

Literatuurstudies over de
mineralenvoorziening van
herkauwers (XVII):
KWALITEIT VAN DRINKWATER

A.M. van den Top

CVB documentatierapport nr. 50
September 2005



Centraal Veevoederbureau

© centraal veevoederbureau 2005

Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze ook, tenzij dan na schriftelijke toestemming van het Centraal Veevoederbureau.

Deze uitgave is met zorg samengesteld; het Centraal Veevoederbureau kan echter op geen enkele wijze aansprakelijk worden gesteld voor de gevolgen van het gebruik van de gegevens uit deze publicatie

Literatuurstudies over de mineralenvoorziening van herkauwers (XVII): KWALITEIT VAN DRINKWATER

A. M. van den Top
Adviesbureau VOER-RAAD
Groenekan

CVB documentatierapport nr. 50
September 2005

Centraal Veevoederbureau
Postbus 2176
8203 AD Lelystad
Telefoon 0320 – 29 32 11
Telefax 0320 – 29 35 38
E-mail cvb@pdv.nl
Internet www.cvb.pdv.nl

WOORD VOORAF

De "Handleiding mineralenonderzoek bij rundvee in de praktijk" is al vele decennia een frequent geraadpleegde publicatie ten behoeve van de mineralen- en spoorelementenvoorziening van rundvee. Van deze uitgave verscheen in 1996 de 5^e druk. Deze was grotendeels gelijk aan de 4^e druk van 1990. Omstreeks 2000 concludeerde de Commissie Onderzoek Minerale Voeding (COMV), die verantwoordelijk is voor de inhoud van deze uitgave, dan ook dat een grondige actualisatie wenselijk was.

De commissie was van mening dat voor de vernieuwde Handleiding, zo mogelijk, de beschikbare wetenschappelijke literatuur opnieuw diende te worden geëvalueerd. Bovendien zou meer aandacht gegeven moeten worden aan de mineralenvoorziening van andere categorieën rundvee dan melkvee, alsook aan die van schapen en geiten. Tenslotte moesten de uitgangspunten voor de berekening van de behoeftenormen transparant beschreven te worden.

De beoogde actualisatie werd mogelijk toen het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), Productschap Zuivel (PZ) en Productschap Diervoeder (PDV) bereid bleken gezamenlijk het project te subsidiëren.

De COMV besloot daarop het project als volgt uit te voeren:

- Verschillende door de COMV aangezochte deskundigen dienden in een (meestal Engels-talig) basisdocument de relevante literatuur samen te vatten en te evalueren.
- Vervolgens zouden deze documenten kritisch worden beoordeeld door (leden van) de commissie.
- Deze basisdocumenten dienden vervolgens te worden gebruikt voor het schrijven en inhoudelijk vaststellen van de verschillende hoofdstukken voor de nieuwe Handleiding.

De nieuwe Handleiding is sinds oktober 2005 beschikbaar, onder de titel 'Handleiding mineralenvoorziening rundvee, schapen en geiten.' Deze Handleiding wordt, net als de vijfde editie, uitgegeven via het Centraal Veevoederbureau (CVB) te Lelystad.

De COMV vond het gewenst dat de waardevolle basisdocumenten ook zouden worden uitgegeven. Daarmee is voor een ieder die dat wil traceerbaar wat de basis is geweest voor de tekst in de geactualiseerde Handleiding. Het Centraal Veevoederbureau was graag bereid deze documenten uit te geven als CVB-Documentatierapport. In verband hiermee hebben de auteurs en de leden van de COMV alle rechten overgedragen aan het Productschap Diervoeder, waarvan het CVB een dienst is.

Voor een overzicht van alle CVB-documentatierapporten die in dit verband verschijnen, wordt verwezen naar een bijlage achterin dit rapport.

Voor het schrijven van het onderhavige rapport over de Kwaliteit van drinkwater willen wij de auteur, dr. A.M. van den Top, hartelijk dankzeggen.

Utrecht/Lelystad, augustus 2005

Prof. dr. ir. A.C. Beynen
Voorzitter Commissie Onderzoek Minerale Voeding

Dr. M.C. Blok
Secretaris Commissie Onderzoek Minerale Voeding,
Hoofd Centraal Veevoederbureau

De auteur van dit rapport, dr. A.M. van den Top, wil de COMV, en daarnaast Ir. L. Snel (DLV Advies) en dr. G.H.M. Counotte (Gezondheidsdienst voor Dieren), bedanken voor de kritische beoordeling van de conceptpublicatie en hun advies .

SAMENSTELLING VAN DE COMMISSIE ONDERZOEK MINERALE VOEDING

Prof. Dr. Ir. A. C. Beynen	Afdeling Voeding, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Utrecht , Utrecht
Dr. M. C. Blok	Veevoederbureau, Productschap Diervoeder, Lelystad / Den Haag
Ir. D. J. den Boer	Nutriënt Management Instituut (NMI), Wageningen
Ir. G. van Duinkerken	Divisie Veehouderij, Animal Sciences Group van WUR, Lelystad
Dr. Ir. A. W. Jongbloed	Divisie Veehouderij, Animal Sciences Group van WUR, Lelystad
Prof. Dr. A. Th. Van 't Klooster	Adviseur van de COMV
Dr. Ir. W. M. van Straalen	Schothorst Feed Research, Lelystad
Dr. Ir. H. Valk	Divisie Veehouderij, Animal Sciences Group van WUR, Lelystad
Dr. J. Veling	Gezondheidsdienst voor Dieren, Deventer

INHOUDSOPGAVE

Woord vooraf	3
samenstelling van de Commissie Onderzoek Minerale Voeding	4
1 Kwaliteit van drinkwater.....	7
1.1 Inleiding.....	7
2 Stoffen die een risico kunnen vormen voor de kwaliteit van veedrinkwater.....	9
2.1 Zwavelwaterstof (H ₂ S)	10
2.2 Sulfaat (SO ₄ ²⁻)	10
2.3 Thiocyanaten (CNS ⁻) en zwavelkoolstof (CS ₂)	11
2.4 Nitriet (NO ₂ ⁻) en nitraat (NO ₃ ⁻)	11
2.5 Zuurgraad (pH).....	12
2.6 Keukenzout (NaCl)	12
2.7 Kobalt (Co), molybdeen (Mo), lood (Pb), kwik (Hg), cadmium (Cd), zink (Zn), nikkel (Ni), koper (Cu), chroom (Cr) en arseen (As)	12
2.8 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK).....	13
2.9 Esteraseremmers / pesticiden	13
2.10 Oestrogeen-actieve stoffen.....	13
2.11 Cyanobacteriën / blauwalgen.....	14
2.12 Pathogenen	14
2.13 Totaal stikstof (N), ammonium en totaal fosfor (P)	14
2.14 Zuurstof	14
2.15 Chemisch kwaliteit waterbodem	14
3 Te nemen maatregelen bij afwijkingen van de waterkwaliteit.....	15
3.1 Zwavelwaterstof en sulfaat	15
3.2 Thiocyanaten en zwavelkoolstof	15
3.3 Nitraat en nitriet	15
3.4 Zuurgraad.....	16
3.5 Kobalt, molybdeen, lood, kwik, cadmium, zink, nikkel, koper, chroom en arseen. 16	
3.6 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs)	16
3.7 Pathogenen	16
3.8 Ammonium	17
3.9 Zuurstof	17
3.10 Chemische kwaliteit van de waterbodem	17
4 Doe-het-zelf-test / bemonstering / KKM.....	19
4.1 Doe-het-zelf-test en andere informatiebronnen.....	19
4.2 Bemonstering	19
4.2.1 Redenen voor bemonstering ¹⁰	19
4.2.2 Plaats en tijd van bemonstering [2]	19
4.2.3 Te onderzoeken waterkenmerken [2].....	20
4.2.4 De bemonstering zelf	20
4.3 KKM en veedrinkwater, reinigingswater en koelwater	20
Literatuur.....	23
bijlage: Overzicht van de serie CVB documentatierapporten 'Reviews on the mineral provision in ruminants'	25

1 KWALITEIT VAN DRINKWATER

1.1 Inleiding

Drinkwater voor vee dient volop aanwezig en smakelijk te zijn. Het mag geen stoffen bevatten die tot verontreiniging van melk of vlees kunnen leiden of schadelijk zijn voor de gezondheid zijn. De in dit hoofdstuk genoemde eisen gelden zowel voor oppervlakte- als bronwater, en voor alle soorten vee (tenzij anders aangegeven). Leidingwater voldoet doorgaans zonder meer aan deze eisen (zie echter paragraaf 2.7). Wordt oppervlaktewater gebruikt, dan moet de sloot de kenmerken van een gezonde levensgemeenschap vertonen. Vooral in de zomer kunnen deze kenmerken snel veranderen. Een aantal kwaliteitskenmerken van oppervlaktewater is zonder verder onderzoek waarneembaar: het water mag niet stinken, mag geen drijfslagen (schuim e.d.) bevatten, mag geen aparte, troebele kleur hebben (bv. melkwit) en moet helder zijn. De aanwezigheid van ondergedoken waterplanten, vissen en amfibieën duidt in het algemeen ook aan dat de waterkwaliteit goed is¹. Als > 80% van het slootoppervlak is bedekt met kroos, duidt dit op te hoge N- en P-gehalten. In dit hoofdstuk ligt de nadruk op de relatie tussen de kwaliteit van drinkwater en de gezondheid van vee. Voor de meeste stoffen geldt dat het drinkwater niet de enige of de belangrijkste bron is. De belasting via voer en drinkwater moet dan ook in zijn totaliteit beoordeeld worden.

¹ Niet alle hogere planten en vissen zijn als positief te duiden: waterlelies e.d. nemen veel licht uit de sloot weg. Te veel witvis (bv. brasem) en te weinig roofvis (bv. snoek) duidt op een verstoord evenwicht. De snoek jaagt bv. op zicht en moet dus helder water hebben. De aanwezigheid van planten zoals zwanebloem en egelskop duidt op een gezonde sloot.

2 STOFFEN DIE EEN RISICO KUNNEN VORMEN VOOR DE KWALITEIT VAN VEEDRINKWATER.

Vele stoffen kunnen onder bepaalde omstandigheden een bedreiging voor de kwaliteit van veedrinkwater vormen. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de stoffen die onder Nederlandse omstandigheden in de praktijk van belang kunnen zijn.

Tabel 1 Referentiewaarden² voor stoffen die onder Nederlandse omstandigheden een bedreiging kunnen vormen voor de kwaliteit van veedrinkwater [3]

Stof	Referentiewaarde		Gevolgen bij overschrijding
	1 ^e grens	2 ^e grens	
Zwavelwaterstof (mg/L)	< 0,02		Risico van vergiftiging (polioencefalopathie)
Sulfaat (mg/L)	< 100	≤ 250	Risico van overmatige vorming van S ²⁻ in de pens, waardoor spoorelementen kunnen neerslaan en onopneembaar worden voor het dier. Ook kan H ₂ S gevormd worden (zie boven)
Thiocyanaat/ Zwavelkoolstof (mg S/L)		≤ 13	Risico van giftige effecten
Nitriet (mg/L)	< 0,1	≤ 1	Risico van vergiftiging (zie CVB Documentatie-rapport nr. 49)
Nitraat (mg/L)	< 100	≤ 200	
Zuurgraad (pH)	5-8	< 4 of > 9	Risico van verstoring pensfunctie.
Chloride (mg/L)	< 250	≤ 2000	Weigering drinkwater; lagere melkproductie en uitdroging
Kobalt (µg/L)		≤ 50	Risico van (secundaire) gebrekverschijnselen
Molybdeen (µg/L)		≤ 50	
Lood (µg/L)		≤ 50	Risico van vergiftiging (zie CVB Documentatie-rapport nr. 48)
Kwik (µg/L)		≤ 1	
Cadmium (µg/L)		≤ 5	Risico ongeschiktheid producten voor menselijke consumptie (Warenwet)
Zink (µg/L)		≤ 250	Risico van (secundaire) gebrekverschijnselen
Nikkel (µg/L)		≤ 100	Onbekend
Koper (µg/L)		≤ 50 (rundvee) ≤ 30 (schapen)	Risico van vergiftiging
Chroom (µg/L)		≤ 1000 ≤ 50 (Cr (VI))	Risico van vergiftiging
Arseen (µg/L)		≤ 100	Risico van (secundaire) gebrekverschijnselen
PAKs		-	Kankerverwekkend
Esteraseremmers		≤ 1	Risico ongeschiktheid producten voor menselijke consumptie (Warenwet)
Oestrogeen-actieve stoffen		-	Storingen van de vruchtbaarheid van vee
Cyanobacteriën / blauwalgen		≤ 5000 cellen/mL ≤ 1 µg/L toxine	Risico van vergiftiging
Pathogenen (kve/mL) ^b	<i>E. coli</i> : 1 Totaal	<i>E. coli</i> : 44 °C < 10 37 °C < 100	Fecale verontreiniging (<i>E. coli</i> + fecale streptococci: recente verontreiniging; totaal

² Een referentiewaarde wordt gedefinieerd als een waarde waarboven, onder zo slecht mogelijke maar realistische Nederlandse omstandigheden, gezondheidseffecten niet uit te sluiten zijn. Deze effecten kunnen zowel betrekking hebben op de gezondheid van het dier als op die van de mens als eindgebruiker van dierlijke producten.

Stof	Referentiewaarde		Gevolgen bij overschrijding
	1 ^e grens	2 ^e grens	
	kiemgetal: 10000	fecale streptococ- cen < 10 totaal kiemgetal <100000 <i>Salmonella</i> : 0	kiemgetal: eerdere verontreiniging)
Ammonium (mg/L)	< 2	< 10	Overmatige groei van kroos en algen, waar- door minder licht in het water doordringt; hierdoor weer minder zuurstof en (roof)vis. Dit zijn normen die gehanteerd worden in de kader richtlijn water; het gaat hier om ecolo- gische normen van de kwaliteit van het op- pervlaktewater. Stikstof en fosfor horen dan ook niet thuis in deze opsomming
Zuurstof (mg/L)		> 1,5	
Chemische kwaliteit waterbodem		≤ klasse 2	Rotting (H ₂ S-vorming), vissterfte. Belasting met o.a. PAK en zware metalen (zie boven)

^a Als het gehalte van 3 of meer stoffen de 1^e grenswaarde overschrijdt (of 1 of meer gehalten de 2^e grenswaarde) dan is het water ongeschikt als veedrinkwater; als 1 tot 3 kenmerken tussen de 1^e en 2^e grenswaarde liggen, is het water minder geschikt als veedrinkwater³; ^b kve = kolonie vormende eenheid.

De in Tabel 1 genoemde stoffen worden hieronder kort besproken.

2.1 Zwavelwaterstof (H₂S)

Zwavelwaterstof vormt momenteel één van de grootste risico's voor de gezondheid van vee. Is deze stof aantoonbaar dan wel te ruiken, dan duidt dit op een zeer slechte waterkwaliteit. Het water is hierdoor ongeschikt als veedrinkwater. Ook sulfaat en zwavelkoolstof vallen in deze groep [4]. Vooral in kopsloten (geen doorstroming) kan zich door rottingsprocessen zwavelwaterstof (H₂S) ontwikkelen. Dit is een zeer giftig gas met een kenmerkende rotte eierenlucht. Het kan bij inademing en (vermoedelijk) ook opgelost in drinkwater polioencefalopathie (PEM) veroorzaken. Bij chronische blootstelling aan zeer lage concentraties gedijen de dieren minder, hebben een verminderde voeropname en melkproductie, bloedarmoede, onderhuidse bloedingen en verwondingen en pijnlijke klauwen. Vaak moeten deze dieren geslacht worden. Kwelwater in de nabijheid van de zee bevat vaak relatief hoge concentraties H₂S. Overigens kan H₂S ook (in de pens) worden gevormd uit andere S-houdende verbindingen, zoals (ammonium)sulfaat en eiwitten.

De genoemde referentiewaarde is de detectiegrens. Dit wil zeggen dat deze stof niet aantoonbaar mag zijn in drinkwater [3].

2.2 Sulfaat (SO₄²⁻)

Een overmaat sulfaat in het water kan onder andere voorkomen door zoute kwel (zeewater). Het geeft een slechtere smaak aan het water (> 1500 mg/L). Door het RIVM wordt een grenswaarde voor sulfaat aangehouden van sulfaat (250 mg/L). Hoge gehalten aan sulfaat

³ De 1^e grenswaarde vertegenwoordigt min of meer de humane eis voor drinkwater. Als de gehalten onder deze grens liggen, is het water altijd veilig. De kwaliteit van veedrinkwater voldoet hier echter lang niet altijd aan. Vee kan bovendien een duidelijk slechtere waterkwaliteit nog prima verdragen. De 2^e grens geeft aan wanneer er voor vee risico's op vergiftigingsverschijnselen ontstaan. Het grijze gebied daartussen geeft voor de praktijk enige ruimte om niet direct bij elke afwijking van de humane drinkwatereis het water te hoeven afkeuren als veedrinkwater (Counotte, persoonlijke mededeling, 2004).

in voer en drinkwater kunnen de aanleiding geven tot de vorming van neerslagen met spoorelementen, die daardoor slechter opgenomen kunnen worden.

2.3 Thiocyanaten (CNS^-) en zwavelkoolstof (CS_2)

Thiocyanaten (CNS^-) kunnen onder andere ontstaan bij de afbraak van zwavelkoolstof (CS_2)⁴ en glucosinolaten en van bodemontsmetters zoals metam-natrium. Zwavelkoolstof kan ook gevormd worden bij rottingsprocessen (zie paragraaf 2.1). Glucosinolaten en thiocyanaten worden ook via het voer opgenomen (kool/raapzaadschroot). Over de gehalten van deze stoffen in water en slootbodems is vrijwel niets bekend. Thiocyanaten beïnvloeden de werking van de schildklier negatief, waardoor symptomen van jodiumgebrek kunnen ontstaan (zie CVB Documentatierapport nr. 43) [3;4].

2.4 Nitriet (NO_2^-) en nitraat (NO_3^-)

Nitraat uit voer en drinkwater kan in de pens omgezet worden in nitriet. Na enkele dagen op een rantsoen met veel nitraat gaat dit proces sneller doordat de pensbacteriën zich instellen op de verwerking van nitraat tot nitriet. Nitriet kan na opname in de bloedbaan hemoglobine omzetten in methemoglobine, waardoor het dier een acuut zuurstoftekort krijgt en er zelfs aan kan sterven (zie CVB Documentatierapport nr. 49).

Voor nitriet is de referentiewaarde van 1 mg/L afgeleid van de laagste waarde waarbij (bij langdurige belasting) in onderzoek geen effect op de frequentie van optreden van abortus werd gezien [6]. De referentiewaarde voor nitraat in drinkwater is gebaseerd op het feit dat bacteriën in drinkwater(voorraden) bij concentraties boven de 100 mg NO_3^- /L al snel beginnen met de omzetting van nitraat in nitriet. Deze NO_3^- concentratie is veel lager dan de concentratie die voor de koe schadelijk wordt geacht (200 mg NO_3^- /L [1;3], CVB Documentatierapport nr. 49). Zoals uiteengezet in CVB Documentatierapport nr. 49 zijn voor kleine herkauwers nauwelijks gegevens voorhanden. Voor schapen en geiten worden daarom dezelfde normen voor nitraat en nitriet als voor koeien aangehouden (100 resp. 1 mg/L) Hoewel een nitraatconcentratie van 50 mg/L in het drinkwater van een koppel jonge geiten tot schildklierveranderingen leidde, zijn de gegevens hierover echter incompleet [9]. Hierdoor is deze waarde onvoldoende onderbouwd om als referentiewaarde voor kleine herkauwers te kunnen dienen.

⁴ CS_2 wordt zowel in de natuur (door o.a. Mimosa en eik) als door de mens geproduceerd [4]. Het wordt bijvoorbeeld als oplosmiddel bij de viscoseproductie gebruikt.

2.5 Zuurgraad (pH)

Een hoge pH (> 9) kan een verstoring van de spijsvertering, voer- en wateropname en een slechte voerconversie ten gevolge hebben. Een pH tussen 5 en 8 wordt als normaal gezien [3].

2.6 Keukenzout (NaCl)

Een te hoog zoutgehalte in drinkwater leidt tot een lagere wateropname. In hoeverre dit een probleem is, hangt echter af van de waterbehoefte. De waterbehoefte wordt met name bepaald door de omgevingstemperatuur, de hoeveelheid zout in het voer en de melkgift. Hoe hoger al deze waarden uitvallen, hoe hoger de drinkwaterbehoefte is. Een te hoog zoutgehalte in het drinkwater is uiteraard voornamelijk een probleem als er geen andere drinkwaterbron beschikbaar is [3].

2.7 Kobalt (Co), molybdeen (Mo), lood (Pb), kwik (Hg), cadmium (Cd), zink (Zn), nikkel (Ni), koper (Cu), chroom (Cr) en arseen (As)

Verontreinigingen van oppervlaktewater met Co en Mo (b.v. door staalindustrie), Pb, Hg, Cd, Zn, Ni, Cu, Cr en As komen normaal niet voor. Als bron valt naast vervuiling door b.v. industrie en verkeer te denken aan (illegale) autosloperijen, oude vuilstorten e.d. Indien water in de stal wordt aangevoerd via lange, oude leidingen die niet goed strak en op afschot liggen kan zich in de lager hangende delen van de leiding bovendien Mn en Fe afzetten. Door de relatief lage waterdruk in een dergelijke leiding kan bovendien terugstroming optreden. Bacteriën kunnen zich dan op de Fe-Mn afzettingen gaan vermenigvuldigen, waardoor het water continu bacterieel verontreinigd is⁵. Wordt drinkwater door koperen leidingen geleid, dan kan het Cu-gehalte van het water sterk stijgen: na 16 uur verblijftijd kan het Cu-gehalte al gestegen zijn tot 250 µg/L, met name als het water ook nog verwarmd is in een boiler⁶. Verder is dit afhankelijk van de hardheid en de zuurgraad van het water. De bijdrage van Cu uit drinkwater is echter doorgaans klein in verhouding tot die uit voer. De genoemde referentiewaarden voor rundvee en schapen bevatten een veiligheidsfactor 10. Bij schapen is gerekend met Texelaars.

Molybdeen kan samen met S thiomolybdaten vormen, die koper kunnen binden. De koperabsorptie kan hierdoor sterk worden geremd (zie CVB Documentatierapport nr. 41)⁷. De Mo-concentratie in het drinkwater mag dus niet te hoog worden [3]. Lood- en Hg-vergiftigingen kunnen ernstige (acute) ziektebeelden veroorzaken; een Cd-vergiftiging verloopt meestal chronisch (zie CVB Documentatierapport nr. 48). De referentiewaarden voor Pb en Cd zijn zo gekozen dat langdurig gebruik van dergelijk drinkwater geen verhoogde Pb-gehalten in rundvlees geeft (met name lever en nieren).

⁵ Counotte, persoonlijke mededeling, 2004.

⁶ Counotte, persoonlijke mededeling, 2004.

⁷ De referentiewaarde is gebaseerd op een "optimale" verhouding van Cu en Mo in veevoer van 1:1 en een referentiewaarde voor Cu van 50 µg/L. De waarde 1:1 wordt inderdaad wel als ondergrens van het veilige gebied voor de Cu:Mo verhouding aangegeven (zie CVB Documentatierapport nr. 41, paragraaf 10.6.3), maar hiervoor worden ook andere waarden opgegeven (0,5:1) [10]. Als het Cu-gehalte van drinkwater bovendien belangrijk lager is dan 50 µg/L terwijl de Mo-concentratie rond de 50 µg/L zit, is de Cu:Mo-verhouding in het drinkwater alsnog erg scheef. De bijdrage van Mo uit drinkwater moet dan ook (in relatie tot Cu) op rantsoenbasis bekeken worden. Bij de maximale waarde van 50 µg/L en een drinkwateropname van 100 L/dag zal de absolute Mo-opname uit drinkwater dus 5 mg zijn; bij 150 L wateropname zal deze 7,5 mg Mo/dag zijn.

Drinkwater is een relatief belangrijke bron van kwik voor rundvee. Derhalve is de referentiewaarde laag gekozen⁸ [3].

In principe kunnen door een zeer hoge Co- en/of Zn-opname deficiënties van andere mineralen en spoorelementen (Mn, Fe, Cu, P) ontstaan. Gezien de relatief lage Zn-gehalten in Nederlands ruwvoer en de maximaal toegelaten waarden in krachtvoer (Zie CVB Documentatierapport nr. 44) lijkt de invloed van Zn op de genoemde andere elementen in de voeding van Nederlands rundvee nauwelijks van belang. Zinkgehalten > 50 µg/L water wijzen op verontreiniging. Over Ni is nauwelijks iets bekend.

Zeer hoge doses Cr kunnen diarree en uitdroging veroorzaken (zie CVB Documentatierapport nr. 47).

Arseen kan ernstige vergiftigingsverschijnselen veroorzaken. Bij een chronische As-vergiftiging slijten de dieren en kunnen zenuwverschijnselen en blindheid vertonen (zie CVB Documentatierapport nr. 48). Arseenpentoxide werd tot voor kort nog gebruikt voor de verduurzaming van (tuin)hout (wolmaniseren). De drinkwaternorm is berekend op basis van de humane consumptienorm voor rundvlees.

2.8 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)

Bronnen van PAKs zijn onder meer onvolledige verbrandingsprocessen en het gebruik van creosootolie als houtconserveringsmiddel voor oeverbeschoeiingen. De acute giftigheid is gering en berust voornamelijk op prikkeling van huid en slijmvliezen. PAKs zijn met name kankerverwekkend en afweer onderdrukkend. Aangezien PAKs zeer slecht in water oplossen, is de concentratie in water doorgaans gering. Sloopbodems (opwerveling, ondiepe sloten) kunnen echter wel hoge concentraties bevatten.

2.9 Esteraseremmers / pesticiden

Esteraseremmers worden veel gebruikt als insecticide op gewassen en vee (bv. tegen luizen). In zeer hoge doses kunnen ze tot diarree en uitdrogen bij vee leiden. Meestal vormen ze eerder een probleem voor de melk (residuen) dan voor de diergezondheid [3].

2.10 Oestrogeen-actieve stoffen

Xeno-oestrogenen (als oplosmiddel voor kunststoffen, bv. ftalaten) en fyto-oestrogenen (uit planten) kunnen de werking van het vrouwelijk geslachtshormoon oestradiol nabootsen. Ook de door mens en dier uitgescheiden natuurlijke en kunstmatige oestrogenen ("de pil") kunnen, bijvoorbeeld via riooloverstorten en via afstroming van mest, effecten hebben op de vruchtbaarheid van vee dat dit water drinkt [3;4]. De ftalaten kunnen soms door industriële verontreiniging in grotere sloten, boezems en rivieren in hogere concentraties voorkomen. Vee drinkt echter doorgaans niet uit dergelijke wateren. Alleen vee in uiterwaarden (rivierwater) kan soms aan deze stoffen blootgesteld worden⁹. Het algemene voorkomen van deze stoffen geeft wel aan dat deze geen verklaring geven voor incidenten m.b.t. de gezondheid of de vruchtbaarheid van dieren. De hoogste concentraties van deze stoffen worden gemeten in stedelijk en industrieel afvalwater. In sloten bevatten sloopbodems de hoogste concentraties, terwijl oppervlaktewater relatief lage concentraties bevat [7]. Op dit moment is nog geen referentiewaarde beschikbaar; aan gestandaardiseerde testmethoden en de ontwikkeling van referentiewaarden wordt gewerkt [3;4].

⁸ De herkomst van de Hg-norm is niet (geheel) duidelijk.

⁹ Counotte, persoonlijke mededeling, 2004.

2.11 Cyanobacteriën / blauwalgen

Blauwalgen kunnen soms in grote hoeveelheden in het water voorkomen, met name in O₂-arm, N- en P-rijk water. Ze vormen koloniën, die in veel gevallen gas kunnen vormen waardoor ze blijven drijven. Als dergelijke koloniën door de wind in een dode hoek worden gedreven, kan plaatselijk een zeer hoge concentratie blauwalgen ontstaan. Bovendien kan een plotselinge groei optreden ("blauwalgenbloei"). Deze blauwalgen kunnen gifstoffen produceren, waardoor (in het buitenland) soms veesterfte voorgekomen is. De gifstoffen kunnen de lever of het zenuwstelsel aantasten. Verschijnselen hiervan zijn overgeven, diarree, hijgen, koude lichaamsuiteinden en de dood (leveraantasting) of dodelijk verloopende verlammingverschijnselen (aantasting zenuwstelsel). Deze verschijnselen zijn echter niet kenmerkend voor een vergiftiging door blauwalgen.

2.12 Pathogenen

De in Tabel 1 genoemde referentiewaarden voor pathogene (= ziekteverwekkende) kiemen worden wel gebruikt. Het is echter niet duidelijk of en hoe deze referentiewaarden moeten worden gehanteerd. Verder zijn geen referentiewaarden bekend voor ziekteverwekkende protozoën, virussen en wormen.

2.13 Totaal stikstof (N), ammonium en totaal fosfor (P)

Hoge gehalten aan totaal N en P duiden op een te hoog gehalte aan voedingsstoffen (vaak afkomstig van mest). Hierdoor treedt ongewenste vermeerdering van (blauw)algen en kroos op, waardoor minder licht in de sloot valt. Planten kunnen hierdoor geen zuurstof meer produceren en sterven af. Ze vormen een dikke, rottende, zuurstofloze baggerlaag waarin onder andere giftige sulfiden gevormd kunnen worden. Dit is des te erger als de sloot ondiep is.

2.14 Zuurstof

Gezond slootwater moet voldoende zuurstof bevatten. Een te laag zuurstofgehalte wijst op onvoldoende zuurstofproductie in het water (bv. door een dicht kroosdek of door troebel water (rottingsprocessen, blauwalgen). Hierdoor kan ook vissterfte optreden. Het zuurstofgehalte kan alleen ter plekke gemeten worden. Na vervoer naar het laboratorium kan de zuurstof al uit het monster verdwenen zijn.

2.15 Chemisch kwaliteit waterbodem

Het opzuigen van opgewervelde deeltjes van sterk verontreinigde waterbodems kan leiden tot een belasting van het vee met o.a. PAK en zware metalen. Dit effect zal sterker zijn als de sloot ondiep is [2;4].

3 TE NEMEN MAATREGELEN BIJ AFWIJINGEN VAN DE WATERKWALITEIT

In Tabel 2 wordt een beknopt overzicht gegeven van mogelijke maatregelen bij een afwijkende waterkwaliteit. Voorkómen van vervuiling van het (oppervlakte)water is daarbij uiteraard beter dan het bestrijden van deze vervuiling. Hierbij verdienen ook erven, kuilplaten, verharde koepaden en dergelijke duidelijk aandacht. In het algemeen geldt dat ze het beste bezemschoon kunnen zijn. Hierdoor wordt vervuiling van slootwater met resten van mest, olie e.d. zo veel mogelijk voorkomen. Een helofytenfilter kan ook hier zijn nut bewijzen om het spoel(regen)water van verharde erfgedeelten alvast gedeeltelijk te reinigen. In ieder geval dient ervoor gezorgd te worden dat dit spoelwater niet rechtstreeks in de sloot belandt. Drinkbakken dienen schoon te zijn. Hierop moet geregeld gecontroleerd worden.

Tabel 2 Beknopt overzicht van te nemen maatregelen bij afwijkingen van de waterkwaliteit [2-4]

	Kenmerk					
	H ₂ S, SO ₄ ²⁻	NaCl	Pesticiden	Oestrogenen	Blauwalgen	N, P, NO ₃ ⁻
Vakmanschap						+
Spuitvrije zones			+			
Beperken oppervlakkige afstroming			±	+		+
Doorstroming binnen een gebied verbeteren	+	+				
Onderbemaling	±	±				+
Inlaat gebiedsvreemd water	+	±				
Sloot uitbaggeren	+					+
Bergbassin en riooloverstort verplaatsen		±	±	+	±	±
Helofytenfilter aanleggen	±	±	±	±	±	+
Aansluiten boerderij op riolering	+	±	±	+	±	+
Kroos wegharken ^a	+				+	+

^a dit heeft slechts enkele weken effect. + = heeft invloed; ± = kan invloed hebben.

3.1 Zwavelwaterstof en sulfaat

De maatregelen voor zwavelwaterstof komen met name neer op het vaker verversen van het water.

3.2 Thiocyanaten en zwavelkoolstof

Thiocyanaten en zwavelkoolstof lijken in de praktijk geen groot probleem te vormen. Gezien de herkomst van deze stoffen is bij overschrijding van de referentiewaarde overleg met akkerbouwers in de omgeving (gebruik bodemontsmetters) aangewezen [3;4].

3.3 Nitraat en nitriet

Zoals beschreven in CVB Documentatierapport nr. 49 lijkt het belang van verhoogde nitraat- en nitrietgehalten in voer en drinkwater sterk aan belang in te boeten door de sterke beperking van de stikstofbemesting. Nitraatvergiftigingen door drinkwater hebben internationaal altijd al een ondergeschikte positie ingenomen ten opzichte van die door nitraatrijk voer en zijn in Nederland nog nooit beschreven. Incidenteel kunnen nog verhoogde gehalten in gras, gehele plant silage (GPS) en drinkwater voorkomen (nieuw ingezaaid grasland, kort na N-bemesting) [4]. In een aantal veengebieden komen van nature verhoogde concentraties nitraat en nitriet voor. Om problemen met nitraat te voorkomen moet af- of uitspoeling van mest naar oppervlakte- en grondwater zoveel mogelijk beperkt worden (Tabel 2, zie ook paragraaf 3.8).

3.4 Zuurgraad

Een pH > 9 is niet zo zeer een zelfstandig probleem, maar geeft aan dat er sprake is van een verontreiniging. Deze moet worden opgespoord en verholpen [3].

3.5 Kobalt, molybdeen, lood, kwik, cadmium, zink, nikkel, koper, chroom en arseen

De bron van de vervuiling met Co, Mo, Pb, Hg, Cd Zn, Ni, Cu Cr en/of As moet opgespoord en zo mogelijk gesaneerd worden. Bij lange, koperen waterleidingen met weinig doorstroming moet gekeken worden of het waterverbruik verhoogd kan worden. Hierdoor zal het Cu-gehalte dalen.

Indien sanering van de bron van de vervuiling niet (snel) mogelijk is (industrie, verkeer, oude vuilstorten) zal naar een andere drinkwaterbron omgezien moeten worden [4].

3.6 Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAKs)

Aangezien voor PAKs nog geen referentiewaarden bekend zijn [3], kunnen overschrijdingen daarvan ook niet vastgesteld worden. Het zo veel mogelijk beperken van contact van gecreosoteerd hout met (oppervlakte)water alsmede het voldoende op diepte houden van de sloot door uitbaggeren lijken in dit verband aanbevelenswaardig. In een diepere sloot is de kans kleiner dat PAKs bij het drinken vanaf de slootbodem mee opgezogen worden. Bagger laten onderzoeken kost echter veel geld en is lastig. Bij riooloverstorten wordt de bagger dan ook standaard afgevoerd. Weidend vee mag natuurlijk geen toegang hebben tot dergelijke bagger!

3.7 Pathogenen

Er is nog veel onduidelijkheid over het belang van pathogene kiemen in drinkwater. Indien grote aantallen *E. coli* en fecale streptococci worden aangetoond, moet de bron hiervan opgespoord worden. Hierbij valt weer te denken aan waterleidingen met terugstroming, riooloverstorten in oppervlaktewater e.d. Sanering kan uitgevoerd worden zoals voor zwavelwaterstof is aangegeven (Tabel 2) [3].

3.8 Ammonium

Te hoge gehalten aan ammonium wijzen op plaatselijke vermisting van het water. Door het op de juiste wijze bemesten (bv. beperken van de drijfmestgift per keer; bemesten bij droog weer) kan de oppervlakkige afspoeling van mest naar de sloot beperkt worden. Ook oeverplanten kunnen helpen bij het vastleggen van overmaten. Zie verder Tabel 1.

3.9 Zuurstof

Hoewel landdieren hun zuurstof niet uit water betrekken, geeft een laag zuurstofgehalte aan dat er iets mis is met de doorstroming van de sloot, de plantengroei en/of de slootbodem. Verbetering van de doorstroming in de sloot en aanpassen van riooloverstorten e.d. zoals in Tabel 2 aangegeven leidt doorgaans tot verbetering. Als symptoombestrijding kan een eventueel kroosdek worden weggeharkt. Als niet tegelijk de doorstroming verbeterd wordt, heeft dit echter maar enkele weken effect.

3.10 Chemische kwaliteit van de waterbodem

Indien er verdenkingen bestaan ten aanzien van de chemische kwaliteit van de waterbodem kan een toetsingrapport van de waterbodemkwaliteit in het gebied opgevraagd worden (mits beschikbaar). De te nemen maatregelen zijn grotendeels vergelijkbaar met die voor zwavelwaterstof (Tabel 1). Bij riooloverstorten wordt de bagger aan weerskanten van de overstort afgevoerd.

4 DOE-HET-ZELF-TEST / BEMONSTERING / KKM

4.1 Doe-het-zelf-test en andere informatiebronnen

Om bewustwording van veehouders ten aanzien van de kwaliteit van hun veedrinkwater te stimuleren, is een Doe-het-zelf-test (DHZ-test) ontwikkeld. Door het invullen hiervan kunnen veehouders snel bepalen of oppervlaktewater aan de eisen voldoet of dat er risico's zijn. Is de uitslag onduidelijk, dan zal er meer onderzoek nodig zijn. Geeft de uitslag aan dat het water ongeschikt is als veedrinkwater, dan zullen maatregelen getroffen moeten worden ter verbetering van de situatie of zal een andere drinkwaterbron gebruikt moeten worden.

Informatie over monsternamen van veedrinkwater en de kosten van bepalingen kan worden ingewonnen bij de Gezondheidsdienst voor Dieren, het BLGG in Oosterbeek of de zuivelindustrie.

4.2 Bemonstering

4.2.1 Redenen voor bemonstering¹⁰

Bemonstering van drinkwater vindt meestal plaats om de volgende redenen:

- Controle bestaande bron.
- Onderzoek nieuwe bron.
- Klachten die verband kunnen houden met het drinkwater.
- Onderzoek van oppervlaktewater en ondiepe bronnen.

4.2.2 Plaats en tijd van bemonstering [2]

Als de uitkomst van de DHZ-test wijst in de richting van een slechte waterkwaliteit (> 5 punten), dan is het raadzaam om contact op te nemen met het waterschap of een regionaal meldpunt van de LTO. In samenwerking met deze instantie(s) moeten dan enkele sloten voor bemonstering worden uitgezocht. Hierbij moet tenminste een "risicovolle" sloot en een "referentiesloot" worden uitgezocht. Voor de risicosloot geldt:

- Het water hiervan moet het drinkwater voor het vee leveren dat gezondheidsproblemen heeft.
- Er moet rekening gehouden worden met de stroming (ook het effect van bovenstroomse risicofactoren moet beoordeeld worden).

Voor de referentiesloot geldt:

- Het vee dat water uit deze sloot drinkt mag geen gezondheidsproblemen hebben.
- Er mogen geen risicofactoren aanwezig zijn (in de sloot of bovenstrooms).

Het water moet bemonsterd worden:

- Aan de kant van de sloot waar het vee drinkt.
- Bij kopsloten op ongeveer 10 meter vanaf de kop.
- Bij een riooloverstort op ongeveer 10 m stroomafwaarts van de overstort.

Bemonstering kan het beste plaatsvinden in april (veel gebiedseigen water in de sloot) en augustus (veel gebiedsvreemd water; slechtste waterkwaliteit). Bovendien wordt dan aan het begin en (meer) aan het einde van het weideseizoen bemonsterd. In geval van twijfel oppervlakte water niet gebruiken als veedrinkwater.

4.2.3 Te onderzoeken waterkenmerken [2]

Afhankelijk van de vermoedelijke oorzaak van de slechte waterkwaliteit behoeft meestal maar een klein aantal kenmerken van het drinkwater te worden onderzocht. Tabel 3 geeft een voorbeeld van veel voorkomende waterkwaliteitsthema's.

Tabel 3 Beknopt overzicht van waterkwaliteitskenmerken uitgesplitst naar thema's [2]

Thema	Te onderzoeken kenmerken
Kwel	Natrium, chloride, sulfaat, zwavelwaterstof en sulfiden, aanwezigheid van drijflagen, kleur van het water (rood door ijzeroxide).
Verspreide bronnen	Zink, koper, kwaliteit baggerspecie.
Puntbronnen (inclusief riooloverstorten)	Zwavelwaterstof, sulfiden, ammonium, nitriet, nitraat, coliformen bij 37 en 44 °C, totaal kiemgetal, overheersing door kroos en algen (drijflagen), kleur van het water (groen), doorzichtigheid, zuurstof, totaal N en P.
Vermesting	Idem, tevens blauwalgen.

4.2.4 De bemonstering zelf

Een nieuw geslagen bron kan pas na 10-14 dagen gebruik goed worden bemonsterd, aangezien het grondwater rond de bron dan pas tot rust gekomen is. Wordt water onderzocht naar aanleiding van klachten, dan moeten bij een eigen bron twee monsters (één bij de ingang van het leidingsysteem en één op de plaats waar de dieren drinken) en bij leidingwater één monster genomen worden (op de plaats waar de dieren drinken). Water uit ondiepe bronnen of oppervlaktewater moet eigenlijk regelmatig worden onderzocht omdat de kwaliteit snel kan wisselen. Zeker bij temperaturen > 25 °C moet slotwater extra in de gaten gehouden worden¹⁰. Voor meer details omtrent de te volgen werkwijze wordt verwezen naar het "Protocol voor de beoordeling van de bruikbaarheid van oppervlaktewater als veedrinkwater" [2].

4.3 **KKM en veedrinkwater, reinigingswater en koelwater**

KKM (Keten Kwaliteit Melk) stelt eisen aan het gebruik van bronwater voor gebruik als spoelwater en koelwater. Voor spoelwater (voor de reiniging van de melkmachine) en koelwater in de meeste koelers gelden de eisen van drinkwater. Op dit moment zijn er ook voor-koelers met dikkere platen op de markt, waarin eventueel een lagere kwaliteit water gebruikt mag worden.

Voor veedrinkwater stelt KKM geen eisen. KKM eist een eigen verklaring waarbij de veehouder verklaart dat hij zijn dieren goed water geeft. De veehouder is hier verantwoordelijk voor. Indien bronwater gebruikt wordt voor het reinigen van melkinstallatie en –koeltank of voor voorkoeling dan dient dit water eenmaal per jaar beoordeeld te worden door de KKM. De eisen die de KKM hiervoor stelt aan bronwater zijn veel strenger dan de in Tabel 1 genoemde voor oppervlaktewater als veedrinkwater [5]. In het kader van de KKM worden echter niet alle kenmerken zoals genoemd in Tabel 1 onderzocht. Dit heeft te maken met het feit dat vele kenmerken te maken hebben met oppervlakkige verontreiniging (uit de lucht of via mest) of ontwikkeling in warm oppervlaktewater onder invloed van licht en voedingsstoffen uit mest (b.v. blauwalgen). Bij bronwater, dat immers van een behoorlijke diepte wordt opgepompt, zijn deze zaken niet of nauwelijks aan de orde. Eventueel aanwezig sulfaat wordt vaak in diepere (reducerende) grondlagen omgezet in sulfide, wat vervolgens vastgelegd wordt in metaalsulfiden en niet mee opgepompt wordt [4]. De doelstelling van de KKM ver-

¹⁰ Gezondheidsdienst voor Dieren, Ministerie van LNV.

schilt ook van die voor veedrinkwater. Spoelwater of koelwater kan bij lekkage direct in contact komen met de melk [5]. Oppervlaktewater wordt eerst nog door het vee verwerkt (omzettingen in de pens, ontgiftiging door de lever) voordat er melk van gemaakt wordt. Hoewel de controle van bronwater door de KKM in de eerste plaats een ander doel heeft dan beoordeling op drinkwaterkwaliteit, lijkt bronwater dat door de KKM is goedgekeurd als spoel- of koelwater goed geschikt als veedrinkwater¹¹. Oude waterleidingen waarin Fe en Mn afgezet zijn moeten geregeld doorgespoeld worden met een licht zure oplossing of vervangen worden door een goed hangende leiding.

In Tabel 4 is een beknopt overzicht gegeven van de eisen die de KKM aan bronwater stelt. Ter vergelijking zijn de referentiewaarden uit Tabel 1 en enkele meer technische eisen (ijzer, mangaan en hardheid; aankoecken van neerslagen in leidingen) ernaast gezet.

Tabel 4 Vergelijking van de eisen voor oppervlaktewater (Gezondheidsdienst voor Dieren), [3] en bronwater (KKM) [5]

Stof	KKM ^a		Referentiewaarde voor oppervlaktewater (GD) ^c	
	Reiniging	Koeling	1 ^e grens	2 ^e grens
Nitriet	< 0,10 mg/L		< 0,1	≤ 1 mg/L
Nitraat	< 50 mg/L		< 100	≤ 200 mg/L
Zuurgraad (pH)	6-10		5-8	< 4 of > 9
Chloride	< 150 mg/L	< 250 mg/L	< 250	≤ 2.000 mg/L
IJzer	< 0,50 mg/L	< 2 mg/L	< 0,5	< 10 mg/L
Mangaan	< 0,10 mg/L	< 1,0 mg/L	< 1	< 2 mg/L
Hardheid	< 25 °DH	< 25 °DH	< 15	< 25 °DH
Pathogenen	<i>E. coli</i> : 1/100 mL Kiemgetal bij 22 °C 100/mL	<i>E. coli</i> : 1/mL Kiemgetal bij 22 °C 100.000/mL	<i>E. coli</i> : 1 kve/mL Totaal < 10000 kve/mL ^b	<i>E. coli</i> : 44 °C < 10/mL 37 °C < 100/mL Fecale streptococ- cen < 10 mL Totaal kiemgetal: <100.000/mL <i>Salmonella</i> : 0

^a Dit is niet de norm, maar de grens waarbij afkeuring van het water plaatsvindt; ^b kve = kolonie vormende eenheid; ^c zie voetnoot a bij Tabel 1.

Overschrijding van één van deze normen is vaak geen probleem. Worden meerdere normen overschreden, dan dient actie ondernomen te worden.

¹¹ Eventueel zou KKM-goedgekeurd bronwater na enkele aanvullende bepalingen (bv. H₂S en sulfaat, als daar reden toe is) gebruikt kunnen worden.

LITERATUUR

1. Commissie Onderzoek Minerale Voeding. Handleiding mineralenonderzoek bij rund-vee in de praktijk. 1996.
2. Dokkum HPv, Boer Nd, Counotte GHM, Harmsen J, Hovenkamp-Obbema IRM, Meijer GAL, Prins P. Protocol voor de beoordeling van de bruikbaarheid van oppervlaktewater als veedrinkwater. 2000; TNO-MEP - R 2000/310.
3. Dokkum HPv, Counotte GHM, Meijer GAL, Hovenkamp-Obbema IRM. Achtergrond-document Referentiewaarden Waterkwaliteit-Diergezondheid. GD, ID-DLO, Hoogheemraadschap Uitwaterende Sluizen in Hollands Noorderkwartier, TNO-MEP; 1998.
4. Harmsen J, Dolfing J, Querner E, Toorn Avd. Waterkwaliteit en diergezondheid: Leidraad voor te nemen maatregelen in het waterbeheer en de effecten daarvan op de kwaliteit van oppervlaktewater met het oog op gebruik als drinkwater voor vee. Alterra-Rapport 002, Wageningen UR.
5. Keten Kwaliteit Melk. Het gebruik van bronwater & KKM - Protocol 2002. 2003.
6. Medrea N, Dumitrescu I, Toader O, Tachescu A. Der toxische Abort beim Rind infolge Nitrat-Nitrit-Vergiftung (Toxic abortion in cows due to nitrate-nitrite poisoning). Monatshefte für Veterinärmedizin 1984; 39: 195-196.
7. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Hormoonontregeling boven water - LOES: Het Landelijk Onderzoek oEstrogene Stoffen in beeld. 2002.
8. Oude Elferink SJWH, Meijer GAL. Sulfur-containing compounds in drinking water for cattle (Risico's van zwavelverbindingen in drinkwater voor runderen). Report ID-Lelystad 2001; 2000.009.
9. Simon C, Bostedt H, Adams W. Juvenile Struma in einem Ziegenbestand Nordwestdeutschlands (Juvenile goiter in a herd of goats in Northwest Germany). Schweizer Archiv für Tierheilkunde 2000; 142: 339-347.
10. Underwood EJ, Suttle NF. The Mineral Nutrition of Livestock, 3rd edition ed. Wallingford: CABI; 1999.

BIJLAGE: OVERZICHT VAN DE SERIE CVB DOCUMENTATIERAPPORTEN 'REVIEWS ON THE MINERAL PRO- VISION IN RUMINANTS'

- CVB Documentation report Nr. 33: Reviews on the mineral provision in ruminants I: Calcium metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 34: Reviews on the mineral provision in ruminants II: Phosphorous metabolism and requirements in ruminants (H. Valk)
- CVB Documentation report Nr. 35: Reviews on the mineral provision in ruminants III: Magnesium metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)
- CVB Documentation report Nr. 36: Reviews on the mineral provision in ruminants IV: Sodium metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)
- CVB Documentation report Nr. 37: Reviews on the mineral provision in ruminants V: Potassium metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)
- CVB Documentation report Nr. 38: Reviews on the mineral provision in ruminants VI: Chlorine metabolism and requirements in ruminants (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)
- CVB Documentation report Nr. 39: Reviews on the mineral provision in ruminants VII: Cation Anion Difference in Dairy Cows (J.Th. Schonewille and A.C. Beynen)
- CVB Documentation report Nr. 40: Reviews on the mineral provision in ruminants VIII: Iron metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 41: Reviews on the mineral provision in ruminants IX: Copper metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 42: Reviews on the mineral provision in ruminants X: Cobalt metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 43: Reviews on the mineral provision in ruminants XI: Iodine metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 44: Reviews on the mineral provision in ruminants XII: Zinc metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 45: Reviews on the mineral provision in ruminants XIII: Manganese metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 46: Reviews on the mineral provision in ruminants XIV: Selenium metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 47: Reviews on the mineral provision in ruminants XV: Fluorine, chromium, nickel and molybdenum metabolism and requirements in ruminants (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 48: Reviews on the mineral provision in ruminants XVI: Contaminants: Cadmium, lead, mercury, arsenic and radio nuclides (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 49 (in Dutch): Literatuurstudie over de mineralenvoorziening van herkauwers XVII: Nitraat en nitriet (A.M. van den Top)
- CVB Documentation report Nr. 50 (in Dutch): Literatuurstudie over de mineralenvoorziening van herkauwers XVIII: Kwaliteit van drinkwater (A.M. van den Top)