

V. Sikk

Piimalehmade mineraalne toitumine

Mineraalelementide tarbenormid

Tartu 2007

Raamat on trükitud oü ANU AIT STIPENDIUMIFONDI toetusel

Väljaandmist toetas EMÜ VETERINAARMEDITSIINI JA LOOMAKASVATUSE INSTITUUT

ISBN 978-9949-426-22-5

Sisukord

Sissejuhatus	4
Mineraalelementide imendumine	6
Mineraalelementide vastastikused suhted	7
Mineraalelementide biogeensus ja toksilisus	8
Mineraalelementide tarbenormid	9

MAKROELEMENDID

Kaltsium	12
Fosfor	18
Magneesium	22
Kaalium	26
Naatrium	28
Kloor	30
Väävel	31

MIKROELEMENDID

Raud	33
Tsink	35
Mangaan	39
Vask	42
Koobalt	46
Jood	49
Seleen	52
Molübdeen	56

LISAD

Piimalehmade mineraalelementide kontsentratsioonimäärad ratsiooni kuivaines	57
Mõnede mineraalsöötade mineraalelementide sisaldus kuivaines ja imenduvus	58
Makroelementide suhteline omastatavus mineraalsöötadest	60
Makroelementide defitsiidi sümptomid	61
Mikroelementide defitsiidi sümptomid	62

Sissejuhatus

Mineraalelemendid on normaalse elutegevuse tagamiseks sama vajalikud kui orgaanilised ained (valgud, rasvad, süsivesikud), kuigi organism nendest energiat ei saa. Mineraalelemendid on hädavajalikud ehitusainena luukoe moodustamisel (luudesse on ladestunud üle 80% organismis leiduvatest mineraalelementidest), kuid nad kuuluvad ka paljude orgaaniliste ühendite koostisse. Organism vajab neid **närvi- ja lihasrakkude** talitluseks, biokeemiliste reaktsioonide aktiveerimiseks **ensüümide aktiveerimise** kaudu. Mitmed mineraalelemendid (Cu, Mn, Zn, I, Co jt) kuuluvad ka ensüümide, hormoonide ja vitamiinide koostisse ja mõjutavad nende kaudu üldist ainevahetust. Ainevahetuse korrashoidmisel on neil sama suur tähtsus kui vitamiinidel või valkudel. Mineraalelemendid on vajalikud **pH taseme** hoidmiseks veres ja seedemahlades (hapete-aluste tasakaal), seedekulgla **mikrofloora normaalseks** elutegevuseks. Nad etendavad tähtsat osa **valkude, süsivesikute ja rasvade** omastumisel, on põhilised **elektrilaengute kandjad** organismis. Peamiselt mineraalelementidest sõltub kehavedelike elektrolüütiline bilanss. Nad aitavad **reguleerida organismi verežiimi**. Ühinedes ainevahetuse lõpp-produktidega moodustavad mineraalelemendid kahjutuid ühendeid soolade näol, mis kehast eemaldatakse. Sel viisil soodustavad nad organismi puhastumist ainevahetusjääkidest.

Mineraalelementide ainevahetus on omavahel ja teiste söödas ning organismis leiduvate toitainetega tihedalt seotud, moodustades osa organismi kui terviku ainevahetusest. Igat elementi ja selle tähtsust toitumisel võib küll eraldi käsitleda, kuid paljusid funktsioone organismis täidavad nad paaride või rühmadena, mistõttu ühe elemendi defitsiit või liig söödas võib mõjutada teiste elementide ja kogu organismi ainevahetust.

Praeguseks ajaks on kõrgemate loomorganismide kudede ja organite tuhas määratud üle 60 mineraalelemendi, millest 45 on määratud kvantitatiivselt ja need on organismi püsivateks koostiskomponentideks. Paljusid nendest leidub organismis küll ainult sellepärast, et nad kuuluvad söötade koostisse ning satuvad koos söödaga organismi, omamata erilist tähtsust ainevahetuses.

Loomadele eluliselt tähtsaks e biogeenseks arvati 1981. a 22 elementi. Need olid **makroelementidest** (looma kehas >50 mg kilogrammi kehamassi kohta): kaltsium, fosfor, naatrium, kaalium, kloor, magneesium, väävel, **mikroelementidest** (<50 mg kehamassi kilogrammi kohta): raud, tsink, vask, mangaan, jood, koobalt, seleen, kroom ja **ultramikroelementidest** (kontsentratsioon looma

kehas veelgi väiksem) tina, vanaadium, molübdeen, fluor, räni, nikkel ja arseen. Neile on lisandunud veel alumiinium, plii, rubiidium, liitium, boor, milliseid peetakse teatud olukordades kasulikeks elementideks. Nüüdseks arvatakse, et biogeensete elementide arv ei ole päris täpselt teada ja see on tegelikult suurem (25–30 elementi), sest mõningaid elemente vajavad loomad niivõrd väikestes kogustes, et nende vajadust on katseliselt väga raske määrata. Tõenäoliselt saab tavaliste ratsioonidega nende elementide tarve ka alati kaetud.

Mineraalelementide imendumine

Loomad saavad mineraalained sööda, mineraalsete söödalisandite ja joogiveega. Et organismi sattunud mineraalained muutuksid loomadele kättesaadavaks, peavad need seedekulglas lahustuma ja dissotsieeruma ioonideks ning seejärel läbima seedekulga seina s.t imenduma. Makroelemendid imenduvad põhiliselt **peensooles**, osalt ka jämesooles. Kõige paremad tingimused imendumiseks on peensoole maopoolsetes osades, tahapoole soolestiku imendumistalitlus kord-korralt aeglustub. Mäletsejalistel imenduvad mitmed makroelemendid juba eesmaos.

Imendumine on keeruline protsess, mis toimub kas spetsiaalsete transpordisüsteemide kaudu või passiivselt difusiooni teel.

Imendumine oleneb: 1) iooni omadustest, 2) kontsentratsioonist ja elektrokeemilisest gradiendist ning 3) epiteeli rakkude talitluse aktiivsusest. Kergesti imenduvad ühevalentsed ioonid (Na^+ , K^+ , Cl^-). Laengu suurenemisel väheneb iooni sooleseina läbimise võime märgatavalt. Sellepärast imenduvad ioonid enamasti keerukate rakusiseste transpordisüsteemide vahendusel.

Katioonide suhteline imendumiskiirus on $\text{K} > \text{Na} > \text{Ca} > \text{Mg}$, anioonidel aga $\text{Cl} > \text{NO}_3 > \text{SO}_4 > \text{PO}_4$.

Imendumist mõjutavad suuremal või vähemal määral mitmed faktorid: looma liik, vanus, füsioloogiline seisund (tiine, vastpoeginud jne), söödaratsiooni tüüp (rohusöötade ja jõusöötade suhe), mineraalelementide kontsentratsioon sööda kuivaines, millise ühendina element söödas või mineraalses söödalisandis esineb, milline on elementide vastastikune suhe (antagonism) ning suhe teiste sööda komponentidega, millised uued ühendid moodustuvad seedekulglas ainevahetuse käigus jne.

Suurel määral sõltub imendumine sellest, millisel kujul mingi element peensoolde jõuab. Näiteks kaltsiumi kompleksühendist fütiinhappega (Ca -fütaat) kaltsium ei imendu. See kompleksühend peab seedekanalis lõhustuma. Selleks on vaja mikroobide abi. Ka fütiinfosfor, mis on põhiliseks fosforit sisaldavaks orgaaniliseks ühendiks teraviljades ja srottides (moodustab 60–70% kogu fosforist), muutub imenduvaks pärast fosfaatide lõhustumist. Ka siin peavad appi tulema veise eesmaos elunevad mikroorganismid.

Soolkanali küümuses võivad ioonideks dissotsieerunud mineraalelemendid lülituda mitmesuguste orgaaniliste ja anorgaaniliste komplekside koostisse ja moodustada täiesti uusi ühendeid. Teatud tingimustes moodustuvad

rasklahustuvad või praktiliselt lahustumatud soolad, millest element on raskesti omastatav. Nii näiteks mõjutab fosfaatide imendumist kaltsiumi ja magneesiumi suhe fosforisse seedetraktis. Nende elementide laia suhte korral, võivad seedekanalisis moodustuda rasklahustuvad kaltsium- või kaltsium-magneesiumfosfaadid. Ka suur raua ja alumiiniumisisaldus ratsioonis takistab fosfori imendumist, kuna nimetatud elemendid moodustuvad samuti fosforiga praktiliselt lahustumatud raud- ja alumiiniumfosfaate.

Mikroelementide imendumist mõjutab interaktsioon (koosmõju) metallioonide vahel (antagonism või sünergism), samuti orgaaniliste kelaatuvate aegade olemasolu seedekulglas (peptiidid, üksikud aminohapped jt). Viimased loovad tingimused hästi imenduvate kelaatkomplekside moodustumiseks ainevahetuse käigus.

Et mineraalelementide imendumise protsess on mõjutatav nii paljude faktorite poolt, on isegi teoreetiliselt raske täpselt prognoosida üksikute mineraalelementide imendumise ulatust.

Mineraalelementide vastastikused suhted

Mineraalelementide ainevahetus on omavahel ja teiste söödas ning looma kehas leiduvate toitainetega või ka mittetoitumuslike faktoritega tihedalt seotud. Üksikute mineraalelementide vastastikune toime võib avalduda juba söödas või siis seedekanalisis seedeprotsesside käigus, aga samuti koe või raku ainevahetuse tasandil. Seos üksikute mineraalelementide vahel võib olla antagonistlik või sünergistlik. **Sünergistid** ainevahetuses soodustavad üksteise imendumist seedetraktist, kasutamist kehaainete sünteesiks, avaldavad üksteisele positiivset mõju kudede ja rakkude ainevahetuse tasandil (kaltsiumi ja fosfori koosmõju luuaine loomisel, raua ja vase osavõtt vere hemoglobiini moodustamisest). **Antagonistid** ainevahetuses pidurdavad üksteise imendumist seedekanalisis, põhjustades elemendi suuremat eritumist või avaldavad vastandlikku mõju mingile biokeemilisele protsessile organismis. Antagonistideks on näiteks kaalium ja magneesium, kaltsium ja magneesium, seleen ja väävel, molübdeen ja tsink samuti vask ja molübdeen, vask ja väävel jne.

Antagonism on väga keeruline üksikute elementide omavaheliste suhete

kompleks, mis alati ei põhjusta ühe või teise iooni halvemat imendumist, sisalduse vähenemist organismis või selle suuremat eritumist. Vahel soodustavad antagonistid biokeemilisi protsesse ja alles ionide väga tugevate omavahe-liste suhete rikkumisel täheldatakse kõrvalekaldeid mineraalelementide ainevahetuses.

Vastastikused seosed üksikute mineraalelementide vahel on tõepärased üksikute elementide optimaalsete suhete puhul ratsioonis, s.t kui loomade normidekohane mineraalelementide vajadus on söötadega kaetud. Need suhted võivad aga muutuda, kui mõnda elementi on ratsioonis liiga palju või liiga vähe.

Mineraalelementide biogeensus ja toksilisus

Ühelt poolt on mineraalelemendid loomadele vajalikud, teisalt tuleb mõnda biogeenset elementi vaadelda ka toksilisena, sest nende liig söödas võib esile kutsuda mürgistuse või raskemal juhul põhjustada isegi looma surma. Oleneb sellest kuipalju loom seda söödaga saab. On hästi teada, et arseen on mürk, millest tuleb loomi kaugel hoida, kuid nüüdseks on teada, et väga väikestes kogustes on arseen loomadele biogeenne element. Hästi on teada ka molübdeeni mürgisus. Suured vase-, seleeni- ja kroomiannused võivad samuti esile kutsuda mürgistuse. Vask ja fluor on kumulatiivsed mürgid, loomorganism ei suuda nende liiast vabaneda. Isegi väikesed üle tarbe antud kogused võivad esile kutsuda mürgistusnähte. Sama tuleb tunnistada pea kõikide elementide kohta. Iga elemendi lisamisel söödale on kuskil piir, mille ületamine ei ole loomale kasulik ja võib olla isegi ohtlik. Paraku ei ole seda piiri aga katseliselt kuigi kerge määrata, sest see erineb loomaliigiti. Ka ühe ja sama loomaliigi puhul võib see näitaja küllalt ulatuslikult varieeruda, sõltudes looma vastupanuvõimest, teatavate kehavarude olemasolust, söötmise tugevusest jpt asjaoludest. Sellest tulenevalt on loomade mineraalelementide taluvuse kohta toodud andmed sageli küllalt erinevad. Edaspidi on kasutatud USA Rahvusliku Uurimisnõukogu (NRC) loomade söötmise komisjoni vastava alakomisjoni pakutud mineraalelementide taluvuse piirmäärasid. Öeldud on, et toodud piirväärtustest väiksemad mineraalelementide kontsentratsioonid ei kahjusta looma tervist ega põhjusta jääkainete kogunemist inimtoiduks kasutatavatesse loomakasvatussaadustesse.

Mineraalelementide tarbenormid

Kuigi mineraalelementide tarvet on uuritud juba ligemale 150 aastat (esimesed andmed loomade kaltsiumi- ja fosforitarbe kohta avaldati 1864. a), ei ole päris ühtset seisukohta loomade makro- ja mikroelementide vajaduse osas. Seda väidet kinnitavad erinevates riikides kasutatavad mõnevõrra erinevad mineraalelementide tarbenormid.

Eestis on alates 1995. a kasutusel söötmisnormid, mis on väga lähedased USA Rahvusliku Uurimisnõukogu (NRC) poolt väljatöötatud 1990-ndatel aastatel kasutusel olnud normidele. Et juba tollal oli USA-s lehmade keskmine aastane piimatoodang üle 9000 kg, olid normid usaldusväärsed ja praktikas kontrollitud. Meie söötmisnormid on võrreldavad ka Saksamaal kasutatavate normidega.

Eesti söötmisnormides (Põllumajandusloomade söötmisnormid koos abitabelitega. Tartu, 1995), on loomade mineraalelementide tarve toodud nii looma kohta päevas, kui ka kontsentratsioonimäärana ühes kilogrammis ratsiooni kuivaines g-des (makroelemendid) või mg-des (mikroelemendid). Viimastel aastatel kasutatakse mineraalelementide normeerimisel sagedamini kontsentratsioonimäärasid. Kontsentratsioonimäärade järgi leitud **päevased mineraalelementide kogused** sõltuvad kuivaine **söömusest**. Kuivaine söömust on aga raske täpselt normeerida, sest see sõltub peale looma kehamassi ja toodangu veel paljudest teguritest nende hulgas näiteks välistemperatuurist, looma tõust, vanusest, laktatsiooni järgust, söötade maitsevusest, füüsikalistest ja keemilistest omadustest, looma pärilikest omadustest jne. Praktikas on siiski vaja teada, kui palju suudab loom maksimaalselt päevas süüa kuivainet tarbida ja kui palju peaks seda minimaalselt olema. Rohke jõusööda söötmise puhul suudavad **suuretoodangulised lehmad tarbida** kuivainet koguses, mis moodustab **ligikaudu 4% nende kehamassist**. Keskpärasel kuivaine tarbimisel on see protsent 3–3,5 piirides, vaid kinnislehmadel võib see langeda 2%-ni kehamassist. Üldiselt, mida väiksem on looma kehamass, seda suurem on suhteline söömus.

Meil praegu kasutusel olevate söötmisnormide koostamisel eeldati, et kuivaine söömus suureneb proportsionaalselt toodangu suurenemisega. Nii näiteks peaks 600 kg-se kehamassiga lehm, kes annab 20 kg piima päevas, süüa normide järgi 16,2 kg (2,7% kehamassist) süüa kuivainet päevas, 30 kg-se toodangu puhul 20,7 kg (3,5% kehamassist) e 4,5 kg kuivainet päevas rohkem kui 20 kg-se toodanguga lehm, 40 kg-se toodanguga lehm peaks

omakorda 4,5 kg kuivainet päevas rohkem tarbima kui 30 kg-se toodanguga lehm, vastavalt **25,2 kg (4,2% kehamassist)**. Väiksema toodanguga lehmade puhul nii see enam-vähem ka on. Kuid toodangu (ja kehamassi) suurenedes kuivaine suhteline söömus (%-des kehamassist) väheneb.

Kui võrrelda meie söötmisnormides toodud prognoositud söömust USA (NRC, 2001) söötmisnormide vastava näitajaga, siis väiksema piimatoodanguga lehmade puhul (kuni 35 kg piima päevas) on need näitajad võrreldavad. Kuid suure toodanguga lehmade (toodang üle 40 kg piima päevas) kuivaine söömus on ka NRC normides prognoositud väga suur. Nii näiteks peaks 680 kg-se kehamassi ja 54,4 kg-se päevase piimatoodanguga holsteini tõugu lehm tarbima **30 kg segasööda kuivainet päevas**, mis moodustab **4,4%** tema **kehamassist**. Samas väljaandes aga, erinevate kirjandusallikate andmetele toetudes, on keskmiseks kuivaine söömuseks esimest laktatsiooni lõpusvatel lehmadel toodud ainult **20–21 kg**, vanematel, korduvalt poeginud lehmadel, laktatsiooni algul kuni 23–24 kg päevas. Ka Põlulas, erinevate Eestis kasvatatavate veisetõugudega korraldatud pikaajalise katse (katse kestis 4,5 aastat) tulemused näitasid, et suure toodanguga lehmad (324 laktatsiooni keskmine toodang 8821 kg) tarbisid **keskmiselt 20–21 kg** segasööda kuivainet päevas, mis moodustas **3,37–3,73%**, **maksimaalselt 4,16%** (91–100 laktatsioonipäevani) nende kehamassist.

Et toodangu suurenemisel kuivaine söömus proportsionaalselt ei suurene, on osaliselt tingitud asjaolust, et mõnedel andmetel on suure toodanguga lehmade eesmagude ja üldse seedeelundite mahu suhe kehamassi väiksem kui väiksema toodanguga lehmadel, mistõttu nende suhteline kuivaine söömus on väiksem. Pealegi võivad nendele päevas antavad söödakogused kujuneda väga suureks ja looma vats lihtsalt ei suuda kõike ära mahutada. Et suuretoodanguga lehmade energia- ja proteiinivajadus saaks kaetud, lisatakse nende segasöödale kõrge energia- ja proteiinikontsentratsiooniga ja väikese toorkiisisaldusega söötasid (rasva- ja proteiinirikkad söödalisisandid) ning suurendatakse jõusööda osakaalu ratsioonis, millega saab suurendada kuivaine tarbimist loomade poolt.

Et katta suure toodanguga lehmade **mineraalelementide** vajadus ka väiksema kuivaine söömuse korral, tuleks korrigeerida meil praegu kehtivaid mineraalelementide kontsentratsioonimäärasid sööda kuivaines (vt lisa 1).

Teine oluline faktor, millega mineraalelementide vajaduse prognoosimisel tuleb arvestada, on mineraalelementide **imendumine** ja **omastatavus**. Nagu juba eespool märgitud, mõjutavad mineraalelementide imenduvust väga paljud tegurid. Sellepärast on raske täpselt määratleda kuipalju loomale söödaga antud mineraalainetest organismis ainevahetuse käigus imendub ja omastatakse.

Ka sellealased uurimused on andnud sageli väga erinevaid ja vastukäivaid tulemusi.

Eespool toodust tulenevalt ongi ilmnenud mõningased erinevused meil praegu kasutusel olevate mineraalelementide kontsentratsioonimäärade (1995. a-st) ja USA-s (NRC, 2001) ning mõnedes teistes riikides kasutatavate mineraalelementide kontsentratsioonimäärade vahel. Olulisem erinevus on just kaltsiumi ja fosfori tarbenormides. Meie söötmisnormides on kaltsiumi kontsentratsioonimäär sööda kuivaines antud mõnevõrra väiksem (arvestatud on kaltsiumi suurema imenduvusega), fosforil aga suurem (fosfori imenduvus on arvestatud väiksemana) kui eespool nimetatud normides. Viimaste aastate sellealased uurimused ja kalkulatsioonid on aga tõestanud, et kaltsium imendub mõnevõrra halvemini, fosfori imenduvus on aga parem kui meie söötmisnormide kalkuleerimisel arvestati (vt ka *Kaltsiumi imendumine. Kaltsiumi tarbenormi*. Sama ka fosfori osas). Ka on suure toodanguga lehmade (toodang >30 kg päevas) kuivaine söömus meil kasutatavates söötmisnormides prognoositud liiga suur.

Mõnedes riikides (USA) ongi viimastel aastatel mineraalelementide vajaduse prognoosimisel lähtutud **imendunud elemendi** hulgast, mis arvutiprogrammide järgi arvutatakse ümber mineraalsööda kogusele.

Kaltsium

Ca Kaltsium on levinuim mineraalelement loomorganismis. Imetajate kehas moodustab ta 1–2% kehamassist. Seega täiskasvanud veise kehas on kokku 6–12 kilogrammi puhast kaltsiumi, millest 98,5% on ladestunud luudesse ja hammastesse lahustumatute Ca-, (P-) sooladena (hüdroksüapatiit). Ligikaudu 1,5% Ca koguhulgast s.o luude ja hammaste väline kaltsium, osaleb vere hüübimisprotsessis, lihastöös (südame- ja skeletilihaste talitluses, lihaskontraktsioonides), ensüümide aktiveerimises, vitamiin D metabolismis, hormoonide toimes, vere osmootse rõhu tagamises jne.

Kaltsium söötades

Kaltsiumirikkad on liblikõielised (ristik, lutsern, hernes, ristõielistest raps) ja neist saadavad söödad. Nende kuivaines (KA) leidub keskmiselt 15,0–19,0 g/kg-s kaltsiumi. Vähem kaltsiumi on kõrrelistes taimedes (5,5–8,5 g/kg KA-s), väga vähe kaltsiumi aga teraviljades (0,5–1,3 g/kg KA-s). Ka kartul ja juurvili on kaltsiumivaesed (0,5–2,0 g/kg KA-s).

Mineraalsöötadest kasutatakse loomadele kaltsiumiallikana kõige sagedamini kaltsiumkarbonaati (söödakriit, CaCO_3), samuti kaltsiumfosfaate, kust loomad saavad ka fosforit.

Kaltsiumi omastatavuse järgi reastuvad kaltsiumfosfaadid: monokaltsiumfosfaat > dikaltsiumfosfaat > trikaltsiumfosfaat (vt lisa 2 ja 3).

Kaltsiumi imendumine

Söödas ja mineraalsetes söödalisandites leiduvad kaltsiumühendid lahustuvad seedekulglas ja dissotsieeruvad kaltsiumioonideks (Ca^{2+}), millisena kaltsium peamiselt imendub.

Kaltsiumi põhiliseks imendumise kohaks mäletsejalistel on **peensool**.

Kaltsiumi imendumine söodast võib tegelikult olla vägagi erinev sõltuvalt paljudest teguritest. Üksikkomponendina imendub kaltsium vähesel määral. Sellepärast peaks söödas olema piisavalt selliseid komponente, mis tagavad parema kaltsiumi imendumise. Vajaliku kaasuva komponendina on kaltsiumi imendumisel oluline osa **vitamiin D** aktiivsel metaboliidil ($1,25\text{-(OH)}_2\text{D}_3$).

Ka **magneesium** osaleb paljudes luus toimuvates biokeemilistes protsessides ja aitab kaasa kaltsiumi ning vitamiin D omastamisele. Viimase aja loomkatsed on näidanud, et ka **räni** mõjutab luustumisprotsesse ja sidekoe arengut. Räni soodustab liigesekõhrede teket, suurendab glükoosamiinide ja mineraalainete sisaldust kõhredes ning aitab koos kaltsiumiga vältida osteoporoosi arenemist ja teisi luude samuti liigete haigusi. Räni soodustab ka esmase luukoe mineralisatsiooni. **Tsink** on samuti kaudselt oluline luu moodustumisel. On andmeid, et tsink tõhustab vitamiin D biokeemilist toimet. Kui tsinki on söödas vähe muutub sarvaine koostis (tekib parakeratoos). Luude moodustumiseks on vajalik ka **mangaan**. Selle vähesusel tekkis katseloomadel tõsine haigus – toruluude moondumine (väntjalgsus). Seega on oluline, et sööt sisaldaks piisavalt kaltsiumi imendumist toetavaid komponente, mis soodustavad luukoe teket ja seega kaltsiumi omastatavust.

Imendumise ulatus sõltub veel looma vanusest, söödast ja mineraalsetest kaltsiumiallikatest, loomade individuaalsetest omadustest jm teguritest.

Sõltuvalt looma vanusest ja teistest faktoritest võib kaltsiumi imendumine kõikuda **10–50%-ni** söödaga saadud kogusest. 1978. a lüpsilehmadega korraldatud 11 katse andmete üldistuse tulemusena saadi keskmiseks kaltsiumi imenduvuseks 38%, negatiivse kaltsiumibilansi puhul – 40%. Ka varasemates USA normides (NRC, 1989) on toodud kaltsiumi imenduvuseks segasöödast 38%. Kirjanduses toodud andmetel on kaltsiumi keskmiseks imenduvuseks saadud ka 30–35%. **NRC (2001)** uuemas väljaandes on keskmiseks kaltsiumi imenduvuseks segasöödast arvestatud **30%**. **Eesti** söötmisnormide väljatöötamisel arvestati **40%-lise** kaltsiumi imendumisega. Samasugune kaltsiumi imenduvus oli võetud aluseks ka Saksamaal piimalehmade kaltsiuminormide välja töötamisel.

Mineraalsöötadest on NRC (2001) andmetel kaltsiumi imendumine tunduvalt suurem kui rohu- ja teistest söötadest. Imenduvus sõltub kaltsiumiühendist ja selle lahustuvusest. Kaltsiumkloriid on hästi lahustuv. Vastsündinud vasikatel imendus isegi >95% seal leiduvast kaltsiumist. Praktikast arvestatakse keskmiseks kaltsiumi imenduvuseks kaltsiumkloriidist 95%. Kalkuleeritud kaltsiumi imenduvus kaltsiumkarbonaadist (CaCO_3) kõikus 40–50%-st kuni 85%-ni,

keskmiseks imenduvuseks on arvestatud 75%. Lubjakivist on kaltsiumi imenduvus väiksem, puhtast kaltsiumkarbonaadist suurem.

Ühes varasemas (1957) uurimuses (katsetes härgadega) oli aga kaltsiumi omastatavus mineraalsöötadest madalam eespool toodud näitajatest. Söödakriidist (CaCO_3) omastus täiskasvanud härgadel 40%, kaltsiumkloriidist 53%, trikaltsiumfosfaadist 56% dikaltsiumfosfaadist 38–55%, defluoreeritud fosfaadist 40%, lubjakivijahust 37% kaltsiumist.

Antagonistid imendumisel

Kuna kaltsium imendub ioonina, siis mõjutavad tema imendumist ühendid, mis vähendavad seedekanalisis ionse kaltsiumi hulka. Nendeks on **anioonid**, mis seonduvad Ca^{2+} -ga (oksaalhappe, fütaadid, **fosfaadid**, võimalik, et ka sulfaadid) ja võivad kaltsiumi imendumist takistada. Nii muutub kaltsiumi liia korral söödas nimetamisväärt osa lahustuvatest kaltsiumühenditest seedekanalit läbides **rasklõhustuvateks fosfor- ja süsihappe sooladeks** ning peaaegu lahustumatuteks **kõrgemate rasvhapete** (palmitiin-, steariin-, oleiinhappe) **kaltsiumsooladeks (Ca-seep)**. Need ühendid suures osas erituvad organismist roojaga.

Kaltsiumi imendumist vähendavad ka **steroidid** ja **östrogeenid** söötades, samuti ratsiooni liiga **suur karotiinisaldus**, kuna viimane vähendab vitamiin D aktiivsust. Vitamiin D-l on aga oluline osa kaltsiumi imendumisel.

Negatiivselt mõjutab kaltsiumi imendumist ka **magneesium-** ja **alumiiniumsoolade** (antagonistid) liigsus ratsioonis. Mõnedes meil 2005. a saagist valmistatud kõrreliste siloproovides (analüüsitud Iirimaal), leidis näiteks väga palju alumiiniumi (455–865, ainult ühes proovis oli 232, norm on <100 – >200 mg/kg KA-s).

Ka vähene sööda **fosforisisaldus** halvendab kaltsiumi omastatavust.

Oluline on ka kaltsiumi ja fosfori suhe ratsioonis. See ei tohiks olla >7:1 ja <1:1.

Kaltsiumi imendumist **soodustab** happeline keskkond, seega kõik ühendid, mis alandavad soolkanali pH-d.

Kaltsiumiliig, taluvuse piirmäär

Kaltsium **ei ole toksiline element** ning täiskasvanud loomad taluvad võrdlemisi suuri kaltsiumikoguseid. Üle 1% kaltsiumi piimalehmade ratsiooni kuivaines vähendas küll kuivaine söömust ja toodangut, kinnislehmade ratsioonis aga ei põhjustanud eriti kõrge kaltsiumitase (1,8% KA-s) loomadel mingeid nähtavaid terviseprobleeme. Kaltsiumi liigsus söödas takistab mõnede mikroelementide (eeskätt tsingi) imendumist ja normaalset omastumist, kuid selle peaks kompenseerima parem sööda energia ja proteiini kasutamine toodangu moodustamiseks. Vajadusest suuremas koguses kaltsiumi andmist lehmadele soovitatakse maisi-(teravilja-)silo rohke söötmise korral (madal pH). Sel juhul on kaltsiumkarbonaadi (CaCO_3) liias andmine vajalik normaalse vatsa pH tagamiseks.

Täiskasvanud veistel on kaltsiumi taluvuse piirmääraks toodud **2% e 20 g/kg-s** sööda kuivaines. Tähtis on selle juures ka kaltsiumi ja fosfori vahekord. **Kaltsiumi liigsuse korral peab ratsioonis olema piisavalt fosforit.**

Pikema aja jooksul antuna võivad kaltsiumi (ja vitamiin D) megadoosid siiski loomadel tervisehäireid põhjustada. Neil võib esineda hüperkaltsseemiat, mis põhjustab intensiivset luude ja pehmete kudede ning organite (esmajoones neerude) kaltsifikatsiooni. Kestev kaltsiumi liigsus häirib närvi- ja lihaskoe normaalset funktsioneerimist, vere hüübimist. Häiritud on ka magneesiumi-, fosfori-, vase-, raua-, mangaani- ja joodiainevahetus. Kauakestev kaltsiumi liig söödas põhjustab kilpnäärme hüperfunktsiooni. Et kaltsiumi näol on tegemist tugeva katiooniga, võib kaltsiumkarbonaadi pikaajalise rohke söötmise korral mäletsejaliste vatsa pH tõusta (vatsa alkalitroofsus).

Kaltsiumidefitsiit

Kestev mõõdukas kaltsiumidefitsiit söödas võib põhjustada loomadel isu halvenemist, krampe, liigeste valulisust, pulsi aeglustumist, jalalihaste nõrkust, liikumishäireid, lonkamist, kasvuhäireid noorloomadel, lihaste ja närvide ärrituvust.

Sügavama defitsiidi puhul, kui näiteks kaltsiumi hulk söödas ei ole pikema aja jooksul piisav kaltsiumi normaalse taseme tagamiseks veres, tekib luude kõhetumine, nõrgenemine. Loomadel esineb jäsemete toruluude, selgroo, roiete deformatsioone, luud sageli ei kannu looma.

Kaltsiumi-(ja fosfori-)defitsiidi **levinud sümptomid** on: krambid lihastes, luude pehmunine (rahhiit) noorloomadel, luukoe hõrenemine (osteoporoos),

luude haprus (osteomalaatsia) täiskasvanud loomadel.

Vere stabiilne kaltsiumisisaldus on mõõduka defitsiidi puhul tagatud kuna vere kaltsiumisisaldus on rohketel biofunktsioonide tõttu väga täpselt reguleeritud.

Kaltsiumitarve

Lehmade päevane kaltsiumivajadus sõltub nende kehamassist, päevasest piimatoodangust, kasvavatele loomadele tuleb lisa arvestada veel kehamassi juurdekasvuks, tiinetele loomadele loote kasvuks alates 7. tiinuskuust. Eestis kasutusel olevates söötmisnormides on kaltsiumi päevane vajadus tuletatud partsiaalnormide s.o elatus-(ET), tootmis-(PT) ja lootetarbenormide (LT) abil. Elatuseks on arvestatud 500 kg-se kehamassiga lehmale 25 g kaltsiumi päevas. Kehamassi suurenedes ET suureneb (600 kg kehamassiga lehma ET on keskmiselt 30 g päevas), ühe kilogrammi piima tootmiseks kulub 3 g kaltsiumi (lootetarbeks alates 7. tiinuskuust 15 g kaltsiumi päevas). Partsiaalnormide alusel on leitud kaltsiumi kontsentratsioonimäärad sööda kuivaines (<15 kg päevatoodanguga lehmadele 4,5–5,5 g, >15 kg-se päevatoodanguga lehmadele 5,5–6,0 g kg). NRC 1989 andmetel oli piimalehmade segasööda kuivaine minimaalseks kaltsiumi kontsentratsioonimääraks toodud 4,3–6,6 g/kg olenemata piimatoodangust, maksimaalseks – 9,5–10 g/kg-s. Samas on aga märgitud, et kõrge kaltsiumi kontsentratsioon söödas võib vähendada kuivaine söömust ning alandada lehmade piimatoodangut.

Kontsentratsioonimäärade prognoosimisel tuleb arvestada keskmist kaltsiumi imenduvust söödest. **Eestis** kasutusel olevate söötmisnormide koostamisel on arvestatud **40%-lise** kaltsiumi imenduvusega piima tootmisel (1 kg EKM piima moodustamiseks kulub 3 g kaltsiumi, piima keskmiseks kaltsiumisisalduseks on 1,2 g/l-s). Viimastel aastatel avaldatud sellealased andmed viitavad aga sellele, et kaltsiumi imenduvus võib olla siiski mõnevõrra väiksem. **NRC, 2001** väljaandes on prognoositud keskmiseks kaltsiumi imenduvuseks piima-lehmadel vaid **30%**. Üheks põhjuseks ilmselt asjaolu, et USA-s kasutatakse piimakarja söödana palju kaltsiumirikast lutserni ja sellest valmistatud söötaid, kust kaltsiumi imenduvus on suhteliselt väike (8–37%).

Ka meil tuleks kaltsiumi kontsentratsioonimäärasid ratsiooni kuivaines mõnevõrra korrigeerida, arvestades üheltpoolt kaltsiumi väiksema imenduvusega ning teisalt suure toodanguga lehmade (>30 kg piima päevas) väiksema kuivaine söömusega. Kui prognoosida keskmiseks kaltsiumi imenduvuseks mitte 40%,

vaid 34–35%, peaks suure toodanguga lehmade ratsiooni kuivaines olema 7,5–8,0 g/kg kaltsiumi.

Viimasel ajal on aga mõnede USA mineraalsööda lisandite müügiga tegelevate firmade poolt pakutud väga kõrgeid kaltsiumi kontsentratsioonimäärasid piimalehmade segasöödas (1,0–1,1% s.o 10–11 g/kg ratsiooni kuivaines). Selle järgi tuleb kaltsiumi omastatavuseks piima tootmisel napilt üle 20%.

Fosfor

P

Täiskasvanud looma kehamassist moodustab fosfor 0,60–0,75%. Seega on lehma kehas 3,5–4,5 kg fosforit, millest üle 80% on mineraalsooladena ladestunud luudesse, kus ta koos kaltsiumiga moodustab luuaine. Peale selle on fosforil oluline koht organismi energiavahetuses. Ta on võimeline energiarikaste e makroergiliste sidemete moodustamiseks näiteks adenosiintrifosfaadi (ATP) molekulis. Organism kasutab ATP-d energiaallikana eriti energiat neelavates reaktsioonides, eeskätt lihastes nende kontraheerumisel, samuti näärmete töös. Veel leidub fosforit nukleiinhapetes, fosfolipiidides, süsivesikute fosfoestrites, mitmetes koensüümides. Lisaks eeltoodule osaleb fosfor anioonidena ka organismi puhversüsteemides.

Fosfor söötades

Hästi fosforirikkad on taimede generatiivorganid. Seemnetes ja terades on ligikaudu 3–4 korda rohkem fosforit kui põhus (vastavalt 3,1–4,5 ja 1,0–1,7 g/kg KA-s). Kliide fosforisisaldus on veelgi suurem (10,0–11,0 g/kg KA-s), ületades, olenevalt jahvatuse astmest, terade vastavat näitajat 2–3 korda. Kliidega enam-vähem võrdne fosforisisaldus on enamikus srottides (7,5–14,5 g/kg KA-s).

Rohusöötade fosforisisaldus kõigub võrdlemisi suurtes piirides (1,0–5,0 g/kg KA-s) sõltudes taime arengufaasist (nooremates taimedes rohkem), sademete hulgast kasvuperioodil (sademetevaesel kasvuperioodil on taimede fosforisidumise võime väiksem) jt teguritest. Taimeliigiti erineb fosforisisaldus vähem kui kaltsiumisisaldus.

Piimakarja söötmisel jääb tavalisest fosforist puudu siis, kui ratsioonis on vähe jõusööta või kui fosfor on mõnel põhjusel raskesti kättesaadav. Sellepärast tuleb veiste ratsioone täiendada fosforiga. Fosfori puudujäägi katmiseks võib kasutada naatrium-, kaltsium- ja magneesiumfosfaate. Fosfori kättesaadavus nendest on väga erinev.

Fosfori imendumine

Fosfori imendumine varieerub väga suurtes piirides sõltudes looma vanusest, füsioloogilisest seisundist (lakteeriv või kinnislehm), samuti ratsiooni kaltsiumi, magneesiumi, mangaani, raua, alumiiniumi, kaaliumi (antagonistid) sisaldusest, seedekulglä pH-st, ratsiooni rasvasisaldusest, fosfori allikatest (rohu- või jõusöödad, mineraalsöödadest), samuti süle fosforisisaldusest.

Noorloomad omastavad söödist fosforit paremini (55–90%). Täiskasvanud veised **40–50%-liselt**. On ka uurimusi, kus fosfori imenduvuseks söödist on saadud **50–60%**, isegi **70%**. NRC 1989 andmetel imendus piimalehmade söötmisel segasöödist 45–50% seal leiduvast fosforist. Hilisemas NRC väljaandes (2001) on fosfori imenduvuseks segasöödist (kuivaines 3,9–4,2 g/kg fosforit) toodud minimaalselt 49–64%. Negatiivse fosfori bilansi korral (katselehmade ratsioonis ainult 2,1 g/kg-s KA-s) imendus fosfor isegi 100%-liselt.

Mineraalsöödadest varieerub fosfori imenduvus samuti suurtes piirides. Fosfaadid võib selle näitaja järgi reastada: Na-fosfaat>Ca-fosfaat>Mg-fosfaat. Eriti hästi imendub fosfor naatriumfosfaatidest (mononaatriumfosfaadist imenduvus 90%). Dinaatriumfosfaatide kasutamisel mineraallisasöödana tuleb aga arvestada nende kristallveesisaldusega. Neis võib leida 0, 2, 7 või 12 moli kristallvett, millest sõltub elemendi sisaldus aines. Nii sisaldab dinaatriumfosfaat, milles on 12 moli kristallvett ainult 8,2% fosforit, ilma kristallveeta aga 21,0%, 7 moli kristallveega – 11,0% fosforit. Naatriumfosfaate on otstarbekohane võtta ratsiooni kaltsiumi liigsuse puhul. Peale fosfori rikastub ratsioon siis ka naatriumiga. Kaltsiumfosfaatidest on fosfor paremini imenduv mono- ja dikaltsiumfosfaadist, halvemini trikaltsiumfosfaadist ja toorfosfaatidest. Magneesiumfosfaatidest on fosfor kõige raskemini kättesaadav (vt lisa 2 ja 3).

Antagonistid imendumisel

Fosfori imendumist ja kudedesse salvestumist vähendab **kaltsiumi** liigsus söödas (ainevahetuse käigus tekivad raskesti omastatavad kaltsiumfosfaadid). Ka **magneesiumi**, **raua**, **alumiiniumi** liig söödas pärsib fosfori imendumist lahustumatute fosfaatide moodustumise tõttu. Ka suured **vase-**, **joodi-** ja **mangaanikogused** söödas on vähendanud fosfori omastatavust.

Fosforiliig, taluvuse piirmäär

Pikaajaline fosfori söötmisega liialdamine võib põhjustada loomadel kaltsiumi ainevahetuse häireid: liigset kaltsiumi resorptsiooni (lahustumist) luudest, liigeste jäikust, kaltsiumfosfaatide salvestumist pehmetesse kudedesse. Kinnislehmadel suurenes fosfori liigsuse korral söödas vereplasma anorgaanilise fosforisisaldus, mis tõenäoliselt inhibeerib (takistab) vitamiin D aktiivse vormi ($1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$) produktsiooni ning seoses sellega suurendab loomade haigestumise ohtu hüpokaltseemiasse ning poegimishalvatusse.

Suur fosforisisaldus noorveiste ratsioonis (6,4 g/kg KA-s) halvendas oluliselt magneesiumi omastuvust.

Fosfori taluvuse piirmääraks veistele on toodud **1,0% (10 g/kg)** ratsiooni kuivainest.

Fosforidefitsiit

Fosforidefitsiiti võib esineda loomade söötmisel vähese jõusöödaga või jõusöödata ratsioonidega (eriti kui ratsioonis on palju kaltsiumi), samuti suurtes kogustes mahukate, veerikaste söötade söötmisel, mille kuivaines on <2,5 g/kg fosforit või karjatamisel fosforivaestel karjamaadel tulenevalt kombinatsioonist mulla vähene liikuva fosfori sisaldus, sellest sõltuv taimede väike fosforisisaldus ning kuum ja kuiv suvi.

Fosforidefitsiidi korral ratsioonis ilmnevad loomadel küllalt kiiresti mittespetsiifilised fosforivaeguse tunnused: loomad on isutud, söömus väheneb, toodang langeb, sigimistäitajad halvenevad (lehmadel), kasvavatel loomadel kasv pidurdub. Taolised nähud võivad esineda ka teiste toitefaktorite, näiteks energia ja proteiini vähesusel ratsioonis.

Kestva fosforivaeguse korral esinevad juba hüpofosforoosi tunnused, mis avalduvad vereplasma anorgaanilise fosforisisalduse vähenemises (2,0–3,5 mg-ni detsiliitris), loomad on loiud, nende karv on sassis, luustiku mineraalse osa mass väheneb. **Tõise fosforipuuduse** korral esinevad loomadel juba ägeda puudushaiguse sümptomid nagu isuväärastus (seda võib põhjustada ka Na-, Cu- ja Co-puudus), loomad liiguvad vähe. Haigestunud loomadel esineb liigeste jäikust, lihaste nõrkust, krampe lihastes, raskematel juhtudel isegi halvatusi, ataksiat (liigutuste kooskõlastushäire). Vereplasma anorgaanilise fosfori sisaldus langeb <2 mg/dl-s.

Fosforitarve

Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi peaks söödaratsiooni fosforisisaldus **alla 15 kg-se** päevase piimatoodanguga lehmadel olema **3,5–4,0 g/kg**, **üle 15 kg** päevatoodanguga lehmadel **4,0–4,5 g/kg** kuivaines. Selline vajadus on prognoositud partsiaalnormide järgi sellise arvestusega, et 500 kg-se kehamassiga lehm vajab päevas elatuseks 25 g (600 kg-ne lehm vastavalt 30 g), ühe kilogrammi piima moodustamiseks 2,0 g fosforit (1 liitris piimas on keskmiselt 1 g P). Seega on fosfori imenduvuseks piima tootmisel meie normide järgi arvestatud **50%**. NRC 1989. a väljaandes on fosfori imenduvuseks toodud 45–50%. Viimaste aastate sellealased uurimused näitavad aga, et fosfori imendumine söödast on siiski suurem. NRC (2001) normides on toodud keskmiseks fosfori imenduvuseks **58–60%**, mõnede allikate järgi isegi kuni 70%. Imendumine sõltub suurel määral söödast. Näiteks lutsernheinast ja -silost imendus 67–80% fosforist, mõne autori järgi isegi 81–96%. Et USA-s on lutsern piimakarja põhiliseks rohusöödaks, on sealsete fosfori tarbenormide prognoosimisel arvestatud suhteliselt suure fosfori imenduvusega.

Ühes katses piimalehmadega oli katselehmade ratsiooni kuivaines vastavalt 4,0 ja 5,0 g/kg fosforit. Selline fosfori kontsentratsioonide erinevus ratsioonis ei mõjutanud lehmade piimatoodangut esimesel laktatsioonikuul, kuid alates 5-ndast laktatsiooninädalast oli nende lehmade, kelle ratsiooni kuivaines oli 4,0 g/kg-s fosforit, piimatoodang 8% suurem kui nendel, kelle sööda kuivaines oli 5,0 g/kg-s fosforit. Teises samasuunalises katses andsid suure toodanguga lehmad, kelle ratsiooni kuivaines oli 4,2 g/kg-s fosforit 8 nädalase katseperioodi jooksul maksimaalselt toodangut, fosfori bilanss oli positiivne ja vereseerumi anorgaanilise fosfori sisaldus normis. Mitmed lühi- ja pikaajaliste uurimuste tulemused on näidanud, et ei ole otstarbekas fosfori kontsentratsioonimäära segasööda kuivaines suurendada üle 4,2 g/kg-s (fosfori parem kasutamine loomade poolt on oluline ka keskkonna saaste seisukohalt).

Eespool toodust lähtudes on viimastel aastatel mõnedes riikides piimalehmade fosfori tarbenorme sööda kuivaines vähendatud (NRC, 2001. a normides 3,5–3,8 g/kg KA-s, Rootsi normides 2,8–3,2 g/kg KA-s). Põlulas korraldatud pikaajalises söötmiskatses (katse kestis 4,5 aastat) oli fosfori kontsentratsioon suure toodanguga lehmade segasööda kuivaines 5,0 g/kg.

Ka meil võiks kaaluda fosfori kontsentratsioonimäära mõningast vähendamist sööda kuivaines (vt lisa 1).

Magneesium

Mg Täiskasvanud lehma kehas on 240–300 g magneesiumi, millest 62–65% paikneb luudes, kus ta osaleb rasvlahustuvate soolade koostises luukoe tekkes, ligikaudu 34–37% on pehmetes kudedes ja keharakkudes ning ainult 1% kogu kehas leiduvast magneesiumist on vereplasmas (kokku 2,5–3 g).

Magneesiumi füsioloogilised ja biokeemilised funktsioonid organismis on väga laialtlevinud. Magneesium on vajalik: luude kasvuks ja struktuuri säilitamiseks, lihaste ja närvisüsteemi talitluseks, südame rütmi reguleerimiseks, ensüümide aktiveerimiseks (aktivaatoriks >300 ensüümile), lipiidide ainevahetuseks, valgu sünteesiks.

Magneesium taimedes ja söötades

Taimede magneesiumisisaldus kõigub võrdlemisi suurtes piirides, varieerudes 1,5 kuni 4,0 g/kg kuivaines (harva üle 5,0 g/kg KA). Rohusöötades on täheldatud positiivset korrelatsiooni magneesiumi- ja kaltsiumisisalduse vahel, kusjuures korrelatsioonikoefitsient on suurem liblikõielistel. Samalaadne seos on ka rohu proteiini- ja magneesiumisisalduse vahel.

Rohkesti magneesiumi leidub värskete taimede rohelistes lehtedes.

Magneesiumirikkad söödad on õlikoogid ja srotid (5,0–7,5, ainult sojasrotis on sisaldus väiksem 3,0–3,2 g/kg-s KA-s). Suhteliselt vähe magneesiumi on kartuli mugulates, põhus, teraviljades (1,0–1,5 g/kg-s KA-s).

Mineraalse magneesiumi allikana on mäletsejalistel enam kasutamist leidnud magneesiumoksiid (MgO), mida on ka kõige rohkem uuritud ja analüüsitud. MgO on väga ebaühtlase keemilise koostise ja füüsikaliste omadustega. Magneesiumi omastatavus sõltub osakeste peenusastmest (mida peenem, seda parem). Kui osakeste läbimõõt oli 4–2 mm, omastus sellest ainult 1% magneesiumist, kui aga osakeste läbimõõt oli 0,063 mm, siis 49% magneesiumoksiidis leiduvast magneesiumist. Sellest tulenevalt on katseandmetel magneesiumi omastumine MgO-st kõikunud suurtes piirides. Keskmise imendumise protsendina on toodud 28–49%, kuid on ka andmeid kus MgO-st imendus ainult 5–10% magneesiumist.

Teised võimalikud magneesiumi mineraalsöödad on: magneesiumsulfaat, magneesiumhüdroksiid, magneesiumkarbonaat, dolomiidijahu, lubjakivi.

Magneesiumi imendumine

Söödaga saadud magneesiumiühendid suunduvad kõigepealt vatsa, kust algab ettevalmistus magneesiumi imendumiseks. Vatsas magneesiumiühendid kõigepealt lahustuvad. Seda protsessi mõjutab oluliselt **vatsa pH**. Kui vatsa pH tõusis 5-lt 7-le vähenes *in vitro* katses vatsas lahustunud magneesiumi kogus 80%-lt 20%-le.

Lehmade karjatamisel hästi väetatud karjamaadel tõuseb vatsa pH tavaliselt üle 6,5. See on tingitud karjamaarohu suurest kaaliumisisaldusest, mis stimuleerib sülje sekretsiooni ning värske rohu rohkest mittevalguliste lämmastikuühendite sisaldusest. Nimetatud tegurid suurendavad vatsa pH-d ja vähendavad magneesiumiühendite lahustuvust vatsas ning magneesiumi edasist imendumist.

Üldiselt omastavadki mäletsejalised söödast magneesiumi suhteliselt vähe, vähem kui kaltsiumi. Pealegi kõigub magneesiumi imenduvus ja omastatavus suurtes piirides. Nii varieerus heinast ja rohust magneesiumi imenduvus 4–66%-ni. Keskmiseks magneesiumi imenduvuseks tavalistest söötadest on toodud 11–37%. NRC (2001) väljaandes on selleks näitajaks 20–30%. Eestis kasutusel olevate söötmissnormide väljatöötamisel on arvestatud **15–20%**-lise keskmise magneesiumi imenduvusega.

Põhiliselt imendub magneesium **peensoole** proksimaalses osas ja jämesoole algusosas, kuid tõenäoliselt toimub mingil määral imendumine kogu seedekulgla ulatuses.

Antagonistid imendumisel

Magneesiumi imendumist pärssivad **anioonsed** ühendid, milliseid satub rohkesti mäletsejaliste vatsa varakevadel proteiinirikka värskes rohuga. Varakevades hästi väetatud proteiinirikkas rohus leidub rohkesti mittevalgulisi lämmastikuühendeid (valgu süntees taimedes ei ole lõppenud), mille lõhustumisel vabaneb ammoniaak, mida vatsa mikroorganismid kasutavad oma elutegevuseks (mikroobse valgu sünteesiks). Tavaliselt aga ei suuda mikroorganismid kogu vabanenud ammoniaaki mikroobse valgu koostisse inkorporeerida, vatsas suureneb vaba ammoniaagi (NH_3) ja **ammooniumioonide** (NH_4^+ , **anioonid**) kontsentratsioon, mille tulemusena moodustuvad vähelõhustuvad magneesiumühendid (magneesiumammooniumfosfaat jt), mis väljutatakse organismist. Imendunud magneesiumi kogus väheneb.

Magneesiumi imendumist mõjutab oluliselt veel rohumaade rikkalik väetamine lämmastikväetistega. **Lämmastiku** kasutamise ja magneesiumi imendumise vahel on saadud oluline positiivne korrelatsioon ($r = 0,90$), positiivne korrelatsioon on ka magneesiumi imendumise ja roojaga lämmastiku eritumise vahel ($r = 0,81$).

Magneesiumi omastatavust halvendab **kaaliumiliig** (kaaliumiga väetatud rohumaad), ka **kaltsiumioonid** takistavad magneesiumi imendumist. Antagonistiks magneesiumi imendumisel on **oksaalhape**, mis moodustab magneesiumiga raskestiomastatavaid soolasid, samuti **fütaat**.

Magneesiumiliig, taluvuse piirmäär

Magneesiumi taluvuse piirmääraks veistel on toodud **0,5% (5 g/kg)** ratsiooni kuivaines. Suured magneesiumikogused ratsioonis põhjustavad loomadel uimasust, suurenenud kaltsiumi eritumist neerude kaudu, on täheldatud ka neerukivide teket loomadel.

Magneesiumidefitsiit

Magneesiumidefitsiidi **sümptomite** hulka loomadel kuuluvad neuromuskulaarsete funktsioonide häired: närvilisus, lihasvärin, südame arütmia, emaka valulised kokkutõmbed tiinuse lõppjärgus, krambid lihastes. Loomadel esineb perifeersete veresoonte laienemist, pulss kiireneb. Tuntud magneesiumidefitsiidiga seonduv sündroom lehmadel on karjamaatetaania. Seda haigust esineb peamiselt veistel, varakevadel, järsul üleminekul värskete karjamaarohule. Kuid seda võib ette tulla ka suvel, sügisel, kevadtalvel.

Primaarsed haigustunnused on: söömuse vähenemine, loomad kõhnuvad, toodang väheneb, lehmad on kartlikud, närvilised, pillk on põrnitsev, kõnnak taaruv. Võib esineda lihaste tõmblemist, näo- ja kõrvalihaste värinaid. Haigestunud loomad hoiavad pead kõrgel. **Haiguse süvenedes** kaasnevad krambihood, tugev ärritus, hammaste kiristamine, lõuad on “kääris”, esijäsemed “tallavad perioodiliselt pedaale”, loomadel esineb südamelihase kahjustusi.

Magneesiumitarve

Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi peaks lehmade söödaratsiooni kuivaines olema **2,0 g/kg-s** magneesiumi, NRC (2001) normide järgi 35 kg-se piimatoodanguga lehm 1,9, 45 kg-se toodangu puhul 2,0 ja 54,4 kg-se päevase piimatoodangu korral 2,1 g magneesiumi kilogrammis ratsiooni kuivaines.

Kaalium

K

Kaaliumi on täiskasvanud veise kehas keskmiselt 1550 g. Põhiline osa sellest on kontsentreerunud rakkudesse (97–98%).

Kaaliumioonid osalevad hapete-aluste tasakaalu ja osmootse rõhu säilitamisel ning verežiimi reguleerimisel, rakumembraanide bioelektriliste potentsiaalide tekkel (koos Na^+ ja Cl^-), samuti närvi- ja lihaskoe talitluses (seejuures on tihe seos kaltsiumi ja magneesiumioonidega). Kaalium on vajalik veel süsivesikute ja rasvade ainevahetuses vajalike ensüümide tegevuse aktiveerimiseks.

Põhiliseks kaaliumi depooks organismis on lihaskude.

Kaalium söötades

Rohkesti kaaliumi on rohusöötades (22–28 g/kg KA-s). Ka teraviljades, samuti õlikookides ja srottides on piisavalt kaaliumi, et katta mäletsejaliste kaaliumitarve täielikult.

Kaaliumi imendumine

Mäletsejalistel imendub kaalium **kogu seedekulglal ulatuses**, alates juba vatsast, kõige kiiremini peensoolest. Soolkanali jämedamas osas on kaaliumi imendumine halvem kui naatriumil. Veistel imendub kaalium enamusest söötadest **80–95%**-liselt, olenemata sellest kas ratsiooni kaaliumitase on kõrge või madal.

Kaaliumiliig, taluvuse piirmäär

Kaaliumi taluvuse piirmääraks veistel on toodud **3% (30 g/kg)** sööda kuivaines. Tavalistes söötmistingimustes kaaliumi liigsus söödas mingeid ainevahetushäireid loomadel ei põhjusta, sest liigne kaalium eritub kiiresti uriiniga. Küll aga võib **liiga järsk** kaaliumisisalduse suurendamine ratsioonis viia tõsiste tervishäireteni või lõppeda isegi looma surmaga.

Et kaaliumi ja naatriumi vahel ainevahetuses esineb antagonism, suurendab kaaliumiliig ka naatriumi eritumist uriiniga.

Kaaliumi liigsuse **sümptomid** on: südameatalitluse puudulikkus, lihastalitluse häired, lihaste atoonia, intensiivne süljeeritus, liigne urineerimine, närvitalitluse häired, krampid, haiguse lõppfaasis ka halvatus.

Kaaliumitarve

Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi peaks piimalehmade söödaratsiooni kuivaines olema **7,0 g/kg**, noorveistel 6,5 g/kg kaaliumi, NRC (2001) normide järgi vastavalt toodangule 10,4, 10,6, 10,7 (toodang vastavalt 35, 45 ja 54,4 kg päevas).

Enamiku söötade (välja arvatud maisijahu) kuivaines sisaldub üle 5 g/kg, rohusöötades minimaalselt 15 g/kg kaaliumi, seega peaks mäletsejaliste kaaliumitarve saama söötadega kuhjaga kaetud ning mingeid kaaliumi lisa söötasid neile anda ei ole tarvis.

Naatrium

Na Täiskasvanud veise kehas leidub 1,5 g naatriumi 100 kg kehamassi kohta (kokku 800–900 g). See on lokaliseerunud valdavalt vereplasmasse, rakkude vahelisse vedelikku, lümfi, kus naatriumi on 8–20 korda rohkem kui rakus. Naatriumi leidub veel luudes, närvikoes.

Naatrium on hädavajalik osmootse rõhu säilumiseks (koos klooriga), puhversüsteemides, vere pH hoidmiseks normaalsel tasemel, südamelihase normaalseks tööks (koos kaaliumiga), normaalseks veevahetuseks organismis, mitmete ensüümide aktiveerimiseks, rakkude normaalseks membraanipotentsiaaliks.

Naatrium söötades

Söötades on vähe naatriumi, vähem kui on tarvis veiste naatriumivajaduse katmiseks. Rohusöötade kuivaines leidub ainult 0,4–0,7 g/kg naatriumi. Et katta täielikult mäletsejaliste naatriumitarve peaks sööda kuivaines olema vähemalt 2,0 g/kg naatriumi.

Loomade naatriumivajaduse katmiseks kasutatakse kõige sagedamini keedusoola (NaCl).

Naatriumi imendumine

Söötades ja mineraalsetes söödalisandites leiduvad naatriumisoolad lahustuvad kergesti ja imenduvad kiiresti. Ligikaudu 80–90% naatriumist imendub **peensooles**, ülejäänud osa peaaegu kogu seedekanali ulatuses.

Keedusoolast (NaCl) on naatrium peaaegu 100%-liselt imenduv. Ka teistest naatriumi sooladest (naatrium bikarbonaat jt), on naatriumi omastuvus väga hea.

Naatriumiliig, taluvuse piirmäär

Naatriumi taluvuse piirmääraks on antud lehmadele **4% (40 g/kg)**, teistele mäletsejalistele 9% (90 g/kg) **keedusoola** ratsiooni kuivaines. Naatriumi liigsus ratsioonis põhjustab loomadel tugevat janu, intensiivset süljeeritust

ja urineerimist (roe on tihke), kaaliumi ülemäärast eritumist uriiniga, ärritusnähte, südamepuudulikkust, lihaste atooniat, lonkamist, jalgade turseid, närvitalitluse ja vereringe häireid. Sel puhul peaks loomad saama piisavalt puhast joogivett.

Naatriumidefitsiit

Naatriumidefitsiidi põhilised **sümpomid** veistel on: isutus ja isuväärastus (loomad lakuvad ja närvivad kõikvõimalikke esemeid, sellest ka nimetus lakutõbi), sellega kaasub järsk kehakaalu vähenemine, loomad on kurnatud välimusega, karvkate muutub karedaks, sasisuks. On häiritud aminohapete imendumine, proteiini kasutamine halveneb. **Kestva defitsiidi puhul** võib happeliste ühendite kuhjumine organismi tekitada teravat närvivalu (neuralgia), lihaste nõrkust.

Erakordselt **suur naatriumidefitsiit** ratsioonis põhjustab loomadel koordinatsioonihäireid, värinaid, nõrkust, dehüdratsiooni (veeärástust) kehast, südame arütmia, gaaside kuhjumist seedekulglasse. See võib lõppeda isegi looma surmaga.

Naatriumitarve

Eestis kasutusel olevate normide järgi peaks piimalehmade söödaratsiooni kuivaines olema **2,0**, noorveistel 1,5 g/kg naatriumi, NRC 2001. a väljaandes on naatriumi kontsentratsioonimääraks 35 kilogrammise päevase piimatoodanguga lehmale toodud 2,3, suurema toodanguga lehmadele 2,2 g/kg sööda kuivaines.

Loomade naatriumivajaduse katmisel tuleks arvestada ka teiste makroelementide tasemega ratsioonis. Kuna naatriumi ja kaaliumi, naatriumi ja kloori ning naatriumi ja fosfori vahel ainevahetuses esineb interaktsioon (koosmõju), peaks nimetatud elemente söödas olema piisavalt.

Kloor

Cl

Kloriidioonid on hädavajalikud vesinikkloriidhappe (HCl) sünteesiks maos, mis muudab inaktiivse pepsinogeeni valke seedivaks ensüümiks pepsiiniks. Koostöös naatriumi ja kaaliumiga tagatakse kloori osalusel organismis hapete-aluste tasakaal, osmootse rõhu regulatsioon, vedelike liikumine verest rakku ja vastupidi, rakkude normaalne membraanipotentsiaal.

Kloor taimedes ja söötades

Taimede kloorisisaldus varieerub võrdlemisi suurtes piirides (4–18 g/kg KA-s) ja sõltub mullast, väetamisest, taimede arengufaasist jt teguritest. Taimede vegetatiivorganid on tunduvalt klooririkkamad kui seemned ja viljad. Kaera ja odra terade kuivaines on kloori >1 g/kg, maisi, rukki, nisu terades <1 g/kg. Õlikoogid ja srotid sisaldavad ligikaudu samapalju kloori.

Mineraalsöödana kasutatavast keedusoolast saavad loomad ka kloori.

Kloori imendumine

Kloor imendub põhiliselt **peensooles** ning tema imendumine on seotud naatriumi imendumisega. Kloor imendub söödast **90–95%**-liselt.

Klooridefitsiit

Tavalistes söötmistingimustes on klooridefitsiit vähetõenäoline, sest loomadele lisaks söödetud keedusool lahendab ka klooritarbe katmise.

Klooritarve

Meie vabariigis kasutusel olevate söötmisnormide järgi peaks piimalehmade ratsiooni kuivaines olema **2,5**, noorveistel 2,0 g/kg kloori. NRC (2001) normide järgi vastavalt toodangule (35, 45, 54,4 kg piima päevas) 2,6, 2,8 ja 2,9 g/kg kuivaines.

Väävel

S

Väävlit leidub aminohapete (tsüstiini, tsüsteiini ja metioniini), peptiidide, vitamiinide B₁ ja H ning teiste orgaanilistes ühendite koostises, ta on vajalik mõnede ensüümide aktiveerimiseks, võtab osa valkude ja hemoglobiini sünteesist.

Väävlit on rohkesti naha, karvade ja sõrgade valkudes.

Väävli imendumine

Väävel imendub **peensooles**.

Väävel taimedes ja söötades

Taimedes on väävel aminohapete metioniin, tsüstiin, tsüsteiini ja nende amiidide koostises, samuti ka mitmesuguste sulfiididena. Taimede väävlisisaldus varieerub suurtes piirides (1–20 g/kg KA-s). Palju väävlit on ristiköielistes taimedes (rapsikoogis 15,0 g/kg KA-s). Väävlirikkad on ka enamik proteiinirikastest söötadest: liblikõielised, kaunviljad. Kõrrelistes heintaimedes, samuti teraviljades on väävlisisaldus väiksem.

Väävliliig, taluvuse piirmäär

Mäletsejaliste väävli taluvuse piirmääraks on toodud **0,4% (4,0 g/kg)** ratsiooni kuivainest.

Väävli megadoosist põhjustatud äge toksikoos kutsus loomadel esile neuroloogilisi muutusi organismis, krampe lihastes, halvatust, koomat, kaasuvat pimedaks jäämist. Loomade hingeõhk lehkas väävelvesiniku järele – mis on tõenäolisest esmane toksikoosi põhjustaja (sulfaadid on vähem toksilised). Lahanguleid peegeldas ägedat peensoolepõletikku (enteriiti), täpilisi verevalumeid mõnedes organites (eeskätt neerudes).

Väävli liig söödas takistab teiste elementide, eeskätt **vase** ja **seleeni** imendumist.

Väävlidefitsiit

Mäletsejalistel on väävlidefitsiit ebatõenäoline, kuna nad on võimelised söödas olevat väävlit korduvalt kasutama.

Väävlitarve

Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi on veiste ratsiooni kuivaine väävlisisalduseks toodud **2,0 g/kg**-s. Sama väävli kontsentratsioonimäär on toodud ka NRC (2001) normides. Seevastu NRC varasemates (1998) normides oli väävli maksimaalseks kontsentratsiooniks sööda kuivaines lubatud ainult 1,5 g/kg, kuna väävli liig söödas võib oluliselt takistada vase imendumist. Väävli poolt indutseeritud vasepuuduse all kannatavad eeskätt just mäletsejalised.

Raud

Fe

Rauda leidub täiskasvanud lehma organismis kaks korda rohkem kui tsinki ja 20 korda rohkem kui vaske. Arvestades võrdlemisi suurt rauakogust organismis, paigutavad mõned autorid raua makroelementide hulka.

Raud on vajalik paljude ensüümide ja valkude ehituses ja talitluses (hingamisahela ensüümid, hemoglobiin, müoglobiin). Hemo- ja müoglobiinide puhul on raual võtmeroll eluks vajaliku hapniku sidumises ja transpordis. Tsütokroomid omavad tähtsat kohta koehingamisprotsessides, tsütokroomides toimub raua oksüdatsiooniastme muutuse kaudu elektronide transport hingamisahelas.

Raud taimedes ja söötades

Taimede ja söötade rauasisaldus varieerub võrdlemisi suurtes piirides ning seda mõjutavad mulla liik ja taimede mullaga saastatuse aste. Veel on söötade rauasisaldus sõltuv taime liigist ja arengufaasist. Rohundid ja liblikõielised taimed on üldiselt rauarikkamad kui samas kasvufaasis olevad kõrrelised. Neis on keskmiselt 1,5 korda rohkem rauda kui kõrrelistes. Üldiselt on aga kõik rohusöödad rauarikkad (150–290 mg/kg KA-s). Teraviljades on rauda suhteliselt vähe (30–80 mg/kg KA-s). Kliid, õlikoogid ja srotid on teraviljadest rauarikkamad (kliides 115–160, õlikookides, srottides 150–260 mg/kg KA-s).

Raua imendumine

Põhiliselt imendub raud **laksteistsõrmiksooles**, edasi imendumine väheneb. Raua imendumine sõltub soolevalendikus olevatest tingimustest: raua imendumist soodustavate ja pärssivate faktorite olemasolust ja kontsentratsioonist, rauasoolade kontsentratsioonist ja valentsist (kahevalentsetest rauasooladest on imendumine parem kui kolmevalentsetest) keskkonna pH-st. Raua **imendumist soodustavad** redutseerunud ühendid või antioksidandid: askorbiinhape, tokoferool, väävlitsisaldavate aminohapete –SH-rühm ja glutatioon, fosfori, kaltsiumi, vase koobalti piisav sisaldus söödas. **Imendumist takistavad**

orgaanilised happed, mis moodustavad rauaga lahustumatuid sooli (oksalaat, tsitraat, võimalik, et ka fütaat), samuti fosfaatide liig söödas. Viimastega moodustuvad lahustumatud raua kompleksid (fosfaadid).

Täiskasvanud loomadel imendub keskmiselt **5–10%** söödaga saadud rauast. Imendumine on suurem raua defitsiidi puhul söödas, raua liia korral imendumine väheneb. Piimalehmal, kes said rauarikast karjamaarohtu, imendus vaid 1,3% söödaga saadud rauakogusest. Ka väävlit ja kloori sisaldavatest rauasooladest ei olnud imendumine parem. Paremini omastavad rauda piimavasikad, neil imendub keskmiselt 15–25% piimas leiduvast rauast.

Raualiig, taluvuse piirmäär

Praktikas esineb loomadel raualiias põhjustatud toksikoosse harva, sest organismi tolerantsus raua suhtes on suur. Raua taluvuse piirmääraks mäletsejalistel on toodud **1000 mg/kg** kuivaines.

Kuid raua megadoosid võivad siiski loomadel mürgistusi ja isegi surma põhjustada. Haigustunnustena esinesid sel puhul vatsa atoonia, kõhulahtisus ja neerude düsfunktsioon. Surma põhjustanud rauadooside puhul ladestus palju rauda maksa parenhüümikoe rakkudesse. See põhjustas maksa väärastuse. Raua eritumine seejuures eriti ei suurenenud.

Rauadefitsiit

Raua ainevahetus organismis on unikaalne, kuna ta toimib suures osas kinnise süsteemina. Seda iseloomustab säästlik rauavarudega ümberkäimine. Hemoglobiini lagunemisel vabanenud rauda ei väljutata organismist, vaid kasutatakse uuesti hemoglobiini või teiste raua sisaldavate ühendite sünteesiks. Selle tõttu raua kadu ja imendumine on normaaltingimustes väga väike. Et rohusöödad sisaldavad rohkesti rauda, siis raua rahuldava omastumise ja normaalse reutilisatsiooni puhul täiskasvanud mäletsejalistel rauavaegust tavaliselt ei esine või esineb haruharva.

Rauatarve

Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi peaks veiste söödaratsiooni kuivaines olema **50 mg/kg** rauda. Samasugune on raua norm ka saksa söötmisnormides. NRC (2001) väljaandes on aga piimalehmade raua kontsentratsioonimääraks sööda kuivaines toodud (olenevalt toodangust) ainult 15–18 mg/kg.

Tsink

Zn

Ainult rauda on looma kehas mikroelementidest rohkem kui tsinki. Tsingi kontsentratsioon kehamassi kilogrammi kohta on 20–30 mg. Täiskasvanud lehma kehas on seega ligikaudu 15 g tsinki. Seda on 60 korda rohkem kui mangaani.

Tsink on vajalik paljude ensüümide tööks, osaleb hormoonide ja vitamiinide ainevahetuses (soodustab B-kompleksi vitamiinide imendumist), osaleb hapniku vabade radikaalide taseme regulatsioonis, täites antioksidantset rolli. Tsink osaleb veel ka vereloomeprotsessis, nukleiinhapete ainevahetuses ja valgu sünteesis, on vajalik luude moodustamiseks ja kasvuks. Tsingita häirub organismi normaalne kasv ja sigimine. Elementi on rohkesti spermatoosoidides, mis annab alust arvata, et tsink on suguisasloomade söötmisel olulisema tähtsusega kui emasloomade söötmisel.

Tsink taimedes ja söötades

Taimede tsingisisaldus varieerub laiades piirides (10–130 mg/kg KA-s) ning sõltub mulla pH-st, taime liigist ja arengufaasist. Kõige suurem taime tsingisisaldus oli mulla pH 5,5 juures, pH tõustes tsingi kontsentratsioon taimedes järsult vähenes. Muldade lupjamine ja suured fosforiväetiste kogused halvendavad mulla tsingiga varustatust, mis mõjutab ka taime tsingisisaldust. Tsingi ja mangaanisisalduse vahel taimedes on tugev positiivne korrelatsioon.

Rohusöötade kuivaines on keskmiselt 20–40, maksimaalselt isegi 60 mg/kg tsinki. Teraviljades leidub tsinki mõnevõrra vähem kui rohusöötades (25–35 mg/kg KA-s), õlikookide ja srottide kuivaines on keskmiselt 50–70, linakoogis 80 mg/kg tsinki.

Mineraalsete söödalisanditena kasutatakse loomade tsingitarbe katmiseks tsinkkarbonaati, tsinkkloriidi, tsinkoksiidi, tsinksulfaati.

Tsingi imendumine

Tsink imendub peamiselt **peensoole** ülemises osas, mäletsejalistel ka maos.

Täiskasvanud lehmadel on tsingi imendumine kõikunud piirides 10–30%, keskmiseks imenduvuseks on toodud **15%**, üksikjuhtudel on imenduvus olnud ka 40–50% söödaga saadud tsingi kogusest. Tsinki sisaldavatest mineraalsöödadest on imenduvus mõnevõrra väiksem (tsinksulfaadist ja -kloriidist – 20%, tsinkkarbonaadist ja -oksiidist 10–12%).

Antagonistid imendumisel

Tsingi imendumist mõjutavad paljud tegurid: looma vanus, ratsiooni tüüp ja selle tsingisisaldus, sööda proteiinisaldus (taimsetest proteiinsöödadest on tsink halvemini omastatav kui loomsetest), kõrge kaltsiumi-, fosfori-, vase-, raua-, kaadmiumi- ja pliisisaldus ratsioonis (antagonistid), mis vähendavad tsingi imendumist.

Kõige tugevamalt mõjutavad tsingi imendumist teised söödas leiduvad metalliioonid, samuti orgaanilised kelaatuvad agensid. Metalliooniõndest on üksteise suhtes antagonistid **vask** ja tsink. Enamikul juhtudel takistab just tsink vase imendumist põhjustades kaudselt vase defitsiiti. Vase imendumine oli minimaalne kui tsingi-vase suhe söödas oli väga lai (50:1). Ka vask võib indutseerida tsingi defitsiiti, kuid mäletsejaliste puhul on see ebatõenäoline. Suur rauasisaldus ratsioonis pärsib samuti tsingi imendumist. Sellega tuleb arvestada veiste söötmisel, kuna tavaliselt on nende ratsioonis rauda liiga palju (kõik rohusöödad on raudrikkad). **Kaadmium** on antagonist nii tsingi kui ka vase imendumisel ja häirib nende elementide metabolismi ka kudedes (maksas ja neerudes). Samuti inhibeerib **plii** (seatina) tsingi imendumist ja takistab vereloomeprotsessi.

Tsink mitmesuguste orgaaniliste komplekside koostises võib imenduda suuremal või vähemal määral. Näiteks taimedes leiduv tsinkfütaadis on tsink lahustumatul kujul ja on vasikatele ja lihtmaoga loomadele kättesaamatu. Täiskasvanud mäletsejalised kasutavad tsinkfütaadist tsinki vatsa bakterite kaasabil. Tsingi ühinemisel seedekanalisis mõnede orgaaniliste kelaatoritega (peptiidid, üksikud aminohapped) kompleksühendiks, suurendab aga tsingi imenduvust.

Tsingiliig, taluvuse piirmäär

Praktikas on tsingi ülesöötmisest põhjustatud toksikoosid vähetõenäolised kuna mäletsejalised on hästi talunud pikema perioodi jooksul suuri tsingikoguseid (150 mg/kg KA-s). Lühema perioodi jooksul võivad nad taluda väga suuri koguseid (6 nädala jooksul söödeti 1269 mg tsinki päevas, mis ei kutsunud esile mingeid tervisehäireid). Küll aga võivad tsingi megadoosid põhjustada teatud häireid raua ja vase ainevahetuses (nende varud maksas vähenevad).

Tsingi megadoosidest põhjustatud ägeda tsingimürgistuse korral loomad on loiud, isu väheneb, esineb kõhulahtisust, aneemiat (vaseainevahetuse häirumise tulemusena), tsingisisaldus maksas ja piimas suureneb. Mürgistusnähud taanduvad kiiresti tsingisoolade väljalülitamisel ratsioonist ning vase- ja rauapreparaatide täiendaval lisamisel ratsiooni.

Tsingi taluvuse piirmääraks veistele on antud **500 mg/kg** sööda kuivaine kohta.

Tsingidefitsiit

Mäletsejalistel esineb tsingivaegust suhteliselt harva, kuna rohusöödad on võrdlemisi tsingirikkad. Tsingidefitsiiti võib esineda loomade karjatamisel tsingivaestel karjamaadel. Sekundaarset tsingipuudust võib põhjustada kaltsiumi-, raua-, vase-, fosforiliig (antagonistid) ratsioonis, mis takistab tsingi omastumist.

Tsingidefitsiidi korral söödas söömus väheneb, kasvavatel loomadel kasv aeglustub, häiritud on normaalsed sigimisfunktsioonid. Isasloomadel, munandite arenemine, samuti spermatogenees aeglustuvad, seksuaalne aktiivsus väheneb. Emasloomadel pikeneb tiinusperiood, järglased on väikese sünnimassiga.

Kauakestva tsingivaeguse korral loomad lahjuvad. Häireid võib esineda naha ainevahetuses (parakeratoos), mida iseloomustab kuivade korpade tekkimine suunurkadesse, silmade sisenurkadesse, sabajuure ümbrusse (eeskätt vasikatel). Loomadel võib esineda karvakasvu häireid, söögitoru parakeratoosi, häireid immuunsüsteemis, jäsemete toruluude kasvuhäireid, jäsemete lühenemist, käabuskasvu, haavade paranemine aeglustub.

Tsingitarve

Tsingivajadus loomadel võib kõikuda, olenedes antagonistlike elementide (Ca, Cu, Fe, Cd) sisaldusest ratsioonis.

Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi peaks tsingi kontsentratsioon ratsiooni kuivaines olema **40 mg/kg**, saksa normid pakuvad 50 mg/kg, USA normide järgi (NRC, 2001) on tsink normeeritud vastavalt toodangule. Kui päevane piimatoodang on 35, 45 või 54,4 kg, peaks tsingi kontsentratsioon ratsiooni kuivaines olema vastavalt 48, 52, 55 g/kg.

Mangaan

Mn Mangaani on looma kehas väga vähe, 450–560 µg kilogrammi kehamassi kohta. Täiskasvanud veise kehas seega ligikaudu 250 mg. Seda on ligikaudu viis korda vähem kui vaske ja 100 korda vähem kui tsinki. Vaatamata sellele leidub mangaani kõikides organismi kudedes ja koevedelikes ning ta osaleb arvukates ainevahetusreaktsioonides. Kudede tasandil soodustab mangaan vereloomet, side ja luukoe moodustumist. Ta akumuleerub ka luukoe anorgaanilisse maatriksisse. Mõjutab kasvu, sigimisprotsesse, endokriinorganite funktsioone. Mangaan osaleb aktiivselt redoksprotsessides, koehingamisprotsessides, Mn-superoksiididismutaas osaleb hapniku vabade radikaalide taseme regulatsioonis. Mangaani on vaja karbamiidi, kilpnäärme hormoonide, rasvhapete ja kolesterooli sünteesiks. Ta soodustab biotiini (vitamiin H), vitamiinide B₁ (tiamiin) ja C (askorbiinhape) aktiivsust organismis ning tugevdab ka insuliini toimet.

Mangaan taimedes ja söötades

Taimede ja söötade mangaanisisaldus varieerub suurtes piirides – 3–400 mg/kg kuivaines, seda mõjutavad eeskätt **mulla pH** aga ka mulla liik, samuti taime liik. Mangaaniühendite liikuvus mullas ja nende omastatavus taimede poolt sõltub eelkõige just mulla pH-st. Mullas on mangaan kahe-, kolme- ja neljavalentsena. Taimedele kättesaadav on kahevalentne vorm. Kolme- ja neljavalentsed mangaaniühendid on raskesti lahustuvad ja taimede poolt omastamatud. Seetõttu on taimede toitumise seisukohalt oluline, milline on kahevalentse mangaani osakaal mullas ja millisel määral toimub mullas suurema valentsusega mangaaniioonide redutseerumine. Mulla madal pH ja halb aeratsioon soodustavad mangaani redutseerumist kahevalentseks. Sellistes tingimustes suureneb oluliselt taimede poolt omastatava mangaani kogus. Aluselise reaktsiooniga mullad (karbonaatsed, madalsoomullad, samuti must- ja hallmullad) sisaldavad tavaliselt vähe taimedele kättesaadavat mangaani. Muldade lupjamine võib põhjustada taimede poolt omastatava mangaani sisalduse vähenemist ka happelistes muldades.

Mangaani puudusel mullas taimede mangaanisisaldus väheneb oluliselt.

Rohusöötadest on mangaanirikas karjamaarohi (50–70 mg/kg KA-s), mis sageli sisaldab rohkesti mitmesuguseid rohhtaimi, ka umbrohtusid. Puhtad liblikõielised ja kõrrelised sisaldavad vähem mangaani (keskmiselt 38–50 mg/kg KA-s). Vähe mangaani on kartulis, maisis, samuti kaunviljades. Teraviljadest on mangaanirikkamad kaer ja nisu (40–45 mg/kg KA-s).

Mineraalsete mangaaniallikatena kasutatakse loomadele mangaankarbonaati, mangaankloriidi, mangaanoksiidi, mangaansulfaati.

Mangaani imendumine

Mangaan imendub põhiliselt **kaksteistsõrmiksooles**. Võrreldes teiste mikroelementidega on mangaani imendumine ja transport läbi peensoole seina väga kiire, kuid söödaga saadud mangaanist imendub väga väike kogus – noorloomadel keskmiselt 15%, täiskasvanud loomadel ainult **0,5–5,0%**.

Antagonistid imendumisel

Mangaani imendumist mõjutab tugevasti ratsiooni mangaanisisaldus. Mineraalsöödaga ratsiooni lisatud suured mangaanikogused vähendasid selle imendumist. Mangaani imendumist pärsivad ka suured **kaltsiumi** ja **fosfori kogused**, samuti tõenäoliselt ka **raua-** ja **alumiiniumi** liigsus ratsioonis.

Mangaaniliig, taluvuse piirmäär

Loomad taluvad võrdlemisi hästi mangaani megadoose ratsioonis. Taluvuse piirmääraks on toodud **1000 mg/kg** kuivaines. Kuid liiga suured mangaani kogused võivad negatiivselt mõjutada joodiainevahetust, põhjustades endogeense joodi väljaviimist organismist ning kilpnäärme talitluse häireid. Mangaani liigsuse korral võib saada häiritud raua deponeerimine ja kasutamine, mille tulemusena väheneb vere hemoglobiinisaldus.

Mangaanidefitsiit

Mangaanidefitsiidiga söödas seonduvad kasvuhäired noorloomadel, sigimishäireid ning häireid suguelundite talitluses. **Kauakestva mangaani puuduse** korral ratsioonis ilmnevad loomadel skeleti ebanormaalsused (luude lühenemine, deformatsioon). Need on põhjustatud luukoe orgaanilise matriksi moodustumise häiretest. Sel puhul ei tulene muutused skeletis mitte kõrvalekalletest kaltsiumi- ja fosforiainevahetuses, vaid häiretest luumatriksi moodustumisel. Tulemuseks on luustumisprotsesside aeglustumine ja luude

kõverdumine. Mangaanidefitsiidi tunnused loomadel ilmnevad teatud peiteperioodi järel, mille jooksul kehavarud saavad ammendatud.

Mangaanidefitsiit söödas võib põhjustada glükoosiainevahetuse aeglustumist, krampe lihastes, lihaste liigutuste kooskõlastamatust (ataksiat), raskematel juhtudel isegi halvatust.

Ka ebanormaalse, ebardliku väljanägemisega järglaste sünd võib olla tingitud mangaanipuudusest.

Mäletsejalistel esineb siiski, isegi suhteliselt vähese mangaanisisalduse korral söödas, tüüpilisi mangaanipuuduse tunnuseid harva. Lehmadel võib esineda inna hilinemist, ebaregulaarset inda, östraaltsükli häireid, aborte, munasarjade tsüste, madalat viljakust.

Mangaanitarve

Loomade mangaanitarve on väike. Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi peaks lehmade söödaratsiooni kuivaines olema **30**, noorveistel 40 mg/kg mangaani. NRC (2001) normid annavad veelgi väiksema kontsentratsioonimäära – üle 35 kg päevase piimatoodanguga lehmadele – 14 mg/kg, suurema toodanguga lehmadel 13 mg/kg mangaani, saksa söötmisnormides on toodud mangaani kontsentratsioonimääraks 50 mg/kg kuivaines.

Vask

Cu Täiskasvanud lehma kehas on keskmiselt 1,2–1,5 g vaske. Vaatamata väikesele kogusele, on vaskel täita väga palju erinevaid biokeemilisi ja füsioloogilisi funktsioone. Vaseainevahetus seostub rauaainevahetusega. Ta osaleb hemoglobiini sünteesis ja soodustab raua omastamist erütrotsüütide kujunemisel. Vask on aminohapete ja valkude ainevahetuses paljude ensüümide kofaktor, kuulub ka mitmete ensüümide koostisse. Ta on oluline komponent rakuhingamise võtmeensüümis, osaleb hapniku vabade radikaalide taseme regulatsioonis, omades antioksidantset rolli. Vask on vajalik ka luukoe moodustamiseks, samuti organismi kaitsefunktsioonides, osaleb karvade ja sulgede pigmentatsiooni ja kreatinisatsiooni, kesknärvisüsteemi talitlust mõjutavates ja mitmetes muudes protsessides.

Vask taimedes ja söötades

Taimede ja söötade vasesisaldus sõltub eeskätt vase **varudest mullas**. pH mõju vase kättesaadavusele mullast on nõrgem kui teiste biogeensete mikroelementide puhul, kuigi madalama pH juures on vask siiski paremini omastatav kui kõrgema puhul. Vasepuuduse all kannatavad tavaliselt sügava turbakihiga muldadel kasvavad taimed, kuna huumushapped, samuti nagu oblikhape, sidrunhape jt orgaanilised happed, seovad vaske sedavõrd tugevasti, et ta muutub taimedele kättesaamatuks.

Üldiselt ongi vasevaesed turvasmuldadel kasvanud taimed ja neist valmistatud söödad. Et Eestis on rohkesti vasevaeseid muldi, on ka seal kasvanud taimed sageli väikese vasesisaldusega.

Keskmiselt sisaldavad rohusöödad 1 kg kuivaine kohta 8–10 mg piires vaske. Üldjuhul on liblikõielised ja rohundid mõnevõrra vaserikkamad kui kõrrelised, kuid erinevus ei ole märkimisväärne. Kõrrelised on aga tundlikumad mulla vasepuuduse suhtes. Teraviljade vasesisaldus on mõnevõrra väiksem (5,5–6,5, maisis 3,5 mg/kg KA-s). Vaserikkad on kliid (13–14 mg/kg KA-s), õlikoogid ja srotid (16–18 mg/kg KA-s), eriti päevalille srott (25–26 mg/kg KA-s), vähe vaske on rapsikoogis (7,0 mg/kg KA-s).

Mineraalsed vase allikad on vasksulfaat, -karbonaat ja -oksiid. Enam kasutamist on leidnud vasksulfaat millest, vask on kõige paremini omastatav. Vaskkarbonaadist ja -oksiidist on imenduvus vastavalt keskmine ja väike. Paremini on vask omastatav orgaanilistest vaseühenditest (vask(II)aminohapete kompleksid).

Vase imendumine

Vask imendub põhiliselt **kaksteistsõrmiksooles**. Imendumist mõjutab oluliselt seedekulgla **pH**. Lihtmaoga loomadel võib imenduda 50–60% söödaga saadud vasest, piimavasikatel isegi 70%, täiskasvanud mäletsejalistel vaid 5–10% mõnedel juhtudel ainult 1–5%.

Antagonistid imendumisel

Vase imendumist pärsvad oluliselt mitmed söödas leiduvad vase antagonistid. Eriti tugevalt mõjutab täiskasvanud mäletsejalistel vase imendumist väävel ja molübdeen. **Väävli** liia korral ratsioonis muudetakse vatsas osa väävliühendeid sulfiidideks, vasega ühinemisel moodustub vasksulfiid, milles vask on praktiliselt omastamatu. Osa söödas leiduvast väävlist muudetakse aga vatsa mikroorganismide kaasabil H_2S -ks, mille seondumisel vasega moodustub CuS , kust vask on samuti halvasti omastatav. Väävli indutseeritud vasepuuduse all kannatavadki eeskätt mäletsejalised. **Molübdeeni** liia korral söödas võivad moodustuda vaseühendid, mis ei osale edasistes vase ainevahetusprotsessides molübdeeni pärssiva mõju tõttu vaske sisaldavatele ensüümidele ning need ühendid väljutatakse organismist roojaga. **Väävli** ja **molübdeeni** samaaegse liigsuse korral söödas moodustuvad vatsas lahustumatud kompleksühendid (tetratiomolübdaadid), millest vask on ülimalt raskesti omastatav. Katseandmetel oli vase omastatavus sellistest kompleksidest keskmiselt 1%. Vase omastatavuse ning väävli- ja molübdeenisisalduse vahel söödas on leitud oluline seos ($r = 0,93$).

Vase imendumine sõltuvalt sööda väävli ja molübdeeni sisaldusest

Sööda väävlisisaldus g/kg KA-s	Sööda molübdeenisisaldus mg/kg KA-s	Vase imendumine %
2,0	1,0	4,6
4,0	1,0	3,1
6,0	1,0	2,1
2,5	1,0	4,2
2,5	2,0	3,9
2,5	5,0	3,14
2,5	10,0	2,17
2,5	20,0	1,0
2,5	100,0	0,3

Vase omastumist mäletsejalistel mõjutab oluliselt veel ratsiooni **kaltsiumisisaldus**. Mida kaltsiumirikkam ratsioon on, seda halvem on vase bilanss organismis. Katseandmetel kahekordistus lehmade vasevajadus, kui söödaratsiooni kuivaine sisaldas 11 g/kg kaltsiumi. Vase antagonistid imendumisel on veel **raud, kaadmium, tsink, seleen**.

Vaseliig, taluvuse piirmäär

Vask on **kumulatiivse toimega** mikroelement ja organismil on raske selle liiast vabaneda. Liigsuse korral söödas võib vask akumulieruda **maksa**. Pärast maksimumkontsentratsiooni saavutamist maksas väljutatakse suur osa vasest vereringesse. See kutsub esile tugeva hemolüüsi, mille tulemusena loomad võivad isegi hukkuda. Tundlikumad vasemürgistuse suhtes on lambad, kellel vase toksilisuse piiriks ratsioonis on 15 mg (mõne allika järgi 25 mg) kuivaine kilogrammi kohta. Veised on vase suhtes tolerantsemad, taluvad vase kontsentratsiooni kuni **100 mg/kg** sööda kuivaines.

Vasemürgistusi mäletsejalistel soodustab molübdeeni- ja väävlivaeste, kuid vaserikaste söötade söötmine, sest sel juhul on vase imendumine hästi intensiivne.

Vasemürgistuse tunnused loomadel on: isutus, janu, apaatia, sagenenud hingamine, südame löögisageduse kiirenemine. Vasemürgistus põhjustab loomadel maksarakkude nekroosi, erütrotsüütide hemolüüsi, methemoglobineemiat, bilirubineemiat. Vase toksilisust vähendab suuremate tsingikoguste (antagonist) lisamine ratsiooni.

Vasedefitsiit

Vasevaegusest tingitud ainevahetushaigused mäletsejalistel võivad olla põhjustatud otseselt vasepuudusest söödas või sekundaarsetest faktoritest, mis pärsivad vase imendumist ja omastamist söödast (antagonistid). Erilist tähelepanu tuleks pöörata vasevaeguse ohule piirkondades, mis on saastunud väävliga. Sellistes piirkondades ei katnud isegi 15 mg vaske ratsiooni kuivaines veiste ja lammaste vasevajadust.

Vasevaeguse üldised **tunnused** loomadel on: söömuse vähenemine, isuväärastus, kõhulahtisus, kõhnumine, närvisüsteemi talitluse häired, luustumishäired, skeleti kahjustused, südamekahjustused (südamelihases suureneb sidekoe osakaal), immuunsuse langus, muutused karvades: karv muutub jämedaks, karedaks, tumeda värvusega loomadel halliks, pleekinuks, eriti silmade ümbruses. Vasepuudus ratsioonis mõjutab ka lehmade normaalset sigivust: suureneb ahtruse protsent, vaiksete indade ja mittetiinestumiste osakaal, rohkem esineb raskeid poegimisi, loodete embrüonaalset suremust, aborte.

Vasetarve

Loomade vasevajadus **ei ole** mingi **konkreetne suurus**, kuna see sõltub tsingi, molübdeeni, väävli ja kaadmiumi (vase antagonistid) sisaldusest söödas. Vase normeerimisel tuleks lähtuda sellest, et nimetatud elementide sisaldus ratsioonis oleks normidega tasakaalus.

Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi on vasevajadus kaetud, kui söödaratsiooni vasesisalduseks veistel on **10 mg/kg** kuivaines. Samasugune vase kontsentratsioonimäär on antud ka saksa söötmisnormides, NRC (2001) normide järgi on selleks 11 mg/kg sööda kuivaines.

Koobalt

Co Et kudede koobaltisalvestamisvõime on väga piiratud, on organismi koobaltivarud tühiselt väikesed. Sellele vaatamata leidub koobaltit väikestes kogustes kõikides kudedes. Põhilised varud on aga koondunud maksa, neerudesse, pankreasse, põrna. Ka luudes leidub koobaltit, samuti vere erütrotsüütides, -plasmas. Üksikute kudede ja organite koobaltisisaldus on tugevasti mõjutatud sööda koobaltisisaldusest.

Koobalt kuulub vitamiini B₁₂ koostisse (sisaldab 4,4% Co) ning tema füsioloogilised funktsioonid on seotud nimetatud vitamiiniga. Vitamiin B₁₂ (koobalt selle koostises) osaleb vereloomes, süsivesikute ja aminohapete ainevahetuses, kiirendades viimaste lülitumist valgu molekuli koostisse. Ta on vajalik mitmete ensüümide tööks. Koobalt soodustab samuti raua imendumist, osaleb erütrotsüütide talitluses, soodustades rauasisalduse tõusu nendes.

Koobalt taimedes ja söötades

Taimede ja söötade koobaltisisaldus sõltub mulla pH-st, koobaltivarudest mullas, taime liigist ja arengufaasist. Eriti tugevalt mõjutab taimede koobaltisisaldust **mulla pH**. Ühes põhjalikust uurimusest selgus, et eriti tugev negatiivne mõju karjamaarohu, punase ristiku ja raiheina koobaltisisaldusele oli mulla lupjamisel. Lupjamise tulemusena tõusis mulla pH 5,4-lt 6,4-le, karjamaarohu koobaltisisaldus langes 0,28-lt 0,15-le, punases ristikus 0,22-lt 0,12-le ja raiheinas 0,35-lt 0,12-le mg/kg kuivaines.

Positiivne korrelatsioon on taimede **vase-** ja **koobaltisisalduse** vahel. Kõik vaserikkad söödad sisaldavad rohkesti ka koobaltit. Koobaltivaegus seondub vasevaeguse ja molübdeeni liiaga söötades.

Eestis uuritud 74 timutiproovi koobaltisisaldus kõikus vahemikus 0,008–0,110 mg/kg kuivaines (proovide keskmine 0,042 mg/kg KA-s). Optimaalsest madalama koobaltisisaldusega (Co<0,1 mg/kg KA-s) oli 99% proovidest ja ainult 1% proovidest sisaldas koobaltit koguses, mis rahuldab piimakarja koobaltivajaduse. Keskmisena peaks rohu kuivaines leiduma 0,10–0,17 mg/kg koobaltit.

Õlikookide ja srottide kuivaines on keskmiselt 0,15–0,30 mg/kg koobaltit, vähe on seda teraviljades (0,02–0,08 mg/kg KA-s), mida on tunduvalt alla loomade vajaduse.

Mineraalainetest kasutatakse koobaltiallikana loomadele koobaltkarbonaati, koobaltkloriidi.

Koobalti imendumine

Koobalt imendub **peensooles**. Mäletsejalised, seoses koobalti intensiivse kasutamisega seedemikrofloora poolt vitamiin B₁₂ sünteesiks, omastavad koobaltit paremini kui lihtmaoga loomad. Imenduvus on varieerunud 16–60%-ni (keskmiselt **30%**).

Koobaltiliig, taluvuse piirnorm

Koobalt on vähetoksiline raskmetall ja selle liiast põhjustatud kahjustusi esineb loomadel harva. Veistele on tolerantseks doosiks toodud **10 mg/kg**, maksimaalseks lubatud koobaltisisalduseks **20–30 mg/kg** ratsiooni kuivaines. Praktikas on koobalti üledoseerimise võimalused vähetõenäolised, kuid järsk koobalti kontsentratsiooni suurendamine (sadu kordi enam loomade vajadusest) ratsioonis, võib siiski looma tervisele ohtlikuks osutada.

Koobaltidefitsiit

Koobaltipuudust mäletsejalistel on esinenud piirkondades kus muld ja söödad sisaldavad vähe koobaltit. **Koobaltivaeguse tunnused** loomadel on: isutus, tugev isuväärastus, väsimus, nõrkus. Kestval koobaltivaegusel söödas haigusnähud süvenevad ning lisanduvad seedehäired, aneemia, raskekujuline loomade lahjumine, lihaste kurtumus. Kui suur osa kehavarudest on ära kulutatud, surevad loomad kurtumuse tagajärjel.

Koobaltitarve

Mäletsejaliste koobaltitarve on tunduvalt suurem kui lihtmaoga loomadel, sest nad vajavad seda vitamiin B₁₂ sünteesiks vatsas. Veistel on koobalti

minimaalseks vajaduseks toodud 0,07 mg/kg sööda kuivaines. Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi peaks piimalehmade ratsiooni kuivaines olema **0,1–0,3**, noorveistel 0,1 mg/kg-s koobaltit, NRC (2001) normide järgi on piimalehmade ratsiooni kuivaine koobalti kontsentratsioonimääraks antud 0,11 mg/kg.

Jood

Joodi kontsentratsioon imetajate kehas võib kõikuda võrdlemisi suurtes piirides, olenevalt sööda joodisisaldusest (keskmisena leidub kehamassi kilogrammi kohta 50–200 µg joodi).

Jood on vajalik kilpnäärme hormoonide sünteesiks ja kilpnäärme normaalseks talitluseks, millest sõltub organismi ainevahetuse kiirus. Kilpnäärmehormoonid mõjutavad tugevasti kogu ainevahetuse intensiivsust, valkude, rasvade, süsivesikute kasutamist, soojusproduktiooni protsesse, avaldavad mõju kasvule ja arenemisele, sigimisfunktsioonidele. Need kiirendavad süsivesikute imendumist, reguleerivad glükoosi lõhustumist kudedes ja glükogeeni kogust maksas.

Jood taimedes ja söötades

Looduses on jood hajutatult õhus, vees, mullas, elusorganismides. On otsene järjestikune sõltuvus mulla→vee→taimede→loomorganismi joodisisalduse vahel.

Taimede poolt omastatava mulla (liikuva) joodi kogus moodustab selle koguhulgast ligikaudu 10%. Enamik mullas leiduvast joodist võib olla orgaanilise komponendiga nii tugevasti seotud, et jääb taimedele kättesaamatuks. Happelistest muldadest uhutakse liikuv jood välja. Selletõttu on joodi vähesus iseloomulik leet-, soo- ja turvasmuldadel kasvanud taimedele.

Sõltuvalt mulla joodisisaldusest on ka taimede joodisisaldus väga erinev ja kõigub laiades piirides. See ei ole ühesugune isegi ühe taime ulatuses. Rohkem joodi leidub taime rohelistes osades, eriti lehtedes.

Oluliselt **mõjutab** taimede joodisisaldust **kaugus merest**. Mereäärsetes piirkondades on taimed joodirikkamad kui sisemaal. Taimede joodisisaldus sõltub veel sesoonsusest (varakevadises rohus on kõige vähem joodi, kesksuvises rohus keskmiselt, kõige rohkem joodi on sügisises rohus). Söötade joodisisaldust mõjutab veel söötade säilitamine. Söötade pikaajalisel säilitamisel osa kergesti seotud joodiühenditest lendub. Ka fermentatsiooniprotsessid silos võivad selle joodisisaldust mõjutada. Halvas silos on oksüdatsiooni tõttu osa joodi ilmselt vabanenud ja lendunud, mistõttu selle joodisisaldus on väiksem kui

heas silos.

Eestis uuritud söötade joodisisalduseks saadi kultuurkarjamaarohus keskmiselt 0,114 mg/kg kuivaines (kõikumine 0,055–0,226), ristikuädalas 0,095, haljaslutsernis 0,085, haljasmais 0,083, haljastimutis 0,114, keraheinas 0,154 mg/kg kuivaines. Silo joodisisaldus kõikus 0,05–0,17 mg/kg kuivaines. Heina joodisisalduseks saadi 0,05–0,20, teraviljades 0,03–0,07, õlikookides ja sroottides 0,2–0,3 mg/kg kuivaines.

Mineraalsed joodi allikad on: naatrium-, kaalium- ja kaltsiumjodiidid.

Joodi imendumine

Söötadest, veest ja õhust saadud jood imendub kergesti (**80–96%**, anorgaaniline jood isegi 100%). Imendumine toimub peamiselt **peensoole** proksimaalse osa kolmandikust ja nimetamisväärsel hulgal ka **maost**. Jood **imendub väga kiiresti**.

Antagonistid imendumisel

Suured **kaltsiumi** (kilpnäärme funktsioonid on seotud kaltsiumiainevahetusega), **magneesiumi**, **fluori** (strontsiumi) kogused ratsioonis vähendavad orgaanilistele joodiühenditele toimiva ensüümi dejodaasi aktiivsust, mis läbi joodi imendumine aeglustub. Ka suurte **kaaliumikoguste** puhul ratsioonis võib joodi kasutamine halveneda, sest suureneb kaaliumi eritumine uriiniga ja selle kõrval ka joodi väljutamine. Ka **koobalt** ja **mangaan** osalevad kilpnäärmehormoonide sünteesis. Joodi puudusel pidurdavad jodeeritud ühendite sünteesi nii nende elementide vaegus kui ka liig. Joodi ainevahetust võivad pidurdada ja kilpnäärme talitlust pärssida ka **looduslikud inhibiitorid**. Nendeks on ristikulistes taimedes (raps, rüps, söödanaeris, -kaalikas, põldsinap) sisalduvad glükosinolaadid, mille lagunemisel seedekanalis vabanevad: sinapiõli, progoitriin, goitriin jt ühendid, mis takistavad joodi imendumist ja pärssivad kilpnäärme talitlust.

Joodiliig, taluvuse piirmäär

Tavaolukorras on joodi toksiline liigsus loomadel ebareaalne, kuna loomade tolerantsus selle elemendi suhtes on kõrge. Taluvuse piirmääraks on toodud **50 mg** joodi kilogrammis sööda kuivaines. Suure joodisisalduse korral ratsioonis võib aga piima joodisisaldus olla väga suur (kümneid kordi suurem normaalsest).

Joodidefitsiit

Piirkondades, kus muld, taimed, vesi ja õhk sisaldavad vähe joodi ja loomad ei saa regulaarselt joodi sisaldavaid söödalisandeid, võivad nad kannatada joodivaeguse all. Sel puhul kilpnääre suureneb (sidekoe osakaalu suurenemise tõttu, näärmekoe osa väheneb), ainevahetuse tase langeb, millega kaasuvad sigimishäired, emasloomadel ahtrus, poegimishäired.

Eestis ei ole loomadel joodipuudusest tingitud haigusnähte täheldatud.

Jooditarve

Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi on lehmade joodivajadus kaetud, kui ratsiooni kuivaines on **0,3–0,5 mg/kg** joodi. Saksa normides on toodud joodi kontsentratsioonimääraks sööda kuivaines 0,5, NRC (2001) normides vastavalt toodangule 0,5 0,44 ja 0,4 mg/kg, päevane piimatoodang vastavalt 35, 45 või 54,4 kg.

Seleen

Se

Täiskasvanud looma kehas leidub keskmiselt 0,05–0,2 mg seleeni kehamassi kilogrammi kohta. See näitaja varieerub olenevalt söödaratsiooni seleenisisaldusest. Mikrokogustes leidub seleeni praktiliselt kõigis keharakkudes, -vedelikes ja -kudedes (peale rasvkoe).

Seleen kuulub ensüümi glutatiooni peroksüdaas (GSHPx) koostisse ja reguleerib koos vitamiiniga E peroksiidide hulka organismis. Järelikult on seleen koos vitamiiniga E oluline antioksidant. Seeleni on vaja koehormoonide (prostaglandiinide) sünteesiks, ta aitab säilitada kudede elastsust, osaleb joodi ainevahetuses ning on oluline struuma profülaktikas. Seleen on ensüümi joodtüroniini-5'-dejdinaasi koostiskomponent, mis osaleb hormooni aktiivse vormi katalüüsides ($T_4 \rightarrow T_3$).

Seleen taimedes ja söötades

Taimedes on seleen põhiliselt seleeni sisaldava aminohappe selenometioniinina. Vähem leidub seleeni selenotsüsteiini, selenit- ja selenaatioonidena.

Taimede ja söötade seleenisisaldus varieerub suurtes piirides ja erineb paikkonniti. On piirkondi (Põhja- ja Lõuna-Ameerikas, Hispaanias, Irimaal, Iisraelis ja mujal), kus muld ja seal kasvanud taimed on seleenirikkad. Lisaks sellele on teatud taimed (hundihammaste perekonda kuuluvad liigid), mis akumuleerivad endasse suurtes kogustes seleeni (1000–5000 mg/kg kuivaines). Seeleni kontsentratsioon nendes võib ületada 10–100-kordselt normaalse taseme.

Keskmiseks taimsete söötade kuivaine seleenisisalduseks on 0,01–0,20 mg/kg, sealhulgas rohusöötades peaks leiduma 0,05–0,08 mg/kg seleeni. Teraviljade seleenisisaldus võib samuti piirkonniti olla väga erinev. Nii saadi (1989. a) nisu keskmiseks seleenisisalduseks Saksamaal 0,06, Ungaris 0,003, Austrias 0,034, Šveitsis 0,054, Rootsis 0,061, Soomes 0,174, Šotimaal 0,076, Türgis 0,021 mg/kg kuivaines.

Alla 0,02 mg seleeni kilogrammi sööda kuivaine kohta loetakse väikeseks sisalduseks.

Eesti söötade seleenisisaldust ei ole seni süstemaatiliselt uuritud. Esialgsed uurimused kinnitavad oletust, et Eesti kuulub koos Põhjamaadega tinglikult seleeni defitsiidi piirkonda ning meie söödad on suhteliselt seleenivaesed. Mõned meil (2005. a saagist) valmistatud kõrreliste silo analüüsid (Iirimaal määratud) näitasid, et siloproovide seleenisisaldus oli 0,05–0,084 mg/kg kuivaines. Väga kõrge oli aga uuritud silode raua- ja molübdeenisisaldus (vastavalt 357–1129, norm <125–>250 mg/kg KA-s ja 1,55–3,5 mg/kg, norm <0,5...>1,0 mg/kg KA-s), väävlit leidis proovides mõõdukalt (1,7–2,6 g/kg KA-s). Selline antagonistlike elementide kõrge tase söödas võib takistada seleeni omastumist. Kõrge molübdeeni ja väävli tase võib blokeerida ka vase omastumist ja indutseerida loomadel sekundaarset vasevaegust.

Mineraalsetest seleeniühenditest kasutatakse seleenivaegusel loomadele naatriumselenaati ja naatriumseleniti. Viimastel aastatel on uue efektiivse seleenilisandina turule ilmunud orgaaniline seleeniühend – seleniseeritud pärm (Sel-Plex), kust seleen on paremini imenduv ning omastatav kui mineraalsetest seleeniühenditest ning mille mõju loomade tervisele on, mitmete katsete andmetel, olnud tunduvalt efektiivsem. Orgaanilise seleeni lisamine lehmade söödale vähendas somaatiliste rakkude arvu piimas, mastiite, samuti endometriiti lehmadel, suurendas piima (ka kolostrumi), vere ja maksa seleenisisaldust, samuti ensüümi GSHPx aktiivsust lehmade ja vastsündinud vasikate vere erütrotsüütides ning vastsündinud vasikate elujõudu.

Seleeni imendumine

Seleeni maksimaalse imendumise kohaks mäletsejalistel on **peensoole** alumine osa. Võrreldes teiste mikroelementidega (raud, vask, tsink, mangaan) on seleen paremini imenduv. Liitmaoga loomadel imendus keskmiselt kuni 40–50% söödaga saadud seleenist.

Seleeni lisa söötadest oli ühtede autorite andmetel seleeni imenduvus naatriumselenaadist, naatriumselenitist ja seleniseeritud pärmist enam-vähem võrdne – 40–50% söödaga saadud kogusest, kuid teised katseandmed näitasid, et naatriumselenitist imendus väga väike kogus (<4%) seleenist, samas aga oli orgaanilise seleeni imenduvus tunduvalt suurem.

Antagonistid imendumisel

Seleeni imendumise ulatus sõltub mitmetest teguritest: sööda **proteiini seeduvusest**, juhul kui seleen on söödas selenoaminohapete koostises, seleeniühenditest söödas (selenaat imendub paremini kui seleniid, selenit või metalliline seleen), **seleeni** ja **väävli** suhtest söödas. Et seleen ja väävel on keemiliselt sarnased elemendid, eksisteerib nende vahel imendumisprotsessis antagonism. Ka **kaltsiumi** liig söödas vähendas seleeni imendumist. **Vask** vähendas seleeni toksilisust lehmadega korraldatud katses. Teisest küljest takistas seleeni lisamine ratsiooni vase intoksikatsiooni. Arvukatest kirjandusallikatest selgub, et seleeni ainevahetust mõjutavad ka **tsink**, **raud**, **koobalt** jt elemendid (plii, kuld, nikkel, arseen), raskmetallidest veel tallium, hõbe, kaadmium, elavhõbe. Seleen blokeerib viimati nimetatud elementide imendumist ning soodustab eritumist, vähendades sellega nende toksilisust.

Ammustest aegadest oli teada, et linaseemnejahu kaitseb seleeni intoksikatsiooni eest, kuid alles hiljuti said tuntuks linaseemnetes leiduvad kaks sinihapet sisaldavat glükosiidi, *linustratiin* ja *neolinustratiin*, millel on seleeni mürgistuse puhul kaitsev toime. Katseandmetel suurendasid need roojaga seleeni eritumist, GSHPx aktiivsus ja seleeni kontsentratsioon kudedes aga vähenes.

Seleeni liig, taluvuse piirmäär

Seleen on tuntud kui **väga toksiline** element, sellepärast tuleb seda **söödalisanditesse doseerida väga täpselt**. Veiste seleeni taluvuse piirmääraks on toodud **2 mg/kg** kuivaines, letaalseks nimetatakse sööta, mis sisaldab 10 mg seleeni kilogrammis kuivaines. **Kriitiliseks piiriks** toksiliste ja mittetoksiliste koguste vahel loetakse aga **5 mg/kg** kuivaines. Kuid kirjanduses on leida ka andmeid, et minimaalseks seleeni letaalseks doosiks, antuna pikema perioodi kestel, võib lehmadele osutada juba 3 mg/kg kuivaines.

Kroonilise seleenimürgistuse puhul loomad kõhnuvad, karvad langevad välja, esineb sõrgade anomaaliaid, liigesed on turses, loomad lonkavad.

Ägeda mürgistuse korral esineb loomadel haigustunnustena kesknärvisüsteemi kahjustusi, sihitut ekslemist, ebanormaalsete asendite võtmist, liikumise koordineerimishäireid, osalist liigeste deformatsiooni, lonkamist, krampe, halvatusi, pimedaks jäämist, süljevoolu, hammaste kiristamist.

Äge selenoos lõpeb kiiresti looma surmaga. Lõpnud loomadel on degeneratiivseid muutusi südamelihases, maksas, neerudes.

Seleenidefitsiit

Seleenipuudust võib esineda kõikidel põllumajandusloomadel. Et seleeni ja vitamiin E ainevahetus organismis on väga tihedalt seotud, on sageli raske vahet teha kas tegemist on seleeni- või vitamiin E puudusega või samaaegse seleeni- ja vitamiin E puudusega.

Seleenivaegusel halveneb üldine karja tervislik olukord, loomadel võib esineda immuunsüsteemi nõrgenemist, lehmadel sigimishäireid, raskeid poegimisi, päramiste peetust, emakapõletikke peale poegimist, madalat tiinestumist, vasikad sünnivad elujõuetutena, esineb surnult sünde, noorloomade kasv pidurdub.

Seleenitarve

Eestis kasutusel olevate söötmisnormide järgi peaks veiste (lehmad ja noorveised) söödaratsiooni kuivaine seleenisisaldus olema **0,1–0,3 mg/kg**, saksa normide järgi 0,15 mg/kg, NRC 1989. ja 2001. a normide alusel 0,3 mg/kg. Uuemates kirjandusallikates pakutakse aga mõnevõrra **kõrgemat seleeni** kontsentratsiooni ratsiooni kuivaines (**0,3–0,40 mg/kg**). Põhjendades seda asjaoluga, et piimakarja piisav seleeniga varustatus on oluline karja tervise ja lehmade sigimishäirete parandamiseks ning immuunsüsteemi tugevdamiseks. See aitab vältida lehmade poegimiseelseid ja -järgseid haigestumisi ja tagab vastsündinud vasikate piisava seleeniga varustatuse.

Peale poegimist tõuseb lehmade seleenivajadus kuna seda on vaja piima moodustamiseks.

Molübdeen

Mo Molübdeen etendab tähtsat osa organismi lämmastikuühendite metabolismis. Ta kuulub ensüümi ksantiini oksüdaas koostisse, mis osaleb puriinaluste metabolismis, muutes ksantiini kusihaapeks. Enamikus organites ja piimas kujutab ensüüm ksantiini oksüdaas endast flavoproteidi, mis sisaldab peale molübdeeni veel vaske ja rauda ning soodustab maksas oleva rauavaru kasutamist.

Molübdeen on ka aldehüüdi oksüdaasi koostiskomponent, mis on üks lipiidide oksüdatsioonil osalevaid ensüüme. Veel kuulub ta mitmete bakteriaalsete ja taimsete ensüümsüsteemide koostisse.

Molübdeen on vajalik ka mõningatele mäletsejaliste vatsas elunevatele tselluloosi lõhustavatele bakteritele.

Piimakarja söötmisel on **molübdeen pälvunud tähelepanu** eeskätt seetõttu, et ta võib oluliselt mõjutada mõnede mikroelementide – eeskätt **vase** ja selle kaudu ka **tsingi** ainevahetust, ta on seotud ka **väävli** ainevahetusega. Molübdeeni liigsus ratsioonis (väävli osalusel) võib põhjustada mäletsejalistel vase ainevahetuse häireid ja sekundaarset vasevaegust. Mäletsejaliste vatsas nimelt moodustuvad molübdeeni, vase ja väävli osalusel lahustumatud kompleksühendid (tetratiomolübdaadid), millest vask on ülimalt raskesti omastatav (omastuvus <1%). Et need ühendid edasistes ainevahetusprotsessides ei osale, ning erituvad organismist suures osas roojaga, võibki loomadel ilmnedas sekundaarne vasevaegus, kuigi ratsioonis võib vaske olla piisavalt, kuid loomad ei saa seda kätte (ei omasta).

Sellega tuleks lehmade söötmise korraldamisel arvestada piirkondades, mis on saastunud väävliga, samuti paikkondades kus leidub soisel ja graniitsel aluspõhjal kujunenud muldasid, kust saadud söödad on üldjuhul molübdeenirikkad ja vasevaesed.

Molübdeeni pärssivat toimet vaseainevahetusele tugevdab **fosfori** liigsus söödas.

LISA 1.

**Piimalehmade mineraalelementide
kontsentratsioonimäärad ratsiooni kuivaines**

Element	Vastpoeginud lehmad	Lüpsvad lehmad toodang, kg päevas			Kinnislehmad	Poegimiseelne periood
		15	30	40		
Ca, g	7,5	5,5	6,5	7,5	4	5
P, g	4,5	3,9	4,1	4,7	3	6
Mg, g	2,5	2,5	2,5	2,5	2	4
Na, g	3	2,2	2,2	2,2	1,8	1
K, g	10	10	10	10	6,5	10
Cl, g	2,5	2,5	2,5	2,5	2	2
S, g	2	2	2	2	1,5	1,5
Fe, mg	50	50	50	50	50	50
Cu, mg	15	11	11	11	11	15
Zn, mg	50	50	50	55	50	50
Mn, mg	50	50	50	60	50	50
Co, mg	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3
I, mg	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Se, mg	0,2–0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3

LISA 2.

Mõnede mineraalsöötade mineraalelementide sisaldus kuivaines ja imenduvus (NRC, 2001 andmed)

Mineraalsööt	Kuivaine %	Primaarse elemendi sisaldus	Primaarse elemendi imenduvus %
Kaltsiumi allikad		Ca g/kg	Ca imend.
Kaltsiumkloriid, CaCl_2	100	361,1	95
Monokaltsiumfosfaat, CaH_2PO_4	97	164	95
Dikaltsiumfosfaat CaHPO_4	97	220	94
Kaltsiumkarbonaat, CaCO_3	97	307,1	75
Defluoreeritud fosfaat	100	320	70
Lubjakivi	100	340	70
Dolomiidi jahu (magneesium)	99	223	60
Kaltsiumoksiid, CaO	100	714,7	50
Toorfosfaat	100	350	30
Fosfori allikad		P g/kg	P imend.
Naatriumfosfaat (monohüdraat), $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	97	225	90
Monokaltsiumfosfaat, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	97	216	80
Dikaltsiumfosfaat, CaHPO_4	97	193	75
Defluoreeritud fosfaat	100	180	65
Toorfosfaat	100	130	30
Naatriumi allikad		Na g/kg	Na imend.
Naatriumkloriid	100	393,4	90
Mononaatriumfosfaat, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	97	166,8	90
Naatriumvesinikkarbonaat NaHCO_3	100	270,0	90
Magneesiumi allikad		Mg g/kg	Mg imend.
Magneesiumsulfaat, $\text{MgSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	98	98	90
Magneesiumoksiid, MgO	98	562	70
Magneesiumhüdroksiid, $\text{Mg}(\text{OH})_2$	100	416,9	70
Magneesiumkarbonaat, $\text{MgCO}_3 + \text{MgOH}_2$	98	308,1	35
Dolomiidi jahu	99	99,99	30
Lubjakivi	100	20,6	30
Raua allikad		Fe mg/kg	Fe imend.
Raudsulfaat, $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$	98	218	60
Toorfosfaat	100	16,8	40

LISA 3.

Mineraalsööt	Kuivaine %	Primaarse elemendi sisaldus	Primaarse elemendi imenduvus %
Mangaani allikad		Mn mg/kg	Mn imend.
Mangaansulfaat (pentahüdraat), $\text{MnSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$	100	227,9	1,0
Mangaansulfaat (monohüdraat), $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	100	325	1,2
Mangaankloriid, MnCl_2	100	430,0	1,2
Mangaankloriid (tetrahüdraat), $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$	100	277,0	1,2
Mangaanoksiid, MnO	99	775	0,25
Mangaankarbonaat, MnCO_3	97	478	0,15
Vase allikad		Cu mg/kg	Cu imend.
Vaskkloriid (dihüdraat), $\text{CuCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$	100	372	5
Vasksulfaat (pentahüdraat), $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$	100	254,5	5
Vaskoksiid, CuO	100	798,8	1
Tsingi allikad		Zn mg/kg	Zn imend.
Tsinksulfaat (monohüdraat), $\text{ZnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	99	363,6	20
Tsinkkloriid, ZnCl_2	100	479,7	20
Tsinkoksiid, ZnO	100	780	12
Tsinkkarbonaat, ZnCO_3	100	521,4	10
Koobalti allikad		Co mg/kg	Co imend.
Koobaltkarbonaat, CoCO_3	99	460	
Koobaltkarbonaat (heksahüdraat), $\text{CoCO}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$	100	259	
Koobaltdikloriid (heksahüdraat), $\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$	100	247,8	
Joodi allikad		I mg/kg	I imend.
Kaaliumjodiid	100	681,7	90
Seleeni allikad		Se mg/kg	Se imend.
Naatriumselenaat (dekahüdraat), $\text{Na}_2\text{SeO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$	100	213,92	
Naatriumselenit, Na_2SeO_3	98	456,0	

LISA 4.

Makroelementide suhteline omastatavus mineraalsöötadest

Suhteline omastatavus	Mineraalsööt
Väga hea kuni optimaalselt sobiv	Monokaltsiumfosfaat Mononaatriumfosfaat Dinaatriumfosfaat Kaltsium orgaanilistest ühenditest (laktaat, tsitraat, fumaraat)
Hea	Dikaltsiumfosfaat 40, 50 kõrge puhastusastmega Trinaatriumfosfaat Monomagneesiumfosfaat Söödakondijahu
Rahuldav	Dikaltsiumfosfaat 40, 50 vähese puhtusastmega Kaltsium-naatriumfosfaat Trikaltsiumfosfaat Toorfosfaadid (fluorärastatud) Dimagneesiumfosfaat Trimagneesiumfosfaat
Mitterahuldav	Toorfosfaadid (fluorärastamata) Toomasräbu

LISA 5.

Makroelementide defitsiidi sümptomid

Näitajad	Ca	P	Mg	Na
	Täiskasvanud Noorloomad	Täiskasvanud Noorloomad	Täiskasvanud Noorloomad	Täiskasvanud Noorloomad
Kasvupeetus	+	+	+	+
Väike juurdekasv	+	+	+	+
Toodangu vähenemine	+	+	+	+
Isutus	+ +	+ +	+ +	+ +
Isuväärastus	(+)	+ +		+
Kõhnumine	+	+ +	+ +	
Luustumise häired	+	+		
Luude deformeerumine	+	+		
Luude haprus, hõrenemine	+	+		
Lonkamine	+ +	+ +		
Liigeste jäikus		+ +		
Lihaste nõrkus		+ +		
Häired südametöös			* *	
Närvilisus, ärrituvus			* *	
Lihaste tõmblused krampid			* *	

+ üldised sümptomid
 * spetsiifilised sümptomid

LISA 6.

Mikroelementide defitsiidi sümptomid

Näitajad	Fe	Cu	Co	I	Mn	Zn	Se
	Täiskasvanud Noorloomad	Täiskasvanud Noorloomad	Täiskasvanud Noorloomad	Täiskasvanud Noorloomad	Täiskasvanud Noorloomad	Täiskasvanud Noorloomad	Täiskasvanud Noorloomad
Kasvupeetus	+	+	+	+	+	+	+
Väike juurdekasv	+	+	+	+	+	+	+
Piimatoodangu vähenemine		+	+	+		+	
Isutus	+	+	+	+		+	
Isuväärastus		+	+				
Kõhulahtisus		+	+				
Kõhnumine		+	*			+	+
Halb sigivus		+	+	+	+	+	+
Aneemia	+	+	+				
Liigeste kahjustused		+			*	+	
Luustumise häired		+			*	+	
Lonkamine		+			+	+	+
Lihaste atroofia (kõhetus)			*				*
Probleemid südametöös		*					+
Kerged nahakahjustused						*	
Muutused karvade pigmendis		*					
Sasitud karv		+	*	+		+	
Karvade kaotus				+		*	
Sõrgade deformatsioon						+	
Immuunsüsteemi nõrgenemine		+				+	+

+ üldised sümptomid

* spetsiifilised sümptomid

