (Rojas és mtsai, 1965).

### II.2.1.2. Szelén

A megfelelő szelénbevitel elérhető különféle kiegészítők által, mely applikálható az itató vízbe, történtet nyalósókkal, szelénben gazdag élesztőkkel vagy injekciós készítményekkel, implantátumokkal (Kessler, 1993). Szelén kiegészítést tejelő tehenek esetén 1979 óta alkalmaznak, kezdetben 1mg/ kg szárazanyag arányban, majd később 3 mg/ kg szárazanyag arányban (Gerloff, 1992). Kérődzők esetében a szelén felszívódása jóval csekélyebb mértékben megy végbe, mint nem kérődzők esetében, mely megállapítás a bendőkörnyezettel magyarázható (Spears, 2003). A szelén elérhetőségét befolyásolja a takarmány magas kén tartalma és a ciánglikozidok jelenléte. Több tanulmány is alátámasztja, hogy a kén redukálja a szelén felszívódását, mivel fizikai és kémiai tulajdonságaik nagyban hasonlóak (Hintz és Hogue, 1964). Ha a takarmány magas fermentálható szénhidrát tartalmú vagy gazdag nitrátokban, szulfátokban, kalciumban, hidrogén-cianidban, az szintén negatív hatással van a szelénfelszívódásra (Mehdi és Dufrasne, 2016). A  $Fe^{3+}$  is csökkenti a szelén felszívódását azáltal, hogy vele komplexet képez, melyet az enterociták nem tudnak felvenni (Spears és Weiss, 2008). Korlátozott mennyiségű kutatási anyag arról számol be, hogy a kalcium is befolyásolja a szelén felszívódását, akár alacsony, magár magas koncentrációban van jelen a takarmányban (Harrison és Conrad, 1984). Ha kalcium a szárazanyag 0,8 % -a, ez lehetővé teszi, hogy optimális szinten szívódjon fel a szelén a tejelő tehenek késői vemhesség időszakában (Harrison és Conrad, 1984).. A jódihiány is súlyosbíthatja a szelénhiányt mert a szeleoprotein- D1 indukciójához vezet, mely együtt jár a megemelkedett glutation-peroxidáz aktivitással (Zagrodzki és mtsai.,1998). Általánosságban a szelénkiegészítés növeli a vér minden frakciójában, továbbá a májban, és a kolosztrum kazintartalmában a szelén koncentrációt (Abdelrahman és Kincaid, 1995). A kiegészítés használható mind a hiányállapot kezelésére, mind pedig preventív céllal a magasvemhes állatok esetén. Mivel a szelén átjut a placentán a magzatba, ezért fontos, hogy az anyaállat megfelelő szelénellátásban részesüljön, hogy ezzel a méhben fejlődő borjú igényeit is fedezni tudja (Abdelrahman and Kincaid 1993; 1995; Enjalbert és mtsai., 1999).

Szerves szelénszármazékok etetése, mint a szelenizált élesztő vagy az abban túlnyomórészt jelenlévő orgaikus szelénforrás, a szelenometionin jóval magasabb szöveti és tejben mérhető szelén koncentrációt eredményez, mint ami elérhető szervesetlen szelenit vagy szelenát adásával melyek hozzáférhetősége egyformának tekinthető kérődző szervezetekben (Ortman, és Pehrson, 1999; Knowles és mtsai., 1999). A szelenometionin és a szelenizált élesztő megközelítőleg kétszer jobban hozzáférhető a vörösvérsejtek glutation-peroxidáz aktivitásának vizsgálata alapján, mintha szelenitet etetnénk a szelénhiányos üszővel (Pehrson és mtsai., 1989). Mivel azon

állatcsoportban, melyek szeleizált élesztőt kaptak, magasabb volt a teljes vér szelén koncentrációja és glutation-peroxidáz aktivitása a vörösvértetekben mind a borjúnál, mind az anyánál, szemben a nátrium-szelenittel etetett állatok esetével (Pehrson és mtsai, 1999). A takarmányban található szerves szelénvegyületek hatására kedvezőbb a szelén borjú irányába való transzportja, összevetve a szervetlen szelén-kiegészítéssel (Ceballos és mtsai., 2009; Pehrson és mtsai, 1999). Szignifikáns korreláció volt megfigyelhető a tehéntej vagy a tehén teljes vérének szelén koncentrációja és a borjú teljes vérének valamint plazmájának szelén koncentrációja vagy vörösvértestei glutation-peroxidáz aktivitása között (Pehrson és mtsai, 1999). A glutation-peroxidáz aktivitás indikátora lehet hosszú ideje történő szelénbevitelnek vagy más szóval az organizmus biológiailag aktív szelénszintjének. A szelén az erythropoezis során glutation-peroxidázba épül, ami azt jelenti, hogy az enzim aktivitása a rendelkezésre álló szelén jelenlététől függ az erythrocyták termelése során. A megnövekedett glutation-peroxidáz aktivitás a szelénbeviteltől számított 90-120 napig figyelhető meg. Ennek egyenes következménye, hogy ha elérendő egy szükséges, a vérben lévő glutation-peroxidáz aktivitási szint, a teheneknek megfelelő mennyiségű szelént kell biztosítani jóval előre, hogy időt hagyjunk a szelén biológiai hatásának létrejöttére a glutation-peroxidáz aktivitása által. (Pavlata és mtsai, 2003).

A szelén-kiegészítés csökkentheti a metritis és a petefészekciszta kialakulásának az esélyét a postpartum időszakban valamint a magzatburok-visszamaradást is (Spears és Weiss, 2008; Hefnawy, és Tórtora-Pérez, 2010; Sordillo, 2013; Eulogio és mtsai, 2012). Ezzel szemben Bayril, és mtsai (2015) szerint viszont a megfelelő szelénellátás nincs hatással a magzatburok-visszamaradásra. Mehdi és Dufrasne (2016) szerint a fertilitás is növekszik megfelelő szelénellátottság mellett azáltal, hogy csökken az embrió elhalásának esélye a gesztáció első hónapjában (Petrie és mtsai., 1989).

A szelén szignifikánsan csökken a vemhesség utolsó 60 napjában, kihangsúlyozva a megfelelő szelénellátás szükségességét a késői vemhesség során (Abdelrahman és Kincaid, 1993). A szerzők 1995-ös cikke szerint a megfelelő szelénellátás szignifikánsan emelkedett szelén koncentrációt eredményez az anyák vérében az elléskor, valamint a kolosztrum szelén koncentrációja is magasabb volt, mely a kazein frakcióban emelkedett meg. A kiegészítéssel ellátott tehenek borjaiban magasabb volt a vérben és a májban mért szelén koncentráció.

Abdelrahman és Kincaid, 1995-ös kutatása szerint ahhoz, hogy a borjújában  $0,5 \mu\text{g Se/ml}$  plazma koncentráció legyen mérhető, az anyák  $3 \text{ mg szelén/nap}$  kiegészítést igényelnek. A vemhes tehenek számára szájon át adott szelénpótlás hatékony módszer a borjak vérszérumában mérhető szelén koncentrációjának emelésére, akár csak a borjak számára adott injekció abban az

esetben, ha az anyai előkezelés okozta koncentráció alacsony vagy mérsékelt. Ha az anyai szelénellátás következtében magas szelén koncentráció mérhető, a borjúban az injekció hatására nem nő a vérben mérhető koncentráció (Weiss és mtsai, 1984). Ezek alapján (Kincaid és mtsai, 1977) arra lehet következtetni, hogy a borjak szabályozni tudják a vér-szelén koncentrációjukat mérsékelt ellátás esetén. A plazma szelén koncentrációja egy plató eléréséig növekszik, ami 100-120 ppb között van (Maus és mtsai, 1980; Waite és mtsai, 1975) Ebben a tanulmányban azon borjakban, melyek anyja napi 5 mg kiegészítést kapott, 50 ppb-nél volt mérhető a plató, és nem volt további emelkedés mérhető szeléninjekció hatására sem (Weiss és mtsai, 1984). Borjakban azonban a szelén kiegészítés (szemben a báránynál tapasztalhatóval [Hefnawy és Tórtora-Pérez,2010]) nincs hatással a borjú növekedési erélyére, pozitív hatás a szelénhiányos borjak esetén történő kiegészítésnél mutatkozott csak. Akár organikus akár szervetlen szelénkiegészítésnek nincs szignifikáns hatása a születési súlyra súlygyarapodásra és a mortalitásra, ellenben, az immunrendszerre gyakorolt szignifikás hatás borjakban megfigyelhető, mivel a szérum magas szelén koncentrációja esetén nő a fagocitaktivitás 30 napos borjakban (Sales, 2014). Az immunglobulin-koncentráció emelkedése megfigyelhető szervetlen szelénkiegészítés esetén a tehenekben borjazás előtt (Guyot és Mtsai., 2007; Rowntree és mtsai.,2004). Az újszülött borjak 0,4 µg szelént igényelnek egy ml plasmában és több, mint 2,2 µg Se/ g szárazanyag a májban, hogy a normális növekedéshez és egészséges fejlődéshez szükséges szelénszükségletük fedezéséhez. Abban az esetben, ha szárazonállás ideje alatt az anya szelénellátottsága alacsony, a borjú szelén kiegészítésre szorul a megfelelő fejlődés érdekében a választásig (Abdelrahman és Kincaid, 1995).

### **II.2.2. Injektábilis kiegészítés**

A bendőben a takarmányhoz adott ásványianyag-kiegészítés nem tökéletes felszívódására számíthatunk az egyéb tápanyagokkal adott interakciók miatt. Akár az ivóvízben is lehetnek agónisták, mint például a vas, mely szintén negatívan befolyásolja a mikroelemek emésztőtraktusból történő felszívódását. Az injektábilis mikroelem ellátás alternatív kiegészítési módot jelenthet. A szárazonállás ideje alatt alkalmazott kétszeri nyomelem kiegészítés segít azok akkumulációjában, amely a korai laktáció alatt felhasználhatóvá válik, míg az egyszeri injekciós kiegészítés a korai laktáció ideje alatt szintén pozitív hatással bír a reprodukciós teljesítményre (Machado és mtsai, 2013). A szelén és E-vitamin kiegészítés számos pozitív hatással bír a szárazonállás ideje alatt, és a szeléninjekció emeli mind a szérum, mind pedig a

kolosztrum szeléntartalmát (Bayril, és mtsai, 2015). Teixeira, 2014 cikke is leírja, hogy a szelén koncentráció 15 napig, a mangánszint pár óráig emelkedik injekciós pótlás hatására az állatban.

## **II.3. Kiválasztás**

### **II.3.1. A mangán kiválasztása**

Tejelő tehenek termelésben lévő egyedei az intravénásan adagolt  $^{54}\text{Mn}$  mangán izotópnak hozzávetőlegesen a 95%-át választják ki bélsárral 5 napon belül és ugyanez a tendencia volt megfigyelhető orálisan adagolt izotóp esetén is. A mangán bélsárral való veszteség mértéke nem féltetlenül tükrözi a valódi szükségletet, mivel a bélsárral veszett endogén mangán mennyisége kérődzőkben a mangán- homoesztázis fenntartásában játszik szerepet, akárcsak a mangán-kiegészítők adagolása esetén az a megfigyelés, hogy a kérődzők képesek szabályozni a bélbeli mangánfelszívódást (Weiss és Socha, 2005). A mangán vizelettel történő kiválasztása a mangánbevitel kevesebb, mint 0,1%-át tükrözi. A mangán látszólagos retenciója 12 mg/nap volt a kontrol csoportban, és 44 mg/nap értékig növekedett a kiegészítéssel ellátott csoportban, függetlenül a kiegészítés típusától (Weiss és Socha, 2005).

### **II.3.2. A szelén kiválasztása**

Míg monogasztrikus állatok esetén, függetlenül attól, hogy injekciós formában vagy orálisan adagolva kerül az állat szervezetébe, a szelénkiválasztás elsősorban a vizelettel történik (Hopkins, 1962; Burk és mtsai., 1972); addig kérődzők esetében a kiválasztódást befolyásolja az adminisztráció módja. Ha szájon át történik a felvétel, akkor a legnagyobb mértékben a bélsárral kerül a kiválasztásra (Cousins és Cairney, 1961; Peterson és Spedding, 1963; Paulson és mtsai., 1966; Lopez és mtsai., 1969), ezzel szemben, ha subcutan vagy intravénásan aplikálják, a kiválasztás elsősorban a vizelettel történik (Wright és Bell, 1966). A vizelettel történő kiválasztás csúcsa az adminisztrációt követő második, harmadik napra tehető (Muth és mtsai., 1967; Burk és mtsai., 1972). A beadott dózis és az állat szelénstátusza is befolyásolja a kiválasztás sebességét. Borjakban a szelén vizelettel történő kiválasztása direkt arányban áll az állat szelénstátuszával (Kincaid és mtsai., 1977).

## **II.4. Mangán- és szelénellátottság ellenőrzésének módszerei**

### **II.4.1. Vérben mérhető mangán- és szelén koncentrációk**

#### **II.4.1.1. Vérben mérhető mangán**

Gibbons és munkatársai 1976-os munkájában leírtak alapján a szarvasmarhában a mangán ionos formában abszorbeálódik a portális keringésben, és az alfa2-makroglobulinhoz kötődve jut a májba (Sansom és mtsai, 1976). A mangán majdnem teljes mennyiségben eltávolításra kerül a vérből, azonban néhány ion az alfa2-makroglobulinhoz kötődve bejut a szisztémás keringésbe. oxidálódik és kötődik a transferrinhez. A vér mangán koncentrációja jelentékeny mértékben eltérhet az alkalmazott vizsgálati technika függvényében. Szarvasmarhák esetén a vörösvérsejt magasabb koncentrációban tartalmaz mangánt, mint a szérum vagy a plazma. A vörösvérsejtek mangán koncentrációja  $80 \pm 11$  ng mangán/ml, ez az érték szérum esetén  $19 \pm 6,7$  ng mangán/ml, plazma esetén pedig  $31 \pm 2,4$  ng mangán/ml, tehát a vér különböző alkotói között egyenlőtlen eloszlás figyelhető meg. Az egyedek úgy tűnik, hatékony homeosztatiszikus mechanizmussal rendelkeznek a vér mangánszintjének szabályozását tekintve, mivel relatív konstans vér-mangánszint mutatható ki az ismételt mintavételezés során. Alacsony mangántartalmú takarmány etetésének hatására a vér és a szérum mangánszintje csökken, de ez a csökkenés kifejezetten lassan következik be, és ez sokkal kifejezettebb volt a teljes vérben a szérumban mérhető értékekkel összevetve (Hidiroglou, 1979). A szérumot vizsgálva nem volt különbség a magasvemhes, a frissen ellett és a termelésben lévő tehének mangán koncentrációjában (Djokovic, és mtsai, 2014).

#### **II.4.1.2. Vérben mérhető szelén**

A borjak fokozott szelénszükségletet mutatnak a glutation-peroxidázba való beépülés miatt az erythropoesis során Kincaid és mtsai, (1989). Mivel a szelén beépül a vörösvértestekbe az erythropoesis során, és körülbelül három hónap szükséges az összes érett vörösvértest lecserélődéséhez, ezért a vér szelén koncentrációjának körülbelül ennyi időre van szüksége ahhoz, hogy stabilizálódjon a bevitelben való változást követően. (Christodouloupoulos és mtsai., 2003). Kincaid és munkatársai (1989) vizsgálatában résztvevő borjak teljes vérének szelén koncentrációja  $0.12 \mu\text{g/ml}$  volt a születéskor, míg a plazma szelén koncentrációja  $0,04 \mu\text{g/ml}$  értéket mutatott. Korábbi tanulmányokra támaszkodva kimondható, hogy a vér celluláris komponensei tartalmazzák a teljes szelénmennyiség 73%-át, míg a plazmában 27% található

(Scholz és Hutchinson, 1979). A vizsgálat során mind a teljes vér, mind pedig a plazma szeléntartalma szignifikánsan korrelál a borjakban születéskor, de a plazma szeléntartalma körülbelül az egyharmada a teljes vér szelén koncentrációjának (Kincaid és mtsai, 1989). Perry és munkatársai (1976) kutatása szerint szelénben szegény takarmány (0,25 ppm szeléntartalom mellett) 90 napig történő etetése során a szérumszeléntartalma 0,022 ppm-ről 0,013 ppm-re csökkent. Azonban gyors emelkedés volt megfigyelhető, 0,200 ppm szeléntartalmú takarmányra való váltás után, mivel az értékek megemelkedtek 0,28 ppm-re két héten belül. Ha a takarmány 0,280 ppm szelént tartalmazott, a szérumszelénértékének emelkedése egy hét alatt 0,51 ppm volt. Machado és munkatársai (2013) azt találták, hogy a teljes vér szelén koncentrációja kétszer olyan magas kell, hogy legyen a tőgy egészségének optimalizálásához, mint ami reprodukciós paraméterek fenntartása esetén megfigyelhető (Machado és mtsai, 2013). Az adekvát szérumszelénértékek 13%-ában a szelén lazán kötődik a plazmához és a vörösvértestek fehérjéihez (Jenkins és Hidioglou, 1988), rapid mobilizációt engedve a szérumszeléntartalékaiból csökkent szelénbevitel esetén. Ezzel szemben, a mért 70%-os adekvát teljes vér szelén koncentráció értékek visszatükrözik a vörösvértest forgalom arányát (Oh és mtsai., 1976) és szoros kötődést mutatnak a glutation-peroxidázhoz a szelén által, mely a vér szelén koncentrációjának nagy hányadát adja (Scholz és Hutchinson, 1979).

## **II.4.2. Szőrben mérhető mangán- és szelén**

A szőr mikroelem tartalmát befolyásolja az évszak, az állat fajtája, a szőrzet színe, a kor és a testen való lokalizáció. Az évszak hatással lehet a szőrnövekedés szakaszára és a hőmérsékletváltozás pedig a verejtékezésre, a felületi kontaminációra és a takarmányfelvételre. A szőr testen való elhelyezkedése a mikroelem tartalommal olyan módon függ össze, hogy eltérő lehet a felületi kontamináció foka, a szőrszál növekedési ciklusa és textúrája (Combs és mtsai., 1982).

### **II.4.2.1. Szőrben mérhető mangán**

Az utóbbi években számos kísérlet irányult arra, hogy megpróbálják megbecsülni a szarvasmarha mangánellátottságának szintjét a szőrből. Mivel a szőr abszorpciós képessége jelentős, figyelembe kell venni, hogy könnyen felvesz ásványi anyagokat a külvilágból illetve könnyen le is ad az analizálást megelőző előkészületek során (Fonseca és Lag, 1976). Ha a mangán szőrből történő meghatározása indikátorként az állat mangánstátuszának megállapítására kerül felhasználásra, a szőrben lévő melanint is számításba kell venni. (Hidioglou, 1979) A szőr színe,

az, hogy milyen évszakban történt a mintavétel, és a vizsgálatokhoz történő előkészítés módszere mind figyelembe veendő, mikor a szőr mangántartalma alapján kívánjuk megbecsülni az állat ellátottságát. (Hidiroglou és Spurr, 1975) Több korábbi vizsgálat is beszámol összefüggésekről, mely a mangán takarmányban való koncentrációja és szőrből kimutatott mennyisége között állapítható meg. Így például, ha a takarmány mangántartalma 210, 130 és 74 ppm volt, a szőrből 91, 73 és 18 ppm mangánt mértek (Fonseca és Lag, 1976). Tesink (1960) készített egy útmutatót is, amely a szőrben mérhető mangánszintek alapján segít az állat mangánstátuszának megítélésében: ha a takarmány megfelelő mértékben tartalmaz mangánt (50 ppm), a szőr mangántartalma 10-20 ppm, abban az esetben, ha a takarmány valamivel a megkívánt mennyiség alatt tartalmazza a nyomelemet, a szőrben mérhető érték 5-7 ppm, ha pedig kifejezetten mangánhiányos a fejadag, a szőr kevesebb, mint 5 ppm mangánt tartalmaz (Hidiroglou, 1979). Hidiroglou és Spurr, 1975-ös tanulmánya során Shorthorn ökrök szőrmintáit 2 hetente vizsgálva egy 46 hetes periódusban pozitív kapcsolat volt megfigyelhető a szőr és a takarmány nyomelem tartalma között. Az adekvát mangántartalom 40 ppm, mely felvétele esetén a szőrben mérhető mangán koncentráció 8 ppm volt. A szőr nyomelem tartalma csökkenést mutatott a téli időszakban, amikor az állatok 23-35 ppm mangán tartalmú takarmányt kaptak. Ebben az időszakban három állat esetén ismételt mintavétel során 3 és 4 ppm mangán koncentráció volt mérhető. Ellenben tavasszal, az ásványi anyagokban gazdagabb, 65-75 ppm mangánt tartalmazó fűvű legelőre engedést követően hamar emelkedni kezdett a szőrből kimutatható mangán koncentráció is.

#### **II.4.2.2. Szőrben mérhető szelénértékek**

Korábbi kutatások azt mutatták, hogy azon borjak szőrének szeléntartalma, melyek nem szorultak életük első négy hetében betegség miatt kezelésre, magasabb volt, mint azon borjak szőrében mérhető értékek, melyek kezelésen estek át ezen időszakban. Míg az előbbi esetben a mért szelénérték 0,42 ppb volt, addig az utóbbi esetben 0,36 ppb (Waltner-Toews és mtsai, 1986). Hidiroglou és Spurr, 1975-ös vizsgálataiban Shorthorn ökrök szőrmintáiban a szelén koncentráció a vizsgálat során folyamatos csökkenést mutatott, feltehetőleg az állatok alacsony szeléntartalmú takarmánya miatt, mely 0,32 és 0,45 ppb volt. A tél közepétől nézve nyárig a szőrben mérhető átlagos szelén értékek 0,24 ppm-nél alacsonyabbak voltak, szintén alátámasztva a szelénhiányt. A magasabb szelénszintek a vizsgálat kezdetén az állatok fiatal korával illetve azzal függtek össze, hogy a vizsgált állatok anyja a késői vemhesség során szeléntartalmú injekciót



kapott (Hidiroglou és Spurr, 1975). A szőr szelén koncentrációja az elemek hónapokon keresztüli akkumulációtól függ, és hosszú távú indikátorként szolgál a szelénstátusz meghatározására (Cottrill, 2002). Azon tehenek, melyek szőrében 0,06 és 0,23 mg/kg szárazanyag szelént mértek, nagyobb eséllyel adtak életet olyan utódnak, mely izomdisztrófiában szenvedtek, míg ha a tehen szőréből 0,25 mg/kg szárazanyagnál magasabb szelén koncentrációt mutattak ki, a borjaik egészségesek voltak. Szignifikánsan pozitív korreláció volt megfigyelhető a fekete szőr, a fehér szőr és a vér szelén koncentrációja között. Ez alátámasztja, hogy szarvasmarhában a szőr szeléntartalma indikátorként használható a szelénstátusz megbecslésére. Azonban azt figyelme kell venni, hogy a fehér szőr szeléntartalma alacsonyabb, mint ami a fekete szőr esetén mérhető (egyazon állaton is), mely azzal magyarázható, hogy a kéntartalmú aminosavak, mint a metionin és a cisztein szerepet játszanak a melanin termelésében, és a szelén, mint szelenometionin és szelenocisztein beépül a melanin molekulákba. Feltételezhető az is, hogy a vörös szőrszín fokozott szeléntoxikózisra való érzékenységgel függhet össze, ami azzal valószínűsíthető, hogy a fekete és a fehér szőrzet, mint szelénakkumuláló képletek hozzájárulnak a szervezet szelén-detoxifikációjához. (Christodoulopoulos és mtsai., 2003) A vérben mérhető maximális szelén koncentráció körülbelül 0,3 mg/l vér. Korábbi tanulmányok alapján kimondható, hogy a megnevelkedett takarmányeredetű szelénfelvétel esetén sem változik a vérben mérhető érték 0,3 mg/l fölé, azonban ha a takarmány szelén koncentrációja magasabb, mint 0,3 mg/kg, az hozzájárul a szőrben mérhető szelénértékek következetes növekedéséhez (Underwood, 1977; Maus és mtsai., 1980; Scholz és mtsai., 1981; Shamberger, 1983).

### **II.4.3. Egyéb szervekben, szövetekben mérhető mangán- és szelén**

A májban mérhető koncentrációk szelén esetén 15 napos emelkedést mutatnak, míg mangán esetén a plazma koncentráció emelkedés csak valamivel tart tovább, mint 24 óra. Ez azt jelenti, hogy a szelén hatékonyan tud tárolódni a szervezetben, míg a mangán nem képes hosszútávon raktározódni, így a kiegészítés hatása csak időleges (Machado és mtsai, 2013). Húsmarhákat vizsgálva a szelén koncentráció a magzati májban emelkedett a 145 és 195 nap között, de csökkent a 195. és a 245. nap között. A magzati életkor nem befolyásolja a mangán koncentrációját a magzati májban és vesében vagy a szelén koncentrációját a vesében. A magzati májban a mangán (réz és cink) nagyobb része a szilárd sejtalkotókhöz kötött, kisebb része található a citoszolban. A máj cinkkoncentrációja negatívan korrelál a vese mangántartalmával, illetve pozitívan korrelál a máj szelén koncentrációjával. A mangán koncentráció nem változik a magzati májban a vemhesség során (Abdelrahman és Kincaid, 1993).

### III.4.3.1. Egyéb szervekben, szövetekben mérhető mangán

A kérődzők minden szövete alacsony koncentrációban tartalmaz mangánt, valamint a különböző szövetek közötti koncentráció különbségek is alacsonyak. Legmagasabb koncentrációt a hasnyálmirigyben, a májban és a vesében ér el (Hidiroglou, 1979). A fő szerv a mangánakkumuláció tekintetében a máj, ezen kívül magas szintet ér még el a mangán a vesében is. A májban mérhető mangán koncentráció szignifikánsan magasabb volt nőivarú állatok esetében, mint hímivarúaknál. Ez a különbség a vese értékei esetében nem volt megfigyelhető. (Miranda és mtsai, 2006). A kérődzők hatékonyan tudják szabályozni a vérbeli és a szöveti mangánszintet és a retenciót. A májban található a legkönnyebben mobilizálható készlet, de máj hosszú távú raktározó képessége limitált. (Hidiroglou, 1979). Hall és mtsai. (1982) 4 kísérleti tehénbe ültettek kanült, a mesenterialis és a portális vénába, valamint a vena hepaticába, továbbá az arteria caroticába. Három kísérleti állat esetén, a vérplazmából a máj maximális mangáneltávolító kapacitásának mérésére mangán-klorid oldatot injektáltak hat órán keresztül a mesenterialis vénába. Két kísérleti állatban szintén hat órán keresztül adagolták az oldatot a vena jugularisba a máj mangánfelvevő képességének mérésére. Tulajdonképpen a mesenterialis vénába juttatott mangánoldat a májon való első áthaladása során eltávolításra került, egy maximális  $97,1 \pm 14,1$   $\mu\text{mol/perc}$  vagy  $12,7 \pm 2,3$   $\mu\text{mol/perc/kg}$  máj értéket eredményezve. Azon állatoknál, ahol a mangán-klorid oldatot a vena jugularisba adminisztrálták, a portális vérplazmából csupán a mangán körülbelül 50%-a került eltávolításra a májon való első passzázs során.

### II.4.3.2. Egyéb szervekben, szövetekben mérhető szelén

A máj és a szérum szelén koncentrációja érzékeny indikátor a szelénbevitel akut változásaira (Thompson és mtsai., 1980), viszont a teljes vér szelén koncentrációja és a glutation- peroxidáz aktivitása kevésbé mutatja a szelénbevitel változását (Thompson és mtsai., 1981), inkább a krónikus szelénstátusra reflektál (Ullrey, 1987; Hafeman és mtsai., 1974; Scholz és mtsai., 1981). A különböző szövetek szelénmobilizációs képessége attól függ, hogy a szelén az egyes szöveti fehérjékhez mennyire affinisán kötődik (Abdelrahman és Kincaid, 1993). Az izom több szelént tartalmaz, mint a máj, de a májban mért szelén koncentráció jobban tükrözi a szelénstátuszt az izomban mértnél (Abdelrahman és Kincaid, 1995). A szelén a májban raktározódik a kiegészítés után, így elérhető azon időszakokban, mikor hiányos az állat ellátottsága vagy megnövekszik az igény (Machado és mtsai, 2013). A kolosztrum és a magzati máj szelén koncentrációja szintén szoros korrelációban állnak. A magzat májában a 42. napon mért szelén koncentráció szorosan korrelált a születéskor mérhető szelén koncentrációval. Az anyai szelén-kiegészítés

növelte az újszülött májának szeléntartalékait valamint a kolosztrumét. Az anya irányából a borjú irányába történő szelénszállítás az anya szelén kiegészítése esetén egyértelmű volt a borjakban a 42 napon (Abdelrahman és Kincaid, 1995).

## **II.5. Kolosztrumban mérhető mangán- és szelén**

A kolosztrum vagy főcstej a tejmirigyben termelődik az ellést követő első pár napban, majd az ezt követő napokban fokozatosan standard tejjé alakul (Langer, 2009). Legértékesebb az ellést követő 24-48 órában (Dang és mtsai, 2009). A kolosztrum, azaz az első tej szignifikánsan gazdagabb biológiailag aktív peptidekben, immunológiai komponensekben és növekedési faktorokban, mint később a tej. Fő funkciója, hogy ellássa az újszülöttet esszenciális tápanyagokkal, mely hozzájárul az immunrendszer működéséhez, fenntartja a bélflórát és a szövetek gyors regenerációs képességét (Dzik és mtsai, 2017). A főcstej a fő ásványi anyag forrás az újszülött borjak számára (Foley és Otterby, 1978). Salih és munkatársai (1987) tanulmánya szerint a főcstej szeléntartalma magasabb a tejéhez képest, viszont a mangán a kolosztrumban volt alacsonyabb a tejjel szemben.

### **II.5.1. Kolosztrumban mérhető mangán**

A kolosztrumban mérhető mangán koncentráció nincs összefüggésben azzal, hogy az anyaállat a szárazonállás során részesült-e mangán-kiegészítésben (Weiss és Socha, 2005). A főcstej mintákból kiderült, hogy a mangán koncentráció az elléskor a legmagasabb, majd gyors csökkenést mutat az ellést követő 24 órában. A tejelő tehenek mikroelem szükséglete kifejezett emelkedést mutat azok kolosztrumba való transzportja miatt, habár a szekréciójuk mennyisége eltérő, az adott ásványi anyagtól függően. Ez mangán esetén az ellést követő 24 órával 0,5 mg/l volt. (Kume és Tanabe, 1993). Abban az esetben, ha a (cink-, réz- és) mangánellátás szulfát formájának egy részét szerves vegyületekkel helyettesítették a szárazonállás és a laktáció ideje alatt tejelő teheneknél, a kolosztrumban azon teheneknél, melyek szerves kiegészítőt kaptak, magasabb immunglobulintartalom volt mérhető. A kiegészítésnek viszont nem volt hatása a kolosztrumban mérhető nyomelem koncentrációra. A szerves mikroelem ellátás összefüggésbe hozható a csökkent ellés körüli borjúelhullással, ellenben nincs hatással a termelés és a reprodukciós eredményesség hatékonyságára. (Formikoni és mtsai, 2011)

## II.5.2. Kolosztrumban mérhető szelén

A szelén a tejbe történő átjutása nem kifejezetten jó (Pehrson és mtsai, 1999), de átjut a tőgy barrierjén keresztül a kolosztrumba és a tejbe (Pavlata és mtsai, 2003). A szelén transzportja a tejbe és a kolosztrumba elsősorban a szekretoros vezikulumokon keresztül a kazeinhez kapcsolva történik a tejmirigy alveoláris epithel sejtjeiben (Allen és Miller, 1981). A szelén 55-75%-a kazeinben, 17-38%-a a savóban, 7%-a a tejsírban található. (Van Dael és mtsai, 1991). A tehének szelén-kiegészítése szignifikáns hatással volt a kazein frakció szelén koncentrációjára a kolosztrumban, de a savó frakcióra nem (Abdelrahman és Kincaid, 1995). Kimutatásra került, hogy a kolosztrum szeléntartalma magasabb, mint a tejé (Koller és mtsai, 1984, Salih és mtsai, 1987, Stowe és mtsai, 1988) feltehetőleg a főcstej magasabb fehérjetartalma miatt. Paragon (1995) szerint a kolosztrum szeléntartalma két-háromszor magasabb, mint a tejé. Kamada és munkatársai (2007) azt találták, hogy a kolosztrum megfelelő szeléntartalma fokozza az újszülött borjakban az immunglobulin G abszorpcióját. Abuelo és munkatársai (2014) azt feltételezik, hogy a megfelelő szelénellátás fokozza a kolosztrum antioxidáns hatását. Hiányos szelénellátás hatására mind vér, mind pedig a tej neutrofil granulocitáinak patogénellenes hatása csökken (Sordillo és mtsai, 2013). Azonban magasabb vérben előforduló szelén koncentráció sikertelenül hat a kolosztrális szelén koncentráció kialakításában. Nincs szignifikáns kapcsolat a vérben mérhető szelén koncentráció és a kolosztrális szelén koncentráció között tehenekben. Úgy tűnik, hogy a kolosztrális szelén koncentráció egy relatív alacsony vér-szelén koncentráció esetén is elér egy platót, és további emelkedés nem figyelhető meg a szekrécióban. A kolosztrum nem tekinthet megfelelő médiumnak a tehének szelénellátottságának megállapításához (Pavlata és mtsai, 2003). Wichtel és mtsai (1996) szerint viszont az állomány szelénellátottságának felmérésére a legkézenfekvőbb mód a tanktejből történő meghatározás. Az általuk létrehozott referenciaértékek alapján, ha a tejben mért szelénszint  $0,12 \mu\text{mol/l}$  alatt mérhető, ebben az esetben hiányos az állomány szelénellátottsága, ha ez az érték  $0,28 \mu\text{mol/l}$  fölötti, az ellátottság megfelelő. A tejben mérhető értékek a takarmány szeléntartalmától függenek (Ceballos és mtsai, 2009; Meyer és mtsai, 2014). Abban az esetben, ha a tehének az ellés körüli időszakban per os szelén kiegészítést kapnak a kolosztrum szeléntartalma kétszer magasabb, mint a kiegészítéssel nem ellátott állatok esetén, valamint a szerves szelén kiegészítés esetén 190%-kal magasabb volt a tej és a kolosztrum szeléntartalma, összevetve a szervetlen szelén kiegészítéssel (Ortman és Pehrson, 1999).

## II.6. Az anya és az utód közötti mangán és szelén transzfer

A mikroelemek anyából az újszülöttbe történő átjutása két féle úton mehet végbe: egyrészt a placentán keresztül, mely a szarvasmarha esetén placenta cotyledonaria synepitheliochorialis típusú (Peter, 2013), másrészt a kolosztrum elfogyasztásával.

A tápanyagok anyaállatból utódba történő átvitelének mennyisége egyfelől függ az anyaállat ellátottságától, másfelől a tápanyag transzplacentárisan illetve tögyön keresztüli transzportjának hatékonyságától (McConnel és mtsai, 1964; Koller és mtsai, 1984; Jacobson és Oksanen, 1966; Hidioglou és mtsai, 1969; Perry és mtsai, 1978; DeToledo és Perry, 1985).

### II.6.1. Mangán

A mangán esszenciális a normál fejlődéshez a reprodukciós folyamatokhoz (Howes és Dyer, 1971), és a vemhes állatoknál jelentkező hiányos ellátás fokozza a magzati elhullás és a csontvázrendszeri abnormalitás előfordulását újszülött borjakban (Dyer és Rojas, 1965). Mivel a mangánnak nincs indukálható tároló fehérjéje, az adekvát anyai mangánbevitel kritikus a megfelelő fetális ellátáshoz a fejlődő magzat számára (Hurley és Keen, 1987).

Goorneratne és Christensen (1989) leírása alapján a magzat májbeli szelén koncentrációja 3,5-szer magasabb volt, mint az anyaállaté, míg a magzat májban mérhető mangán koncentráció megközelítőleg 60-80%-a volt az anyáénak. A magzat valamint az anya májának mangán koncentrációja nem változott a vemhesség során, míg a szelén koncentráció esetén a vemhesség harmadik trimeszterében magasabb értékek voltak mérhetőek. A magzat érzékenységét az anyai készlet változásaira befolyásolja a placentán keresztüli transzport hatékonysága és ezzel együtt a magzat akkumulációs képessége. Ez azt feltételezi, hogy az ásványi anyagok könnyen átjutnak a szarvasmarha placentáján. Habár a magzat kedvezően tárolja a mangánt és a szelént a májban, a koncentrációjuk relatív alacsony összevetve egyéb nyomelemekével, mint a cink vagy a vas. A magzati vesében mérhető mangán koncentráció konzekvensen alacsonyabb volt, mint az anyai vesében mért értékek a vemhesség teljes időszakában, az anya esetében pedig az első trimeszterben magasabb a mangán koncentráció, mint a harmadik trimeszterben. A vemhesség során a magzatban ilyenfajta változás nem volt mérhető (Goorneratne és Christensen, 1989). Korábbi kutatások szerint  $^{52}\text{Mn}$  izotópot egereknek adtak be intravénásan. A korai embriófejlődés időszakában az izotóp koncentrációja az embrióban alacsonyabb volt a placentában mérhető koncentrációval, de az embrióban mérhető koncentráció emelkedett a méhbeli fejlődés ideje alatt (Koshida és mtsai., 1963). Graham és munkatársai (1994) vizsgálatai azt mutatják,

hogy a vemhesség alatt a tehén májában mérhető mangán koncentráció végig magasabb volt a magzaténál. A fertőző oktanú vetélések esetén mind a második, mind a harmadik trimeszterben alacsonyabb mangán koncentrációk voltak mérhetőek, mint ami nem abortált magzatok esetén megfigyelhető volt. Nem fertőző okok miatt vetélt magzatokban szintén alacsonyabbak voltak a májban mérhető értékek összevetve a nem abortált magzatokénál tapasztalhatóval. Ezen tanulmány eredményei alapján a tehenek mangánellátottsága a marginális értékektől a megfelelőig terjedt (0,026  $\mu\text{mol/g}$ ; 1,43  $\mu\text{g/g}$ ) és egyikük esetén sem számoltak be mangánhiányról. A kutatás során sem a maternális sem a magzati mangánellátottság nem volt összefüggésben az embrió méretével. A magzati mangán koncentráció alacsonyabb volt az anyainál, és az anyai és magzati mangánértékek pozitív korrelációban álltak egymással Goornertne és Christensen (1989). A magzati mangán alacsonyabb az anyainál, és közvetlenül függ a megfelelő anyai tartalékoktól. A mangán tekintetében megfigyelhető pozitív maternális-fetális kapcsolat következtében az elégtelen anyai ellátás a magzat csontvázrendszerének fejlődésében abnormalitásokat eredményezhet. Kimutatható, hogy alacsonyabb mangánértékek voltak mérhetőek az abortált magzatokban, összevetve a nem vetélt magzatokéval, de összességében az alacsony magzati mangán- (réz, vas és cinkkoncentrációk) a vetelés hatását, nem pedig okát jelenti. (Graham és mtsai. 1994) Az újszülött borjak vérében mérhető mangán koncentrációk magasabbak voltak az elléskor az anyai vérben mérhető értékeknél, azonban ez nem mutatott összefüggést azzal, hogy a szárazonállás alatt az anya részesült –e kiegészítésben (Weiss és Socha, 2005). Hansen és munkatársai 2006-os kutatásában azt állapította meg, hogy a vemhesség alatti 50 mg/kg mangánellátás magasabb vérben mérhető mangán koncentrációt eredményez az újszülött borjában. A mérhető koncentráció 35,06 ng/ml volt, míg a kiegészítéssel nem ellátott borjak vérének mangán koncentrációja a születéskor 24,04 ng/ml értéket mutatott. Az anyai vér mangán koncentrációja nem mutatott jelentős különbséget a két csoport között (20,17 ng/ml és 22,14 ng/ml). Rojas 1965-ös tudományos munkája szerint a 15 ppm mangánnal ellátott tehenektől született borjak teljes vérének mangán koncentrációja 18,4 ng/ml volt, míg a 25 ppm mangánt felvevő anyák utódaiban ez az érték 21,0 ng/ml értéket mutatott. Ezen értékek az anyában 15 ppm mangán felvétele esetén 21,8 ng/ml, míg 25 ppm mangán adásakor 18,6 ng/ml volt.

## **II.6.2 Szelén**

Kérődzőkben a szeléntranszport az anyából a magzatba elsősorban a placentán keresztül, másodsorban a tejjel történik (Enjalbert és mtsai., 1999), mivel a szérum szelén koncentrációja magasabb, mint a tejé. A placentán való átjutás miatt a megfelelő anyai ellátás nélkülözhetetlen a magzat intrauterin fejlődéséhez. (Abdelrahman and Kincaid 1993; 1995; Enjalbert et al.

1999). A szelenoaminosavak aktív transzporttal jutnak az anyából a magzatba (Koller és mtsai, 1984). A szeleno-aminósavak sokkal gyorsabban jutnak keresztül a placentális barrieren, mint a szervesen szelénsók (Jakobsson és Oksanen, 1966). A vemheség utolsó hónapja a legkritikusabb, mivel a szeléntranszport a magzatba, majd később a borjúba akkor is megtörténik, ha a tehén szelénhiányos, tehát az anya a saját szelénkészleteit áldozza fel annak érdekében, hogy az utód ellátása megfelelő legyen (Hefnawy, és Tórtora-Pérez, 2010). A magzat nyomelemek felvétele iránti érzékenységet nem csak az anya ellátottsága, a vemhesség előrehaladottsága valamint a placentán való transzport hatékonysága befolyásolja, hanem a magzati szervezet akkumuláló képessége is (Mills és Davies, 1979). Több faj esetén is bizonyított, hogy ha nem megfelelő a raktározott mikroanyagok mennyisége az anya szervezetében, az az utód méhbeli fejlődésének zavarához vezethet (McKenzie és mtsai., 1975), ezért azon területeken, ahol alacsony a szelénbevitel, az anyaállatok számára adott szelén-kiegészítés kifejezetten fontos (Kincaid és mtsai, 1989). Abdelrahman és Kincaid, 1995-ös vizsgálatai alapján pozitív korreláció figyelhető meg a borjú és a tehén vérének szelén koncentrációjában az elléskor, de ez az összefüggés már kevésbé jellemző a borjú és a tehén vérének szelén koncentrációjában a 10. héten. Szignifikáns korreláció figyelhető meg a borjak születésekor a vér szeléntartalma és a 42. napon a máj szeléntartalma között. Szignifikáns korreláció volt megfigyelhető a szelén teljes vérben illetve plazmában megfigyelhető koncentrációjában a 42. napon, továbbá a borjú májának szelén koncentrációjában a 0 és 42. napon, és szintén megfigyelhető összefüggés a 0. napon a borjú májában mérhető szelén koncentráció és a kolosztrum szelén koncentrációja között, valamint a 42. napon a borjú májában mérhető szelén koncentráció és a kolosztrum szelén koncentrációja között. A magzati máj szelén koncentrációja fokozatosan magasabb a vemhesség előrehaladottabb stádiumában, elérve a tehén májában mérhető koncentrációérték háromszor-hatszorosát. Mivel a szelén könnyen átjut a placentán, a magzati szelénstátusz mindig magasabb, mint az anyai (Goerneratne és Christensen 1989). Pavlata és munkatársai 2003-as tanulmánya alapján regressziós és korrelációs analízis közeli kapcsolatot igazol az anyaállat és a borjaik vér-szelén koncentrációja és az anyaállat és a borjaik vér glutation-peroxidáz aktivitása között. Nem találtak szignifikáns korrelációt a vérben és a kolosztrumban mérhető koncentrációk között a tehenekben. A szelén koncentráció értékelése valamint a glutation-peroxidáz aktivitása közti összefüggés jól mutatja, hogy az újszülött borjak szelénstátusza összhangban van az anya szelénstátuszával. Pavlata és mtsai, 2003-as kutatásában két részre osztották az állatokat: az állomány azon felében (I), melyben szelénhiány mutatkozott, az újszülött borjakban mért átlagos szelén koncentráció és a glutation-peroxidáz aktivitás magasabb volt, mint azok anyájában. Az állomány másik felében (II), ahol megfelelő szelénellátottság volt megfigyelhető, az átlagos

szelén koncentráció és a glutation-peroxidáz aktivitás némileg alacsonyabb volt, átlagosan 85-96 %- a az anyai szelén koncentrációnak és a glutation-peroxidáz aktivitásnak. Kimontható, hogy a vemhesség alatt az anya vérének szelénszintje döntő az újszülött borjak szelén koncentrációjának kialakításában (Pavlata és mtsai, 2003).

Kincaid és munkatársai (1989) tanulmányában az általuk vizsgált borjak fele születéskor intramuscularis injekciót kapott 0,825 mg Se/ttkg dózisban, az állatok másik fele nem. A kutatásban azt találták, hogy az anya vérében mérhető szelén koncentráció szignifikáns hatással bír a borjak vérének szelén koncentrációjára a 0., 1. és 3. héten, míg a borjak számára születéskor beadott injektábilis szelén-kiegészítés nincs szignifikáns hatással a borjak vérének szelén koncentrációjára a 10. hétig. A tehének vérében az elléskor 0.15 µg/ ml szelén koncentráció volt mérhető, és a borjak átlagos szelén koncentrációja is körülbelül 0.15 µg/ ml volt. Az injektábilis szelén-kiegészítésnek nem volt hatása a vér szelén koncentrációjára a borjak 0., 1. és 3. élethetében, de a 10. héttől a vér szelén koncentrációja viszont szignifikánsan magasabb volt azon borjaknál, melyek injekciós kezelésben részesültek születésükkor. A borjak vérében mérhető szelénértékek az első és harmadik héten (szemben a 10. héten mérhetővel) annak hatását mutatják, hogy milyen koncentrációértékek voltak mérhetőek a borjak vérében születéskor illetve az anya vérében az elléskor. Pozitív korreláció volt megfigyelhető a teljes vér szeléntartalma esetén az anya és a borja között a 0. héten, de a 12. héten nem (Kincaid és mtsai, 1989). Weiss és mtsai. szerint a szelén linerásian csökken 24 ppb-ről 18,8 ppb-re a születéstől az élet 56. napjáig.

Van Saun, és munkatársai 1989-es kutatása szerint a magzati máj képes a szelénkoncentrálásra még abban az esetben is, ha gyenge az anyai szelénstátusz. Feltételezhetően a magzat májának magasabb az affinitása a szelén iránt, tehát több szelént tud a plazmából felvenni.

A magzati máj-szelén koncentráció következetesen magasabb az anyainál, ezzel szemben a szérumban a szelén koncentrációja az anyaállatok esetén magasabb. A metarnális- fetális különbségek potenciálisan növelik a koncentrációgrádienszt az anyai és magzati szövetek között, ezáltal elősegítik a transzportot a placentán keresztül.

A vizsgálatok azt mutatják, hogy a szérumban a szelén koncentrációja a vérnek, mely a placentán keresztüli átadásért felelős, továbbá a kolosztrumban a szelén tartalma is ebből pótlódik. Ezt támasztja alá az anyai szérumban a szelén koncentrációjában megfigyelhető a gyors csökkenés a vemhesség utolsó hónapjában. Az anyai májban mérhető szelén koncentráció alapján lehet leginkább a magzat szelénellátottságára következtetni. Ezen kutatás eredményei alapján felállított ajánlás szerint a máj és a teljes vér szelén koncentrációja >2,2 µg /g szárazanyag. valamint > 120 ng/ ml kell, hogy legyen a megfelelő magzati szelénstátusz kialakításához. Van Saun és munkatársai (1989) összefoglalják,



hogy a magzati máj szelén koncentrációja, ha alacsonyabb, mint 1,0 µg /g szárazanyag, ez a hiány összefüggésbe hozható az abortált magzatokban olyan szövettani izomdegeneratív léziókkal, melyek fehérizombetegre utalnak (Taylor és MacDonald, 1979; Yamini és Mullaney, 1985; Hedstorm és mtsai., 1986)

## **II.7. Mangán- és szelénhiány**

### **II.7.1. Mangánhiány tünetei**

Azért ütközik nehézségekbe a mangánhiány okának egzakt módon történő megállapítása, mert a mangánhiány kialakulhat egyéb ásványi anyagokkal mutatott interakciók következtében is, főleg a kalcium és a foszfor feleslegben való jelenléte esetén (Hidiroglou, 1979), mivel mindkét elem befolyásolja a mangán felhasználását (Rojas 1965). A jó mangánellátottság szükséges a fiatal állatok megfelelő fejlődéséhez, felnőtt állatokban pedig a normál reprodukciós működéshez (Bentley and Phillips, 1951; Rojas és mtsai, 1965). A klinikai tünetekben megnyilvánuló mangánhiány kimondottan ritka, mivel a takarmányok többsége tartalmaz legkevesebb, az ajánlott mennyiség határértékét elérő mangánt. (Weiss és Socha, 2005) Továbbá vemhes tehenekben a mangánhiány nehezen diagnosztizálható, mivel az anyaállatban nem okoz látványos tüneteket. A vemhes állatok alacsony mangántartalmú fejadaggal való etetése a borjaik esetében vezet a mangánhiány okozta látványos klinikai tünetek kialakulásához (McDowell, 1992). Ha a borjak stresszhatásoknak vannak kitéve, csökken az ásványi anyag retenciós képességük (Machado és mtsai, 2013) Ugyanezt leírták Nockles és munkatársai 1993-as kutatásukban, mely során intramuscularis ACTH injekcióval vizsgálták a stressz hatását borjakban. A stressz és a tápanyaghiány reaktív oxigéngyökök fokozott képzéséhez vezethet (Sordillo és Aitken, 2009). Ha a szabadgyök képződés meghaladja a szervezet védekező mechanizmusát, az állat oxidatív stresszt szenved el. A reaktív oxigéngyökök lipid-peroxidációt és következményes sejtkárosodást eredményeznek. Az immunrendszer sejtjes elemei fokozottan érzékenyek az oxidatív stresszre, mivel a membránjaikban magas koncentrációban találhatóak többszörösen telítetlen zsírsavak, mely kifejezetten érzékeny a peroxidációra, és belőlük nagy mennyiségben képződnek további szabad gyökök (Spears és Weiss, 2008). Számos nyomelem megkívánt azon enzimek funkciójához, melyek részt vesznek az antioxidáns védekező rendszer működésében (Spears, 2000).

Bentley és Phillips (1951) tudományos munkájának eredményei alapján 10 ppm Mn adekvát volt a tehén fejlődéséhez, de a reprodukcióhoz ez az érték a határértékhez közelinek tekinthető. Dyer és munkatársai (1964) arra a megállapításra jutottak, hogy 16 ppm mangán felvétele esetén normál kalciumszintek mellett (0,5%) a tehenek olyan utódoknak adnak életet, melyekben jelentkeznek a hiány enyhe tünetei, így a csont deformitások, ezzel szemben, ha a tehén 56 ppm mangánt vesz fel normál kalciumszintek mellett, az általuk világra hozott borjak nem mutatnak hiánytüneteket. Szintén kimutatták, hogy magas kalcium koncentrációk mellett 47 ppm mangán felvétele az újszülött borjak csont deformitását eredményezi.

A takarmány takarmány 16 mg/ kg alatti mangán koncentrációja elégtelen a normál magzati fejlődéshez, ezen értékek esetén az újszülött borjak a mangánhiány jeleit mutatják. Az 50 mg/ takarmány kg mangántartalom optimálisnak tartott a megfelelő magzati fejlődéshez. (Djokovic, és mtsai, 2014). A legnagyobb magzati mangánrezervoár a csont (Gamble és mtsai., 1971). Leírásra került a vemhes szarvasmarha alacsony mangánbevétele és borjú deformitásainak megnövekedett incidenciája közötti összefüggés, így a vemhesség alatti mangán deficiencia következtében az utódban számos vázrendszeri abnormalitás alakulhat ki. (Dyer és mtsai., 1964). Azon tehenek, melyek a vemhesség alatt alacsony mangántartalmú takarmányt kaptak, olyan borjaknak adtak életet, melyekben csontvázrendszeri deformitások fordultak elő, mint a megnagyobbodott ízületek, merevízületek, meggömbült lábak vagy az általános gyengeség. Ezen borjakban szintén leírták a felkarcsont szilárdságának csökkenését és hosszának rövidülését (Dyer és Rojas, 1965). A mangán része a glükózil-transzferáz enzimes családba tartozó enzimek prosztetikus csoportjának. Ez az enzimes család a porc proteoglikánjainak metabolizmusában vesz részt, mely a glükozaminoglikán és az oligoszacharidok oldallánc-szintézisében játszik szerepet (Leach and Harris, 1997). A nem megfelelő mangánellátás az epifízis porc abnormalis fejlődését és az ízületi porc csökkent mukopoliszacharid tartalmát eredményezi. Ezen kívül feltételezhető a mangán csontmátrix termelésben betöltött aktív szerepe (Hidiroglou és Knipfel, 1981). A porcképzésben betöltött szerepe miatt a mangán esszenciális az epifizeális növekedési zóna képzésében, mely a csont hosszanti irányú növekedését szolgálja. Ez a terület az, ahol leginkább megfigyelhetőek fiatal állatokban a mangánhiány okozta tünetek, így a vázrendszeri malformáció (Leach and Muenster, 1962), mint a megvastagodott ízületek, az aránytalan törpenövés különböző fokozatai, a brachignatio superior vagy az általános gyengeség (Hansen és mtsai, 2006). A mangánhiány ízületi abnormalitásokban betöltött szerepe abban állhat, hogy a mangán hatással van az epifízis porc mukopoliszacharidjainak és fehérjéinek összetételében, és ezen komponensek nem megfelelő szintézise a csontmátrix zavart fejlődését eredményezik (Hidiroglou és

mtsai, 1979). Groppe és Anke, (1971) a hiányos mangánellátást összefüggésbe hozták idegfejlődési rendellenességekkel, ennek következtében nyelv tremor, inkoordináció, izomremegés volt megfigyelhető. Pár héttel később, duzzanat jelentkezett az elülső láb carpális ízületében, melyet az állatok merev hajlított helyzetben tartottak. Ezen kívül a növekedésben más problémát nem okozott (Ressig 1971). Rissing (1971) tanulmányában kitér arra, hogy a mangánhiány befolyásolja az ivararányt annak következtében, hogy a méhen belüli fejlődés során a nőivarú magzatok mangánigénye magasabb a hímivarúakénál, ezért érzékenyebb a mangán deficiencia okozta rendellenességekre. A vizsgálat eredményei szerint a nőivarú-hímivarú borjak aránya 1:1,32, míg a kontollcsoport esetében ez az arány 1:0,96. Reprodukciós zavarok is kialakulnak hiányos mangánellátás következtében, mint a megnövekedett két ellés közötti idő, késő ovuláció, szubösztusz vagy megkisebbedett petefészkek (Ressig 1971)

### **II.7.2. Szelénhiány tünetei**

Szelénhiányt legnagyobb előfordulási esélye üszőkben, hízóbikákban, húshasznú teheneekben és szárazon álló tejelő teheneekben fordul elő (Pavlata és mtsai, 2003).

A szelénhiány összefüggésbe hozható számos megbetegedéssel különböző állatfajokban, mint a takarmányozási eredetű myopathia, exudative diathesis, hasnyálmirigy fibrózis, reprodukciós rendellenességek (magzatburok -visszamaradás, magas embrió mortalitás, magas előfordulási esély endometritis és petefészkekiszta esetén). Ezen túl magasabb szomatikus sejtszám a tejben, mastitis, vörösvérsejt hemolízis, immunrendszer elégtelen működése és borjak esetén magasabb incidencia légzőszervi és emésztőszervi betegségek előfordulásának tekintetében szintén visszavezethető a hiányos szelénellátásra. (Pavlata és mtsai, 2003). 1-3 mg/kg szárazanyag szelén-kiegészítéssel eliminálható a klinikai szelén-függő izomdisztrófia (fehér izom betegség) előfordulása. A myopathiás kórkép, más néven fehérizom betegség leggyakrabban az újszülöttekben előforduló betegség, de ritkán az éves vagy idősebb állatokban is észlelhető. Fehérizom betegség során érintett lehet szívizom és a vázizomzat is. A vázizomzat érintettsége esetén a fiatal állatok nehezen mozognak, képtelenek a felállásra. Abban az esetben, ha a szívizomzat is érintett, hirtelen szívhalál vezet az állat elhullásához. A betegség neve onnan származik, hogy kalciumsók rakódnak le az izomrostokban, melyek hatására ezen területek fehéres színt mutatnak (Hansen és mtsai, 1993). Szérum szelén koncentráció 70-100 ng/ml megbízható indikátora a megfelelő szelénellátottságnak és feltehetőleg szükséges ahhoz, hogy magabiztosan elkerülhető legyen a subklinikai szelénhiány (Gerloff, 1992). A megfelelő szelénbevitel hatására csökkenhet a mastitis előfordulása és megelőzhető a myopathia illetve a légzőszervi betegségek

okozta borjúelhullást (Gerloff, 1992). A szelénfüggő károsodás a fehériszom betegség esetén annak következtében jön létre, hogy oxidatív károsodás éri az izomszövetet a szelénfüggő glutation- peroxidáz hiányának következtében. A magzatburok-visszamaradás több esetben megelőzhető szelén (és/vagy E-vitamin) kiegészítéssel. Abortusz, korai embrióelhalás és terméketlenség szintén összefüggésbe hozható a hiányos szelénellátással. A szelén pozitív hatással bír az immunrendszerre is. Szelénhiány összefüggésbe hozható a neutrophil granulocyták csökkent intracelluláris védekezőképességével. Habár a neutrofilok fagocita aktivitását nem befolyásolta, a *Staphylococcus aureus* elleni intracelluláris védekezés szintje megemelkedett, továbbá az *Escherichia coli* elleni intracelluláris védekezés is emelkedő tendenciát mutatott azon neutrofil granulocyták esetén, melyek olyan tehenekből kerültek izolálásra, amelyek 3 mg/ kg szárazanyag szelén-kiegészítést kaptak. A szelén szerepet játszik az ellenanyag termelésben és a megfelelő limfocita funkcióban is. (Gerloff, 1992).

Mehdi és Dufrasne. 2016-os összefoglalója alapján a szelénhiány hozzájárul a puerperális metritis és a magzatburok-visszamaradás kialakulásához (Spears és Weiss, 2008; Sordillo, 2013) valamint bikák esetén a tesztoszteronszintézis és a spermatozoon szintézis zavarához, ami terméketlenséghez vezet (Rayman, 2012), továbbá a spermatozoonok csökkent motilitását okozza (Maiorino és mtsai.,1999). A fertilitásban bekövetkező emelkedés szelén adásának hatására annak tulajdonítható, hogy a vemhesség első hónapjában csökken az embrionális elhalálózás, mivel a szelenoprotein gén expressziója megemelkedik a granulóza sejteken (Ceko és mtsai.,2015). A postpartum időszak során a szelénkiegészítés csökkenti a metritis és a petefészekciszta, (Wilde, 2006) valamint a magzatburok-visszamaradás kialakulását (Spears és Weiss, 2008). A szelén milyensége (szerves vagy szervetlen) nincs hatással a fogamzási rátára és a két ellés közötti időszakra. Azonban tehenekben a krónikus szelenózis is csökkenti a fertilitást azáltal, hogy támogatja a petefészekciszták kialakulását és elnyújtja az anösztruszt (Z'arczyn'ska és mtsai, 2013)

## **III. Saját vizsgálatok**

### **III.1. Célkitűzés**

A munka célja szarvasmarha fajban az anya és borja biológiai mintáiban (vér, szőr, kolosztrum) mérhető szelén- és mangán koncentrációk összefüggéseinek vizsgálata. Az összefüggések feltárása az állomány-egészségügyi és takarmányozási monitoring protokollok kidolgozásához nyújthatnak segítséget.

### **III.2. Anyag és módszer**

#### **III.2.1. A vizsgálatban részt vevő állományok jellemzői**

Vizsgálataink során két Pest megyei tehenészetből került sor a minták gyűjtésére 2017-ben, 17 Holstein-fríz tehéntől, és azok újszülött borjaitól (1. táblázat). Mindkettő az 1960-as évek végén létesült, akkor kötött tartású szakosított tehenészeti telepként működött. Jelenleg a tartástechnológiát tekintve istállózott, kötetlen, növekvő almos tartás figyelhető meg. A két tehenészeti telep hasonló felépítésű és állomány nagyságú. Összesen 422 illetve 446 szarvasmarha található a telepeken, melyből 176 illetve 193 tehén. Ebből 137 illetve 158 állatot fejnek. A két ellés közötti idő 415 illetve 406 nap. Éves adatot tekintve a magzatburokviszatarítás 12-15% illetve 15-18%. Az itatásos időszakban, az élet első 60 napjáig a borjúelhullás 5% körülire tehető. Az ellést követően a borjút azonnal elveszik az anyjától, már a kolosztrumot is az egyedi borjúnevelő ketrecben kapja meg. A takarmányozás TMR alapú.

#### **III.2.2. A vizsgálati minták**

A mangán- és a szelénkoncentrációk meghatározására az általunk vizsgált minták az anya teljes vére, újszülött borjának teljes vére (mindkettő heparinnal alvadásban gátolva), kolosztrum, valamint pigmentált szőr mind az anyától, mind a borjútól. Összesen tehát 34 alvadásban gátolt teljes vérminta, 34 szőrminta (1. táblázat) és 17 kolosztrum minta került vizsgálatra induktív csatolású plazma -optikai emissziós spektrometria (ICP-OES) és atomabszorpciós spektrometria (AAS) módszerrel (2. kép).

<b>Tehén</b>	2744/T	2359/T	2986/T	2207/T	2459/T
1844/T	25246/T	2342/T	1990/T	2534/T	2958/T
19263/T	22045/T	2354/T	32269/T	23404/T	2665/T
<b>Borjú</b>	2744/B	2359/B	2986/B	2207/B	2459/B
1844/B	25246/B	2342/B	1990/B	2534/B	2958/B
19263/B	22045/B	2354/B	32269/B	23404/B	2665/B

1. táblázat A mintagyűjtésben részt vett állatok használati számai

1. kép Pigmentált szőr gyűjtése borjúból



2. kép Vizsgálati minták



### III.2.3. A vizsgálat módszere

A biológiai minták mangán és szelénkoncentrációjának mérését két atomspektroszkópai analitikai eljárással végeztük. A teljes vér elemtartalmát atomabszorpciós spektrometria (AAS: atomic absorption spectrometry) módszerrel mértük, míg a kolosztrum és a szőr esetén induktív csatolású plazma -optikai emissziós spektrometria (ICP-OES: inductively coupled plasma-optical emission spectrometry) módszert és AAS módszert is alkalmaztunk. A módszerek lényege, hogy folyékony vagy szilárd mintákból oxidáló savakkal elroncsoljuk a szerves mátrixot és magas hőmérsékletű atomizáló egységekben hozunk létre szabad atomokat. A minta belépve az atomizáló egységbe beszárad, disszociál és szabad atomok és ionok keletkeznek.

Az ICP-OES és az AAS mérési módszerek alapja az, hogy az atomokat gerjesztett állapotba juttatjuk. ICP-OES esetén a kibocsájtott fény, míg AAS esetén az elnyelt fény segítségével válik meghatározhatóvá az adott elem koncentrációja. Atomabszorpcióval egyszerre csak egy elem mérése lehetséges, míg ICP-OES-val egy alkalommal akár 60-70 elem is mérhető.

### **III.2.3.1. Teljes vérmintából történő mangán és szelén koncentráció meghatározás**

Az általunk gyűjtött biológiai minták feldolgozása kétféleképpen lehetséges. Egyrészt történhet közvetlenül a mérés, mint a vérmintáknál, hígítás után vagy egyéb biológiai minták esetén (esetünkben a kolosztrum és a szőr esetén) roncsolást követően, mely művelettel a minta folyékony halmazállapotúvá alakítható.

A vérminta elemzésére kétféle módszert szoktunk alkalmazni. Egyrészt vérplazmából ötszörös hígítás után, másrészt teljes vérből, előzetes roncsolás nélkül, hígítva, grafitkemencés abszorpciós módszerrel. Az előbbi módszer szelén mérésére nem használható a spektrális zavaró hatások miatt.

Teljes vérből történő mangán, szelén vagy egyéb ásványi anyag tartalom meghatározásához 20 ml alvadásban gátolt vért gyűjtöttünk. Az alvadás gátlására 50  $\mu$ l heparint tartalmazó vérvételi csőbe vettük a vérmintákat, felnőtt állatok esetén a farokból, a venacoccygeából, borjak esetén a venajugularisból. A teljes vérminta elemzéséhez a vér 10-szeres hígítása szükséges, melyhez etilén-diamin-tetraecetsav (EDTA)-ammónia hígító keveréket használtunk. A hígító keverék 0,25 g tritont, 0,25 g kristályvizet, EDTA-t, és 2,75 ml 25% ammóniaoldatot tartalmaz, ezt töltöttük 500 ml-re. Az így kapott vérminta szelén és mangántartalmát közvetlenül tudjuk mérni elektrotermikus atomizációs (ETA-AAS) módszerrel, 5  $\mu$ l mátrixmódosító használatával. A mátrixmódosító 0,1% palládiumból és 0,06% magnézium-nitrátból áll. Ezután végezhető el a mérés ETA-AAS módszerrel.

#### **III.2.3.1.1. Atomabszorpciós spektrometria (AAS)**

Atomabszorpciós spektrometria során szabad atomok előállítása történik. Az általunk vizsgálandó elemből készült vájtkatódlámpa (a lámpa katódja készült a vizsgálandó elemből) által kibocsájtott adott hullámhosszú speciális fényel világítjuk meg a vizsgálati anyagot. Ezt a vizsgálati minta kérdéses atomjai elnyelik, és a fényelnyelés mértékét mérjük. A fényelnyelés mértéke, azaz az abszorbancia arányos a mérendő elem koncentrációjával az oldatban. Mivel egyszerre egy vájtkatódlámpa használható, így egyszerre egy elem mérésére van lehetőség. Alapvetően a mérés gyorsan, 4 másodperc alatt lezajlik lángatomabszorpciós üzemmódban.

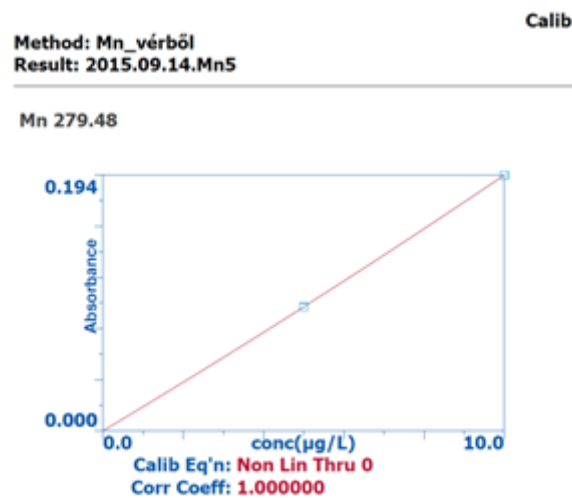
A teljes vér szelén és mangán-tartalmának meghatározásához a lényegesen érzékenyebb, de egyúttal lassabb elektrotermikus atomizációs módszert (ETA-AAS) használtuk. A grafitcsőbe 5-20  $\mu$ l minta beinjektálása történik, majd a rendszer elektromos fűtés alá kerül. Ez a magyarázata annak, amiért a vérből az elemek roncsolás nélkül mérhetőek (mivel a vér éghető komponensei elégnek és az elemek visszamaradnak). A grafitkemencében szintén elemenként tudunk

mérni, azonban ez több időt vesz igénybe. Szelén esetén például 4 perc szükséges mérésenként. Viszont előnye, hogy 2-2,5 nagyságúval kisebb mennyiség is mérhető általa, vagyis a módszer ennyiszor érzékenyebb.



3. kép PerkinElmer PinAAcle 900Z THGA AAS

Az általunk alkalmazott készülék a PerkinElmer PinAAcle 900Z THGA AAS THGA grafitcső (3. kép). A THGA rövidítés feloldása a Transversal Heated Grafit Atomiser, azaz keresztirányúan fűtött grafitkemence. Longitudinális Zeeman háttérkorrekció alkalmazása szükséges. A kimutatási határ (3 $\sigma$ ) mangán esetében a hígítást figyelembe véve 0.0001mg/l, (mely megfelel 0.002  $\mu$ mol/l értéknek). A mérést 279.48 nm-en végezzük el.



1. ábra Mangán kalibráló görbe



#### Furnace Program

Step	Temp (C)	Ramp Time	Hold Time	Internal Flow	Gas Type
1	110	1	30	250	Normal
2	130	15	30	250	Normal
3	1300	10	30	250	Normal
4	2000	0	5	0	Normal
5	2450	1	3	250	Normal

Read Step : 4 Injection Temperature (C) : 20

No extra furnace cleanout.

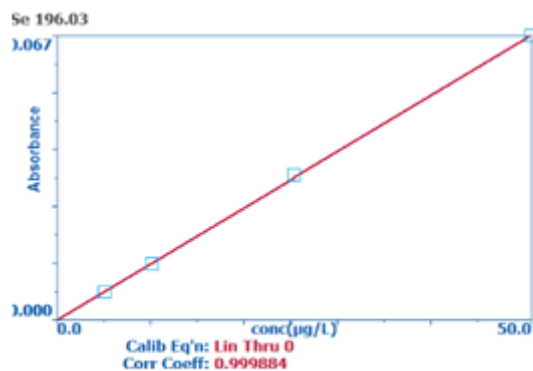
#### Furnace Autosampler

Sample

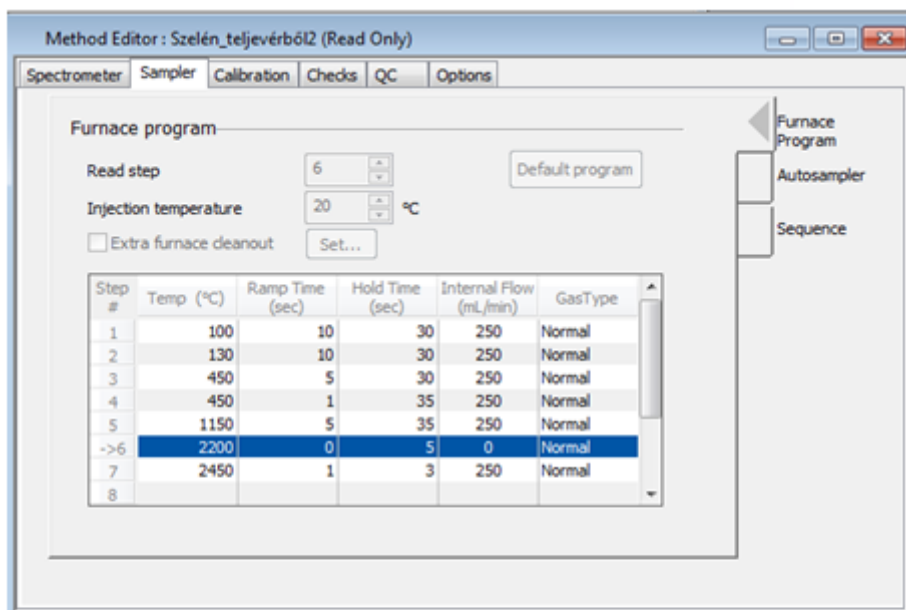
Volume : 20 uL Diluent Volume : 0 uL Diluent Location : 141

### 2. ábra A mangán méréséhez használt program

A szelén mérését 193.06 nm-es hullámhosszon mérjük. A kimutatási határ(3 $\sigma$ ): 0.59  $\mu\text{g/l}$ ; 20  $\mu\text{l}$  adagolása esetén. Mivel 20  $\mu\text{l}$  esetén viszonylag jelentős mátrixhatást tapasztaltunk, az adagolást lecsökkentettük 5  $\mu\text{l}$ -re. Ezt és a vérminta tízszeres hígítását figyelembe véve a kimutatási határ 24  $\mu\text{g/l}$ -nek adódik, ami megfelel 0,3  $\mu\text{mol/l}$ -nek.



3. ábra Szelén kalibráló görbe



4. ábra Monika Leodolter-Dvorak (Department of Occupational Medicine, Medical University of Vienna) által kidolgozott, a szelén méréséhez használt program

### III.2.3.2. Kolosztrumból és szorból történő mangán és szelén koncentráció meghatározás

A kolosztrum és a szőr esetén, mikrohullámú feltáró berendezéssel történik a méréshez való előkészítés. A kolosztrumot az elléshez lehetőleg legközelebbi időpontban gyűjtöttük, a szőrminta pedig az anya és a borjú esetén is pigmentált szőr volt. Először a szőrt meg kell tisztítani a felületi kontaminációtól, mely annak kétszeri mosásával valósítható meg. Először 50 térfogat %-os etanolban (melyhez 200 ml etanolt 200 ml desztillált vízzel hígítunk) áztatjuk a szőrt. Ennek a műveletnek a célja a minta zsírtalanítása. Ezt követően forró vízben kell többször öblíteni a mintát a habzás elmúltáig, majd 1 órán keresztül 85 °C-on történik a szárítása. Ezután 1 órán át 5 tömeg %-os EDTA oldatban áztatjuk a szőrt, majd végezetül desztillált vízzel való kétszeri öblítés után 85 °C-on megszáritjuk a mintát. Ezzel a folyamattal biztosítható a rátapadt szennyezőanyagok eltávolítása annak elkerülése érdekében, hogy a szennyeződésben jelen lévő elemek módosítsák az eredményeket. A kolosztrum és szőrminták roncsolását nagy nyomáson, savkeverékkel, mikrohullámú roncsolóval végeztük. Ez az eszköz tartalmaz egy megfelelően szigetelt, nyomásálló teflonedényzetet, mely mikrohullámú energiát ad át. A rendszer inert, a teflon falán keresztül nem kell számolni keresztszennyeződéssel. Ennek segítségével zárt rendszerben lehet roncsolni akár illékony elemeket is (a szelén erősen illékony), szemben a nyitott savas roncsolási technikával. Az általunk használt mikrohullámú roncsoló a CEM MARS 6

berendezés, melybe egyszerre 40 minta fér. A minták elroncsolásához középnyomású edényzetet használtunk, 31 bar nyomáson.

Az előkészítés után, a szőr és kolosztrum mintákból 0,5 g-ot a CEM MARS 6 mikrohullámú roncsoló Express edényeibe mérünk, majd ehhez 5 ml tömény salétromsavat és 5 ml hidrogén-peroxidot adunk, ezután indíthatjuk a feltáró programot. A berendezéssel többféle feltáró program is elvégeztethető. Biológiai mintákhoz használt feltáró program felfűtési sebessége, azaz a 200 °C-ra történő felfűtés ideje 35 perc. A feltáráshoz használt hőmérséklet 200 °C; ezen a hőmérsékleten a program 50 percig tartja a rendszert, miközben 1700 W energiát közöl. A roncsolás után kapott folyékony mintából kimutatható a teljes elemtartalom, mivel a folyékony mintha tartalmazza a vizsgálandó elemeket vegyületeik formájában.

A feltárt minták szelén- és mangántartalmát ezután különböző módszerrel határozzuk meg. A roncsolt szőrből és kolosztrumból a mangán koncentrációjának megállapítását ICP-OES-val, míg a szeléntartalom meghatározását AAS-val végezzük. A két elem meghatározása közötti különbség oka az, hogy a szelén koncentrációja nem mérhető pontosan ICP-OES módszerrel a spektrális átfedések miatt. Roncsolt, eredetileg szilárd halmazállapotú minták esetén, mint a szőr vagy a kolosztrum, a kimutatási határ (3 $\sigma$ ) 0.05 mg/kg.

#### **III.2.3.2.1. Induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometria (ICP-OES)**

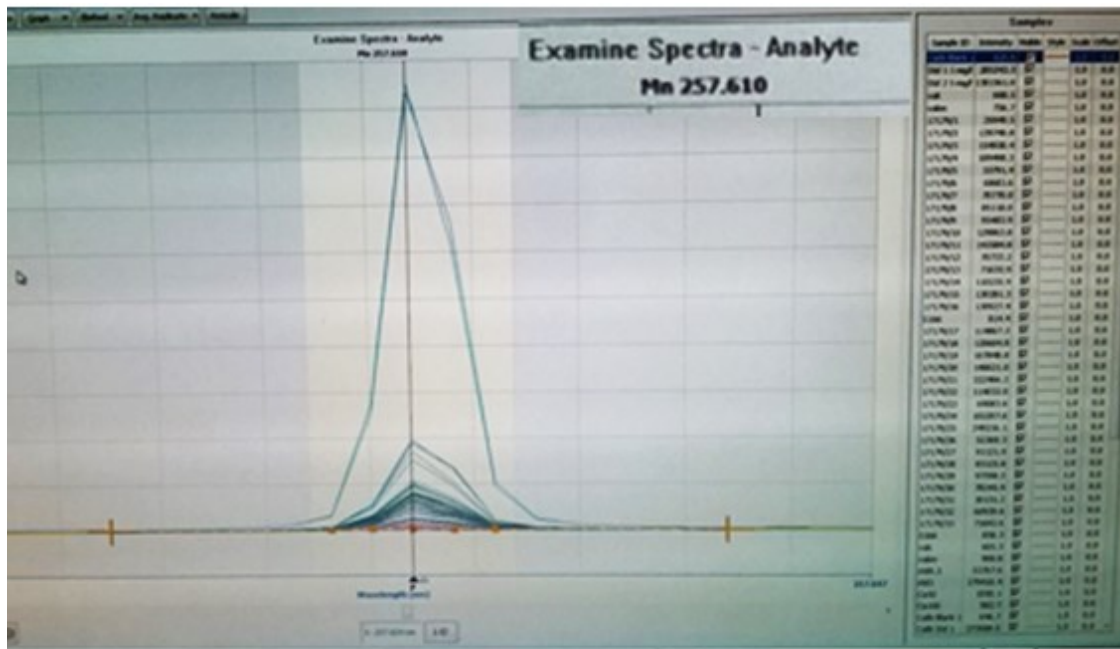
Az ICP-OES használatakor a vizsgálandó elemeket tartalmazó oldatot porlasztó segítségével, mely diszpergálja a folyékony mintát, finom permet formájában az atomizáló egységbe juttatjuk. ICP-OES esetén az atomizáló egység argonplazma. A nagy frekvencián ionizált argon 10.000°C-os hőmérsékletet eredményez. Mivel ez a rendkívül magas hőmérséklet nagyon sok energiát közöl, így nem csak az alkálifémek és alkáliföldfémek vizsgálhatók (szemben a lángfotometriával), hanem tulajdonképpen az egész periódusos rendszer. A beporlasztott mintában található vegyületek a magas hőmérséklet következtében atomjaikra bomlanak, melyek a spontán hőmozgás következtében ütköznek. A külső elektronhéjukon lévő elektronok magasabb energiájú állapotba ugranak, majd visszaugranak és az energiát fény formájában adják le. Ez a folyamat rendkívül gyorsan zajlik, másodpercenként 10<sup>8</sup> alkalommal történik a gerjesztés-visszaugrás. A kibocsátott fényt pedig mérni tudjuk. Mivel egy adott elem atomjainak elektronjai többféle energiaszintre képesek ugrani, így több spektrális vonal rajzolódik ki. Tudván, hogy az energia és a hullámhossz között egyértelmű összefüggés van, így a megfelelő hullámhossz kiválasztásával elvégezhető a mérés. A rendszer működéséhez ismert koncentrációjú kalibráló

oldatok is szükségesek, továbbá alkalmazandó egy megfelelően megválasztott,-az esetek többségében Y belső standard is. Ez egy gyakran használt „analitikai trükk”, melynek lényege, hogy fölös mennyiségben alkalmazzák a belső standardot és minden mért paramétert ehhez vonatkoztatnak, mivel az argonplazma paraméterei változhatnak. Így, ha szennyezett az argonplazma és kevesebb hőt közöl, az Y sem 100% lesz, hanem kevesebb és a többi elem ezzel arányosan csökken.



4. kép Perkin Elmer Optima 8300 ICP-OES berendezés

A mangán mérése esetén a CEM MARS 6 mikrohullámú roncsoló feltáró programjának lefutása után a már feltárt kolosztrum és szőrmintát 25 ml-re egészítjük ki. Kétszeres hígítás után 1 mg/l Y belső standard alkalmazásával a Perkin Elmer Optima 8300 ICP-OES (Induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometria) készülékkel (4. kép) mérjük a koncentrációt, 257.605 nm-es mangán vonalon végezzük axiális megfigyelést (5. ábra).

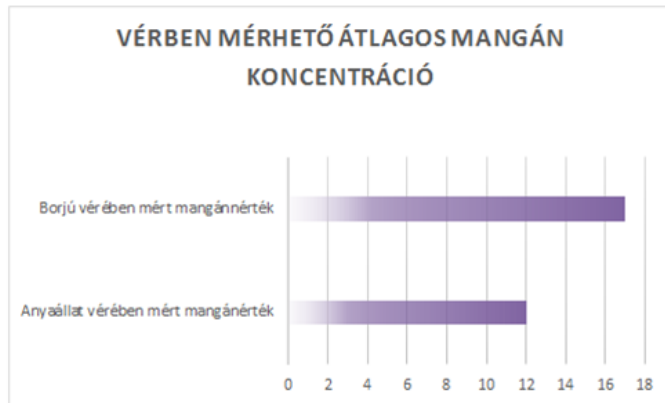


5. ábra A mangán spektrális vonalprofilja

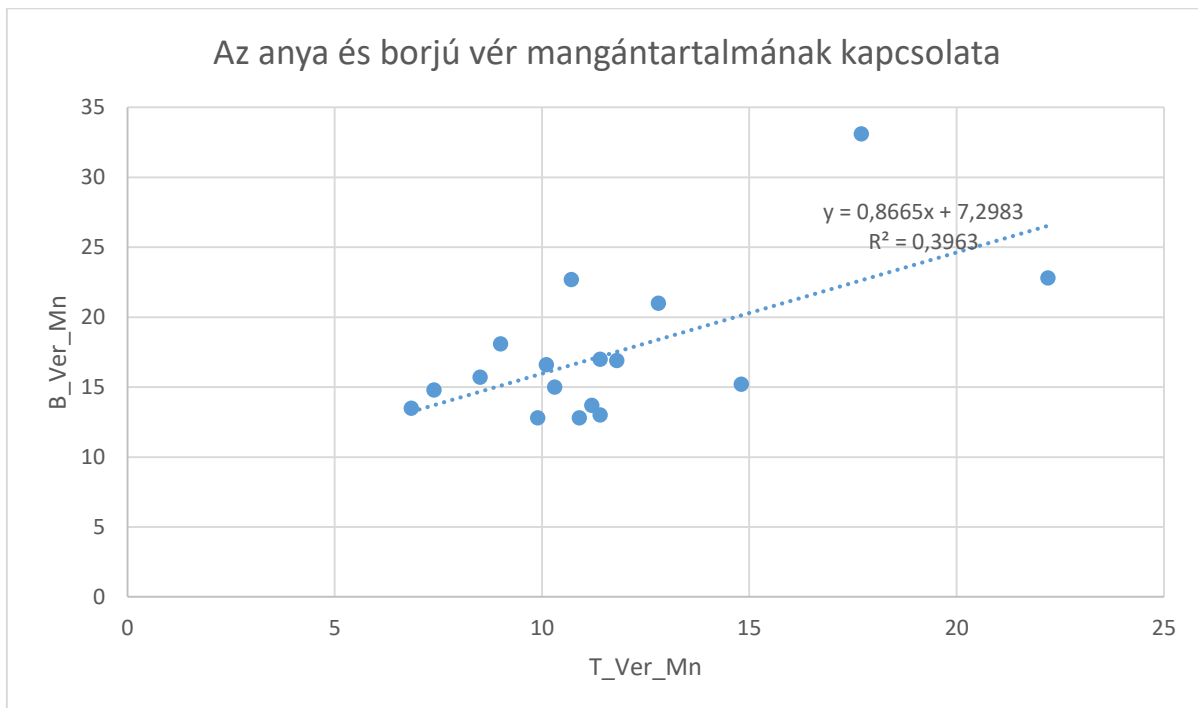
### III.3. Eredmények és megbeszélésük

6. ábra

	anya vér mangán ug/l	borjú vér mangán ug/l
	14,8	15,2
	9,89	12,8
	22,2	22,8
	17,7	33,1
	11,2	13,7
	12,8	21,0
	8,50	15,7
	10,9	12,8
	9,0	18,1
	11,8	16,9
	7,39	14,8
	11,4	13,0
	10,3	15,0
	10,7	22,7
	6,84	13,5
	11,4	17,0
	10,1	16,6
Átlag	12	17



7. ábra



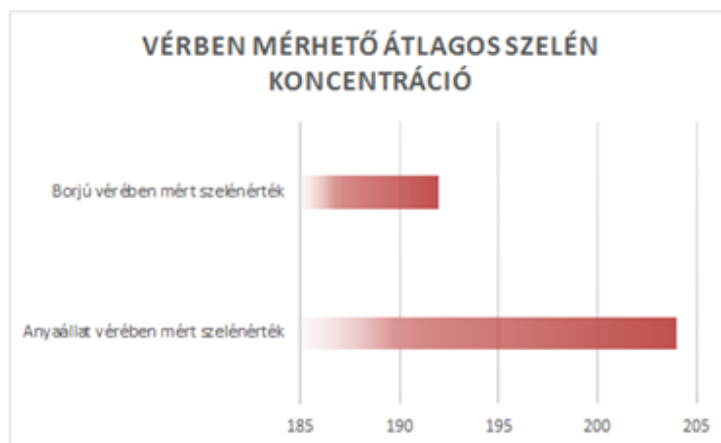
Az anyai és a borjú vérének mangán koncentrációját vizsgálva azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a két érték között nem szignifikáns, pozitív korreláció figyelhető meg. (Pearson's cor: 0,63,  $p=0.0068$ ; CI: 95 %: 0.21- 0.85) (7. ábra)

A 6. ábrát megtekintve azt láthatjuk, hogy a magzati vér mangán koncentrációja jóval magasabb az anyai vérben mérhető koncentrációnál és mindkét érték a referencia tartományon belül van. Ezt támasztja alá Weiss és Socha, 2005-ös tudományos munkája, mely szerint az újszülött borjak vérében mérhető mangán koncentrációk magasabbak voltak az elléskor az anyai vérben mérhető értékeknél, azonban ez nem mutatott összefüggést azzal, hogy a szárazonállás alatt az anya részesült –e kiegészítésben. Hansen és munkatársai 2006-os kutatásában azt állapította meg, hogy a vemhesség alatti 50 mg/kg mangánellátás magasabb vérben mérhető mangán koncentrációt eredményez az újszülött borjában. A mérhető koncentráció 35,06 ng/ml volt, míg a kiegészítéssel nem ellátott borjak vérének mangán koncentrációja a születéskor 24,04 ng/ml értéket mutatott. Az anyai vér mangán koncentrációja nem mutatott jelentős különbséget a két csoport között (20,17 ng/ml és 22,14 ng/ml). Ezen koncentrációértékek nagyobbak, mint a saját vizsgálataink során tapasztaltak. Esetünkben az anyák vérének átlagos mangán koncentrációja 12 µg/l, míg borjaik átlagos mangán koncentrációja 17 µg/l volt. Viszont Rojas 1965-ös tudományos munkája szerint a 15 ppm mangánnal ellátott tehenektől született borjak teljes vérének mangán koncentrációja 18,4 ng/ml volt, míg a 25 ppm mangánt felvevő anyák utódaiban ez az érték 21,0 ng/ml értéket mutatott. Ezen értékek az anyákban pedig 15 ppm mangán felvétele esetén 21,8 ng/ml, míg 25 ppm mangán adásakor 18,6 ng/ml voltak, némi ellentmondást mutatva. Lehetséges magyarázata az anyai vér mangán koncentrációjának alacsonyabb mivoltára, hogy az intenzíven meginduló tejtermelés mangánszükséglete következtében a vérben jelenlévő mangán felhasználása a tehénben fokozott a borjúhoz képest, ahol nincs tejtermelés.

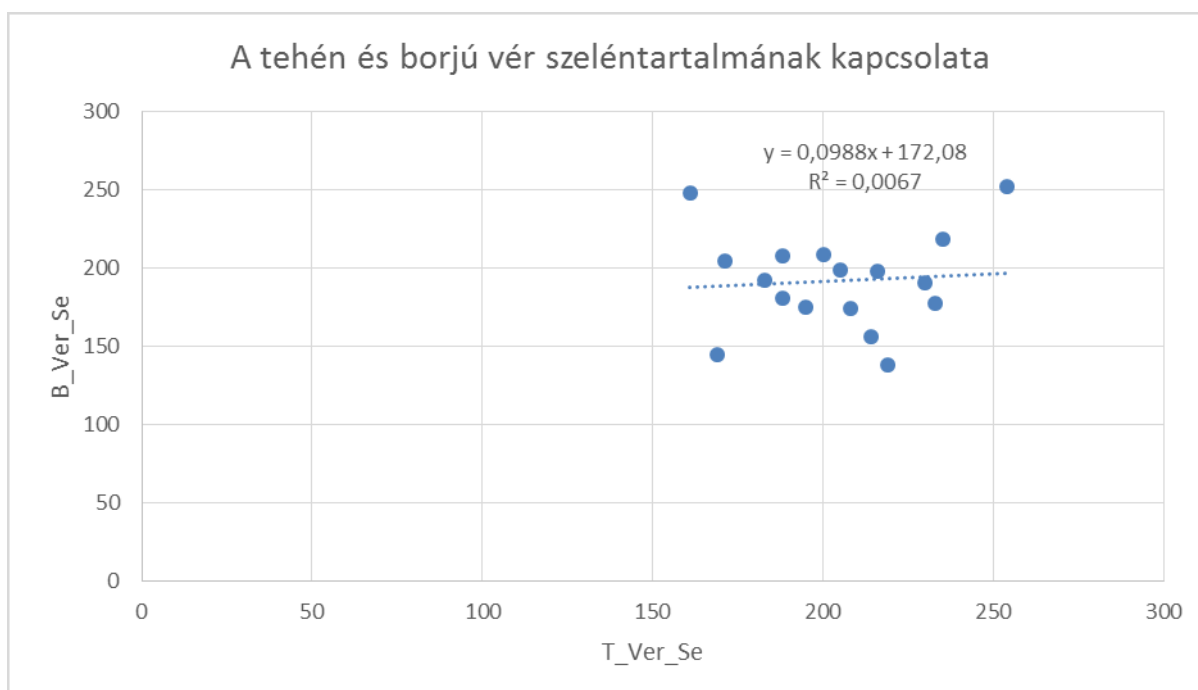
A referenciaértékeknek megfelelő koncentrációkat magyarázhatja, hogy mangánból és szelénből a szárazonálló tehének takarmányadagjai a releváns ajánlásoknak megfelelő szelén-és mangán koncentrációkkal bírtak (receptlapokat lásd a mellékletben).

8. ábra

	anya vér szelén ug/l	borjú vér szelén ug/l
	208	174
	233	178
	254	252
	230	191
	235	219
	195	175
	188	181
	169	145
	216	198
	214	156
	188	208
	200	209
	205	199
	161	248
	183	192
	171	205
	219	138
Átlag	204	192



9. ábra



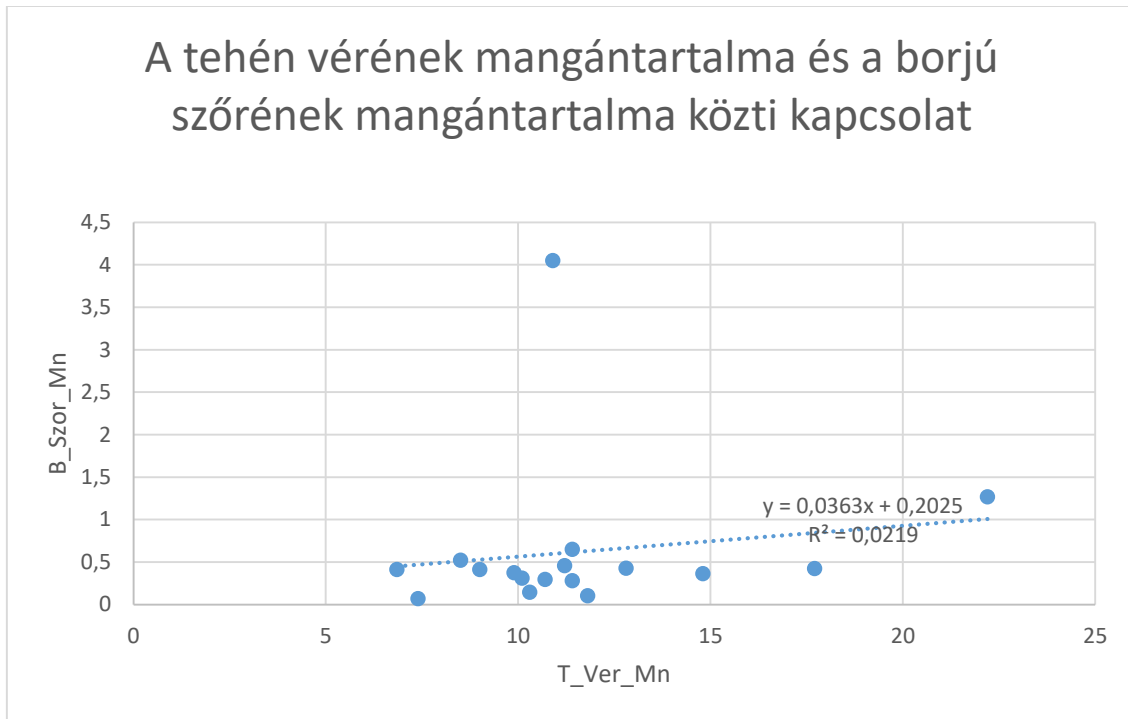
A 8. ábrán megfigyelve az anyák és borjaik vérében mérhető szelén koncentrációkat azt találjuk, hogy az anyai vérben mérhető szelén értékei jóval magasabbak, mint borjaik esetében. Ennek lehetséges magyarázata, hogy a szelén kevésbé hatékonyan épül be a magzati szervezetbe, mint a mangán (6. ábra). Ezen a feltételezésnek a tisztázása további vizsgálatokat igényel.



A tehén és a borjú véreinek szelén koncentrációja közötti kapcsolatot vizsgálva a két változó között nagyon enyhe pozitív, nem szignifikáns korrelációt találtunk (Pearson's cor: 0,08;  $p=0.7553$ ; CI: 95 %: -0.42-0.54) (9. ábra). Összevetve az irodalmi adatokkal, Abdelrahman és Kincaid, 1995-ös vizsgálata alapján viszont pozitív korreláció figyelhető meg a borjú és a tehén véreinek szelén koncentrációja között az elléskor, de ez az összefüggés már kevésbé jellemző a borjú és a tehén véreinek szelén koncentrációjára a 10. héten. Kincaid és munkatársai 1989-as vizsgálata során azt találták, hogy az anya vérében mérhető szelén koncentráció szignifikáns hatással bír a borjak véreinek szelén koncentrációjára a 0., 1. és 3. héten. Pozitív korreláció volt megfigyelhető a teljes vér szeléntartalma esetén az anya és a borja között a 0. héten, de a 12. héten nem. A vizsgálatban résztvevő borjak teljes véreinek szelén koncentrációja  $0.12 \mu\text{g/ml}$  azaz  $120 \mu\text{g/l}$  volt a születéskor. Ez az érték alacsonyabb, mint az általunk vizsgált borjak vérében mérhető átlagos szelén koncentráció, mely  $192 \mu\text{g/l}$  volt. Kincaid és munkatársai (1989) kutatásában a tehének vérében az elléskor  $0.15 \mu\text{g/ml}$ , azaz  $150 \mu\text{g/l}$  szelén koncentráció volt mérhető, és a borjak átlagos szelén koncentrációja is körülbelül  $0.15 \mu\text{g/ml}$  volt. Saját vizsgálatunkban az átlagos anyai szelén koncentráció  $204 \mu\text{g/l}$  volt.

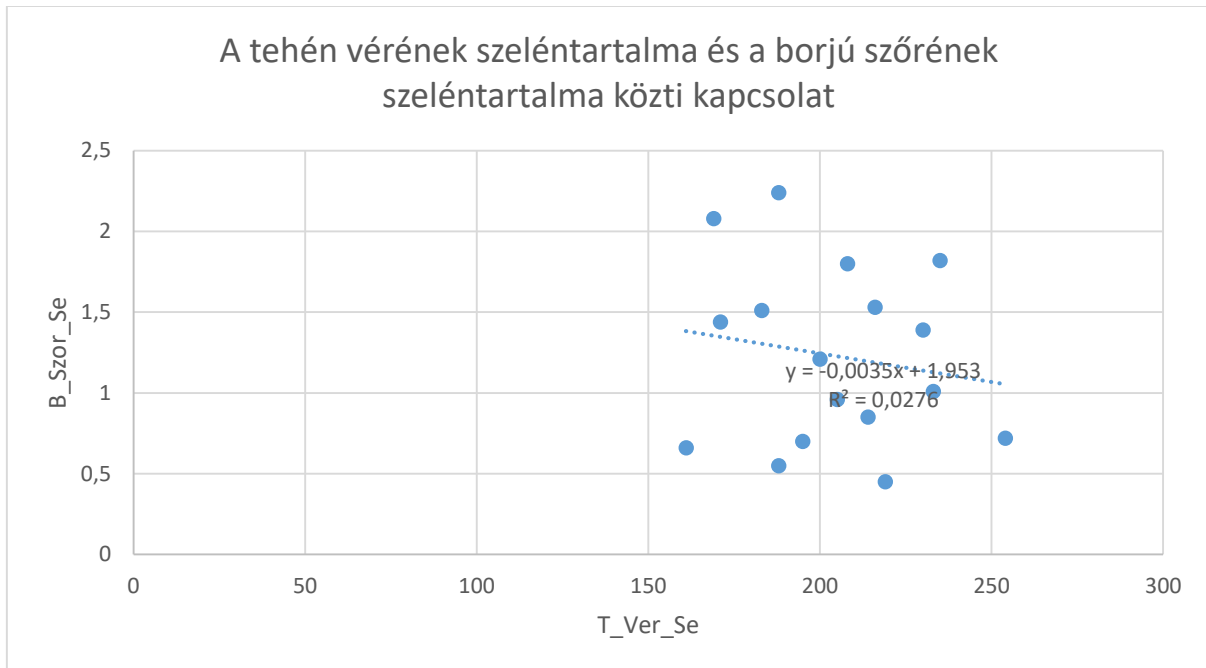
Van Saun, és munkatársai 1989-es kutatása szerint a metarnális- fetális különbségek potenciálisan növelik a koncentráció grádienszt az anyai és magzati szövetek között, ezáltal elősegítik a transzportot a placentán keresztül. Ezen eredményekkel szemben Goornertne és Christensen (1989) kutatásuk során azt állapították meg, hogy mivel a szelén könnyen átjut a placentán, a magzati szelénstátusz mindig magasabb, mint az anyai.

10. ábra



Pozitív, de nem szignifikáns korreláció volt megfigyelhető a tehén vérének mangántartalma és a borjú szőrének mangántartalma között (Pearson's cor: 0,15;  $p=0.5711$ ; CI: 95%: -0.36- 0.59) (10. ábra). A tehén aktuális mangánellátottsága nem magyarázhatja, hogy a borjúszőrben a vemhesség alatt mennyi épült be, hiszen a tehén vérében mérhető koncentráció aktuális (pillanatnyi) érték.

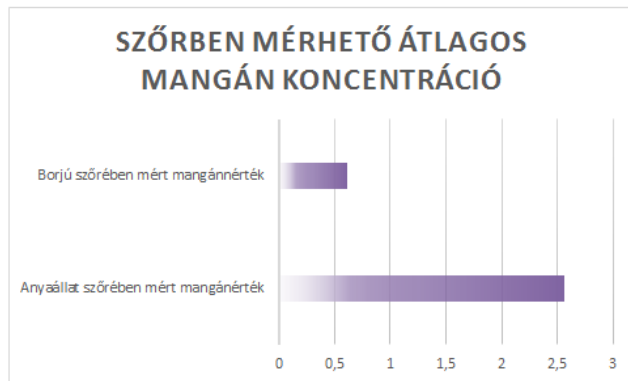
11. ábra



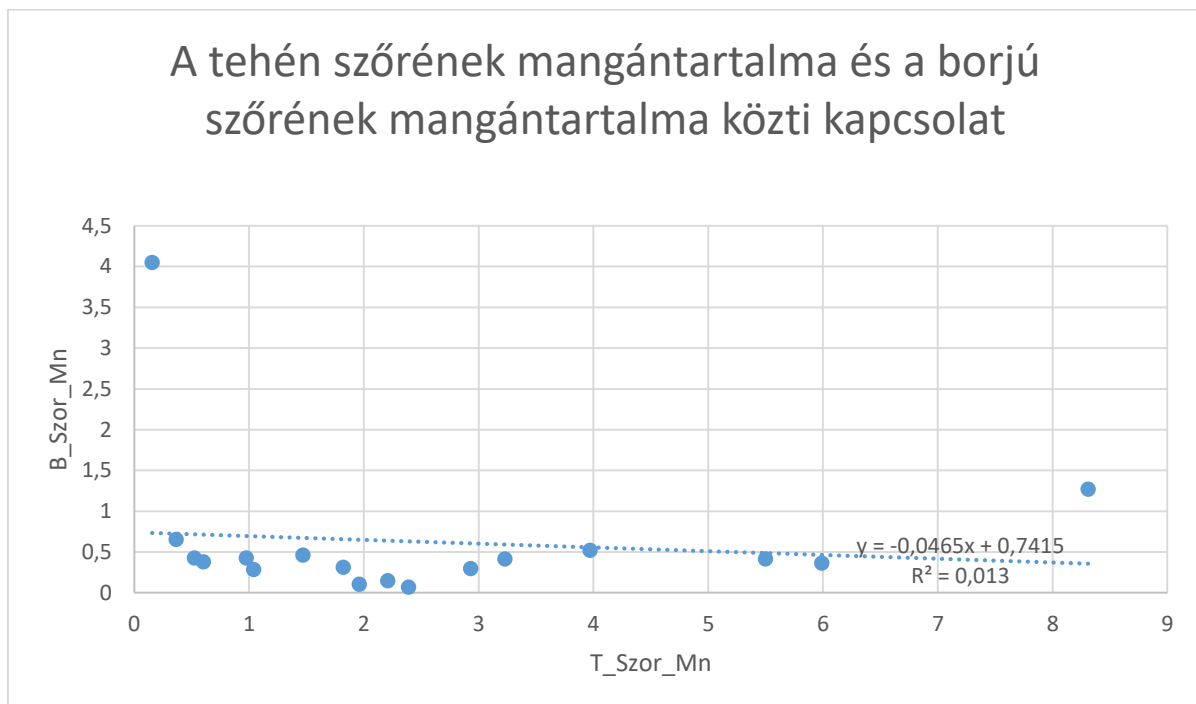
Negatív nem szignifikáns korreláció figyelhető meg a tehén vérének szeléntartalma és borjú szőrének szeléntartalma között (Pearson's cor: -0,17;  $p=0,5243$ ; CI: 95%: -0.60-0.34) (11. ábra). A tehén aktuális szelénellátottsága nem magyarázhatja, hogy a borjúszőrben a vemhesség alatt mennyi épült be, hiszen a tehén vérében mérhető koncentráció aktuális (pillanatnyi) érték. A szőr szelén koncentrációja az elemek hónapokon keresztül akkumulációtól függ, és hosszú távú indikátorként szolgál a szelénstátusz meghatározására (Cottrill, 2002). Korábbi kutatások azt mutatták, hogy azon borjak szőrének szeléntartalma, melyek nem szorultak életük első négy hetében betegség miatt kezelésre, magasabb volt, mint azon borjak szőrében mérhető értékek, melyek kezelésen estek át ezen időszakban. Míg az előbbi esetben a mért szelénérték 0,42 ppb volt, addig az utóbbi esetben 0,36 ppb (Waltner-Toews és mtsai, 1986).

12. ábra

	anya szőr mangán mg/kg	borjú szőr mangán mg/kg
	5,99	0,364
	0,603	0,377
	8,31	1,27
	0,525	0,426
	1,47	0,460
	0,977	0,427
	3,97	0,521
	0,156	4,05
	3,23	0,412
	1,96	0,105
	2,39	0,069
	0,365	0,652
	2,21	0,146
	2,93	0,297
	5,50	0,414
	1,04	0,283
	1,82	0,311
Átlag	2,56	0,62



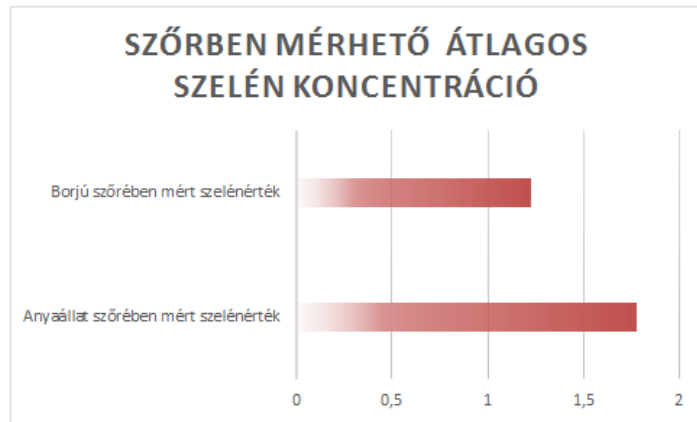
13. ábra



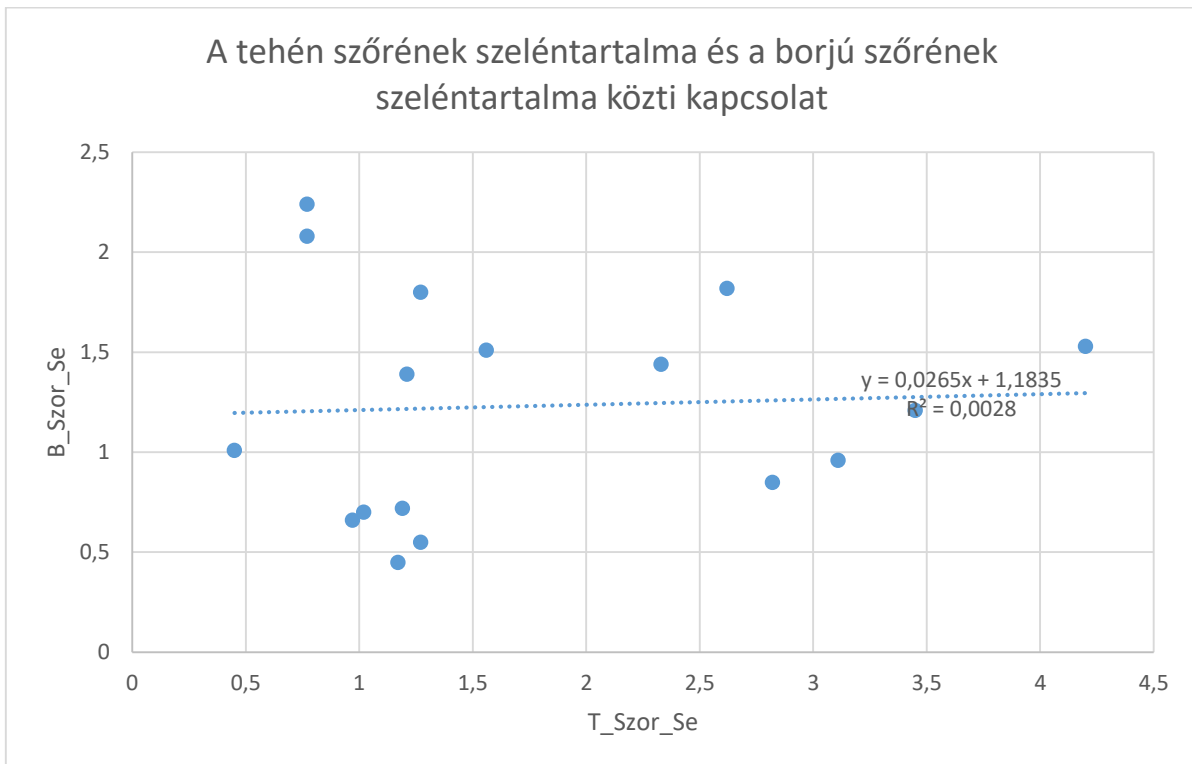
A tehén szőrének mangántartalma és a borjú szőrének mangántartalma között fordított eloszlás látható, mint a vérben mért mangán koncentrációk esetén. Ez nem szignifikáns, gyenge negatív korreláció formájában mutatkozik (Pearson's cor: -0,11; p=0.6632; CI: 95% -0.56- 0.39) (13. ábra).

14. ábra

	anya szőr szelén mg/kg	borjú szőr szelén mg/kg
	1,27	1,80
	0,45	1,01
	1,19	0,72
	1,21	1,39
	2,62	1,82
	1,02	0,70
	0,77	2,24
	0,77	2,08
	4,20	1,53
	2,82	0,85
	1,27	0,55
	3,45	1,21
	3,11	0,96
	0,97	0,66
	1,56	1,51
	2,33	1,44
	1,17	0,45
Átlag	1,78	1,23

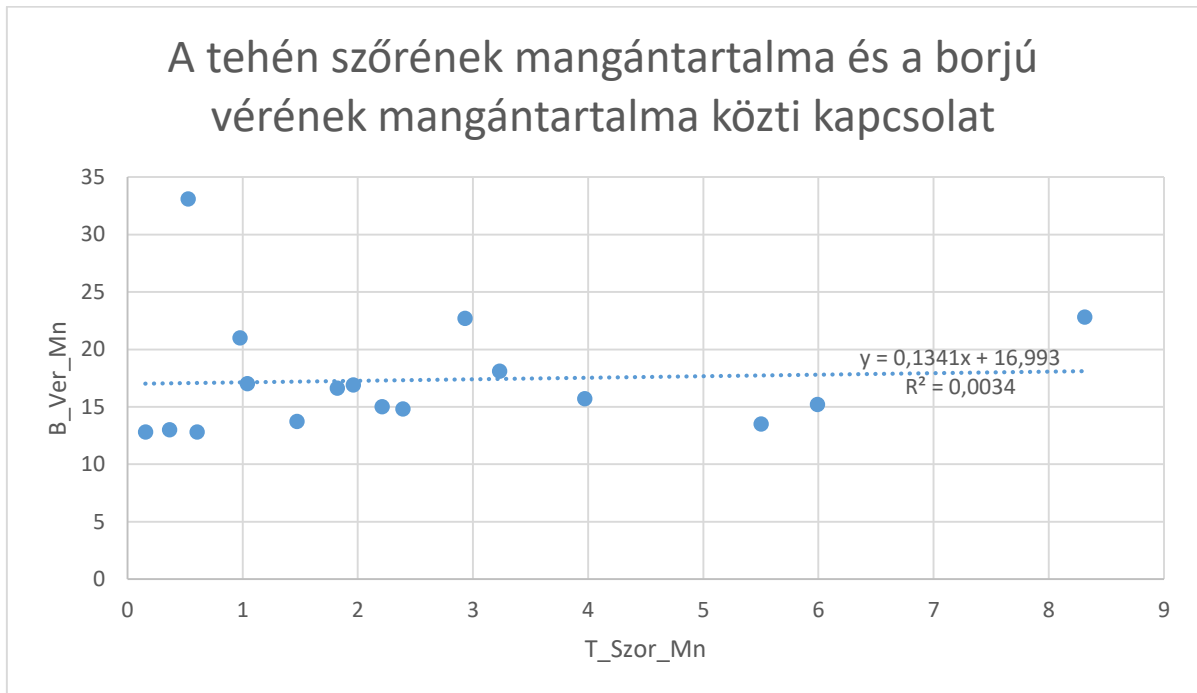


15. ábra



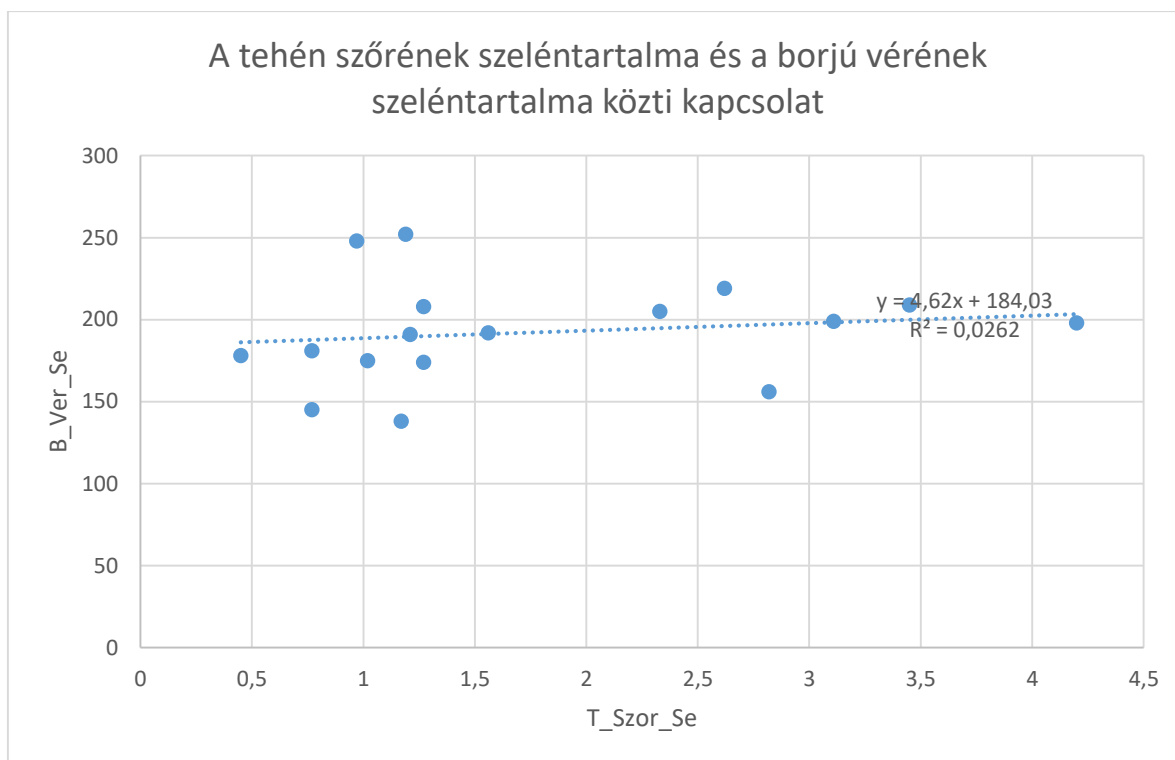
A tehén szőrének szeléntartalma és a borjú szőrének szeléntartalma között hasonló eloszlás látható, mint a vér esetén, azaz nem szignifikáns nagyon gyenge pozitív korrelációt állapíthatunk meg (Pearson's cor: 0,05;  $p=0.8409$ ; CI: 95%: -0.44-0.52) (15. ábra). A magzati szőrben kisebb szelén koncentrációt mérhetünk az anyaállathoz képest.

16. ábra



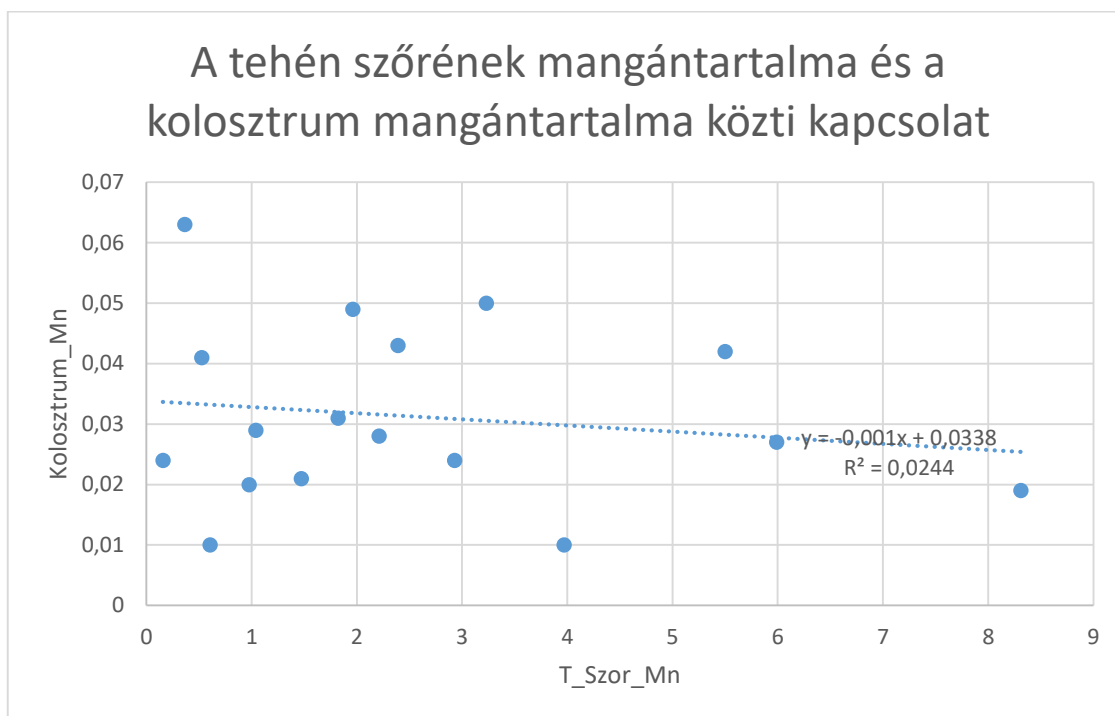
A tehén szőrének és a borjú vérenek mangántartalma között nem szignifikáns, nagyon gyenge pozitív korreláció figyelhető meg, akárcsak a szelén esetén (Pearson's cor:0,06;  $p = 0.8235$ ; CI: 95%: -0.43-0.52) (16. ábra).

17. ábra



Enyhe pozitív, nem szignifikáns korreláció figyelhető meg a tehén szőrének és a borjú vérének szeléntartalma között (Pearson's cor: 0,16;  $p = 0,5349$ ; CI: 95%: -0,35- 0,60) (17. ábra). Ez a megállapítás azt tükrözi, hogy minél jobb a tehén szelénellátottsága, annál jobb az újszülött borjú szelénellátottsága is.

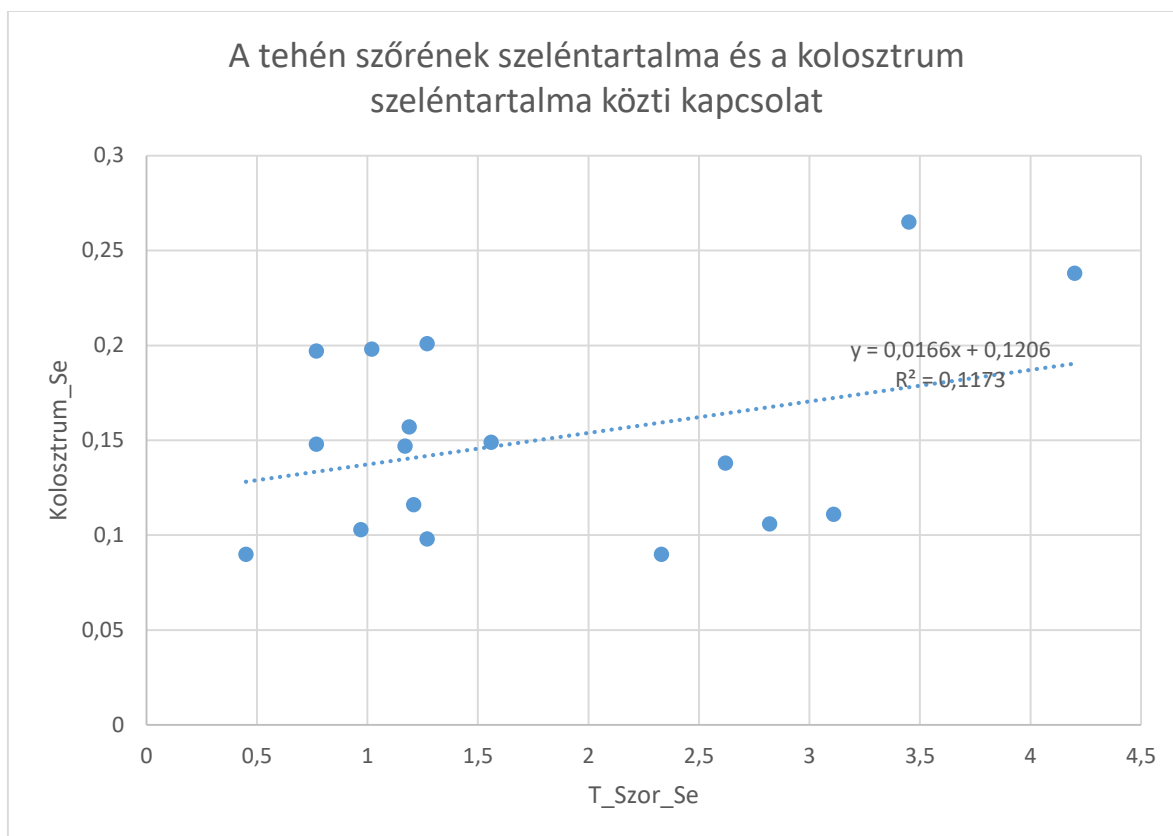
18. ábra



A tehén szőrének mangántartalma és a kolosztrum mangántartalma között nem szignifikáns gyenge negatív korrelációt figyelhetünk meg (Pearson's cor: -0,16;  $p=0.5491$ ; CI: 95%: -0.59-0.35) (18. ábra).

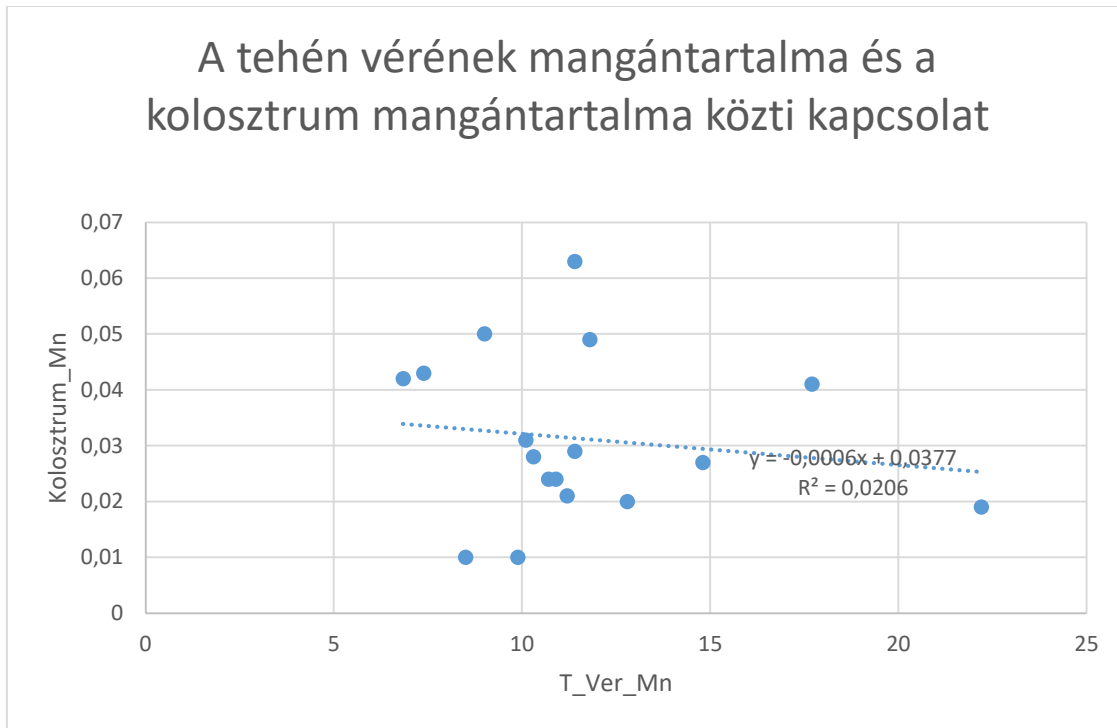


19. ábra



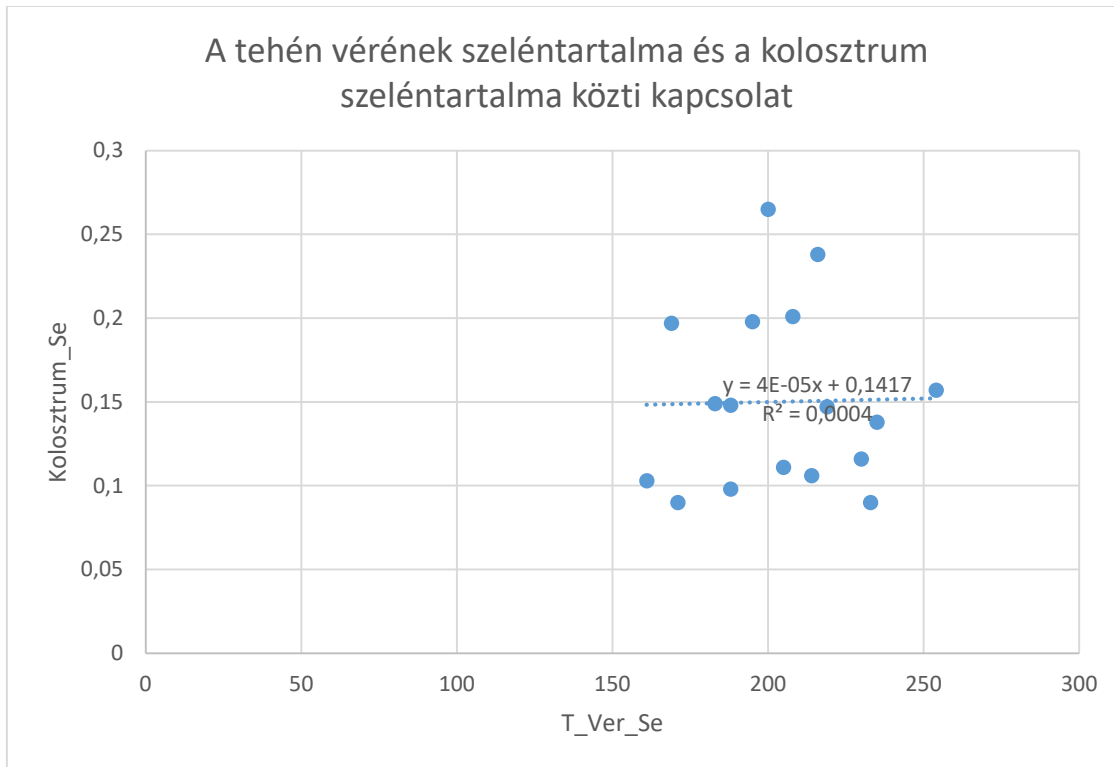
A tehén szőrének szeléntartalma és a kolosztrum szeléntartalma között közepes pozitív korreláció volt megfigyelhető, mely azonban nem szignifikáns (Pearson's cor:0,34;  $p = 0.1784$ , CI: 95%: -0.17-0.71) (19. ábra).

20. ábra



A tehén vérenek mangántartalma és a kolosztrum mangántartalma között közepes gyenge negatív, nem szignifikáns korreláció volt megfigyelhető (Pearson's cor: -0,14;  $p=0.5829$ ; CI: 95%: -0.58-0.36) (20. ábra). Erre utal Kume és Tanabe (1993). Vizsgálataik alapján a tejelő tehenek mikroelem szükséglete kifejezett emelkedést mutat azok kolosztrumba való transzportja miatt, habár a szekréciójuk mennyisége eltérő, az adott ásványi anyagtól függően. Ez mangán esetén az ellést követő 24 órával 0,5 mg/l volt. (Kume és Tanabe, 1993).

21. ábra



A tehén vérenek szeléntartalma és a kolosztrum szeléntartalma között közepes gyenge pozitív, nem szignifikáns korreláció volt megfigyelhető (Pearson's cor: 0,02;  $p=0.9392$ ; CI: 95%: -0.47-0.50) (21. ábra). Pavlata és munkatársai 2003-as tanulmánya alapján nem találtak szignifikáns korrelációt a vérben és a kolosztrumban mérhető koncentrációk között a tehenekben. Magasabb vérben előforduló szelén koncentráció sikertelenül hat a kolosztrális szelén koncentráció kialakítására. Kolosztrális szelén koncentráció egy relatív alacsony vér-szelén koncentráció esetén is elér egy platót, és további emelkedés nem figyelhető meg a szekréción.

Vizsgálati eredményeinkből levonható következtetéseket nagyban befolyásolhatja, hogy az ICP-OES mérési technika nem elég érzékeny a szarvasmarha kolosztrum és szőrminták szelén- és mangántartalmának meghatározására, mert a módszer érzékenysége és a vizsgált elemek ki-mutathatósági határa nagyon közel esik egymáshoz.

### III.4. Következtetések

Vizsgálati eredményeink alapján szoros kapcsolatot figyelhettünk meg az anya és a borjú vérében mérhető mangán koncentrációk között, így az anya véreből mért mangán mennyisége alapján következtethetünk a borja ellátottságára illetve fordítva, a borjú vérenek vizsgálatával következtethetünk az anya mangánstátuszára, mely akár állományszintű monitoring vizsgálat elvégzését is lehetővé teszi.

Ugyanakkor jelen vizsgálatunk eredményei alapján a tehén vérenek szeléntartalmából nem tudunk következtetni a borjú vérenek szelén koncentrációjára és ez megfordítva is igaz. A borjú szőrének szelén- vagy mangántartalmából nem tudunk következtetést levonni az anya vérében mérhető koncentrációkra ez és fordítva is igaz. Továbbá az anya és a borjú szőrének szelén- vagy mangántartalmából nem tudunk következtetni egymás ellátottságára. A kolosztrum szelén- és mangántartalmára sem az anya vérenek, sem szőrének vizsgálatával nem tudunk következtetni.

A vizsgálatunkba vont alacsony elemszám miatt a feltárt összefüggések további, nagy mintaelem-számra épülő vizsgálatára és az összefüggések matematikai statisztikai elemzésére van szükség.

## IV. Összefoglalás

Vizsgálataink célja tejhasznú szarvasmarhákban a frissen ellett tehén és újszülött borja biológiai mintáiban (vér, pigmentált fedőszőr és kolosztrum) mérhető szelén és mangán koncentrációk közötti kapcsolat feltárása volt. Két Pest-megyei tehenészetből, 17 holstein-fríz tehénből és borjaikból vettünk vér, szőr és kolosztrum mintákat az ellés után 1-3 napon. A teljes vér szelén- és mangántartalmát atomabszorpciós spektrometria (AAS) módszerrel mértük, míg a kolosztrum és a szőr esetén induktív csatolású plazma-optikai emissziós spektrometria (ICP-OES) és AAS módszert is alkalmaztunk. Elemeztük a minták elemkoncentrációi közötti kapcsolatot.

Szignifikáns, pozitív korrelációt találtunk az anya és borjú vérenek mangántartalma között. A borjak vérenek mangán koncentrációja jóval magasabb volt, az anyai vérben mérhetőnél. Nem szignifikáns, negatív korreláció figyelhető meg a tehén vérenek szeléntartalma és a borjú szőrének szeléntartalma, a tehén szőrének mangántartalma és a borjú szőrének mangántartalma, a tehén szőrének mangántartalma és a kolosztrum mangántartalma, valamint a tehén vérenek mangántartalma és a kolosztrum mangántartalma között. Továbbá nem szignifikáns pozitív korrelációt állapítottunk meg a tehén és borjú vérenek szeléntartalma, a tehén vérenek mangántartalma és a borjú szőrének mangántartalma, a tehén szőrének szeléntartalma és a borjú szőrének szeléntartalma, a tehén szőrének szelén- illetve mangántartalma és a borjú vérenek szelén – illetve mangántartalma, a tehén szőrének szeléntartalma és a borjú vérenek szeléntartalma, a tehén szőrének szeléntartalma és a kolosztrum szeléntartalma, a tehén vérenek szeléntartalma és a kolosztrum szeléntartalma között.

A feltárt összefüggések további vizsgálata indokolt, mert azok állomány-egészségügyi és takarmányozási monitoring protokollok kidolgozásához nyújthatnak segítséget.

## **V. Summary**

### **Examination of selenium and manganese status of pregnant cows and their calves in dairy herds**

The aim of the study was to examine the relationships between the selenium and manganese concentrations of the different biological samples (blood, pigmented hair and colostrum) of cows and their calves. Two farms located in Pest County, Hungary were involved in the study. The biological samples were taken from 1 to 3 days postpartum. The Se and Mn concentration of the whole blood were examined by AAS. The colostrum and pigmented hair samples were examined by ICP-OES. The correlations between the concentrations of the Se and Mn in the different biological samples were statistically analysed.

A significant positive correlation was found in the Mn concentrations between the maternal and calves' blood. The Mn concentration in the whole blood of the calves was higher compared to their dams.

The other correlations were examined in terms of the Se and Mn concentrations of the different biological samples between the cows and their calves were non-significant.

Our preliminary results should be confirmed by further examinations, based on much higher sample size. Our data might contribute to establish better herd health monitoring protocols to evaluate the Se and Mn status of the pregnant cows and newborn calves.

## **VI. Köszönetnyilvánítás**

Köszönöm dr. Könyves Lászlónak, dr. Bartha Andrásnak, dr. Hejel Péternek, hogy szakdolgozatom elkészítéséhez minden szükséges segítséget biztosítottak. Köszönöm Szabó Piroskának az analitikai munkálatokban nyújtott segítségét.

Köszönöm dr. Hudák Péternek a mintagyűjtésben nyújtott segítségét.

Köszönöm hallgatótársaimnak és barátaimnak, hogy hozzájárultak diplomamunkám elkészültéhez.

Köszönöm családomnak a támogatást. Köszönöm Nagypapámnak a kitartást.

## VII. Mellékletek

A PROGRAMM FEJLESZTŐJE ES TULAJDONOSA: VARHEGYI JOZSEFNE DR., RICHTER JÖRG  
 FELHASZNALO: J.O.B.-Feed Kft.  
 ÜZEM,TELEP: J.O.B.-FEED Kft., FUCHS-TEJ Kft

CSOPORT NEVE: Fuchs szárazoná

TEJTERMELES KG: 0.00 TEJZSIR %: 0.00 TEJFEHERJE %: 0.00  
 SÜLYGYARAPODÁS,KG/NAP: 0.50

17.06.30

A TAKARMANYADAG ÖSSZETETELE, TAPLALOANYAG-TARTALMA:

TAKARMANYKÖLTSEG, FT/NAP: 374.00

A TAKARMANYADAG ÖSSZETETELE:

	KG/NAP	EGYSEGAR (FT/KG)
ZABSZENÁZS	4.00 ✓	10.00
KUKORICASZILAZS 3	6.00 ✓	9.00
RETI SZENA 2	4.00 ✓	30.00
BUZASZALMA	3.00 ✓	5.00
ECOLAC TEJELŐ supple	0.20 ✓	100.00
ECOLAC FT40.feh.konc	1.00 ✓	125.00

	SZUKSEGLET		TAP. ANY. -	AZ ADAG TAPLALOANYAG	
	MIN	MAX	TARTALOM	KONCENTRACIOJA	
SZARAZANYAG (KG)	12.2	14.2	11.2		
NYERS FEHERJE (G)	1271.9		1192.1	G/KG SZA.	106.44
MFE (G)	813.4		880.8	G/KG SZA.	78.64
MFN (G)	813.4		774.1	G/KG SZA.	69.12
NYERSROST (G)	2830.0	4811.0	3429.0	G/KG SZA.	306.16
NETTOENERGIA-L (MJ)	74.8		55.3	MJ/KG SZA.	4.94
CA (G)	45.5	113.8	59.6	G/KG SZA.	5.32
P (G)	33.5	67.0	36.5	G/KG SZA.	3.26
FEHERJEMERLEG (G)			-106.7	Ca/P arany	1.63
ZSIR (G)			262.7	G/KG SZA.	23.46
BYPASS FEH. (G)			484.4	G/KG SZA.	43.25
NDF (G)			6436.3	G/KG SZA.	574.67
ADF (G)			3994.3	G/KG SZA.	356.63
KEMENYITO (G)			896.4	G/KG SZA.	80.04
NA (G)			22.0	G/KG SZA.	1.96
A VITAMIN (NE)			125000.0	NE/KG SZA.	11160.71
E VITAMIN (NE)			613.7	NE/KG SZA.	54.79

*hidalap@freemail.hu*



ort szama		1	2	3	4
ort neve		FoZSO90%	Nagyt.DO	K321	Elok50%K = elok50%K
aciok szama		2	2	2	2
acios stadium		E	K	V	
suly (Kg)		625	650	650	650
ermeles (lLt)		35.0	38.0	25.0	
sir %		3.40	3.40	3.60	
eherje %		3.20	3.20	3.30	
----- A.a.ar -- NAPI TAKARMANYADAG KG/TEHEN -----					
5338 Kszil.170528	8.00	18.00	20.00	18.00	9.00
5801 Nedv.Sortork	13.00	9.00	10.00	7.00	3.50
1 Nedves C G F	27.00	9.00	10.00	7.00	3.50
5145 Rszazs170528	8.00	6.30	7.00	7.00	3.50
0223 Extr.Repce	69.00	4.32	4.80	3.60	1.80
0101 Kukorica 05	40.00	3.96	4.40	2.40	1.20
0110 Tritikale 05	40.00	1.44	1.60	1.00	.50
1315 KSZP-961	168.00	.45	.50	.40	.20
1353 Hamvedo kieg	187.00	.09	.10		
6105 Szbikarbona	94.00	.09	.10		
0432 Mesz	20.00	.09	.10		
5207 R.szena gyen	10.00				3.00
1339 KSZP-970	323.00				.06
tak.ktg. (Ft/TeHEN)		1171.17	1301.30	931.60	515.18
===== NAPI TAKARMANYADAG TAPLALOANYAGTARTALMA =====					
SZARAZANYAG	kg	22.92	25.46	19.08	12.24
Tomeg	kg	52.74	58.60	46.40	26.26
Abrak	kg	10.44	11.60	7.40	3.76
NE L	MJ	152.31	169.24	124.86	74.69
NYERSFEHERJE	g	3623.01	4025.57	2954.95	1748.44
UDP:CP	%	34.18	34.18	33.47	35.85
MFN-MFE	g	91.58	101.76	73.07	-.33
KALCIUM	g	201.82	224.24	133.64	84.20
FOSZFOR	g	152.66	169.62	124.67	74.93
Ca:P		1.32	1.32	1.07	1.12
A VITAMIN	NE	279000.0	310000.0	200000.0	160000.0
D VITAMIN	NE	45000.0	50000.0	40000.0	31933.4
E VITAMIN	mg	1350.0	1500.0	800.0	1000.0
BIOTIN	mg	18.00	20.00		
----- BELTARTALMI ANALIZIS -----					
SZARAZANYAG	% of AF	43.45	43.45	41.13	46.60
Abrak Szarazanyag	% of DM	40.53	40.53	34.53	27.39
NYERSFEHERJE	% of DM	15.81	15.81	15.48	14.29
NE L	MJ/kg	6.65	6.65	6.54	6.10
NYERSZSIR	% of DM	3.55	3.55	3.52	3.18
NFC	% of DM	40.63	40.63	39.56	32.79
Kemenyito	% of DM	26.74	26.74	24.97	19.47
Cukor	% of DM	2.68	2.68	2.62	2.36
NYERSROST	% of DM	13.05	13.05	14.45	18.90
NDF	% of DM	32.38	32.38	34.49	42.30
ADF	% of DM	16.79	16.79	18.35	23.15
NY.HAMU	% of DM	7.63	7.63	6.95	7.44
KALCIUM	% of DM	.88	.88	.70	.69
FOSZFOR	% of DM	.67	.67	.65	.61
NATRIUM	% of DM	.35	.35	.25	.24
KALIUM	% of DM	.93	.93	1.03	1.12
MAGNEZIUM	% of DM	.30	.30	.30	.29
REZ	PPM	32.59	32.59	29.73	32.92
MANGAN	PPM	127.54	127.54	134.48	153.21
SZELEN	PPM	.85	.85	.84	.95
CINK	PPM	177.43	177.43	161.76	175.23

4. melléklet Konzulensi ellenjegyzés

Alulírott ..... P. Könyves István ..... Igazolom, hogy  
..... Koludr Fanni ..... (a hallgató neve)

Szárazonálló vemhes tehenek és újonnan született borjak meli és urogenitális státuszának vizsgálata külső állományokban  
című szakdolgozatát ismerem, azt beadásra és védésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2017. 12. 08. .....

..... P. Könyves István .....

a témavezető neve és aláírása

Állathigiéniai, Állomány-egészségügyi  
és Állatorvosi Etológiai Tanszék .....

tanszék

ÁLLATORVOSTUDOMÁNYI EGYETEM  
Állathigiéniai, Állomány-egészségügyi és  
Állatorvosi Etológiai Tanszék  
1078 Budapest, István u. 2.  
1400 Budapest, Pf. 2.

## VIII. Irodalomjegyzék

ABDELRAHMAN, M. M., KINCAID, R. L., 1993: Deposition of Copper, Manganase, Zinc, and Selenium in Bovine Fetal Tissue at Different Stages of Gestation. *J. Dairy Sci.* 76: 3588-3593.

ABDELRAHMAN, M. M., KINCAID, R. L., 1995: Effect of Selenium Supplementation of Cows on Maternal Transfer of Selenium to Fetal and Newborn Calves. *J. Dairy Sci.* 78:625-630.

ABUELO, T.; PÉREZ-SANTOS, M.; HERNÁNDEZ, J.; CASTILLO, C., 2014: Effect of co-lostrum redox balance on the oxidative status of calves during the first 3 months of life and the relationship with passive immune acquisition. *Vet. J.*, 199, 295–299.

ALLEN, J.C., ÉS MILLER, W. J., 1981: Transfer of selenium from blood to milk in goats and noninterference of copper with selenium metabolism. *J. Dairy Sci.* 64:814-821.

BAYRIL, A., YILDIZ, A. S., AKDEMIR, F., YALCIN, C., KÖSE, M., YILMAZ, O., 2015: The Technical and Financial Effects of Parenteral Supplementation with Selenium and Vitamin E during Late Pregnancy and the Early Lactation Period on the Productivity os Dairy Cattle. *Asian Australas J. Anim. Sci.* 28(8):1133-9.

BENTLEY, O. G., PHILLIPS, P. H., 1951: The effect of low manganese rations upon dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 34:396-403.

BRIGELIUS- FLOHÉ, R., MAIORINO, M., 2013: Glutathione peroxidases. *Biochim. Biophys. Acta*, 1830, 3289-3303.

BURK, R. F., BROWN, D. G., SEELY, R. J., SCAIEF C. C., 1972: Influence of dietary and injected selenium on whole-body retention, route of excretion, and tissue retention of <sup>75</sup>SeO<sub>2-3</sub> in the rat. *J. Nutr.* 102:1049.

CARTENS, G 1994: Cold thermoregulation in the newborn calf. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 10: 69-106

CEKO, M.J.; HUMMITZSCH, K.; HATZIRODOS, N.; BONNER, W.M.; AITKEN, J.B.; RUSSELL, D.L.; LANE, M.; RODGERS, R.J.; HARRIS, H.H., 2015: X-Ray fluorescence imaging and other analyses identify selenium and GPX1 as important in female reproductive function. *Metallomics* 7, 66–77.

CEBALLOS, A.; SÁNCHEZ, J.; STRYHN, H.; MONTGOMERY, J.B.; BARKEMA, H.W.; WICHTEL, J.J., 2009: Meta-analysis of the effect of oral selenium supplementation on milk selenium concentration in cattle. *J. Dairy Sci.*, 92, 324–342.

CHRISTODOULOPOULOS, G., ROUBIES, N., KARATZIAS, H., PAPASTERIADIS, A., 2003: Selenium Concentration in Blood and Hair of Holstein Dairy Cows. *Biological Trace Element Research* Vol. 91.

CLAUDE, J.B., 2002: *Introduction à la Nutrition des Animaux Domestiques*; Tec & Doc/ EM Inter: Paris, France.

COMBS, D. K., GODRICH, R. D., MEISKE, J. C., 1982: Mineral concentrations in hair as indicators of mineral status: a review. *J. Anim. Sci.* 54(2):391-8.

COTTRILL, B. R., 2002: The benefits of increasing milk selenium and the role of selenium methionine. In: *Navigating from Niche Markets to Mainstream*. Proceedings of Alltech Biotechnology 16th Annual European, Middle Eastern and African Lecture Tour, pp 74-95.

COUSINS, F. B., CAIRNEY, I. M., 1961: Some aspects of selenium metabolism in sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 12:927.

DANG, AK., KAPILA, S., SINGH, MP., 2009: changes in colostrum of Murrah buffaloes after calving. *Trop. Anim. Health Prod.* 41(7):1213-1217.

DETOLEDO, L.R.A., PERRY, T.W., 1985: Distribution of supplemental selenium in the serum, hair, colostrum, and fetus of parturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68: 3249-3254.

DJOKOVIC, R. D., KURCUBIC, V. S., ILIC, Z. Z., 2014: Blood serum levels of macro - and micronutrients in transition and full lactation cows. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 20: 715-720.

DYER, I. A., CASSATT W. A, RAO,J. R., RAO,R. R., 1964: Manganese deficiency in the etiology of deformed calves. *BioScience* 14: 31.

. DYER, I. A., ROJAS, M. A., 1965: Manganese requirements and functions in cattle. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 147:1393-1396.

DZIK, S., MICIŃSKI, B., AITZHANOVA, I., MICIŃSKI J., POGORZELSKA, J., BEISENOV, A., KOWALSKI, I. M., 2017: Properties of bovine colostrum and the possibilities of use. *POLISH ANNALS OF MEDICINE* 24:295-299.

EULOGIO, G.L.J.; HUGO, C.V.; ANTONIO, C.N.; ALEJANDRO, C.-I.; JUAN, M.Q. 2012: Effects of the selenium and vitamin E in the production, physicochemical composition and somatic cell count in milk of Ayrshire cows. *J. Anim. Vet. Adv.* 11, 687–691.

ENJALBERT, F.; LEBRETON, P.; SALAT, O.; SCHELCHER, F., 1999: Effects of pre- or postpartum selenium supplementation on selenium status in beef cows and their calves. *J. Anim. Sci.*, 77, 223–229.

FONSECA, H. and LANG , C. 1976. Conrenido de manganeso en los forrajes del valle de orosi y su effecto sobre le concentracion en el oelo v la reproduccion en vacas lecheras. eages izl-i78 in Nuclear techniques in animal production and health. International Atomic Energy Agency, Vienna.

FORMIKONI, A., FUSTINI, M., ARCHETTI, L., EMANUELE, S., SNIFFEN, C., BIAGI, G., 2011: Effects of an organic source of copper, manganese and zinc on dairy cattle productive performance, health status and fertility. *Animal Feed Science and Technology* 164: 191–198

GAMBLE, C. T., HANSARD, L. S, MOSS, B. R., DAVIS, D. J., LIDVALL, E. R., 1971: Manganese utilization and placental transfer in the gravid gilt. *J. Anim. Sci.* 32:84.

GERLOFF, B.J., 1992: Effect of Selenium Supplementation on Dairy Cattle. *J. Anim Sci.* 70(12): 3934-40.

GIBBONS, R. A., DIXON, S. N., HALLIS, K., RUSSEL, A. M., SANSOM, B. F., SYMONDS, H. W. 1976: Manganese metabolism in cows and goats. *Biochim. Biophys. Acta* 444: 1-10.

GOORNERATNE, S. R., CHRISTENSEN, D. A., 1989: A survey of maternal and fetal tissue zinc, iron, manganese and selenium concentrations in bovine. *Can. J. Anim. Sci.* 69: 151-159.

GRAHAM, T. W., THURMOND, M. C., MOHR, F. C., HOLMBERG, C. A., ANDERSON, M. L., KEEN, C. L., 1994: Relationships between maternal and fetal liver copper, iron, manganese, and zinc concentrations and fetal development in California Holstein dairy cows. *J. Vet. Diagn. Invest.* 6:77-87.

GRESSLEY, T. F., 2009: ZINC, COPPER, MANGANESE, AND SELENIUM IN DAIRY CATTLE RATIONS. Proceedings of the 7th Annual Mid-Atlantic Nutrition Conference.

GROPPEL, B., ANKE, M. 1971. Manganmangel beim Wiederkäuer. *Arch. Exp. Vet. Med.* 25: 779-785.

GUYOT, H.; SPRING, P.; ANDRIEU, S.; ROLLIN, F., 2007: Comparative responses to sodium selenite and organic selenium supplements in Belgian Blue cows and calves. *Livest. Sci.*, 111, 259–263.

HAFEMAN, D. G., SUNDE, R. A., HOEKSTRA, W. G., 1974: Effect of dietary selenium on erythrocyte and liver glutathione peroxidase in the rat. *J. Nutr.* 10:580-587.

HALL, E.D., SYMONDS, H. W., MALLINSON, C.B., 1982: Maximum capacity of the bovine liver to remove manganese from portal plasma and the effect of the route of entry of manganese on its rate of removal. *Res. Vet. Sci.* 33(1): 88-94. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pub-med/7134654>; 13:15

HANSEN, D., HATHAWAY, R., OLDFIELD, J. E., 1993: White muscle and other selenium-responsive diseases of livestock. PNW 157.

HANSEN, S. L., SPEARS, J. W., LLOYD, K. E., WHISNANT, C. S., 2006: Feeding a Low Manganese Diet to Heifers During Gestation Impairs Fetal Growth and Development. *J. Dairy Sci.* 89:4305–4311.

HARRISON, J. H., CONRAD, H. R., 1984: Effect of dietary calcium on selenium absorption by the nonlactating dairy cow. *J. Dairy Sci.* 67: 1860–1864.

HEFNAWY, A.E.G.; TÓRTORA-PÉREZ, J.L., 2010: The importance of selenium and the effects of its deficiency in animal health. *Small Rumin. Res.*, 89, 185–192.

HEDSTORM, O. R., MAAS, J. P., HULTGREN, B. D., LASSEN, E. D., WALLNER-PENDLETON, E. A., SYNDER, S. P., 1986: Selenium deficiency in bovine, equine, and ovine with emphasis on its association with chronic diseases. *Proc. 29th Annual Am. Assoc. Vet. Lab. Diagnosticians*, pp. 101-123.

HIDIROGLOU, M., HOFFMAN, I., JENKINS., K.J., 1969: Selenium distribution and radiotocopherol metabolism in the pregnant ewe and fetal lamb. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 47:953:962.

HIDIROGLOU, M., SPURR, D. T., 1975: Influence of cold exposure and diet change on the trace element composition of hair from Shorthorn cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 55: 31-38.

HIDIROGLOU, M., 1979: Manganese in ruminant nutrition. *Can. J. Anim. Sci.* 59:217-236.

HIDIROGLOU, M., WILLIAMS, C. J, SIDDIQUI, I. K, KHAN. S. U: 1979. Effects of manganese-deficit feeding to ewes on certain amino acids and sugars in cartilage of their newborn lambs. *Am. J. Vet. Res.* 40:1375.

HIDIROGLOU, M., KNIPFEL, J. E., 1981: Maternal-Fetal Relationships of Copper, Manganese, and Sulfur in Ruminants. A Review. *J. Dairy. Sci.* 64:1637-1647.

HOEKSTRA, W. G. 1975. Biochemical function of selenium and its relation to vitamin E. *Fed. Proc.* 34:2083.

- HINTZ, H. F., HOGUE, D. E., 1964: Effect of selenium, sulfur, and sulfur amino acids on nutritional muscular dystrophy in the lamb. *J. Nutr.* 82: 495–502.
- HOPKINS, L. L., 1962: Contrasting nutritional responses to vitamin E and selenium. Ph.D. thesis. University of Wisconsin, 176 pp. Dissertation abstr., Ann Arbor, Mich.: Univ. Microfilms.
- HOWES, A. D., DYER, I. A., 1971: Diet and supplemental mineral effects on manganese metabolism in newborn calves. *J. Anim. Sci.* 32:141-145.
- HURLEY, L. S., KEEN, C. L., 1987: manganese. In: Trace elements in human and animal nutrition, ed. Mertz W., 5th ed., vol 1, pp 185-223. Academic Press, San Diego, CA.
- JAKOBSSON, S. O., OKSANEN, H. E., 1966: The placental transmission of selenium in sheep. *Acta. Vet. Scand.* 7:66.
- JENKINS, K. J., HIDIROGLOU, M., 1988: Binding of selenium-75 to blood and liver cytosolic proteins in the preruminant calf. *J. Dairy Sci.* 71: 442-451.
- KAMADA, H.; NONAKA, I.; UEDA, Y.; MURAI, M, 2007: Selenium addition to colostrum increases immunoglobulin G absorption by newborn calves. *J. Dairy Sci.*, 90, 5665–5670.
- KELLER, L.D., WHUTBECK, G. A., SOUTH, P. J. , 1984: Transplacental transfer and colostrum concentrations of selenium in beef cattle.
- KESSLER, J., 1993: Carence en sélénium chez les ruminants: Mesures prophylactiques. *Rev. Suisse Agric.* 25, 21–26.
- KHANAL, D.; KNIGHT, A.P., 2010: Selenium: Its role in livestock health and production. *J. Agric. Environ.*, 11, 101–106.
- KINCAID, R. L., MILLER, W. J., NEATHERY, M. W., GENTRY, R. P, HAMPTON, D. L., 1977: Effect of added dietary selenium on metabolism and tissue distribution of radioactive and stable selenium in calves. *J. Anim. Sci.* 44: 147.



KINCAID, R. L., HODSON, A. S., 1989: Relationship of Selenium Concentrations in Blood of Calves to Blood Selenium of the Dam and Supplemental Selenium. *J. Dairy Sci.* 72: 259-263.

KNOWLES, S. O., GRACE, N. D., WURMS, K. & LEE, J., 1999: Significance of amount and form of dietary selenium on blood, milk and casein selenium concentrations in grazing cows. *J. Dairy Sci.* 82: 429-437.

KOSHIDA, Y., KATO, M., HARA, T., 1963: Autoradiographic observations of manganese in adult and embryo mice. *Q. J. Exp. Physiol. Cogn. Med. Sci.* 48:370.

LANGER, P., 2009: Differences in the composition of colostrum and milk in eutherians reflect differences in immunoglobulin transfer. *J. Mammal.* 90(2):332-339.

→ !!!! LEACH, R. M. JR., HARRIS, E.D., 1997: Manganese. Pages 335-356 : *Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements*. B. L. O'DELL, R.A. SUNDE, ed. Marcel Dekker Inc., New York, NY.

LEACH, R. M., JR., Muenster, A., 1962: Studies on the role of manganese in bone formation. *J. Nutr.* 78:51-56.

LOPEZ, P. L., PRESTON, R. L., PFANDER, W. H., 1969: Whole-body retention, tissue distribution and excretion of selenium-75 after oral and intravenous administration in lambs fed varying selenium intakes. *J. Nutr.* 97:123.

MAAS, J. P. 1983. Diagnosis and management of selenium responsive diseases in cattle. *Compen. Contin. Educ. Pract. Vet.* 5:S383.

MACHADO, V.S., BICALHO, M.L.S., PEREIRA, R.V., CAIXETA, L.S., KNAUER, W.A., OIKONOMOU, G., GILBERT, R.O., BICALHO, R.C., 2013: Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on the health and production of lactating Holstein cows. *Vet. J.* 197:451-456.

MAIORINO, M.; FLOHÉ, L.; ROVERI, A.; STEINERT, P.; WISSING, J.B.; URSINI, F., 1999: Selenium and reproduction. *BioFactors*, 10, 251–256

MAUS, R. W., MARTZ, F. A., BELYEA, R. L., ET AL; 1980: Relationship of dietary selenium in plasma and milk from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63, 532-537.

MAUS, R. W., MARTZ, F. A., BELYEA, R. L, WEIS, M. F., 1980: Relationship of dietary selenium in plasma and milk from dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63: 532.

MCCONNEL, K.P., ROTH, D.M., 1964: Passage of selenium across the placenta and also into the milk of dog. *J. Nutr.* 84:340-344.

MCKENZIE, J. M., FOSMIRE, G. J., SANDSTEAD, H. H., 1975: Zinc deficiency during the latter third of pregnancy: Effects on fetal rat brain, liver, and placenta. *J. Nutr.* 105: 1466-1475.

MEHDI, Y., DUFRASNE, I., 2016: Selenium in Cattle: A Review. *Molecules*, 21(4): 545.

MEYER, U.; HEERDEGEN, K.; SCHENKEL, H.; DÄNICKE, S.; FLACHOWSKY, G., 2014: Influence of various selenium sources on selenium concentration in the milk of dairy cows. *J. Verbrauch. Lebensm.*, 9, 101–109

MILLS, C. F., DAVIES, N. T., 1979: Perinatal changes in the absorption of trace elements. *CIBA Foundation Series* 70:247-265.

MIRANDA, M., ALONSO, M. L., BENEDITO, J. L., 2006: Copper, Zinc, Iron, and Manganese Accumulation in Cattle from Asturias (Northern Spain). Vol. 109.

MUTH, O. H., PENDELL, H. W., WATSON, C. R., OLDFIELD, J. E., WESWIG, P. H., 1967: Uptake and retention of parenterally administered <sup>75</sup>Se in ewes on different selenium regimens. *Am. J. Vet. Res.* 28:1397.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1989: Nutrient Requirements for Dairy Cattle. 6th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington DC.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2001: Nutrient Requirements for Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington DC.

NEVE, J.; FAVIER, A., 1998: Selenium in Medicine and Biology, Proceedings of the Second International Congress on Trace Elements in Medicine and Biology, Avoriaz, France, March 1988.

NOCKELS, C. F., DEBONIS, J., TORRENT, J., 1993. Stress induction affects copper and zinc balance in calves fed organic and inorganic copper and zinc sources. *J. Anim. Sci.* 71:2539–2545.

OH, S. H., SUNDE, R. A., POPE, A. L., HOEKSTRA W. G., 1976: Glutathione peroxidase response to selenium intake in lambs fed tortula yeast-based, artificial milk. *J. Anim. Sci.* 42:977-983.

ORTMAN, K. & PEHRSON, B., 1999: Effect of selenate as a feed supplement to dairy cows in comparison to selenite and selenium yeast. *J. Anim. Sci.* 77: 3365–3370.

PARAGON, B.M., 1995: *Alimentation Minérale des Animaux Domestiques*; Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort: Maisons-alfort, France,; p. 98.

PAULSON, G. D., BAUMANN, C. A., POPE, A. L., 1966: Fate of a physiological dose of selenate in the lactating ewe: Effect of sulfate. *J. Anim. Sci.* 25:1054

PAVLATA, L., PRÁŠEK, J., PODHORSKÝ, A., PECHOVÁ, A., HALOUN, T., 2003: Selenium Metabolism in Cattle: Maternal Transfer of Selenium to Newborn Calves at Different Selenium Concentrations in Dams. *Acta Vet. Brno*, 72: 639-646.

PEHRSON, B., KNUTSSON, M., GYLLENSWARD, M., 1989: Glutathione peroxidase activity in heifers fed diets supplemented with organic and inorganic selenium compounds. *Swed. J. Agric. Res.* 19: 53–56.

PEHRSON B., ORTMAN, K., MADJID, N. & TRAFIKOWSKA, U., 1999: The influence of Dietary Selenium as Selenium Yeast or Sodium Selenite on the Concentration of Selenium in

the Milk of Suckler Cows and on the Selenium Status of Their Calves. *J. Anim. Sci.* 77:3371-3376

PERRY, T.W., CALDWELL, D. M., PETERSON, R. C., 1976: Selenium content of feeds and effects of dietary selenium on hair and blood serum. *J. Dairy Sci.* 59(4): 760-3.

PERRY, T.W., PETERSON, R. C., GRIFFIN, D. D., BEESON, W. M., 1978: Relationship of blood serum selenium levels of pregnant cows to low dietary intake and effect on tissue selenium levels of their calves. *J. Anim. Sci.* 46:562.

PETER, A. T., 2013: Bovine placenta: A review on morphology, components, and defects from terminology and clinical perspectives. *Theriogenology* 80: 693-705.

PETERSON, P. J., és SPEDDING, D. J., 1963: The excretion by sheep of <sup>75</sup>Se incorporated into red clover: The chemical nature of the excreted selenium and its uptake by three plant species. *N. Z. J. Agric. Res.* 6:13.

PETRIE, H.T.; KLASSEN, L.W.; KLASSEN, P.S.; O'DELL, J.R.; KAY, H.D., 1989: Selenium and the immune response: 2. Enhancement of murine cytotoxic T-lymphocyte and natural killer cell cytotoxicity *in vivo*. *J. Leukoc. Biol.*, 45, 215–220.

RAYMAN, M.P., 2012: Selenium and human health. *Lancet*, 379, 1256–1268.

ROJAS, M. A., 1965: Manganese deficiency in the bovine. Ph.D. Thesis, Washington University.

ROTRUCK, J. T., POPE, A. L., GANTHER, H. E., SWANSON, A. B., HAFEMAN, D. G., HOEKSTRA, W. G., 1973: Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase. *Science* 179:588.

ROWNTREE, J.E.; HILL, G.M.; HAWKINS, D.R.; LINK, J.E.; RINCKER, M.J.; BEDNAR, G.W.; KREFT, R.A., JR., 2004: Effect of Se on selenoprotein activity and thyroid hormone metabolism in beef and dairy cows and calves. *J. Anim. Sci.*, 82, 2995–3005.

SALLES, M.S.V.; ZANETTI, M.A.; JUNIOR, L.C.R.; SALLES, F.A.; AZZOLINI, A.E.C.S.; SOARES, E.M.; FACCIOLI, L.H.; VALIM, Y.M.L., 2014: Performance and immune response of suckling calves fed organic selenium. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 188, 28–35.

SALIH, Y., MCDOWELL, L. R., HENTGES, J. F., MASON, R. M., WILCOX J. R., WILCOX, C. J., 1986: Mineral Content of Milk, Colostrum, and Serum as Affected by Physiological State and Mineral Supplementation.

SANSOM, B. F., SYMONDS, H. W., VAGG, M. J., 1978: The absorption of dietary manganese by dairy cows. *Res. Vet. Sci.* 24 (3): 366-9.

SANSOM, B. F., GIBBONS, R. A., DIXON, S.M., RUSSEL, A. M. and SYMONDS, H. W., 1976: Adsorption of dietary manganese by dairy cows and the role of plasma proteins and the liver in its homeostasis. Pages 179-189 in Nuclear techniques in animal production and health. International Atomic Energy Agency, Vienna.

SCHOLZ, R. W., HUTCHINSON, L. J., 1979: Distribution of glutathione peroxidase activity and selenium in the blood of dairy cows. *Am. J. Vet Res.* 40:245.

SHAMBERGER, R. J., 1983: *Biochemistry of Selenium*. E. Frieden, ed., Plenum, New York.

SCHOLZ, R. W., DEBORAH, A., TODHUNTER, M. S., ET AL, 1981: Selenium content and glutathione peroxidase activity in tissues of young cattle fed supplemented whole milk diets. *Am. J. Vet. res.* 42, 1718-1723.

SHAMBERGER, R. J., 1983: *Biochemistry of Selenium*. E. Frieden, ed., Plenum, New York.

SORDILLO, L. M., AND S. L. AITKEN. 2009. Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 128:104–109.

SORDILLO, L.M., 2013: Selenium-dependent regulation of oxidative stress and immunity in periparturient dairy cattle. *Vet. Med. Int.*, 2013, 154045.

SORDILLO, L. M., 2016: Nutritional strategies to optimize dairy cattle immunity. *J. Dairy Sci.* 2016, 99, 1-16.

SPEARS, J. W., 2003: Trace mineral bioavailability in ruminants. *J. Nutr.* 133: 1506S-1509S.

SPEARS, J. W., WEISS, W. P., 2008. Role of antioxidants and trace elements in health and immunity of transition dairy cows. *Vet. J.* 176:70–76.

SPEARS, J. W. 2000., Micronutrients and immune function in cattle. *Proc. Nutr. Soc.* 59:587–594.

STOWE, H. D., THOMAS, J.W., JOHNSON, T., MARTENIUK, J. V., MORROW., D.A., ULLREY, D.E., 1988: Responses to dairy cattle to long-term and short-term supplementation with oral selenium and vitamin E. *J. Dairy Sci.* 71:1830-1839.

SUTTLE, N.F., 2010: *Mineral Nutrition of Livestock*, 4th ed.; British Library: London, UK.

TAYLOR, R. F., PULS, R., MACDONALD, K. R., 1979: Bovine abortions associated with selenium deficiency in Western Canada. *Proc. 22nd Annual Meeting Am. Assoc. Vet. Lab. Diagnosticians*, pp. 77-84.

TESINK, J. 1960. Onderzoek naar de relatie bodem plant dier in Zeeland. *Tijd. Diereng.* 85:1131-1156.

THOMPSON, K. G., FRASER, A. J., HARROP, B. M., KIRK, J. A., 1980: Glutathione peroxidase activity in bovine serum and erythrocytes in relation to selenium concentrations of blood, serum and liver. *Res. Vet. Sci.* 28:321-324.

THOMPSON, K. G., FRASER, A. J., HARROP, B. M., KIRK, J. A., BULLIANS, J., CORDES, D. O., 1981: Glutathione peroxidase activity and selenium concentration in bovine blood and liver as indicators of dietary selenium intake. *NZ. Vet. J.* 29:3-6.

TEIXERIA, A. G. V., LIMA, F. S., BICALHO, M. L. S., KUSSLER, A., LIMA, S. F., FELIPPE, M. J., BICALHO, R. C., 2014: Effect of an injectable trace mineral supplement containing selenium, copper, zinc, and manganese on immunity, health, and growth of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97:1-11.

ULLREY, D. E., 1987: Biochemical and physiological indicators of selenium status in animals. *J. Anim. Sci.* 65: 1712-1726.

UNDERWOOD, E.J., 1977: *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, 4th ed., Academic, New York.

VAN BRUWAENE, R., GERBER, G. B., KIRCHMANN, R., COLARD, J. , VAN KERKOM,J.,1984: Metabolism of <sup>51</sup>Cr, <sup>54</sup>Mn, <sup>59</sup>Fe and <sup>60</sup>Co in lactating dairy cows. *Health Phys.* 46: 1069–1082.

VAN DAEL, P.; VLAEMYNCK, G.; VAN RENTERGHEM, R.; DEELSTRA, H., 1991: Selenium content of cow's milk and its distribution in protein fractions. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 192, 422–426.

VAN SAUN, R. J., HERDT, T. H., STOWE, H. D., 1989: Maternal and Fetal Selenium Concentrations and Their Interrelationships in Dairy Cattle. *J. Nutr.* 119:1128-1137.

WAITE, R., CONRAD, H. R., MOXON, A. L., 1975: Metabolism of selenium and selenium-75 in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 58:749.

WALTNER-TOEWS, D., MARTIN, S.W., MEEK, A.H., 1986: Selenium Content in the Hair of Newborn Dairy Heifer Calves and its Association with Preweaning Morbidity and Mortality. *Can. J. Vet. Res.* 50:347-350.

WEISS, W. P., SOCHA, M. T., 2005: Dietary Manganese for Dry and Lactating Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 88: 2517-2523

WEISS, W.P., COLENBRANDER, V. F., CUNNINGHAM, M. D., 1984: Maternal Transfer and Retention of Supplemental Selenium in Neonatal Calves. *J. Dairy Sci.* 67:416-420.

WILDE, D. 2006: Influence of macro and micro minerals in the peri-parturient period on fertility in dairy cattle. *Anim. Reprod. Sci.* 96, 240–249

WRIGHT, P. L., BELL, M. C.,1966: Comparative metabolism of selenium and tellurium in sheep and swine. *Am. J. Physiol.* 211:6–10.

YAMINI, B., MULLANEY, T. P., 1985: Vitamin E and selenium deficiency as a possible cause of abortion in food animals. Proc. 28th Annual Meeting Am. Assoc. Vet. Lab. Diagnosticians, pp. 131-144.

ZAGRODZKI, P.; NICOL, F.; MCCOY, M.A.; SMYTH, J.A.; KENNEDY, D.G.; BECKETT, G.J.; ARTHUR, J.R., 1998: Iodine deficiency in cattle: Compensatory changes in thyroidal selenoenzymes. Res. Vet. Sci. 64, 209–211.

Z' ARCZYN'SKA, K.; SOBIECH, P.; RADWIN'SKA, J.; REKAWEK, W., 2013: Effects of selenium on animal health. *J. Elemntol.* 2013, 18, 329–340

ŽUST, J.; HROVATIN, B.; ŠIMUNDIĆ, B., 1996: Assessment of selenium and vitamin E deficiencies in dairy herds and clinical disease in calves. *Vet. Rec.* 139, 391–394.

44/2003. (IV. 26.) FVM rendelet a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól

[https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy\\_doc.cgi?docid=a0300044.fvm](https://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=a0300044.fvm) Megtekintve: 2017.12.08.  
05:02