



Toetsing van KringloopWijzer versie 2019.12

Gemeten en voorspelde stikstof- en fosfaatproducties van mest en gewas

J. Oenema, J. Verloop, W. van Dijk, A. Klop, M.H.A. de Haan & G.J. Hilhorst



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Toetsing van KringloopWijzer versie 2019.12

Gemeten en voorspelde stikstof- en fosfaatproducties van mest en gewas

J. Oenema¹, J. Verloop¹, W. van Dijk¹, A. Klop², M.H.A. de Haan² & G.J. Hilhorst²

1 Wageningen Plant Research

2 Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Zuivel NL uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Agrosysteemkunde in het kader van de PPS Duurzame Zuivelketen (AF-12123).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, juli 2023

Rapport WPR-1246

Oenema, J., J. Verloop, W. van Dijk, A. Klop, M.H.A. de Haan & G.J. Hilhorst, 2023. *Toetsing van de KringloopWijzer 2019.12; Gemeten en voorspelde stikstof- en fosfaatproducties van mest en gewas*. Wageningen Research, Rapport WPR-1246. 101 blz.; 25 fig.; 37 tab.; 17 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/634143>

De KringloopWijzer voorspelt voor een individueel bedrijf op basis van, onder meer, de veestapelamenstelling en melkproductie, hoeveel stikstof (N)- en fosfor (P) door dieren in de mest wordt uitgescheiden (bruto-excretie) en hoeveel zich in geoogste gewassen bevindt. In dit rapport wordt getoetst in hoeverre de voorspellingen met de KringloopWijzer afwijken van de gemeten waarden op Koeien & Kansen-bedrijven. Gemiddeld over alle waarnemingen, is de afwijking tussen voorspelling en meting echter relatief gering. De N- en -P-excretie worden met, respectievelijk, 2,3% en 3,2% onderschat. Het verschil tussen voorspelling en meting was echter wel significant. De gezamenlijke N-opbrengst van gras en snijmaïs wordt door de KringloopWijzer gemiddeld met 1,9% overschat en de P-opbrengst met gemiddeld 2,2% onderschat. De waargenomen afwijkingen tussen voorspelling en meting van de N-excretie en P-excretie is kleiner *tussen* de bedrijven (gemiddeld over een aantal jaren) dan *binnen* een bedrijf (binnen een bedrijf gaat het om de nauwkeurigheid tussen de jaren op één bedrijf).

Trefwoorden: excretie, fosfor, gewasopbrengst, KringloopWijzer, stikstof

© 2023 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosysteemkunde, Postbus 16, 6700 AA Wageningen; T 0317 48 07 00; www.wur.nl/plant-research

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport WPR-1246

Foto omslag: Eddy Teenstra

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 De KringloopWijzer	9
	1.2 Doelstellingen	9
	1.3 Afbakening	10
2	Materialen en methoden	11
	2.1 Metingen	11
	2.1.1 Meetweken: 'voer min melk is mest'	11
	2.1.2 Gewasopbrengst: combinatie van meten en schatten	12
	2.1.3 Dataset	14
	2.2 Voorspellingen	15
	2.3 Vergelijking voorspelling en meting	15
3	Resultaten	17
	3.1 N- en P-opname met voer	17
	3.2 N- en P-excretie	20
	3.3 Gewasopbrengst	22
	3.4 Analyse van de afwijking in N- en P-excretie tussen voorspelling en meting	29
4	Discussie	35
	4.1 Onzekerheden bij de metingen	35
	4.2 Forfaitair versus KringloopWijzer	35
	4.3 Overeenkomsten en afwijkingen tussen voorspellingen en metingen	38
	4.4 De validatie van KringloopWijzer versie 2019.2 vergeleken met die van versie 2016.02	41
	4.5 Verbeterpunten in de KringloopWijzer	41
5	Conclusies en aanbevelingen	43
	5.1 Conclusies	43
	5.2 Aanbevelingen volgende validaties	43
	Literatuur	45
	Bijlage 1 Werkwijze KringloopWijzer	47
	Bijlage 2a Wijze van uitvoeren van de meetweken op K&K bedrijven	49
	Bijlage 2b Steekproefgrootte meetweken	51
	Bijlage 3 Procedure voeropname jongvee	57
	Bijlage 4 Vergelijking opname en samenstelling van voercomponenten	61
	Bijlage 5 Voeropname per bedrijf	71
	Bijlage 6 VEM-dekking en N- en P-excreties per bedrijf	87
	Bijlage 7 Gewasopbrengst per bedrijf	91
	Bijlage 8 Van RVO forfaits naar bruto N-excretie	99
	Bijlage 9 Effect van een nieuwe versie van de KringloopWijzer	101

Woord vooraf

Het rekenmodel KringloopWijzer beoogt onder meer correcte schattingen te geven van de hoeveelheid nutriënten die op een melkveebedrijf in de mest worden uitgescheiden en door gewassen wordt opgenomen. Om de nauwkeurigheid van die schatting te beoordelen, is een toetsing nodig. Dit betekent dat schattingen geconfronteerd moeten worden met onafhankelijke metingen. Dergelijke onafhankelijke metingen worden jaarlijks op verschillende momenten gedaan in het project Koeien & Kansen. In het onderhavige rapport zijn de schattingen die de KringloopWijzer doet en de metingen van het project Koeien & Kansen met elkaar geconfronteerd. Wij danken het Ministerie van LNV en ZuivelNL voor de financiering van dit onderzoek. Verder bedanken wij J. Verstraten (LTO), W. van de Kandelaar (LTO), W. Koops (ZuivelNL), C. Verbogt (min LNV), M. van Spijk (NZO), B. van Erve (DZK), H. Swinkels (ZuivelNL), L. van Keulen (ZuivelNL), J. Gielen (VLB) en R. Leeuw (Nevedi) voor hun begeleiding en reacties op de conceptrapportage. Tenslotte gaat een woord van dank uit naar Jan Dijkstra, René Schils, Wouter Spek en Gerard Velthof voor het reviewen van conceptversie van het rapport.

De auteurs

Samenvatting

De KringloopWijzer voorspelt voor een individueel bedrijf op basis van, onder meer, de veestapelsamenstelling en melkproductie, hoeveel stikstof (N)- en fosfor (P) door dieren in de mest wordt uitgescheiden en hoeveel met geogoste gewassen van het land wordt afgevoerd. Alvorens een dergelijk model als alternatief van forfaits te kunnen gebruiken, dient de juistheid van voorspellingen getoetst te worden tegen meetgegevens. Deze toets is uitgevoerd op Koeien & Kansen-bedrijven en is een actualisatie en op onderdelen een verbetering van een eerder uitgevoerde validatie van de KringloopWijzer-versie uit 2016. De voorspellingen van de KringloopWijzer-versie 2019 werden hierbij vergeleken met meetgegevens m.b.t. voeropname en gewasproductie. De voeropname werd jaarlijks gemeten in minimaal 8 meetweken verdeeld over het jaar zodat zo een representatief beeld wordt verkregen van de jaaropname. Uit de gemeten voeropname, gemeten melkproductie (alleen N) en de berekende vastlegging in dieren is de bruto-excretie berekend (incl. gasvormige N-verliezen uit stal en opslag; hierna excretie genoemd). Ook de gemeten excretie is deels op berekeningen (vastlegging in dieren) en forfaitaire gehalten (fosforgehalte in melk) gebaseerd.

Bij de validatie ligt de focus op de voorspelling van de N- en P-excretie. Een voorspelling van de excretie met de KringloopWijzer blijkt minder vaak af te wijken van de gemeten excretie dan een voorspelling op basis van de huidige wettelijke forfaits in de Meststoffenwet. Met de KringloopWijzer wordt bij de N-excretie in 51% en 16% van de waarnemingen een afwijking van, respectievelijk, meer dan 5% en 10% geconstateerd, terwijl dat met de RVO-forfaits in 59% en 27% van de waarnemingen het geval is. Met de KringloopWijzer wordt bij de P-excretie in 59% en 21% van de waarnemingen een afwijking van, respectievelijk, meer dan 5% en 10% waargenomen, terwijl dat met de RVO-forfaits in 76% en 55% het geval is. De waargenomen afwijkingen tussen voorspelling en meting van de N-excretie en P-excretie is kleiner *tussen* de bedrijven (gemiddeld over een aantal jaren) dan *binnen* een bedrijf (binnen een bedrijf gaat het om de nauwkeurigheid tussen de jaren op één bedrijf).

Gemiddeld over alle waarnemingen, is de afwijking tussen voorspelling en meting echter relatief gering. De N- en P- excretie worden met, respectievelijk 2,3% en 3,2% onderschat. Het verschil tussen voorspelling en meting was echter wel significant. Gemiddeld was de N-excretie met forfaitaire methode niet significant verschillend van de gemeten waarde (+1,0%) terwijl de voorspelling van de P-excretie relatief sterk werd overschat (+11,9%).

De onderschatting van de KringloopWijzer vindt zijn oorzaak op zijn minst deels in een onderschatting van de voeropname die de KringloopWijzer veronderstelt. De in metingen waargenomen voeropname, uitgedrukt in een VEM-dekking (=opgenomen VEM met voer/VEM-behoefte), blijkt op het merendeel van de bedrijven hoger te zijn (5%) dan de veronderstelde VEM-dekking in de KringloopWijzer (2%),. De modelparameters met betrekking tot voersamenstelling (verhouding in VEM/N en VEM/P in het rantsoen) hebben samen met de VEM-dekking een grote invloed op de mate waarin de voorspellingen van N- en P-excretie via de KringloopWijzer afwijken van metingen op individuele Koeien & Kansen-bedrijven. Naast de zojuist genoemde modelparameters wordt de afwijking tussen voorspelling en meting van de N- en P-excretie ook beïnvloed door het maisaandeel in het rantsoen, en de P-excretie mede door de melkproductie per koe, het aandeel bijproducten in het rantsoen en de beweiding; bovendien had jaar van meting een significante invloed op de afwijking van de P excretie. De bijdrage van deze parameters aan de verklaring van de variatie in afwijking tussen voorspelling en meting was echter veel geringer dan die van de VEM/N- en VEM/P-verhouding in het rantsoen en de VEM-dekking.

De gezamenlijke N-opbrengst van gras en snijmaïs wordt door de KringloopWijzer gemiddeld met 1,9% overschat en de P-opbrengst met gemiddeld 2,2% onderschat. Met de KringloopWijzer wordt bij de gezamenlijke N-opbrengst van gras en snijmaïs in 37% en 11% van de waarnemingen een afwijking van, respectievelijk, meer dan 5% en 10% geconstateerd. Bij de gezamenlijke P-opbrengst wordt in 42% en 12% van de waarnemingen een afwijking van, respectievelijk, meer dan 5% en 10% waargenomen.

1 Inleiding

1.1 De KringloopWijzer

De KringloopWijzer is een model dat bedoeld is om voor afzonderlijke melkveebedrijven te berekenen hoeveel stikstof (N) en fosfor (P) er door het bedrijfssysteem rondgaat en hoeveel er verloren gaat naar het milieu. De berekening is gebaseerd op gegevens van de productie van melk en vlees, van de omvang en samenstelling van de veestapel, VEM-, N- en P-gehalten van voer en van veranderingen van voervorraden en van voorraden van kunstmest en organische mest. De KringloopWijzer levert onder meer een schatting op van de hoeveelheid door de dieren uitgescheiden N en P in de (bruto-excretie, excl. gasvormige N-verliezen uit stal en opslag) en in geogste gewassen (Aarts et al., 2015; Oenema & Oenema, 2021). Naast de N- en P-stromen geeft de KringloopWijzer (KLW) ook informatie over onderdelen van de koolstofkringloop zoals de aanvoer van effectieve organische stof naar de bodem en emissies van CO₂ naar de lucht (energieverbruik op het bedrijf en productie en transport van inputs) voor zover onderdeel van de berekening van de broeikasgasemissies.

Informatie over de N- en P-stromen biedt inzicht in de benutting en verliezen van N en P in de kringloop van bodem naar gewassen, van gewas naar vee, van vee naar mest en van mest naar bodem. Bedrijven kunnen dergelijke schattingen gebruiken om hun nutriëntenbeheer te verbeteren, al dan niet op verzoek van afnemers van hun producten. Overheden zouden de schattingen kunnen gebruiken ter bepaling van de hoeveelheid mest die op individuele bedrijven moet worden afgevoerd of mag worden toegediend. Bijlage 1 geeft een toelichting op de werkwijze van deze berekening. Voor een gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar het rekenregelrapport van de KringloopWijzer (Van Dijk et al., 2020) dat jaarlijks wordt geüpdatet.

Kenmerkend voor de KringloopWijzer is dat het de verschillende componenten van het bedrijf: bodem, gewas, vee en mest met elkaar verbindt binnen eenzelfde rekenprocedure. Dit geeft gebruikers een volledig inzicht in de nutriëntenkringloop inclusief trade-offs tussen verschillende onderdelen.

P of P₂O₅?

In dit rapport wordt de voeropname en excretie uitgedrukt in fosfor (P) en de gewasopbrengsten in fosfaat (P₂O₅). Het gebruik van de eenheid P₂O₅ is gebruikelijk in de bemesting en wordt daarom ook vaak gebruikt bij de opname door het gewas.

1.2 Doelstellingen

Voor de betrouwbaarheid van de KringloopWijzer, is een regelmatige toetsing (validatie) van het model nodig. Dit rapport beschrijft de resultaten van de validatie van de versie van de KringloopWijzer uit 2019 (versie 2019.12). Deze validatie is een actualisatie en op onderdelen een verbetering van een eerder uitgevoerde validatie van de KringloopWijzer versie uit 2016 (Oenema et al., 2017)¹.

De toetsing heeft als doel:

- vaststellen van de nauwkeurigheid waarmee de N- en P-excreties van melkvee op bedrijfsniveau (melkkoeien incl. jongvee) en de hoeveelheid geogste N en P₂O₅ van eigen land ('opbrengst van gras en maïs') op bedrijfsniveau door het model worden voorspeld en
- aanwijzingen geven voor oorzaken van afwijkingen tussen voorspelling en meting en verkenning van verdere verbetermogelijkheden van de KringloopWijzer.

¹ Sinds 2013 wordt jaarlijks een nieuwe versie van de KringloopWijzer beschikbaar gesteld voor gebruik door de melkveehouderijsector.

1.3 Afbakening

Deze validatie is uitgevoerd met gegevens van 'Koeien & Kansen-bedrijven' als toetsgroep. Deze toetsgroep vertegenwoordigt een belangrijk deel van de Nederlandse melkveehouderij (Oenema et al., 2017). De validatie die in dit rapport wordt beschreven, is alleen geldig binnen het domein van deze bedrijven. Er zullen echter bedrijfstypen zijn die afwijkend zijn ten opzichte van de 'Koeien & Kansen'-bedrijven en waarvoor de KLW mogelijk minder geldig is. Deze afwijkende bedrijfstypen zijn geïdentificeerd in het advies van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM, 2017). In een separate studie wordt nagegaan op welke kenmerken en in welke mate deze bedrijven afwijken en welke aanpassingen in het rekenmodel KringloopWijzer nodig zijn om de betrouwbaarheid voor deze bedrijfstypen te verbeteren. Dit valt buiten het kader van deze validatie en de resultaten zullen in 2023 apart worden gepubliceerd (Verloop et al., 2023).

Aspecten die te maken hebben met de betrouwbaarheid en fraudegevoeligheid van de invoergegevens van de KringloopWijzer (borging), maken ook geen deel uit van dit rapport.

2 Materialen en methoden

De aanpak van de validatie bestaat eruit dat de voorspelde uitkomsten van de KringloopWijzer worden vergeleken met meetwaarden op Koeien & Kansen-bedrijven.

2.1 Metingen

Koeien & Kansen (K&K) is een project waarin 16, aanvankelijk 17, commerciële melkveebedrijven begeleid worden in een verduurzamingsproces dat met name gericht is op het gebruik en benutting van nutriënten (Oenema et al., 2001). Het gemiddelde K&K-bedrijf was, in de jaren waarop de toets betrekking heeft (2006-2019), 59 hectare groot en leverde in de periode jaarlijks 1094,4 ton melk aan de fabriek. Het aantal koeien bedroeg 128 (2,2 melkkoeien per ha) met een gemiddelde melkproductie van 8590 kg per koe per jaar. Het aantal stuks jongvee bedroeg gemiddeld 40 pinken en 39 kalveren. Op de K&K-bedrijven vinden veel metingen plaats. Die metingen betreffen onder meer de opname van nutriënten in het voer door de veestapel en de afvoer van nutriënten in melk, waarbij de afvoer deels gemeten is (hoeveelheid melk, N-gehalte) en deels bepaald via aangenomen waarden (P-gehalte melk). Het verschil tussen beide is een maat voor de hoeveelheid nutriënten die hetzij worden uitgescheiden in mest en urine, hetzij worden vastgelegd in het dierlichaam (paragraaf 2.1.1). Daarnaast worden in het project K&K-data verzameld over de aan- en afvoer van voer en meststoffen op het bedrijf en over bemesting, beweiding en gewasopgroei (bij gras per snede) van percelen. Aangelegde kuilen worden geanalyseerd (droge stof (DS), N, P, VEM). Deze gegevens worden gebruikt voor de toetsing van de voorspelde gewasopbrengsten in de KringloopWijzer. De meting van de gewasopbrengsten is beschreven in paragraaf 2.1.2.

Een model kan alleen gevalideerd worden op basis van metingen die niet tegelijkertijd gebruikt zijn om het parameters in het model af te leiden. De validatie van de N- en P-excretie voldeed aan dit criterium. De rekenregels om die mestproductie te schatten, welke regelmatig worden geactualiseerd (RVO, 2019), zijn namelijk gebaseerd op een studie van de Werkgroep Tamminga (Tamminga et al., 2004) en hierin is geen gebruik gemaakt van metingen op K&K-bedrijven. De in het model gebruikte rekenregels voor de N- en P-gehalten van weidegras en vers gras bij zomerstalvoeding zijn echter gebaseerd zijn op metingen die zijn uitgevoerd op K&K-bedrijven (periode 2002 – 2016). Deze metingen maken ook deel uit van de dataset die zijn gebruikt bij de validatie.

2.1.1 Meetweken: 'voer min melk is mest'

De metingen van de voeropname vinden plaats in zogenaamde 'meetweken'. Dergelijke metingen vinden niet het gehele jaar plaats maar gedurende minimaal acht weken verspreid over het jaar. De werkwijze wordt nader toegelicht in Bijlage 2a. De representativiteit wordt onderbouwd in Bijlage 2b. Inmiddels zijn dergelijke meetweken over 14 jaar (2006-2019) beschikbaar. Voor de eerste validatie van de KringloopWijzer (Oenema et al., 2017) waren gegevens van tien jaar beschikbaar (periode 2006-2015).

Meetweken vinden plaats in een periode waarin het rantsoen niet gewijzigd wordt door, bijvoorbeeld, het overstappen op een volgende graskuil of een nieuwe partij krachtvoer. Na een rantsoenwijziging wordt een overgangperiode van minimaal een week aangehouden voordat een meetweek wordt gestart. Hierdoor is de verdeling van meetweken niet noodzakelijkerwijs gelijkmatig verdeeld over het jaar.

De voeropname van melkgevende koeien en droogstaande koeien wordt berekend als het verschil tussen het gewicht van het aangeboden voer en het gewicht van de voerresten en wordt uitgedrukt per dier per dag. Ieder aangeboden voedermiddel wordt afzonderlijk gewogen en van elk voedermiddel wordt de samenstelling (droge stof, N, P, VEM, DVE en OEB) per meetweek bepaald. De analyses zijn met de nat-chemische methode uitgevoerd (Weende analyse). Hiermee worden drogestof, as, ruw eiwit, ruw vet en ruwe celstof bepaald, waaruit het VEM-gehalte kan worden berekend. Aangenomen wordt dat de droge

stofaandelen van de afzonderlijke voedermiddelen in het aangeboden rantsoen gelijk zijn aan die in de voerrest. Er wordt dus verondersteld dat de dieren niet in het voer selecteren. Dit wordt verantwoord geacht omdat de meeste deelnemende K&K bedrijven gebruik maken van een voermengwagen. Krachtvoer kan aan een ruwvoermengsel worden toegevoegd en ook afzonderlijk worden aangeboden in krachtvoerboxen, in de melkstal en bij de melkrobot.

Voor meetweken die betrekking hebben op delen van het jaar waarin ook geweid wordt doet zich het probleem voor dat de weidegrasopname niet gemeten kan worden, maar het weidegras wel bemonsterd en geanalyseerd is. In dat geval is de weidegrasopname via de volgende stappen berekend:

1. De VEM behoefte is berekend conform de methodiek beschreven in de Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkvee (Anonymus, 2019), waarbij de VEM-dekking in de weideperiode per bedrijf wordt afgestemd op de VEM-dekking in de periode voorafgaand aan de beweiding,
2. De kVEM-opname uit de overige voedermiddelen (niet-vers gras) is vastgesteld volgens hetzelfde protocol als in de meetweken gedurende de stalperiode,
3. De kVEM-opname uit vers gras is berekend als het verschil tussen de berekende kVEM-behoefte (op basis van de bedrijfsspecifieke VEM-dekking zoals bepaald in stap 1) en de gemeten kVEM-opname uit alle overige voedermiddelen,
4. De kVEM-opname uit vers gras is met behulp van het gemeten VEM-gehalte van het weidegras omgerekend naar droge stofopname,

Stap 1 van de bepaling van de weidegrasopname is aangepast ten opzichte van de eerder uitgevoerde validatie (Oenema et al., 2017). Voorheen werd aangenomen dat de VEM behoefte in de weideperiode voor alle bedrijven 102% bedroeg. In de dataset die gebruikt is voor de onderhavige validatie is met terugwerkende kracht de weidegrasopname voor de gehele meetperiode gecorrigeerd, zoals beschreven in het hierboven beschreven stappenplan.

Het is op praktijkbedrijven niet mogelijk om de voeropname van het jongere jongvee (JV<1 jaar) op een nauwkeurige manier vast te stellen. Voor het oudere jongvee (JV>1 jaar) is de voeropname wel vastgesteld op vijf, aanvankelijk zes, K&K-bedrijven. De gevolgde procedure hiervoor is gelijk voor melkgevende koeien en droogstaande koeien. De gegevens van deze bedrijven zijn gebruikt om een schatting te maken van het voerverbruik door deze categorie op de overige 11 K&K bedrijven. Bijlage 3 geeft een beschrijving van de gebruikte procedure voor de aldus geschatte voeropname van het oudere jongvee. In diezelfde bijlage wordt ook ingegaan op de wijze waarop de voeropname van het jongere jongvee is ingerekend.

Tijdens de meetweek wordt vanuit de tankmelkleveranties de melkgift vastgesteld en wordt de melk geanalyseerd op vet, eiwit, lactose en melkureum. De melkgift wordt gecorrigeerd naar de standaardwaarden voor vet en eiwit (Fat and Protein Corrected Milk, FPCM).

Op voornoemde wijze kan een schatting gemaakt worden van de totale hoeveelheid en aard (VEM, DS, N, P) van het voer dat gemiddeld per kg FPCM per dier en per dag blijkens metingen nodig is geweest. Door de hoeveelheden (gemeten) N en (forfaitaire) P² in de afgevoerde melk alsmede de forfaitair geschatte vastlegging van N en P in de veestapel (Anonymus, 2019) in mindering te brengen op de (gemeten) hoeveelheid met voer opgenomen N en P, kan een schatting gemaakt worden van de bruto excretie. De bruto excretie van N heeft betrekking op de excretie vóór aftrek van de gasvormige N-verliezen uit stal en opslag ('excretie onder de staart'). De gemeten excretie wordt dus niet daadwerkelijk gemeten, maar wordt berekend via bovengenoemde balans. Daarbij moet worden benadrukt dat ook deze balansposten deels op berekeningen (vastlegging in dieren) en forfaitaire gehalten (fosforgehalte in melk) zijn gebaseerd.

2.1.2 Gewasopbrengst: combinatie van meten en schatten

Op de meeste melkveebedrijven bestaat het zelf geteelde voer uit maïskuil, graskuil en weidegras. In deze paragraaf wordt ingegaan hoe de droge stof-, N- en P₂O₅-opbrengsten zijn bepaald op de K&K bedrijven.

Grasopbrengsten

² Vanaf 2019 wordt het P-gehalte op melkveebedrijven gemeten en als invoer opgevraagd in de KringloopWijzer. Voor de validatie wordt echter nog gerekend met een forfaitaire waarde in de meetweken (97 mg/100 g melk). In 2019 was het gemiddelde gemeten P-gehalte in de melk op de Koeien & Kansen bedrijven 99,5 met een standaardafwijking van 2,2.

Voor de graslandpercelen zijn per snede de opbrengsten bepaald. Bepaling van de grasopbrengsten zijn via verschillende methoden en hulpmiddelen uitgevoerd, onder andere afhankelijk van het gebruik (maaïen en weiden).

Maaïen

Als hulpmiddel voor de schatting van de grasopbrengst gebruiken veel veehouders de gras-hoogtemeter. Er bestaat namelijk een zekere relatie tussen grashoogte en oogstbare ('bruto') hoeveelheid gras (Keuning, 1988; Holshof en Stienezen, 2016). Het meten van de grashoogte gebeurt door per snede op 30 aselechte metingen per perceel uit te voeren. In de praktijk wordt de grashoogtemeter meestal door de veehouder gebruikt om zijn eigen gevoel voor het schatten van de opbrengst te iken. De meeste veehouders gaan vervolgens over op schatting met het blote oog. Op de K&K-bedrijven worden beide methoden (grashoogtemeter en visueel) toegepast.

De maaïopbrengst is bij schatting met behulp van de grashoogtemeter een bruto-opbrengst (exclusief oogst- en conserveringsverliezen). Als ijking van hun schattingsmethoden gebruikten de deelnemende melkveehouders het wegen en tellen van wagens. Deze methode levert een schatting van de netto-maaïopbrengsten (gecorrigeerd voor veldverliezen) op.

De K&K-bedrijven hebben al vanaf 1999 ervaring opgedaan met het verzamelen en registreren van de gewasopbrengsten. Voor de toetsing worden alleen gegevens gebruikt vanaf 2006.

Weiden

Veehouders kunnen de grasopbrengst bij beweiden op drie manieren schatten:

1. Op basis van koe-dagen beweiding x aangenomen DS-opname per koe-dag en/of koe-uur beweiding, afhankelijk van de bijvoeding op stal.
2. Met de grashoogtemeter,
3. Schatten op het oog.

Nacalculaties

De bruto-maaïopbrengsten zijn voor alle jaren en per bedrijf genormaliseerd naar netto-opbrengsten door uit te gaan van 10% veldverliezen. Afhankelijk van de methode van bepaling zijn de maaïopbrengsten gecontroleerd en zo nodig aangepast, vaak in overleg met de veehouder. De weideopbrengsten zijn per snede vergeleken met berekende opbrengsten op basis van groeidagen. Bij duidelijke afwijkingen worden de opbrengsten die zijn geschat op basis van voornoemde methoden in overleg met de veehouder bijgesteld. Het resultaat is de droge stofopname uit gras die per ha door het weidend melkvee is opgenomen. Dit betreft een netto-weidegrasopbrengst dus gecorrigeerd voor beweidingsverliezen.

Snijmaïsoopbrengsten

Het schatten van de maïsoopbrengst is hoofzakelijk uitgevoerd door het wegen en tellen van wagens. In een enkel geval is de maïsoopbrengst geschat met het blote oog op basis van verwante percelen waar de opbrengst via weging is bepaald.

Gehalten

In de KringloopWijzer wordt er per voedermiddel een gemiddelde samenstelling afgeleid (DS, VEM, N en P₂O₅). In het geval van kuilvoerders is een gewogen gemiddelde afgeleid op basis van de analyses van individuele kuilen en de vastgestelde kuilvolumes. In beginsel zijn voor de bepaling van de gemeten N- en P₂O₅-opname door de gewassen aan de gemeten opbrengsten dezelfde N- en P₂O₅-gehalten gebruikt als bij de schatting van de N- en P₂O₅-opname door de KringloopWijzer.

Voor ieder afzonderlijk bedrijfsjaar hebben op bedrijven registraties plaatsgevonden van aangevoerde N- en P-stromen (kunstmest, krachtvoer, ruwvoer, eventueel vee) en de afgevoerde stromen (melk, vee) en van interne stromen (uitgereden mest, beweidingsintensiteit, winning via oogsten van zelf-geteelde voeders). Op basis van de verkregen gegevens wordt een mineralenkringloop voor N en P per bedrijfsjaar opgesteld volgens de systematiek beschreven in Oenema et al., 2015.

2.1.3 Dataset

In beginsel zijn er van elk jaar (2006-2019) van 16 K&K-bedrijven meetgegevens beschikbaar (Tabel 2.1). Door de periode heen is de samenstelling van de groep veranderd, met als gevolg dat er in totaal van 24 bedrijven gegevens beschikbaar zijn in de periode waarin metingen zijn verricht. De volgende meetgegevens waren beschikbaar in de dataset:

- gemeten voeropnames in de vorm van meetweekcijfers,
- gemeten melkproducties in de vorm van meetweekcijfers,
- op metingen gebaseerde gewasopbrengsten, en
- op berekeningen gebaseerde excreties

Tabel 2.1 Dataset met bedrijven, de periode van metingen en het aantal beschikbare jaren met gemeten voeropnames en gewasopbrengsten.

Bedrijf	Periode	Aantal jaren	
		Voeropname	Gewasopbrengsten
1	2010 - 2019	10	10
2	2006 - 2007	2	2
3	2010 - 2019	10	10
4	2006 - 2019	14	14
5	2006 - 2008	2	3
6	2018 - 2019	2	2
7	2010 - 2019	10	10
8	2015 - 2019	5	5
9	2006 - 2014	7	9
10	2010 - 2019	10	10
11	2006 - 2019	13	14
12	2006 - 2017	12	12
13	2015 - 2019	5	5
14	2007 - 2019	11	13
15	2006 - 2009	4	4
16	2006 - 2015	10	9
17	2006 - 2019	14	13
18	2006 - 2019	14	14
19	2006 - 2008	3	3
20	2006 - 2019	14	14
21	2018 - 2019	2	2
22	2006 - 2019	14	11
23	2006 - 2019	14	14
24	2010 - 2011	2	0
Totaal		204	203

Vergeleken met de vorige validatie (Oenema et al., 2017) is de dataset nog extra gecontroleerd op 'invoerfouten' waarbij vooral is gekeken naar afwijkende gehalten in voedermiddelen. De dataset van de gemeten voeropnames en de daaruit berekende mestproductie (paragraaf 2.1.1) is onafhankelijk bepaald van de 'metingen' van de gewasopbrengst (paragraaf 2.1.2). Met andere woorden: de gewasopbrengsten in de laatstgenoemde dataset zijn niet de gewasopbrengsten die (onder verrekening van inkuil- en voerverliezen en onder verrekening van aangekochte voeders en voorraadwijzigingen) berekend zouden kunnen worden uit de meetweken. De gewasopbrengsten zoals hier gerapporteerd zijn het resultaat van een afzonderlijk meetprogramma, zoals beschreven in 2.1.2.

2.2 Voorspellingen

Voor een eenvoudige beschrijving van de voorspelde voeropname volgens de KringloopWijzer wordt verwezen naar Bijlage 1. In die bijlage wordt ook aangegeven welk deel van de voorspelling gebaseerd is op vaste waarden (constanten) en schatters en welk deel op bedrijfsspecifieke invoergegevens. Een meer gedetailleerde beschrijving van de voeropname via de KringloopWijzer is te vinden in het Rekenregelrapport (Van Dijk et al., 2020).

De voorspelling van de voeropname komt er op neer dat aan de geregistreerde samenstelling (w.o. aantallen, categorie en veeslag-specifiek gewicht) en productiviteit van de veestapel een energiebehoefte wordt toegekend. Die energiebehoefte wordt vervolgens op basis van de aanleg van eigen kuilvoer, de aanleg van aangekocht ruw- en krachtvoer en het gehanteerde beweidingssysteem, verdeeld over weidegras, kuilgras en snijmaïs van eigen land. Op basis van de (via NIRS-analyse gemeten) hoeveelheid N en P_2O_5 in de verschillende voedermiddelen kan een voorspelling gedaan worden van de hoeveelheid door de veestapel opgenomen N en P_2O_5 . De weidegrasopbrengst wordt hierbij niet simpelweg berekend als de totale kVEM-behoefte minus de kVEM-opname uit krachtvoer, kuilen van eigen land en aangekocht ruwvoer, maar op basis van de onderlinge verhoudingen in kuilhoeveelheden en het opgegeven beweidingssysteem (zie Bijlage 1 en paragrafen 2.1.2.12 en 2.1.2.15 in Schröder et al. (2016)). Door de hoeveelheden (gemeten) N en (forfaitaire) P in de afgevoerde melk alsmede de forfaitair geschatte vastlegging van N en P in de veestapel in mindering te brengen op die voorspelde hoeveelheid met voer opgenomen N en P, kan een schatting gemaakt worden van de bruto excretie, dat wil zeggen de excretie vóór aftrek van gasvormige N-verliezen uit stal en opslag. Dat betekent dat niet een *gemeten* voeropname en melkproductie de basis vormen voor een schatting van de excretie van N en P (zoals in de meetweken het geval is (paragraaf 2.1), maar dat een *geschatte* voeropname (in combinatie met gemeten N en P gehalten) en een gemeten melkproductie (in combinatie met gemeten N en geschatte P gehalten) hiervan de basis vormt. De afvoer van N en P met melk is in de meetweken en de KLV-methode dus exact aan elkaar gelijk. De geschatte opname van N en P met voer vormt, na correcties voor aangekochte voeders, vervoederings- en conserveringsverliezen en voorraadwijzigingen, tevens een maat voor de hoeveelheid nutriënten die klaarblijkelijk in het desbetreffende jaar met het geogste voer van het eigen land zijn gehaald (netto-gewasopbrengst, excl. veldverliezen).

Op deze wijze bevat de dataset op basis van onder meer de gemeten melkproductie, de volgende voorspellingen:

- voeropnames (drogestof, N en P);
- Bruto N- en P-excretie;
- Netto-gewasopbrengsten (drogestof, N en P_2O_5).

2.3 Vergelijking voorspelling en meting

In het kader van de in dit rapport beschreven toets, worden de diverse metingen (paragraaf 2.1) en de voorspellingen volgens de KringloopWijzer (2.2) met elkaar geconfronteerd. Bij deze confrontaties is de afwijking van de voorspelling ten opzichte van de meting uitgedrukt als percentage van de meting. Het betreft de voeropname (kVEM, DS, N, P), de netto-gewasopbrengst op eigen land (DS, N, P_2O_5) en de bruto excretie (N, P). Allereerst is nagegaan of de totale N- en P-opname, zoals gemeten in de 8 meetweken, representatief zijn voor de totale voeropname volgens de KringloopWijzer die is gebaseerd op het hele jaar. Vervolgens is nagegaan of de *voorspelde* bruto excretie van N en P, de opgenomen N en P met voer en de N- en P_2O_5 -gewasopbrengst afwijkt van de *gemeten* waarden. Hierbij is gebruik gemaakt van een variantiecomponenten model (REML-analyse), waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen de variatie tussen bedrijven en de variatie tussen jaren binnen bedrijven. De Wald-toets is gebruikt om te bepalen of een verschil tussen meting en voorspelling significant groter is dan nul ($P < 0,05$). Tenslotte is nagegaan of eventuele afwijkingen tussen meting en voorspelling samenhangen met bepaalde bedrijfskenmerken zoals intensiteit (o.a. melkproductie per ha), beweiding en VEM-dekking. Ook hiervoor is gebruik gemaakt van een REML-analyse, met een Wald-toets en tevens is de marginale R^2 bepaald (Nakagawa & Schielzeth, 2013). De marginale R^2 is een maat voor het percentage verklaarde variantie in een variantiecomponenten model. Er is zowel een enkelvoudige als multipale lineaire REML-analyse uitgevoerd, waarbij regressiecoëfficiënten zijn

getoetst bij $P < 0,05$. De statistische analyse is uitgevoerd met Genstat (19^e editie). Ter indicatie is bij het bespreken van de resultaten van de confrontaties in de afwijking van de voorspelling ten opzichte van de meting een percentage afwijking van 10% gebruikt.

De genoemde vergelijkingen zijn uitgevoerd met data voor excreties van 204 bedrijfsjaren, 14 jaren en 24 bedrijven en voor gewasopbrengsten van 203 bedrijfsjaren, 14 jaren en 23 bedrijven (Tabel 2.1).

3 Resultaten

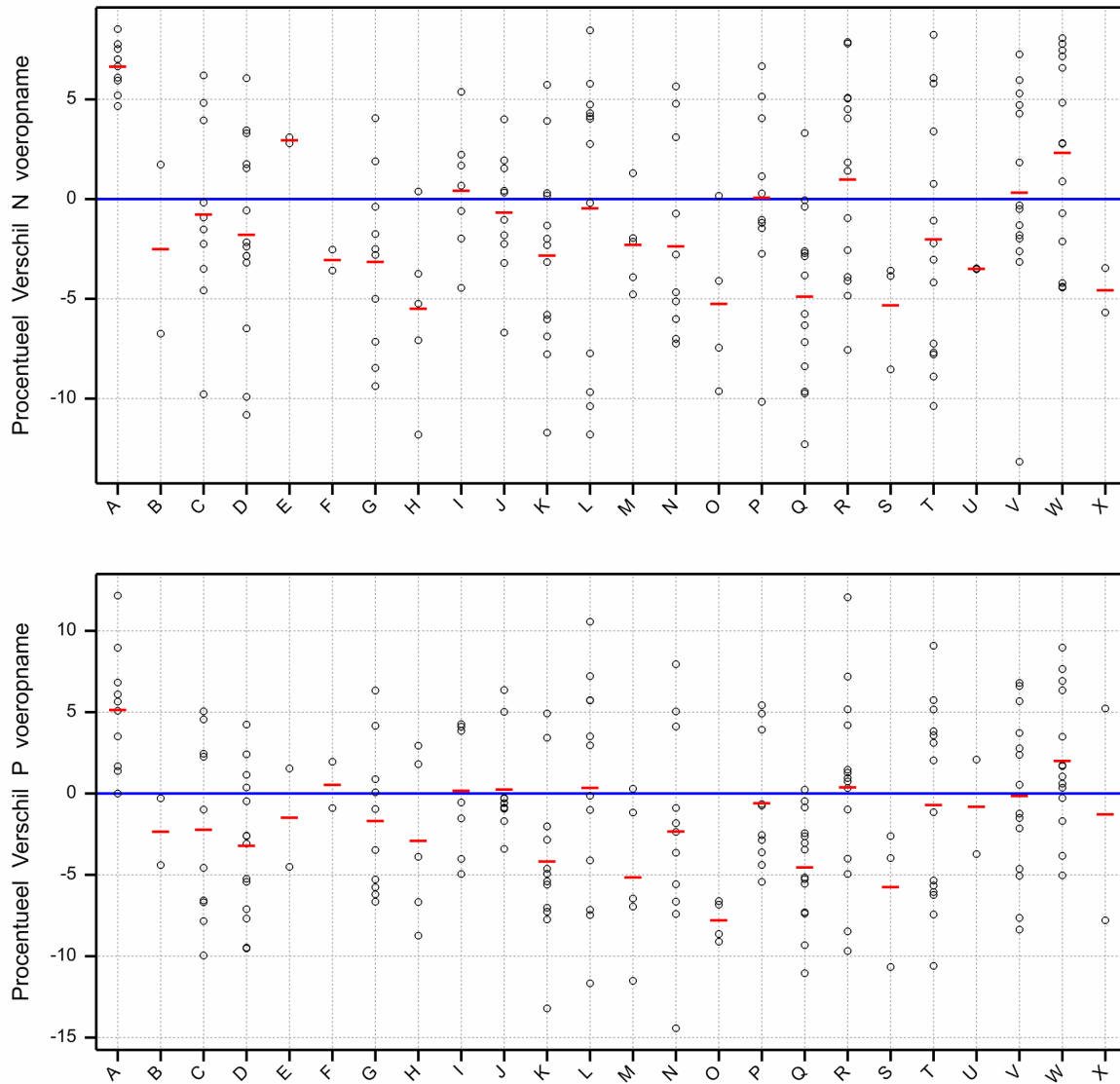
In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van de confrontatie van voorspelde en gemeten voeropname, excretie en gewasopbrengsten. Het hoofddoel van de validatie is het vaststellen van de nauwkeurigheid van de N- en P-excretie en van de N- en P₂O₅-opbrengst van gras en maïs. Zoals eerder aangegeven wordt de N- en P-excretie berekend volgens de 'balansmethode' als het verschil tussen de N- en P-voeropname en de vastlegging van N en P in melk en vlees. Daarom wordt eerst de confrontatie van voorspelde en gemeten opname van N en P met voer besproken, gevolgd door die van de excretie en de gewasopbrengsten. Tot slot worden de resultaten besproken van de analyse van de variatie in afwijking van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie. Deze analyse geeft mede duiding aan de oorzaken van variatie in afwijking van de voorspelde en gemeten N- en P₂O₅-gewasopbrengst. Dit wordt verder toegelicht in Hoofdstuk 3.4. Een analyse van de afwijking van de voorspelde met de gemeten N- en P₂O₅-gewasopbrengst is niet uitgevoerd.

3.1 N- en P-opname met voer

In deze paragraaf worden uitsluitend de resultaten van de totale N- en P-opname gepresenteerd. De resultaten voor de verschillende voercomponenten worden in Bijlage 4 weergegeven.

In Figuur 3.1 is per bedrijf de procentuele afwijkingen weergegeven tussen de voorspelde (KringloopWijzer) en gemeten (meetweken) N- en P-voeropname (kg per aangeklede koe per jaar)³. Positieve waarden op de y-as geven aan dat de voorspelling hoger is dan de meting; negatieve waarden geven aan dat de voorspelling lager is dan de meting. Op 7 van de 24 toetsbedrijven (29%) is de gemiddelde voorspelling van de N- en P-voeropname over de meetjaren (rode lijnstukjes in Figuur 3.1) hoger dan de meting en op 17 bedrijven (71%) is de gemiddelde voorspelling over de meetjaren lager dan de meting. De bolletjes in Figuur 3.1 geven de variatie van het verschil tussen voorspelde en gemeten N- en P-opname met voer voor een bedrijf aan (het aantal jaren dat een jaar heeft meegedaan verschilt tussen de bedrijven). Op geen van de 24 toetsbedrijven wordt de N-voeropname door de KringloopWijzer met meer dan 10% overschat, bij de P-voeropname is dat op 3 bedrijven (13%) in één of meerdere meetjaren wel het geval. Op 7 bedrijven (29%) wordt de N-voeropname in één of meerdere meetjaren met meer dan 10% onderschat, voor de P-voeropname is dat op 8 bedrijven (33%) het geval. Op geen enkel bedrijf wordt de N-voeropname in een bepaald meetjaar met meer dan 10% overschat en in een ander meetjaar met meer dan 10% onderschat. Voor de P-voeropname is dit op 1 bedrijf (4%) wel het geval.

³ Dat wil zeggen: een melkkoe, inclusief droogstand, inclusief het -bedrijfsspecifiek bepaalde- bijbehorende jongvee



Figuur 3.1 Procentuele verschillen tussen voorspellingen en metingen van de N- en P-voeropname voor toetsbedrijven van de KringloopWijzer (n=24). Positieve waarden op de y-as geven aan dat de voorspelling hoger is dan de meting. De bolletjes geven de verschillen per jaar binnen een bedrijf, de rode lijnstukjes geven het gemiddelde verschil per bedrijf over de jaren.

Tabel 3.1 geeft weer de gemiddelde voorspelde en gemeten N- en P-voeropname (kg/aangeklede koe/jaar) en het resultaat van de statistische analyse. Gemiddeld zijn de voorspelde voeropnames van N en P, respectievelijk, 1,3% en 1,4% lager dan de gemeten voeropnames. Ondanks de relatief kleine procentuele afwijking tussen voorspelling en meting is dit verschil voor zowel N- als P-voeropname wel significant ($P < 0,05$). De spreiding in de afwijking tussen voorspelling en meting is tussen de bedrijven lager (zie ook de rode lijnstukjes in Figuur 3.1) dan binnen de bedrijven (binnen een bedrijf gaat het om verschillen in afwijking tussen de jaren op één bedrijf, zie ook de positie van de bolletjes binnen een bedrijf).

Tabel 3.1 Voorspelde (KringloopWijzer) en gemeten (Meetweek) gemiddelde N- en P-voeropname (in kg per aangeklede koe per jaar) op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatiecoëfficiënt tussen voorspelde en gemeten waarden en de resultaten van de statistische analyse (n=204 bedrijfsjaren).

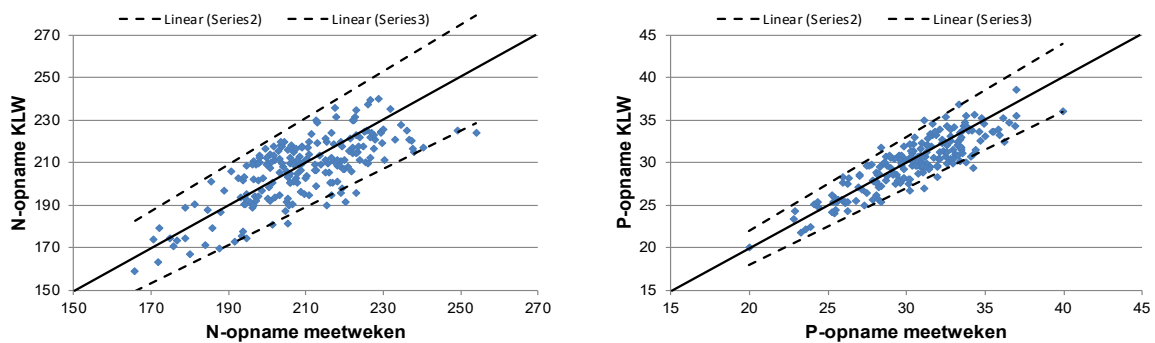
	N-voeropname	P-voeropname
Gemiddeld voorspeld ¹ , kg per aangeklede koe per jaar	211,2 (15,5)	30,7 (3,2)
Gemiddeld gemeten ¹ , kg/aangeklede koe/jaar	214,1 (15,1)	31,2 (3,2)
Correlatiecoëfficiënt	0,74	0,86
<i>Statistische analyse</i>		
Gemiddelde procentuele afwijking ² , %	-1,3	-1,4
Spreiding tussen bedrijven ³ , %	2,3	2,1
Spreiding binnen bedrijven ³ , %	5,0	4,9
Wald-toets (P-waarde)	0,03	0,014

¹ Tussen haakjes de standaardafwijking

² Verschil tussen voorspelling en meting, rekening houdend met de bedrijven en jaren binnen een bedrijf.

³ Standaardafwijking.

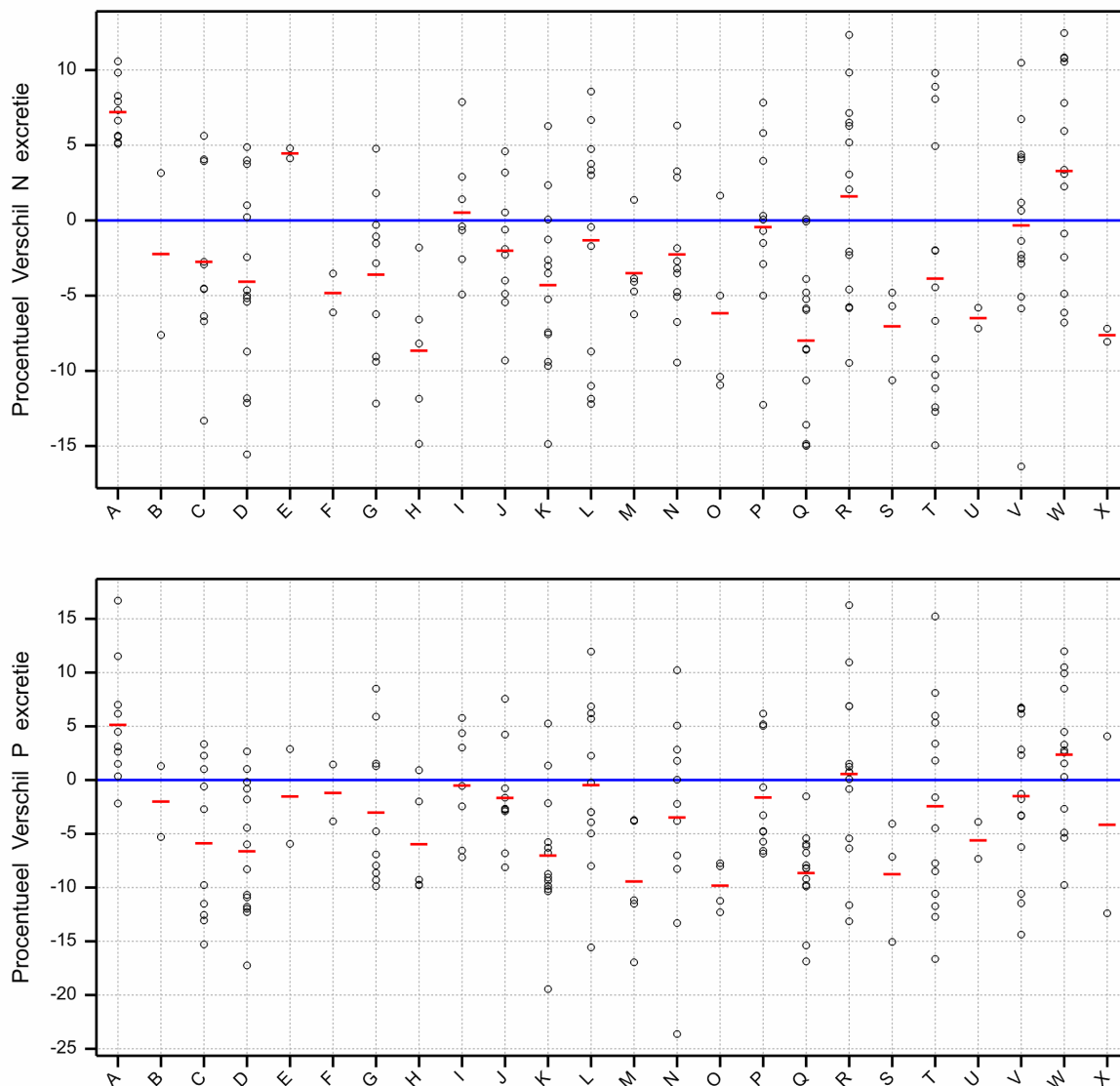
In Figuur 3.2 zijn de waarden voor de voorspelde en gemeten N- en P-voeropname (kg/aangeklede koe/jaar) per bedrijfsjaar weergegeven. Elke waarnemingspunt vertegenwoordigt een combinatie van bedrijf en jaar. Er is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende bedrijven en jaren binnen een bedrijf. In Bijlage 5 zijn de waarden in tabelvorm weergegeven. De correlatiecoëfficiënt tussen de voorspelde en de gemeten waarde van de N- en P-excretie bedraagt respectievelijk 0,74 en 0,86 (Tabel 3.1). Ter indicatie is in Figuur 3.2 tussen de onderbroken lijnen het gebied aangegeven waarin de afwijking van de meetwaarde minder dan $\pm 10\%$ bedraagt. Voor wat betreft de N-voeropname valt 4% van de bedrijfsjaren buiten dat gebied. In alle gevallen betreft het waarnemingen waar de voorspelde N-opname 10% of meer lager is dan de meting. Bij de P-voeropname valt 5% van de bedrijfsjaren buiten het 10%-gebied. Daarvan heeft 1 procentpunt betrekking op een overschatte voorspelde excretie en 4 procentpunten betrekking op een onderschatte voorspelde P-voeropname.



Figuur 3.2 Gemeten N- en P-voeropname (kg/aangeklede koe/jaar) in de meetweken (X-as) en voorspeld met de KringloopWijzer (KLW; Y-as). De doorgetrokken lijn geeft de $y=x$ lijn weer en de onderbroken lijnen het bereik van 10% afwijking van de meetwaarde.

3.2 N- en P-excretie

In Figuur 3.3 is per bedrijf de procentuele afwijking weergegeven van de N- en P-excretie (kg per aangelede koe per jaar⁴) tussen voorspelling en de berekende excretie⁵. Positieve waarden op de y-as geven aan dat de voorspelling hoger is dan de meting; negatieve waarden geven aan dat de voorspelling lager is dan de meting. Op 5 van de 24 toets-bedrijven (21%) is de gemiddelde voorspelling van de N-excretie over de meetjaren (rode lijnstukjes in Figuur 3.3) hoger dan de meting en op 19 bedrijven (79%) is de gemiddelde voorspelling over de meetjaren lager dan de meting. Voor de P-excretie zijn de percentages respectievelijk 13% (3 bedrijven) en 87% (21 bedrijven). De bolletjes in Figuur 3.3 geven de variatie van het verschil tussen voorspelde en gemeten N- en P-excretie voor een bedrijf aan. Op 4 bedrijven (17%) is in één of meerdere meetjaren de voorspelde N-excretie meer dan 10% hoger dan de meting, terwijl op de helft van de bedrijven (50%) één of



Figuur 3.3 Procentuele verschillen tussen voorspellingen en metingen van de N- en P-excretie voor toetsbedrijven van de KringloopWijzer (n=24). Positieve waarden op de y-as geven aan dat de voorspelling hoger is dan de meting. De bolletjes geven de verschillen per jaar binnen een bedrijf, de rode lijnstukjes geven het gemiddelde verschil per bedrijf over de jaren.

⁴ Dat wil zeggen: een melkkoe, inclusief droogstand, inclusief het bedrijfsspecifieke bijbehorende jongvee)

⁵ Berekend uit als de gemeten opname van N en P met voer minus de N- en P-productie in melk (meetweek).

meerdere meetjaren de voorspelde N-excretie meer dan 10% lager is dan de meting. De voorspelde P-excretie was op 6 bedrijven (25%) in één of meerdere meetjaren meer dan 10% hoger dan de gemeten waarde en op 14 bedrijven (54%) in één of meerdere meetjaren meer dan 10% lager dan de gemeten waarde. Op geen enkel bedrijf wordt de N-excretie in een bepaald meetjaar met meer dan 10% overschat en in een ander meetjaar met meer dan 10% onderschat. Voor de P-excretie is dit op 4 bedrijven (17%) wel het geval.

Tabel 3.2 geeft weer de gemiddeldes van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie (kg/aangeklede koe/jaar) en het resultaat van de statistische analyse.. Gemiddeld zijn de voorspelde excreties van N en P, respectievelijk 2,3% en 3,2% kleiner dan de gemeten excreties. Ondanks het relatief kleine gemiddelde verschil tussen voorspelling en meting is dit verschil voor zowel N als P wel significant ($P < 0,05$).

De spreiding in de afwijking tussen voorspelling en meting is tussen de bedrijven lager (zie ook de rode lijnstukjes in Figuur 3.3) dan binnen de bedrijven (binnen een bedrijf gaat het om verschillen in afwijking tussen de jaren op één bedrijf, zie ook de positie van de bolletjes binnen een bedrijf).

Tabel 3.2 Voorspelde (KringloopWijzer) en gemeten (Meetweek) gemiddelde N- en P-excretie (in kg per aangeklede koe per jaar) op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatiecoëfficiënt tussen voorspelde en gemeten waarden en de resultaten van de statistische analyse ($n=204$ bedrijfsjaren).

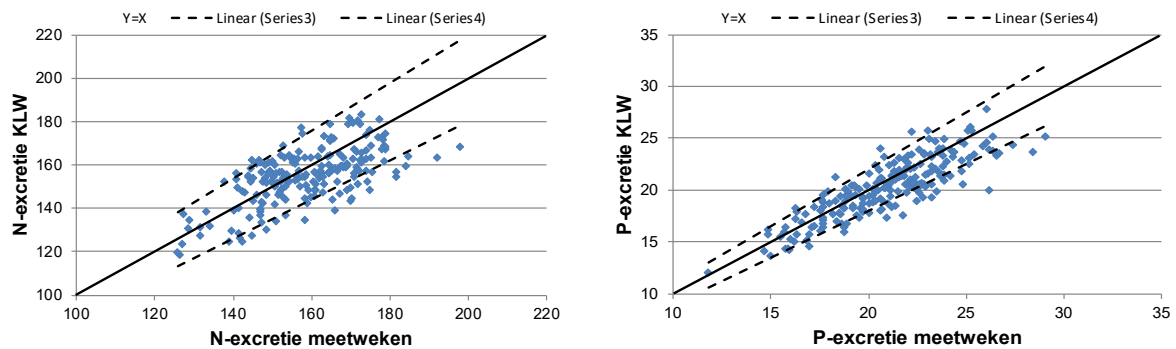
	N-excretie	P-excretie
Gemiddeld voorspeld ¹ , kg per aangeklede koe per jaar	154,9 (12,8)	20,2 (2,8)
Gemiddeld gemeten ¹ , kg per aangeklede koe per jaar	158,4 (13,2)	20,9 (3,0)
Correlatiecoëfficiënt	0,65	0,85
<i>Statistische analyse</i>		
Gemiddelde procentuele afwijking ² , %	-2,3	-3,2
Spreiding tussen bedrijven ³ , %	3,2	3,1
Spreiding binnen bedrijven ³ , %	5,9	6,7
Wald-toets (P-waarde)	0,004	<0,001

¹ Tussen haakjes de standaardafwijking

² Verschil tussen voorspelling en meting, rekening houdend met de bedrijven en jaren binnen een bedrijf.

³ Standaardafwijking.

In Figuur 3.4 zijn de waarden voor de voorspelde en gemeten N- en P-excretie (kg/aangeklede koe/jaar) per bedrijfsjaar weergegeven. Elke waarnemingspunt vertegenwoordigt een combinatie van bedrijf en jaar. Er is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende bedrijven en jaren binnen een bedrijf. In Bijlage 6 zijn de waarden in tabelvorm weergegeven. De correlatiecoëfficiënt tussen de voorspelde en de gemeten waarde van de N- en P-excretie bedraagt respectievelijk 0,65 en 0,85 (Tabel 3.2). Ter indicatie is in Figuur 3.4 tussen de onderbroken lijnen het gebied aangegeven waarin de afwijking van de meetwaarde minder dan $\pm 10\%$ bedraagt. Voor wat betreft de N-excretie valt 16% van de bedrijfsjaren buiten dat gebied. Van die 16% hebben 3 procentpunten betrekking op situaties waarin de voorspelde N-excretie meer dan 10% hoger is dan de meting, en 13 (t.w. 16-3) procentpunten betrekking op situaties waarin de voorspelde N-excretie meer dan 10% lager is dan de meting. Bij de P-excretie valt 21% van de bedrijfsjaren buiten het 10%-gebied. Daarvan hebben 4 procentpunten betrekking op een overschatte voorspelde excretie en 17 procentpunten betrekking op een onderschatte voorspelde P-excretie.

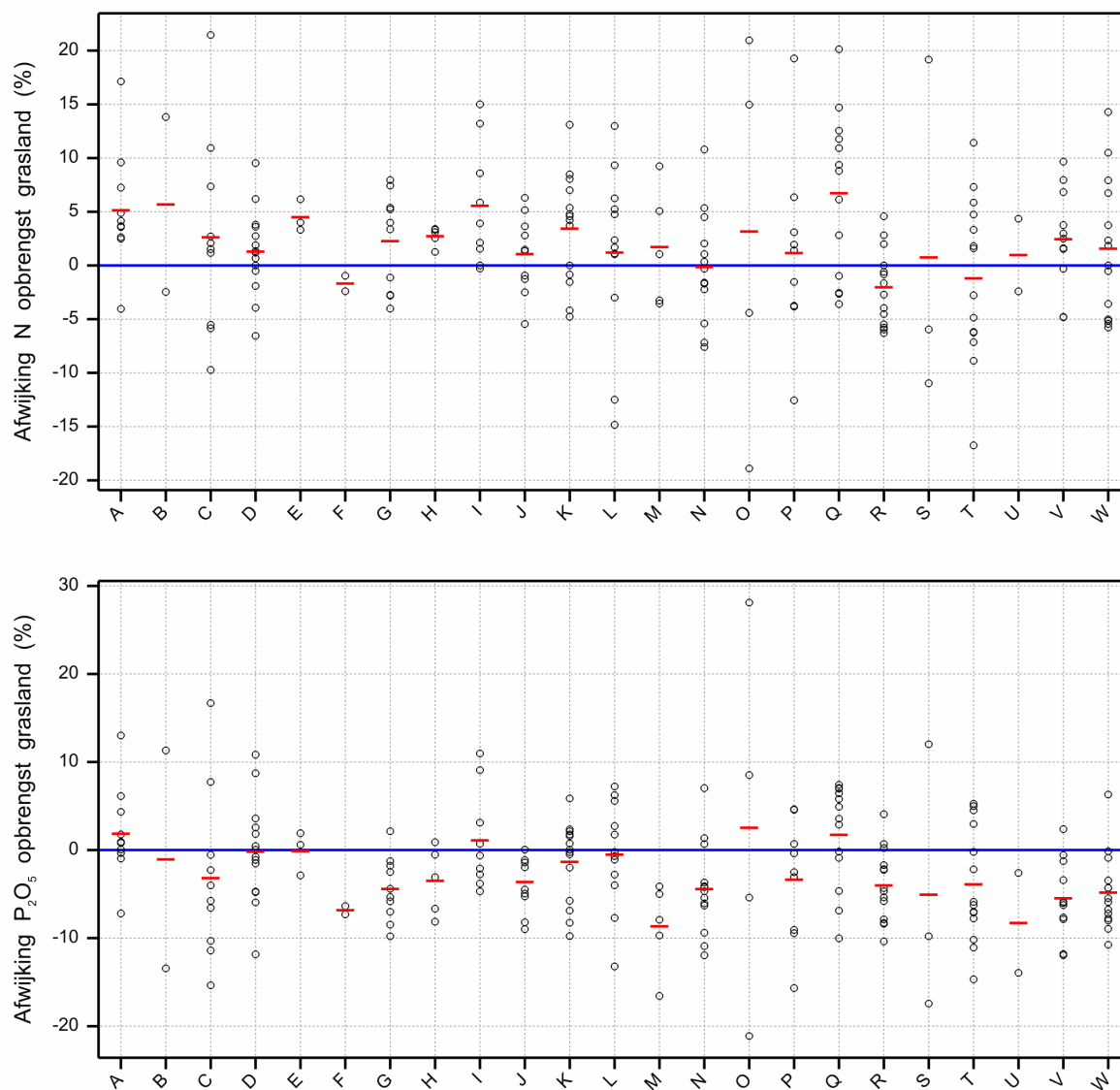


Figuur 3.4 Gemeten N- en P-excretie (kg/aangeklede koe/jaar), berekend uit de gemeten voeropname (Meetweek; X-as) en voorspeld met de KringloopWijzer (KLW; Y-as). De doorgetrokken lijn geeft de $y=x$ lijn weer en de onderbroken lijnen het bereik van 10% afwijking.

3.3 Gewasopbrengst

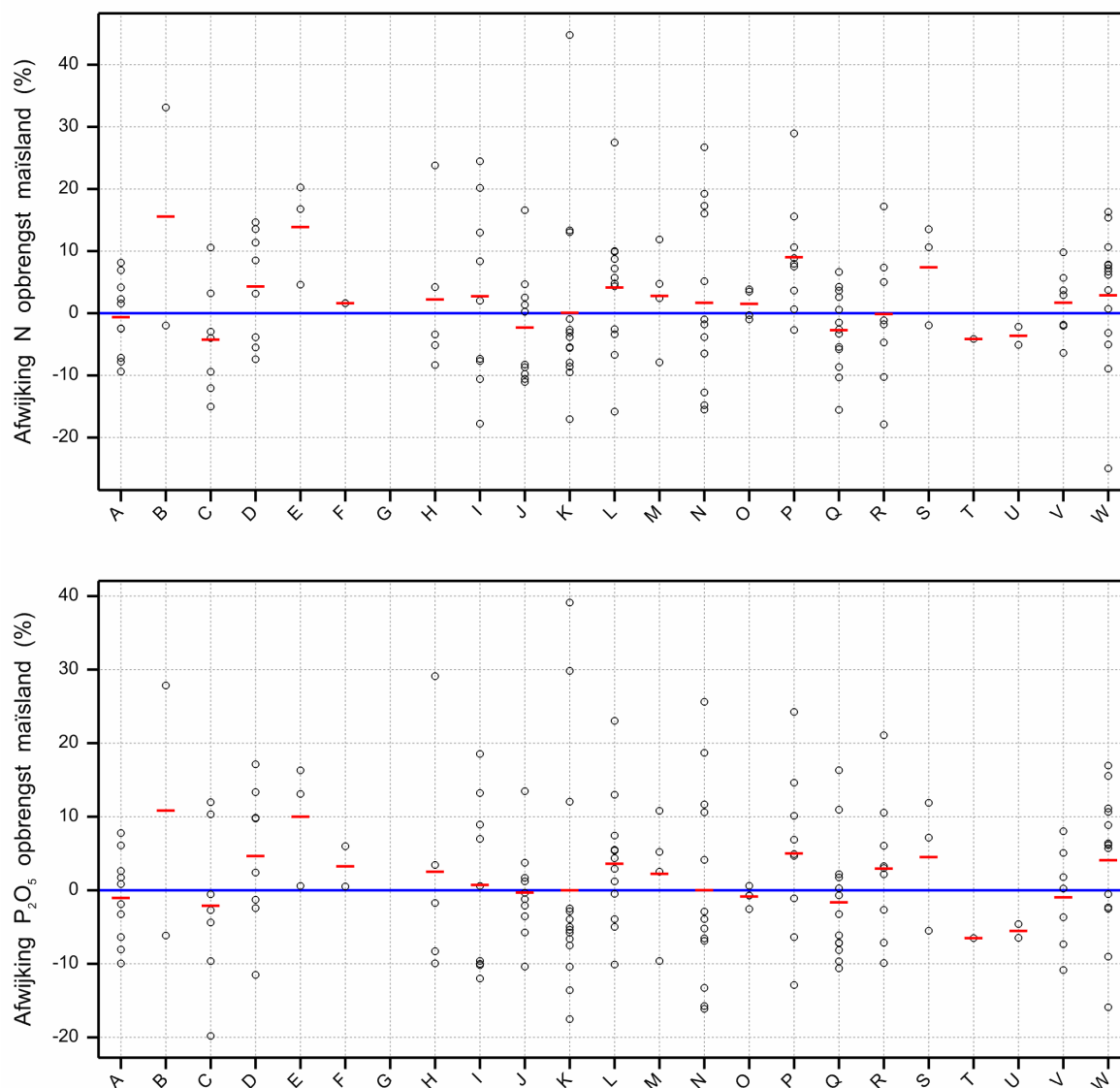
De KringloopWijzer maakt ook voorspellingen van de gewasopbrengsten van grasland en maïsland. De opbrengst van de overige gewassen (dit kunnen zowel voedergewassen als vermarktbaar gewassen zijn) wordt in de KringloopWijzer niet geschat, maar wordt bij de invoer opgegeven. De validatie beperkt zich om die reden tot gras en maïs. Bij de toetsing is een onderscheid gemaakt tussen de opbrengsten (P_2O_5 , N en droge stof) van grasland en van maïsland afzonderlijk en van het bedrijf als geheel (grasland en maïsland tezamen).

In Figuur 3.5 is per bedrijf de procentuele afwijking tussen de voorspelde en gemeten N- en P_2O_5 -opbrengst van grasland weergegeven. Positieve waarden op de y-as geven aan dat de voorspelling hoger is dan de meting; negatieve waarden geven aan dat de voorspelling lager is dan de meting. Op 23 bedrijven is één of meerdere jaren de grasopbrengst bepaald. Op 19 van de 23 toets-bedrijven (83%) is de gemiddelde voorspelling van de N-opbrengst van grasland over de meetjaren hoger dan de meting en op 4 bedrijven (17%) is voorspelling over de meetjaren gemiddeld lager dan de meting (rode lijnstukjes in Figuur 3.5). Voor de P_2O_5 -opbrengst van grasland zijn de percentages, respectievelijk, 17% (4 bedrijven) en 83% (19 bedrijven). De bolletjes in Figuur 3.5 geven de variatie van het verschil tussen voorspelde en gemeten N- en P_2O_5 -opbrengst van grasland voor een bedrijf aan. Op 13 bedrijven (57%) is in één of meerdere meetjaren de voorspelde N-opbrengst in grasland meer dan 10% hoger dan de meting terwijl op 5 bedrijven (22%) één of meerdere meetjaren de voorspelde N-opbrengst bij grasland meer dan 10% lager is dan de meting. Voor de P_2O_5 -opbrengst van grasland zijn de percentages respectievelijk 30% (bij 7 bedrijven is de voorspelling in één of meerdere meetjaren 10% hoger dan de meting) en 61% (op 14 bedrijven is de voorspelling in één of meerdere meetjaren lager dan de meting). Op 5 bedrijven (22%) wordt voor zowel de N- als de P_2O_5 -opbrengst van grasland in een bepaald meetjaar met meer dan 10% overschat en in een ander meetjaar met meer dan 10% onderschat.



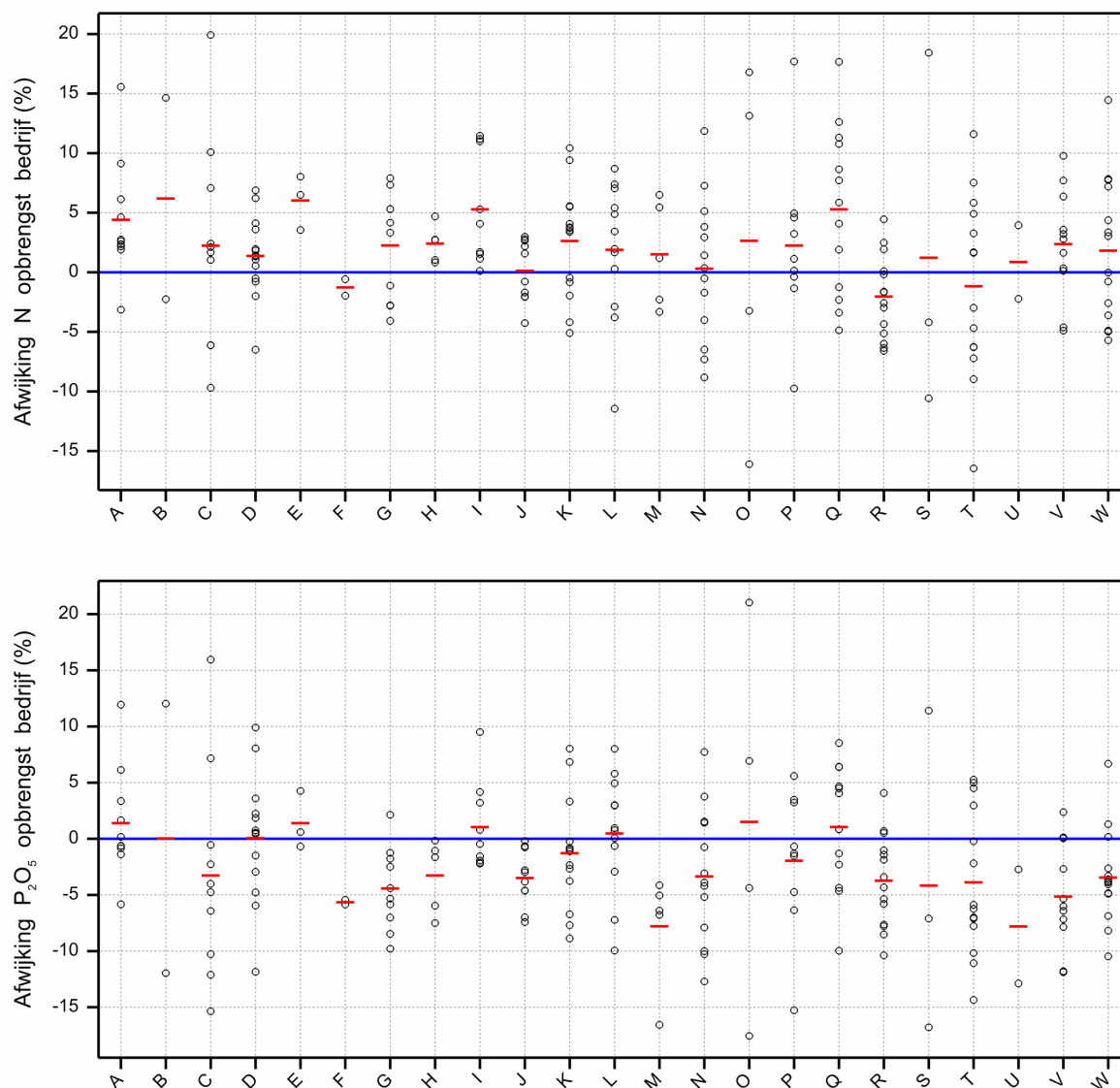
Figuur 3.5 Procentuele verschillen tussen voorspellingen en metingen van de netto N- en P₂O₅-opbrengst van grasland voor toetsbedrijven van de KringloopWijzer (n=23). Positieve waarden op de y-as geven aan dat de voorspelling hoger is dan de meting. De bolletjes geven de verschillen per jaar binnen een bedrijf, de rode lijnstukjes geven de gemiddelden per bedrijf.

In Figuur 3.6 is per bedrijf de procentuele afwijkingen in N- en P₂O₅-opbrengst in maïsland weergegeven. Op 22 bedrijven is één of meerdere jaren maïs geteeld. Op 15 van de 22 toetsbedrijven (68%) is de gemiddelde voorspelling van de N-opbrengst van maïsland over de meetjaren hoger dan de meting en op 7 bedrijven (32%) is gemiddelde voorspelling over de meetjaren lager dan de meting (rode lijnstukjes in Figuur 3.6). Voor de P₂O₅-opbrengst van maïsland zijn de percentages respectievelijk 59% (13 bedrijven) en 41% (9 bedrijven). Op 15 bedrijven (68%) is in één of meerdere meetjaren de voorspelde N-opbrengst in maïsland meer dan 10% hoger dan de meting, terwijl op 9 bedrijven (41%) één of meerdere meetjaren de voorspelde N-opbrengst in maïsland meer dan 10% lager is dan de meting. Voor de P₂O₅-opbrengst van maïsland zijn de percentages respectievelijk 73% (16 bedrijven) en 50% (11 bedrijven). Op 8 bedrijven (36%) wordt voor de N-opbrengst van maïsland in een bepaald meetjaar met meer dan 10% overschat en in een ander meetjaar met meer dan 10% onderschat. Voor de P₂O₅-opbrengst van maïsland geldt dit voor 10 bedrijven (45%).



Figuur 3.6 Procentuele verschillen tussen voorspellingen en metingen van de netto N- en P₂O₅-opbrengst van maïsland voor toetsbedrijven van de KringloopWijzer (n=22). Positieve waarden op de y-as geven aan dat de voorspelling hoger is dan de meting. De bolletjes geven de verschillen per jaar binnen een bedrijf, de rode lijnstukjes geven de gemiddelden per bedrijf.

In Figuur 3.7 is per bedrijf de procentuele afwijking in N- en P₂O₅-opbrengst van het bedrijf weergegeven. Op 20 van de 23 toets-bedrijven (87%) is de gemiddelde voorspelling van de N-opbrengst van het bedrijf over de meetjaren hoger dan de meting en op 3 (13%) is de voorspelling gemiddeld lager dan de meting. Voor de P₂O₅-opbrengst is op één bedrijf de gemiddelde voorspelling exact gelijk aan de meting (4%), op 7 bedrijven (31%) is de gemiddelde voorspelling hoger dan de meting en op 15 bedrijven (65%) is de gemiddelde voorspelling lager dan de meting. Op 12 bedrijven (52%) is in één of meerdere meetjaren de voorspelde N- opbrengst van het bedrijf meer dan 10% hoger dan de meting terwijl op 4 bedrijven (17%) één of meerdere meetjaren de voorspelde N-opbrengst van het bedrijf meer dan 10% lager is dan de meting. Voor de P₂O₅-opbrengst van het bedrijf zijn de percentages respectievelijk 22% (5 bedrijven) en 57% (13 bedrijven). Op 3 bedrijven (13%) wordt voor de N-opbrengst van het bedrijf in een bepaald meetjaar met meer dan 10% overschat en in een ander meetjaar met meer dan 10% onderschat. Voor de P₂O₅-opbrengst van het bedrijf geldt dit voor 4 bedrijven (17%).



Figuur 3.7 Procentuele verschillen tussen voorspellingen en metingen van de netto N- en P₂O₅-opbrengst van het bedrijf (gras- en maïsland) voor toets-bedrijven van de KringloopWijzer (n=23). Positieve waarden op de y-as geven aan dat de voorspelling hoger is dan de meting. De bolletjes geven de verschillen per jaar binnen een bedrijf, de rode lijnstukjes geven de gemiddelden per bedrijf.

Tabel 3.3 geeft een overzicht van de gemiddelde voorspelde en gemeten gewasopbrengsten (P₂O₅, N en droge stof) en het resultaat van de statistische analyse met behulp van een eenvoudige variantiecomponenten model van het bedrijf als geheel en van gras- en maïsland afzonderlijk. In totaal bevatte de dataset 203 bedrijfsjaren met voorspelde en gemeten waarden. In 161 gevallen ging het om waarnemingen van zowel grasland als maïs. In Bijlage 7 zijn de waarden in tabelvorm weergegeven.

De voorspelde opbrengst van P₂O₅ op het bedrijf als geheel was gemiddeld 2,2% lager dan de gemeten opbrengst. De voorspelde opbrengsten van N en droge stof waren gemiddeld, respectievelijk, 1,9% en 5,6% hoger dan volgens de meting. Voor de gewasopbrengst van grasland was het bovenstaande beeld vergelijkbaar met dat van het totale bedrijf. Bij maïs was zowel de voorspelde P₂O₅- als de N- en drogestofopbrengst hoger dan de gemeten waarde. Ondanks dat het gemiddelde verschil tussen voorspelling en meting klein is, is dit verschil in alle gevallen wel significant (P<0,05). De spreiding in de afwijking tussen voorspelling en meting is tussen de bedrijven lager (zie ook de rode lijnstukjes in de figuur 3.5 t/m 3.7) dan binnen de bedrijven (binnen een bedrijf gaat het om verschillen in afwijking tussen de jaren op één bedrijf, zie ook de positie van de cirkels binnen een bedrijf).

Tabel 3.3 Voorspelde (KringloopWijzer) en gemeten (Meting) gemiddelde netto gewasopbrengst (kg/ha) voor het bedrijf, van grasland en maïsland, uitgedrukt in P₂O₅, N en droge stof, op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatiecoëfficiënt tussen voorspelde en gemeten waarden en de resultaten van de statistische analyse (n=203 bedrijfsjaren).

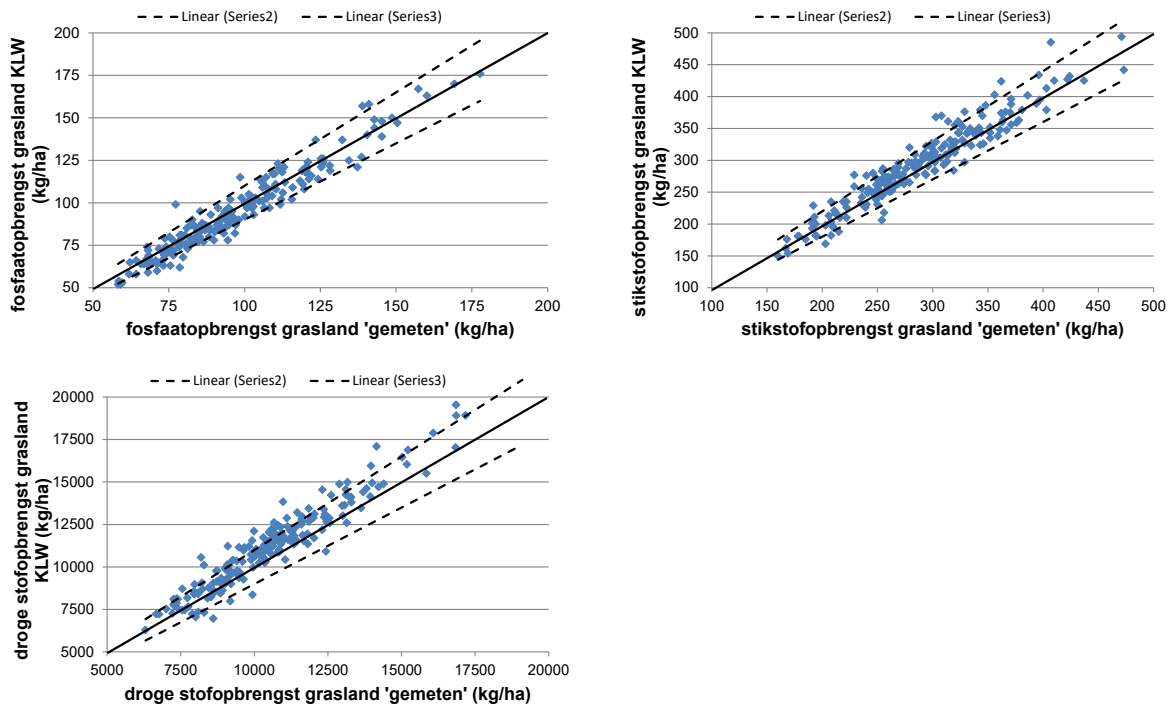
	bedrijf			grasland			Maïsland		
	P ₂ O ₅	N	ds	P ₂ O ₅	N	ds	P ₂ O ₅	N	Ds
Gemiddeld voor- speld, kg per ha	92	279	12166	95	296	11397	74	186	16794
Standaardafwijking, kg per ha	21	56	2543	24	65	2790	17	40	3340
Gemiddeld gemeten, kg per ha	93	274	11496	97	290	10711	73	183	16065
Standaardafwijking, kg per ha	20	54	2159	23	61	2348	14	32	2522
Correlatiecoëfficiënt	0,97	0,96	0,96	0,97	0,96	0,96	0,91	0,88	0,87
<i>Statische analyse</i>									
Gemiddelde procentuele afwijking) ¹ , %	-2,2	1,9	5,6	-2,6	2,0	6,0	1,4	1,7	4,2
Spreiding tussen bedrijven ² , %	1,5	1,0	0,5	1,7	1,3	1,5	-	-	-
Spreiding binnen bedrijven ² , %	5,9	6,0	6,4	6,3	6,6	7,1	10,4	10,7	10,6
Wald-toets (P- waarde)	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,033	0,035	<0,001

¹ Verschil tussen voorspelling en meting, rekening houdend met de bedrijven en jaren binnen een bedrijf.

² Standaardafwijking.

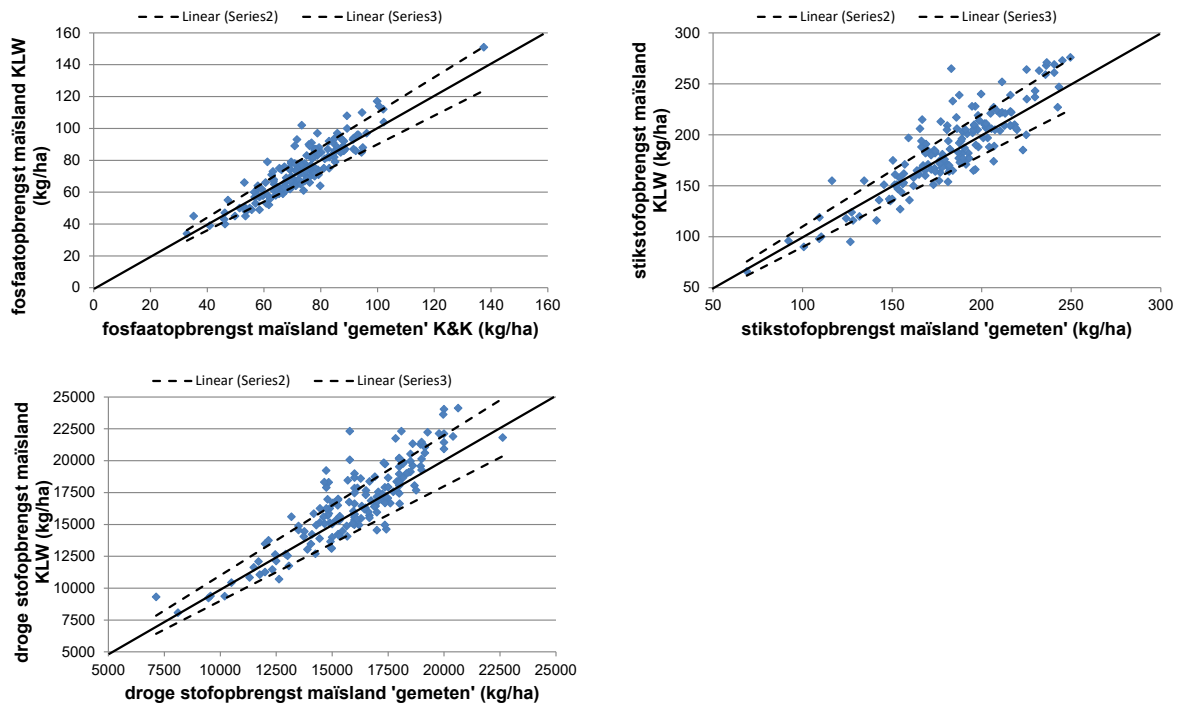
In Figuur 3.8 zijn de waarden voor de voorspelde en gemeten opbrengst van grasland, uitgedrukt in P₂O₅, N en droge stof per bedrijfsjaar weergegeven. Elke waarnemingspunt vertegenwoordigt een combinatie van bedrijf en jaar. Er is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende bedrijven en jaren binnen een bedrijf.

Gemiddeld was de voorspelde P₂O₅-opbrengst in grasland 2,6% lager dan de 'gemeten' (Tabel 3.3). Een lagere voorspelde opbrengst is waargenomen op 68% van de bedrijfsjaren. Gemiddeld was de voorspelde N-opbrengst in grasland 2,0% hoger dan de 'gemeten' opbrengst (Tabel 3.3). Dit werd op 63% van de bedrijfsjaren waargenomen. In het geval van de droge stofopbrengst was de voorspelde hoeveelheid 6,0% hoger, hetgeen op 83% van de bedrijfsjaren werd waargenomen. De correlatiecoëfficiënten tussen de gemeten en voorspelde opbrengsten van P₂O₅, N en droge stof zijn hoog, respectievelijk, 0,97, 0,96 en 0,96 (Tabel 3.3).



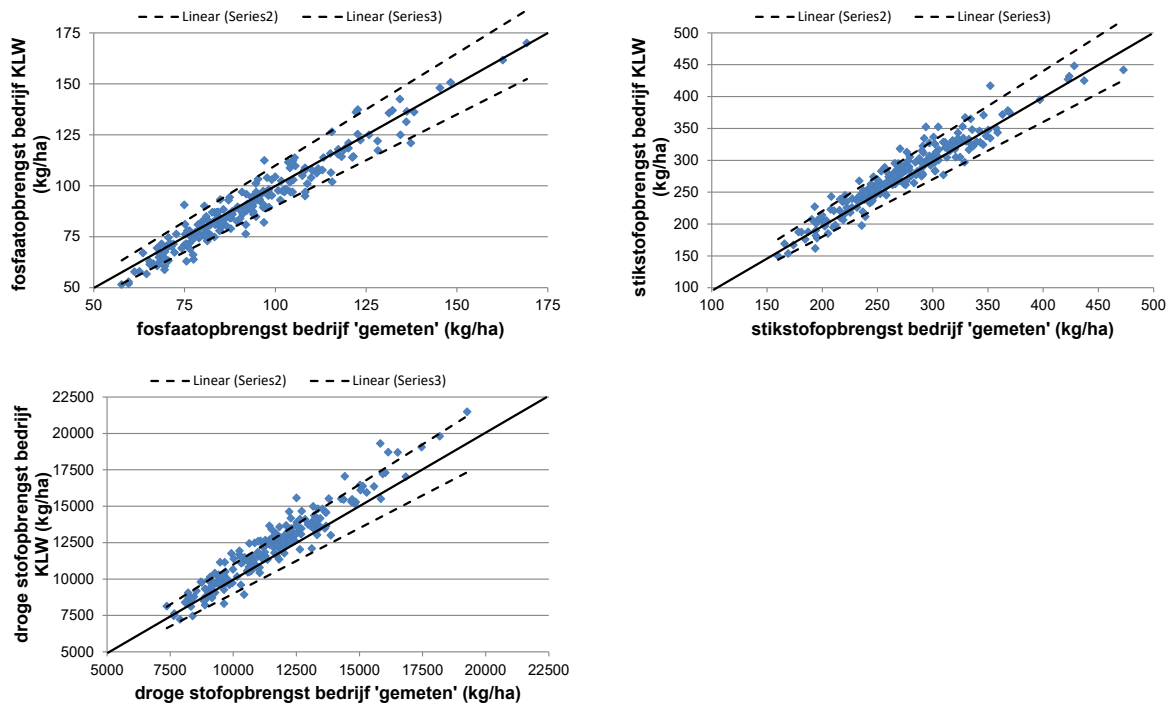
Figuur 3.8 Netto gewasopbrengst (kg/ha) van grasland, 'gemeten' (X-as) en voorspeld in de KringloopWijzer (KLW; Y-as), uitgedrukt in P₂O₅ (linksboven), N (rechtsboven) en droge stof (linksonder). De doorgetrokken lijn geeft de y=x lijn weer en de onderbroken lijnen het bereik van 10% afwijking.

Gemiddeld was de voorspelde P₂O₅- en N-opbrengst in maïsland, respectievelijk, 1,4 en 1,7% hoger dan de 'gemeten' waarde (Tabel 3.3). Een hogere voorspelde P₂O₅- en N-opbrengst is waargenomen op, respectievelijk, 50 en 52% van de bedrijfsjaren (Figuur 3.9). Ook de voorspelde droge stofopbrengst is gemiddeld hoger dan de 'gemeten' waarde (4,2%) en is waargenomen op 62% van de bedrijfsjaren. De correlatiecoëfficiënten tussen de voorspelde en gemeten opbrengsten van P₂O₅, N en droge stof zijn hoog, respectievelijk, 0,91, 0,88 en 0,87.



Figuur 3.9 Netto gewasopbrengst (kg/ha) van maïsland, 'gemeten' (X-as) en voorspeld in de KringloopWijzer (KLW; Y-as), uitgedrukt in P_2O_5 (linksboven), N (rechtsboven) en droge stof (linksonder). De doorgetrokken lijn geeft de $y=x$ lijn weer en de onderbroken lijnen het bereik van 10% afwijking.

De waarnemingen van de gewasopbrengsten op bedrijfsniveau zijn weergegeven in Figuur 3.10. Dit zijn de areaalgewogen gemiddelde gewasopbrengsten van gras- en maïsland. Gemiddeld was de voorspelde P_2O_5 -opbrengst 2,2% lager dan de 'gemeten'-opbrengst en de voorspelde N-opbrengst 1,9% hoger dan de 'gemeten' opbrengst van het bedrijf (Tabel 3.3). Een lagere voorspelde P_2O_5 -opbrengst dan 'gemeten' is waargenomen op 67% van de bedrijfsjaren en een hogere voorspelde N-opbrengst op 64% van de bedrijfsjaren. De voorspelde droge stofopbrengst is gemiddeld hoger dan de 'gemeten' (5,6%) en is waargenomen op 82% van de bedrijfsjaren. De correlatiecoëfficiënten tussen de voorspelde en gemeten opbrengsten op bedrijfsniveau van P_2O_5 , N en droge stof zijn hoog, respectievelijk, 0,97, 0,96 en 0,96.



Figuur 3.10 Netto gewasopbrengst (kg/ha) van het bedrijf (gras- en maïsland), 'gemeten' (X-as) en voorspeld in de KringloopWijzer (KLW; Y-as), uitgedrukt in P_2O_5 (linksboven), N (rechtsboven) en droge stof (linksonder). De doorgetrokken lijn geeft de $y=x$ lijn weer en de onderbroken lijnen het bereik van 10% afwijking.

3.4 Analyse van de afwijking in N- en P-excretie tussen voorspelling en meting

Deze paragraaf gaat in op de resultaten van een analyse van de waargenomen variatie in verschil tussen de voorspelde en gemeten N- en P-excretie. Hierbij is onderzocht in welke mate de variatie kan worden verklaard door variatie in bepaalde bedrijfskenmerken en kengetallen. De bedrijfskenmerken die hierbij in beschouwing zijn genomen, zijn:

- Intensiteit (uitgedrukt als melkproductie per ha)
- Melkproductie per koe (kg)
- Jongveeaandeel (uitgedrukt als het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien)
- Beweiding (uitgedrukt als het percentage weidegrasopname in het rantsoen)
- Gebruik van snijmaïs (uitgedrukt als het percentage snijmaïsoptname in het rantsoen)
- Gebruik van bijproducten (uitgedrukt als het percentage opname van bijproducten in het rantsoen). De categorie bijproducten is vrij divers en kan bestaan uit natte bijproducten zoals bierbostel en aardappelvezels, maar ook producten als graszaadhooi en MKS.

Aanvullend zijn de volgende 3 kengetallen toegevoegd:

- De gemeten VEM-dekking ($=100 * \text{werkelijke VEM-opname} / \text{VEM-behoefte}$)
- Het jaar van meting van voeropname
- Het verschil tussen de voorspelde en de gemeten VEM/N- en VEM/P-verhouding in het rantsoen

Van deze drie kengetallen zijn de VEM-dekking, de VEM/N- en VEM/P-verhouding in het rantsoen modelparameters. De totale voeropname van een veestapel is gebaseerd op een model van de energiebehoefte (VEM) voor melkproductie, groei en onderhoud (Van Dijk et al., 2020). Het model berekent eerst de totale VEM-opname met voer. Daarbij is de VEM-dekking van de veestapel een belangrijke modelparameter. Die heeft, in navolging van de Handreiking Bedrijfsspecifieke excretie melkvee (Anonymus, 2019) een vaste waarde van 102% gekregen (Tamminga et al., 2004). Deze waarde is daardoor mede bepalend voor de berekening van de totale VEM-behoefte en daarmee voor

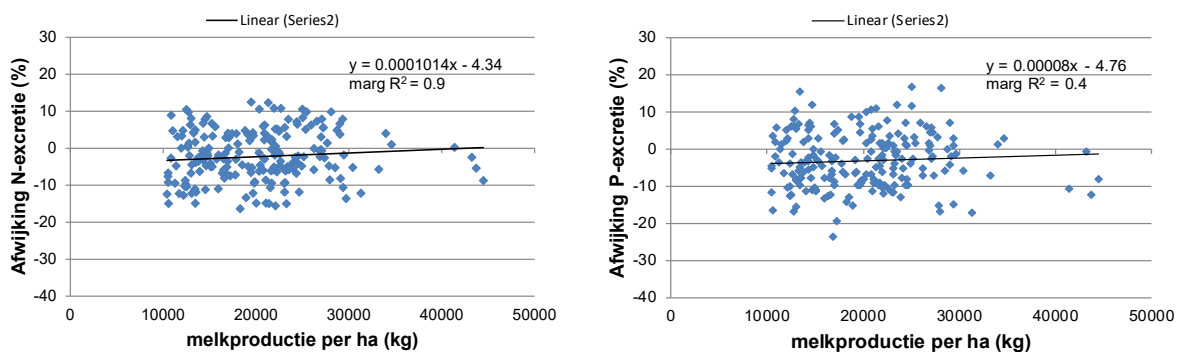
de berekening van de voeropname en vervolgens ook van de N- en P-opname met voer. De hoeveelheid met het voer opgenomen N en P wordt vervolgens berekend via de verhouding VEM/N en VEM/P in dat voer. Naarmate die verhouding groter is, wordt er verhoudingsgewijs minder N en P opgenomen bij een gegeven VEM-opname met als gevolg een lagere N- en P-excretie. Tenslotte is het jaar van meten toegevoegd, omdat het denkbaar is dat afwijkingen tussen voorspelling en meting van KringloopWijzer uitkomsten kleiner zijn voor situaties waarin het versiejaar van de KringloopWijzer en het meetjaar dichtbij elkaar liggen dan wanneer versiejaar en meetjaar ver uit elkaar liggen.

De analyse bestaat uit twee onderdelen waarbij telkens de REML-procedure is toegepast, en waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen de variatie tussen bedrijven en variatie tussen jaren binnen bedrijven:

1. Een enkelvoudige lineaire regressie waarin één verklarende variabele wordt meegenomen. De nulhypothese is dat de regressiecoëfficiënt voor de variabele gelijk is aan 0, oftewel dat er geen relatie is tussen de afwijking tussen de voorspelde en gemeten N/P excretie enerzijds en het bedrijfskenmerk/kengetal anderzijds.
2. Een multiële lineaire regressie waarbij meer verklarende variabelen tegelijk worden meegenomen. Dit geeft inzicht in de mate waarin variabelen gezamenlijk de variatie in de afwijking tussen voorspelling en meting verklaren.

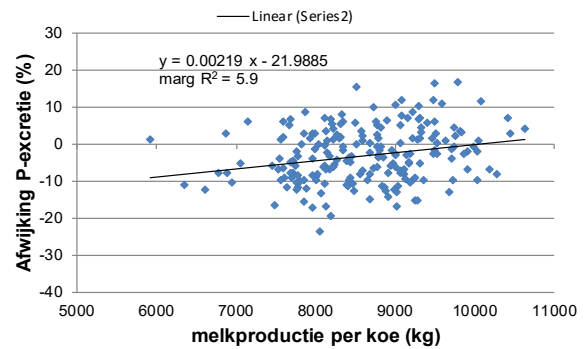
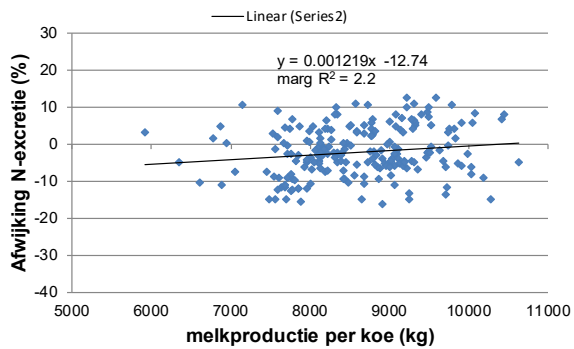
Enkelvoudige lineaire regressie

De melkproductie per ha heeft geen significant effect op de mate waarin de voorspelde N-excretie ($P=0,305$) en P-excretie ($P=0,477$) afwijken van de gemeten excreties (Figuur 3.11). Met andere woorden: in het traject van melkproductie per ha tussen 10.000 en 45.000 kg per ha (de range van de toetsbedrijven) is er geen aanwijzing voor een verloop in de afwijking tussen de gemeten en de voorspelde N- en P-excretie. Het resultaat verandert niet zonder de 4 waarnemingen rechts in de figuur Ook dan heeft de melkproductie per ha geen significant effect op de mate van afwijking van de N- en P-excretie.



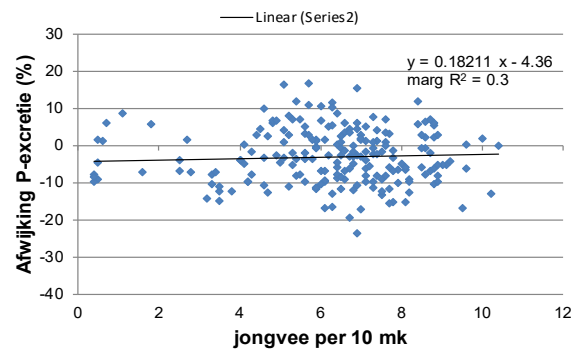
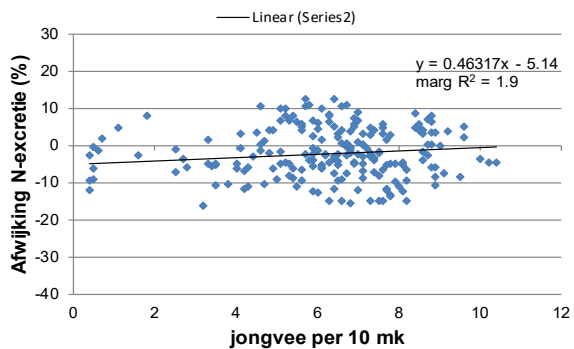
Figuur 3.11 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling - meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en de melkproductie per ha (kg). De lijn (fit) is gebaseerd op een REML-analyse; de marginale R^2 (%) is een maat voor het percentage verklaarde variantie.

De melkproductie per koe is wel van invloed op de mate waarin de voorspelde P-excretie afwijkt van de gemeten excretie ($P=0,003$), maar dit geldt niet voor de N-excretie ($P=0,07$) (Figuur 3.12). In het traject van de melkproductie per koe tussen 6.000 en 10.500 kg, wordt de voorspelde P-excretie bij lage melkproducties per koe onderschat (grafisch: de voorspelling geeft lagere waarden dan de meting, dat wil zeggen negatieve waarden). De onderschatting van de P-excretie door de KLV neemt, gaande van 6.000 naar 10.000 kg per koe, af met circa 8 procentpunten. Voor de N-excretie is een vergelijkbare trend zichtbaar, maar de relatie is niet significant.



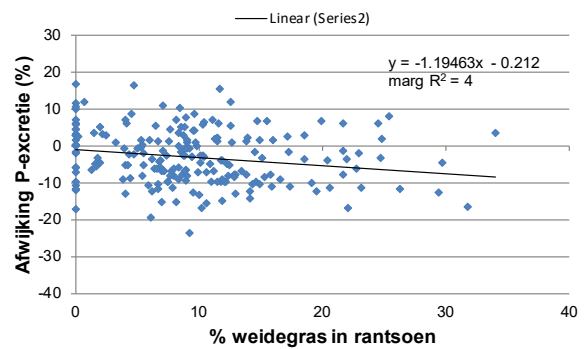
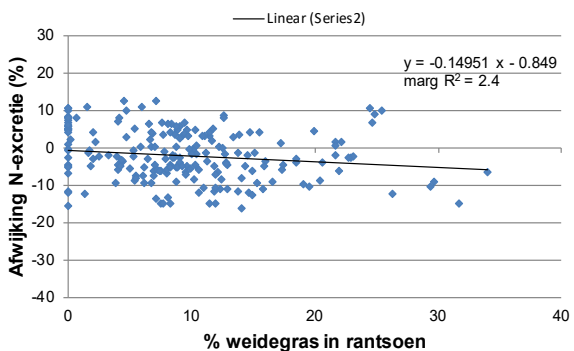
Figuur 3.12 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en de melkproductie per koe (kg). De lijn (fit) is gebaseerd op een REML-analyse; de marginale R^2 (%) is een maat voor het percentage verklaarde variantie.

Het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien (MK) heeft geen significant effect op de mate waarin N-excretie ($P=0,111$) of P-excretie ($P=0,563$) volgens de voorspelling afwijkt van de meting (Figuur 3.13).



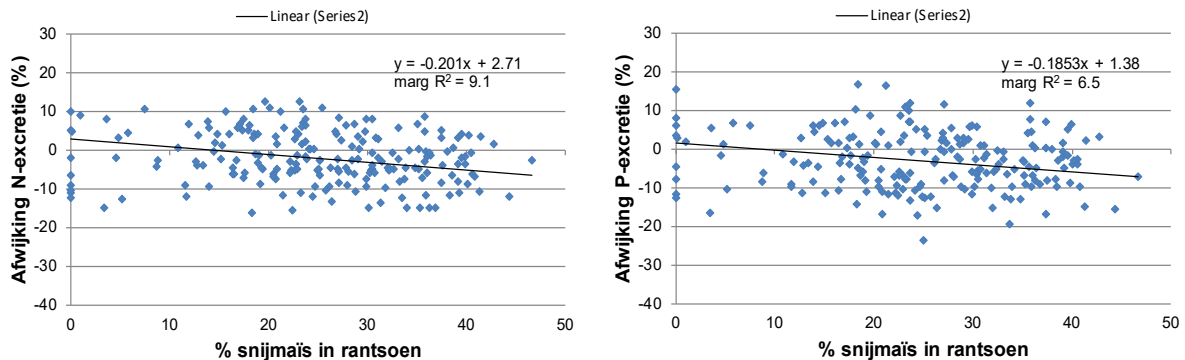
Figuur 3.13 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien (MK). De lijn (fit) is gebaseerd op een REML-analyse; de marginale R^2 (%) is een maat voor het percentage verklaarde variantie.

Het aandeel weidegras in het rantsoen heeft geen significant effect op de mate waarin de voorspelde N-excretie afwijkt van de meting ($P=0,092$), maar er is wel een significant effect voor de P-excretie ($P=0,029$) (Figuur 3.14). Bij een stijging van het aandeel weidegras in het rantsoen wordt de P-excretie onderschat. Gaande van 0 tot 30% aandeel vers gras in het rantsoen, stijgt de onderschatting van 0 naar 8 procentpunten.



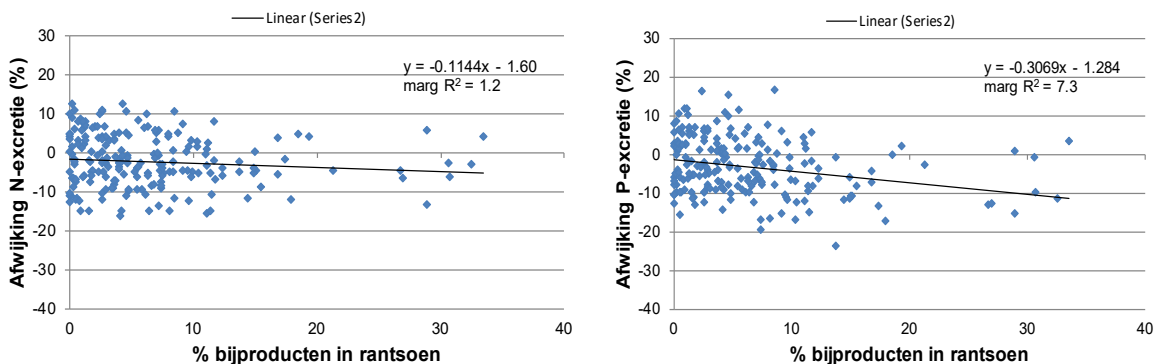
Figuur 3.14 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en het percentage weidegrasopname in het rantsoen. De lijn (fit) is gebaseerd op een REML-analyse; de marginale R^2 (%) is een maat voor het percentage verklaarde variantie.

Het aandeel snijmaïs in het rantsoen heeft een significant effect op de mate waarin de voorspelde N-excretie ($P=0,003$) afwijkt van de meting (Figuur 3.15). Dit is ook het geval voor de P-excretie ($P=0,011$). Bij toename van het snijmaïsaandeel van 0 tot 40% loopt de afwijking van de N-excretie uiteen van een overschatting van gemiddeld 3% tot een onderschatting van gemiddeld 8%. Voor de P-excretie loopt de afwijking uiteen van een overschatting van 1% tot een onderschatting van 8%.



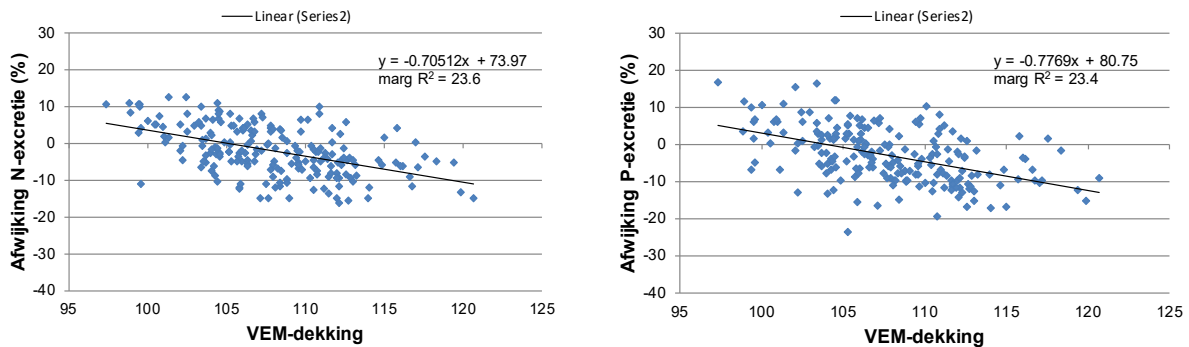
Figuur 3.15 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en het percentage snijmaïsoptname in het rantsoen. De lijn (fit) is gebaseerd op een REML-analyse; de marginale R^2 (%) is een maat voor het percentage verklaarde variantie.

Het aandeel bijproducten in het rantsoen heeft geen significant ($P=0,275$) effect op de mate waarin de voorspelde en gemeten N-excretie afwijken. De mate waarin de voorspelde en gemeten P-excretie afwijkt hangt wel significant samen ($P=0,006$) met het aandeel bijproducten in het rantsoen (Figuur 3.16). Hoe hoger het aandeel bijproducten in het rantsoen (traject 0-30 procent), des te sterker de onderschatting van de P-excretie. Bij toename van het aandeel bijproducten van 0 tot 30% loopt de afwijking van de P-excretie uiteen van een onderschatting van gemiddeld 1% tot 10%.



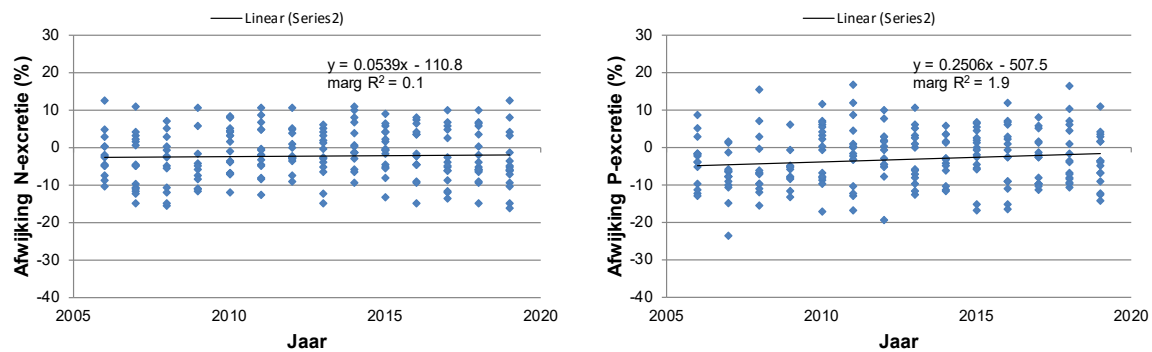
Figuur 3.16 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en het percentage opname van bijproducten in het rantsoen. De lijn (fit) is gebaseerd op een REML-analyse; de marginale R^2 (%) is een maat voor het percentage verklaarde variantie.

De gemeten VEM-dekking heeft een sterk significant effect ($P<0,001$) op de mate waarin de voorspelde en de gemeten N- en P-excretie afwijken (Figuur 3.17). Bij een toename van de gemeten VEM-dekking van 98 tot 120% loopt de afwijking van de N-excretie uiteen van een overschatting van 5% tot een onderschatting van 10%. Bij deze toename van de VEM-dekking loopt de afwijking van de P-excretie uiteen van een overschatting van 5% tot een onderschatting van 12%.



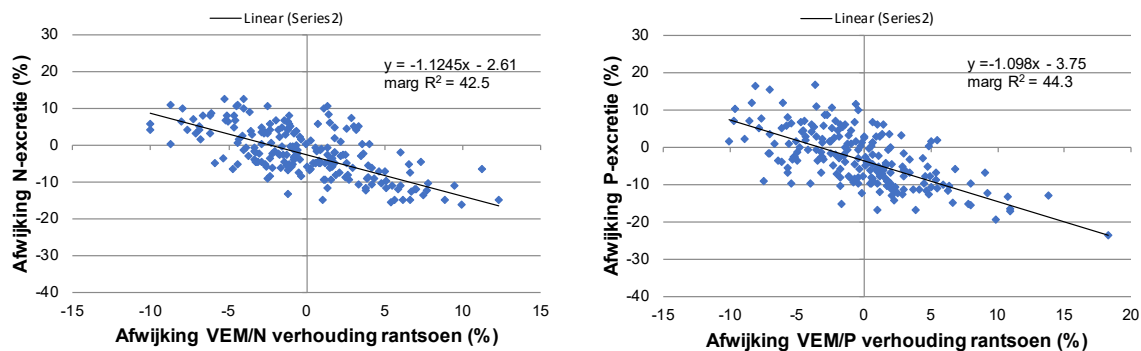
Figuur 3.17 Het verband tussen de procentuele afwijking van de gemeten en voorspelde N- en P-excretie en de gemeten VEM-dekking (%) bij koeien (melkgevend + droogstaand). De lijn (fit) is gebaseerd op een REML-analyse; de marginale R^2 (%) is een maat voor het percentage verklaarde variantie.

Het jaar van meten heeft geen significant effect op de mate waarin N-excretie ($P=0,628$) volgens de voorspelling afwijkt van de meting, maar voor de afwijking van de P-excretie is dat wel het geval ($P=0,043$) (Figuur 3.18).



Figuur 3.18 Het verband tussen de procentuele afwijking van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en het jaar van meting. De lijn (fit) is gebaseerd op een REML-analyse; de marginale R^2 (%) is een maat voor het percentage verklaarde variantie.

Figuur 3.19 illustreert het effect van een afwijking in voorspelde en gemeten VEM/N- en VEM/P-verhouding op de afwijking van voorspelde en gemeten N- en P-excretie. Positieve waarden op de y-as geven aan dat de voorspelling hoger is dan de meting. Positieve waarden op de X-as geven aan dat de verhouding in VEM/N en VEM/P in de voorspelling groter is dan de meting. Naarmate de afwijking in VEM/N en VEM/P verhouding tussen voorspelling en meting groter wordt leidt dit tot een grotere onderschatting (negatieve waarde) van respectievelijk de N-excretie en de P_2O_5 -excretie. De afwijking van voorspelde en gemeten VEM/N- en VEM/P-verhouding heeft een sterk significant effect ($P<0,001$) op de mate waarin de voorspelde en gemeten N- en P-excretie afwijken.



Figuur 3.19 Het verband tussen de procentuele afwijking van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en de procentuele afwijking van de voorspelde en gemeten VEM/N (links) en VEM/P verhouding in het rantsoen (rechts). Positieve waarden op de y-as geven aan dat de voorspelling hoger is dan de meting. Positieve waarden op de X-as geven aan dat de verhouding in VEM/N en VEM/P in de voorspelling groter is dan de meting. De lijn (fit) is gebaseerd op een REML-analyse; de marginale R^2 (%) is een maat voor het percentage verklaarde variantie.

Multipale lineaire regressie

In aanvulling op de enkelvoudige regressieanalyse is een multipale lineaire regressieanalyse uitgevoerd. Hierbij zijn stapsgewijs verklarende variabelen aan het model toegevoegd. Hieraan voorafgaand is eerst nagegaan of de variabelen onderling waren gecorreleerd. De correlatiecoëfficiënten waren relatief laag ($< 0,5$). De resultaten van de multipale regressieanalyse zijn weergegeven in Tabel 3.4 en 3.5. In elke stap wordt de meest significante variabele, dat wil zeggen met de grootste F-waarde als toetsingsgrootheid, geselecteerd. De F-waarde is daarmee een maat voor de bijdrage van een variabele om de afwijking in N- en P-excretie te verklaren. Van de kandidaat-variabelen die de afwijkingen in N- en P-excretie verklaren wordt de afwijking in respectievelijk VEM/N- en VEM/P-verhouding in het rantsoen als eerste gekozen. Vervolgens wordt daar de VEM-dekking aan toegevoegd. Bij de N-excretie worden daar de variabelen Jaar van meting, aandeel bijproducten in het rantsoen en de melkproductie per koe aan toegevoegd, echter de bijdrage aan de verklaring van de variatie is gering. Ook voor de P-excretie worden deze variabelen geselecteerd met uitzondering het jaar van meten en ook daar is de bijdrage aan de verklaring van de variatie gering. De marginale R^2 van de modellen voor het verklaren van de afwijking van de N- en P-excretie zijn respectievelijk 88,6% en 88,1%.

Tabel 3.4 Parameterschattingen (Schatter), standaardfout (Se), F-waarden en P-waarden voor het geselecteerde REML model voor de afwijking in N excretie tussen de voorspelde en gemeten waarde.

Variabele	Eenheid	Schatter	Se	F-waarde	P-waarde
Constante		-1,84	0,32	33	< 0,001
Afwijking VEM/N ¹	%	-1,246	0,03643	1169	< 0,001
VEM-dekking	%	-1,038	0,04142	629	< 0,001
Jaar van meting		0,2247	0,04424	26	< 0,001
Aandeel bijproducten	%	-0,1105	0,02374	22	< 0,001
Melkproductie	ton/koe	0,8732	0,2761	10	0,002

¹ Afwijking tussen voorspelde en gemeten VEM/N verhouding in het rantsoen.

Tabel 3.5 Parameterschattingen (Schatter), standaardfout (Se), F-waarden en P-waarden voor het geselecteerde REML model voor de afwijking in P excretie tussen de voorspelde en gemeten waarde.

Variabele	Eenheid	Schatter	Se	F-waarde	P-waarde
Constante		-2,93	0,29	103	< 0,001
Afwijking VEM/P ¹	%	-1,278	0,04264	899	< 0,001
VEM-dekking	%	-1,116	0,04619	583	< 0,001
Aandeel bijproducten	%	-0,1401	0,02449	33	< 0,001
Melkproductie	ton/koe	1,112	0,2896	15	< 0,001

¹ Afwijking tussen voorspelde en gemeten VEM/P verhouding in het rantsoen.

4 Discussie

In dit rapport wordt verslag gedaan van onderzoek naar de mate waarin het model KringloopWijzer een correcte voorspelling geeft van de N- en P-excretie van melkvee en de N- en P₂O₅-opname van de ruwvoedergewassen gras en snijmaïs. In dit hoofdstuk worden de resultaten bediscussieerd. Er wordt eerst ingegaan op de onzekerheden bij de metingen (paragraaf 4.1), Daarna wordt besproken in hoeverre de voorspelling van N- en P-excreties beter is dan de voorspelling met RVO forfaits (paragraaf 4.2). Vervolgens wordt ingegaan op verklaringen van afwijkingen in N- en P-excretie tussen voorspelling en meting (paragraaf 4.3), wat het effect is van modelaanpassingen in de KringloopWijzer (paragraaf 4.4), en welke verbeterpunten er mogelijk zijn (paragraaf 4.5).

4.1 Onzekerheden bij de metingen

Aan de basis van de beoordeling staan meetgegevens van praktijkbedrijven. Meer nog dan bij proefveldgegevens kunnen dit soort gegevens met meet- en schrijffouten behept zijn. De gegevens zijn daarom op hun plausibiliteit beoordeeld als gevolg waarvan een aantal gegevens zijn afgefallen of gecorrigeerd om ze in overeenstemming te brengen met andere gegevens van het desbetreffende bedrijf. Een voorbeeld daarvan is het uitsluiten van bedrijfsjaren met een onwaarschijnlijk lage VEM-dekking. Ook is het voorgekomen dat een K&K-deelnemer bleek te hebben vergeten om, bijvoorbeeld, een weidesnede te registreren. In dat geval zijn de aanvankelijke invoergegevens gecorrigeerd. In totaal bedroeg het percentage afgefallen bedrijfsjaargegevens minder dan 5%. De genoemde aanpassingen zijn steeds vóór de in dit rapport beschreven toetsing uitgevoerd en niet nadien omwille van een betere overeenstemming van meting en model. Ook is het model, in casu de KringloopWijzer, volstrekt in overeenstemming gelaten met de meest actuele beschrijving (Van Dijk et al., 2020) en noch op voorhand, noch nadien aangepast op basis van gegroeide inzichten. Zoals beschreven in Hoofdstuk 2 kan een toets van een model aan waarnemingen alleen tekortkomingen van modelonderdelen blootleggen die niet tegelijkertijd gebruikt zijn voor de modelonderdelen. Daarom gaat modelvalidatie uit van onafhankelijke waarnemingen. In deze validatie zijn N- en P-gehalten in vers gras via beweiding of zomerstalvoeding niet volledig onafhankelijk omdat deze gehalten in de KLW zijn afgeleid op basis van Koeien & Kansen gegevens. De consequentie is dat als de rekenregels van de KLW voor dit modelonderdeel niet kloppen, dit niet door deze validatie blootgelegd kan worden. Er lopen op dit moment wel studies buiten Koeien & Kansen die werken aan het verbeteren van het zoveel mogelijk bedrijfsspecifiek afleiden van de gehalten (VEM, N en P) in vers gras (Klootwijk et al., 2020). Dit kan een basis bieden voor, eventueel aangepaste rekenregels die dan onafhankelijk getoetst kunnen worden aan de toetsgroep Koeien & Kansen.

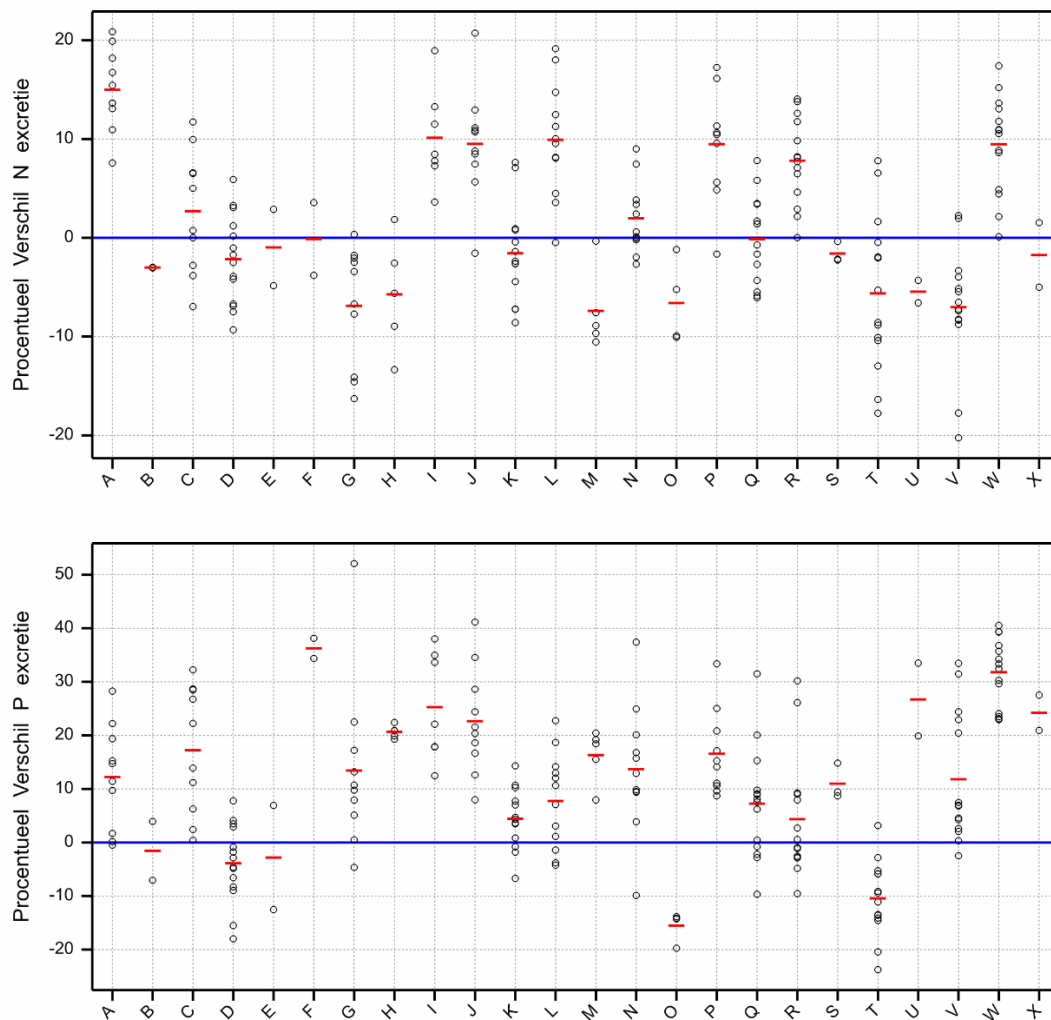
Bij de meting van de voeropname is wat betreft voerresten alleen het totale gewicht gemeten. Er is aangenomen dat er geen selectie heeft plaatsgevonden en dat de verdeling van drogestof over de voeremiddelen gelijk is aan die in het aangeboden voer. Doordat er altijd is gewerkt met een voermengwagen wordt de kans op selectie verkleind, het valt echter niet uit te sluiten. Factoren als hoe lang er gemengd wordt, of er naast mengen ook nog wordt versneden en de volgorde van invoeren kunnen van invloed zijn op mogelijk selectie. Ook de aanname dat de drogestofverdeling in het aangeboden gelijk is aan die in de voerrest is discutabel. Zo kunnen, met name bij warm weer, nattere voeremiddelen droger worden in de periode voor het voerhek. Het verdient aanbeveling om dit op een aantal bedrijven dit nader te onderzoeken.

4.2 Forfaitair versus KringloopWijzer

Modellen, en dus ook de KringloopWijzer, zijn benaderingen van de werkelijkheid. Geen model zal de werkelijkheid van een individueel bedrijf daarom exact voorspellen. Voor de aanvaardbaarheid van afwijkingen tussen voorspellingen en metingen bestaan geen vaste grenzen. Daarbij zou meegewogen

kunnen worden of de KringloopWijzer gebruikt wordt voor het bepalen van een bedrijfsspecifieke mestafvoer, bedrijfsspecifieke gebruiksnormen of productierechten. Bij een bedrijfsspecifieke benadering, zoals via de KringloopWijzer, kan zowel landbouwkundig als milieukundig meer recht gedaan worden aan bedrijfsspecifieke omstandigheden dan met een meer generieke benadering. Vanuit een beleidsmatig en praktisch oogpunt kan verlangd worden dat de voorspellingen die met de KringloopWijzer gemaakt worden voor mestproductie en gewasopbrengst op zijn minst een verbetering zijn ten opzichte van de forfaits voor deze grootheden. Immers, ook de forfaits in de Meststoffenwet (RVO, 2019) zijn in zekere zin voorspellingen, die een alternatief vormen voor de voorspellingen door de KringloopWijzer. Het forfait voor N betreft een 'netto excretie' waarbij de gasvormige N-emissies uit stal en opslag zijn meegenomen. Voor een zuivere vergelijking tussen de gemeten (bruto) excreties en de wettelijke forfaits zijn de laatste eerst opgehoogd met de gasvormige N-emissies uit stal en opslag. In Bijlage 8 zijn de rekenstappen die hiervoor nodig zijn beschreven.

In Figuur 4.1 is per bedrijf de procentuele afwijking weergegeven in N- en P-excretie tussen forfaitair (Meststoffenwet) en de meting. De mate waarin de gemiddelde forfaitaire N-excretie per bedrijf over meerdere jaren afwijkt van de gemeten excretie varieert tussen een overschatting van 15% en een onderschatting van 7%. Deze afwijking is dus groter dan de afwijking die bij de KringloopWijzer wordt waargenomen (deze loopt uiteen tussen een overschatting van 6,5% tot een onderschatting van 9,0%; Figuur 3.3). De mate waarin de forfaitaire P-excretie afwijkt van de gemeten excretie varieert tussen een overschatting van 37% en een onderschatting van 15%. De variatie in afwijking tussen meting en de KringloopWijzer was kleiner (uiteenlopend van 5% tot -10.0%; Figuur 3.3).



Figuur 4.1 Procentuele verschillen in N- en P-excretie tussen forfaits (RVO) en metingen (kg/aangelede koe/jaar). Positieve waarden op de y-as geven aan dat de forfaits hoger zijn dan de meting. De bolletjes geven de verschillen per jaar binnen een bedrijf, de rode lijnstukjes geven het gemiddelde verschil per bedrijf over de jaren.

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de gemiddelde N- en P-excretie (kg/aangeklede koe/jaar), volgens forfaits (RVO), de gemeten N- en P-excretie (meetweek) en het resultaat van een eenvoudige variantiecomponenten analyse. Voor de vergelijking zijn ook de resultaten uit Tabel 3.2 opgenomen van de vergelijking tussen KringloopWijzer en meting. In totaal bevatte de dataset 204 bedrijfsjaren met voorspelde en gemeten waarden. Gemiddeld zijn de forfaitaire excreties van N en P, respectievelijk, 1% en 11,9% hoger dan de gemeten excreties. Met forfaitair is de spreiding tussen de bedrijven groter dan binnen een bedrijf. Bij een vergelijking met de KringloopWijzer is dit net andersom. Hierbij is de spreiding tussen de bedrijven kleiner dan binnen een bedrijf (zie Tabel 4.1). In tegenstelling tot een voorspelling met de KringloopWijzer is de forfaitaire N-excretie niet significant verschillend met de gemeten N-excretie ($P=0,469$). Wel is met een voorspelling volgens de KringloopWijzer de spreiding tussen bedrijven en binnen bedrijven lager dan met forfaitair. In het geval van de spreiding tussen de bedrijven is deze voor de N-excretie een factor 2 lager en voor de P-excretie een factor 3 lager.

Tabel 4.1 Forfaitair (RVO) en gemeten (Meetweek) gemiddelde N- en P-excretie (in kg per aangeklede koe per jaar) op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatiecoëfficiënt tussen voorspelde en gemeten waarden en de resultaten van de statistische analyse ($n=204$ bedrijfsjaren). Tevens zijn de resultaten opgenomen van de vergelijking van de metingen met de KringloopWijzer (Tabel 3.2).

	Forfaitair		KringloopWijzer	
	N-excretie	P-excretie	N-excretie	P-excretie
Gemiddeld forfaitair/voorspeld ¹ , kg per aangeklede koe per jaar	161,1 (14,7)	22,8 (1,9)	154,9 (12,8)	20,2 (2,8)
Gemiddeld gemeten ¹ , kg per aangeklede koe per jaar	158,4 (13,2)	20,9 (3,0)	158,4 (13,2)	20,9 (3,0)
Correlatiecoëfficiënt	0,55	0,41	0,65	0,85
Gemiddelde procentuele afwijking ² , %	1,0	11,9	-2,3	-3,2
Spreiding tussen bedrijven ³ , %	6,6	11,8	3,2	3,1
Spreiding binnen bedrijven ³ , %	5,3	9,6	5,9	6,7
Wald-toets (P-waarde)	0,469	<0,001	0,004	< 0,001

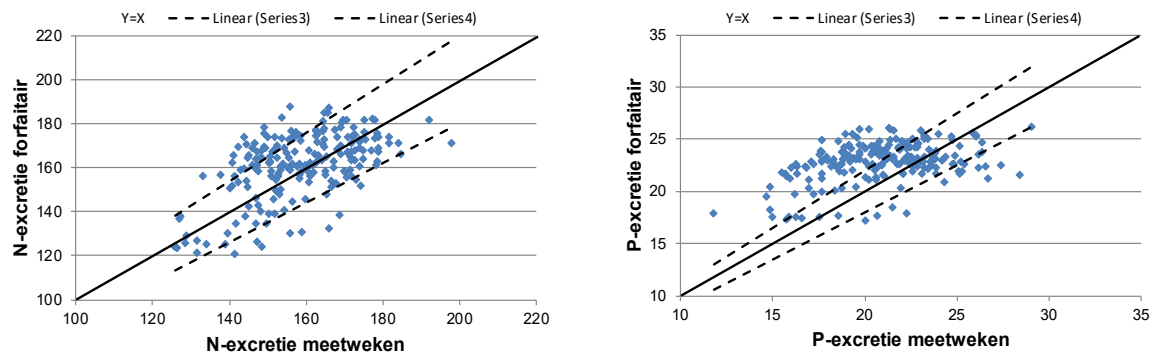
¹ Tussen haakjes de standaardafwijking

² Verschil tussen voorspelling en meting, rekening houdend met de bedrijven en jaren binnen een bedrijf.

³ Standaardafwijking.

In Figuur 4.2 zijn de waarden voor de forfaits (RVO) en gemeten N- en P-excretie (kg/aangeklede koe/jaar) per bedrijfsjaar weergegeven. Elke waarnemingspunt vertegenwoordigt een combinatie van bedrijf en jaar. Er is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende bedrijven en jaren binnen een bedrijf. De correlatiecoëfficiënt tussen de voorspelde en de gemeten waarde van de N- en P-excretie bedraagt respectievelijk 0,55 en 0,41 (Tabel 4.1). Ter indicatie is in Figuur 4.2 met onderbroken lijnen het gebied aangegeven waarbinnen de forfaitaire voorspelling van de excretie van afzonderlijke bedrijfsjaren minder dan $\pm 10\%$ afwijken van de meting. In aanvulling op deze arbitraire grens van voorspelling $\pm 10\%$ is ook nagegaan hoeveel procent van de voorspellingen meer dan $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ en $\pm 20\%$ afweek van de meting (Tabel 4.2).

In het geval van de KringloopWijzer was bij de N-excretie bij 16% van de bedrijfsjaren de afwijking tussen voorspelling en meting groter dan 10% is en bij de P-excretie was dat 21% (Figuur 3.4 en Tabel 4.2). Bij vergelijking van gemeten en forfaitaire excreties (Figuur 4.2, Tabel 4.2) zijn de overeenkomstige percentages veel hoger, te weten 27% en 55% bij, respectievelijk, de N-excretie en de P-excretie.



Figuur 4.2 N- en P-excretie (kg/bedrijf/jaar), berekend uit de gemeten voeropname (Meetweek; X-as) en volgens de huidige forfaitaire waarden (Y-as). De doorgetrokken lijn geeft de $y=x$ lijn weer en de onderbroken lijnen het bereik van 10% afwijking.

Tabel 4.2 Percentage van de waargenomen N- en P-excreties per aangelede koe waarbij de afwijking van voorspelling (volgens KringloopWijzer, dan wel RVO-forfaits) meer dan $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ of $\pm 20\%$ bedraagt.

	Volgens RVO			Volgens KringloopWijzer		
	>5%	>10%	>20%	>5%	>10%	>20%
N-excretie	59	27	1	51	16	0
P-excretie	76	55	29	59	21	1

Uit bovenstaande analyse blijkt dat de KringloopWijzer een nauwkeuriger en meer correcte bedrijfsspecifieke schatting geeft van de N- en P-excreties is dan de RVO-forfaits, alhoewel de gemiddelde geschatte N-excretie iets beter was bij RVO-forfaits. Zowel tussen bedrijven, maar ook tussen jaren binnen een bedrijf.

4.3 Overeenkomsten en afwijkingen tussen voorspellingen en metingen

Gemiddeld over de gehele populatie van K&K bedrijven (periode 2006-2019) onderschat de KringloopWijzer de N- en P-excretie met, respectievelijk 2,3% en 3,2% (Tabel 4.3). De opname van N en P met voer wordt door de KringloopWijzer onderschat met respectievelijk 1,3% en 1,4%, terwijl de N-gewasopbrengst (gras + maïs) met 1,9% wordt overschat. De P_2O_5 -gewasopbrengst wordt met 2,2% onderschat. Gemiddeld over alle bedrijfsjaren is de afwijking in N- en P-excretie relatief gering, maar de analyse geeft ook aan dat bij de N-excretie 51% van de waarnemingen meer dan 5% afwijkt en 16% meer dan 10% (Tabel 4.3). Een afwijking van meer dan 20% komt niet voor. Voor de P-excretie bedragen deze percentages, respectievelijk, 59%, 21% en 1%. Voor de opname van N en P met voer en totale opbrengst van N en P met het gewas (gras + maïs) is het percentage van afwijkingen hoger dan 5% en 10% lager dan die voor de excretie.

Tabel 4.3 Samenvatting van de gemiddelde procentuele en absolute afwijking tussen voorspelling (KringloopWijzer) en metingen van de excreties, voeropnames en gewasopbrengst en het percentage bedrijfsjaren, waarbij de afwijking van voorspelling en meting meer dan $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ of $\pm 20\%$ bedraagt.

		Gemiddelde afwijking tussen voorspelling en meting			% bedrijfsjaren met een afwijking groter dan:		
		Procentueel	Absoluut		>5%	>10%	>20%
		%	kg/aangeklede koe	kg/ha			
Excretie	N	-2,3	-3,5		51	16	0
	P	-3,2	-0,7		59	21	1
Voeropname	N	-1,3	-2,9		39	4	0
	P	-1,4	-0,5		44	5	0
Gewasopbrengst (gras+maïs)	N	+1,9		+5,0	37	11	0
	P ₂ O ₅	-2,2		-1,1	42	12	1

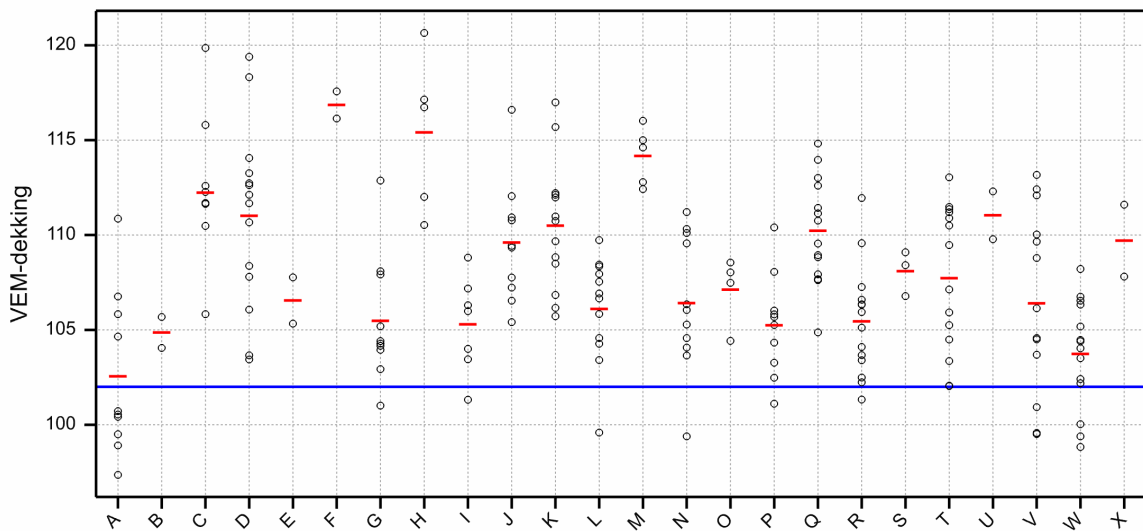
De verwachting is dat verschillen in voorspelling en meting bij de N- en P-excretie vooral worden veroorzaakt door verschillen in N- P-opname met voer. Immers, zowel bij de voorspelling als de meting is de afvoer met melk (circa 95% van de totale afvoer met melk en vlees) gebaseerd op een meting (met voor beide een forfaitair P gehalte in melk). Dat de procentuele afwijking van de voeropname lager is dan die van de excretie heeft vooral een rekenkundige achtergrond. Deze wordt berekend door het absolute verschil tussen voorspelling en meetwaarde (teller) te delen door meetwaarde (noemer). Bij de voeropname heeft de noemer een hogere waarde dan bij de excretie. Uit het absolute verschil tussen voorspelling en meting blijkt dat deze voor de voeropname en de excretie van de zelfde grootte orde is (zie Tabel 4.3).

De voorspelling van de voeropname in de KringloopWijzer is de basis voor de voorspelling van de N- en P-excretie. De resultaten uit paragraaf 3.4 laten zien dat de verschillen tussen voorspelling en meting in de N- en P-excretie ten eerste worden vooral veroorzaakt door de afwijking in voorspeld en gemeten VEM/N- en VEM/P-verhouding in het rantsoen en door verschillen in de gemeten VEM-dekking (tabellen 3.4 en 3.5). De afwijking in voorspelde en gemeten VEM/N- en VEM/P-verhouding in rantsoen heeft daarbij de grootste invloed. Dit is ook te verwachten. Immers, een afwijking tussen voorspelde en gemeten VEM/N- en VEM/P-verhoudingen in het rantsoen werkt direct door in de berekening van de N- en P-excretie. Meer of minder opname van N en P in het rantsoen ten opzichte van de opname van VEM leidt tot meer of minder N- en P-excretie indien de vastlegging van N en P in melk en groei gelijk blijft.

Het uitgangspunt bij de interpretatie van de afwijkingen van voorspelling en meting van VEM/N en VEM/P in het rantsoen is steeds dat de metingen 'de werkelijkheid' weergeven. Daar vallen echter wel kanttekeningen bij te plaatsen. In de meetweken zijn de gehalten in ruwvoer nat-chemisch bepaald waarbij de analyses volgens Weende zijn omgerekend naar een VEM-gehalte, terwijl de voorspellingen van de KringloopWijzer zijn gebaseerd op ingevoerde gehalten van N, P en VEM die na bemonstering van kuilen (op het bedrijf) en andere rantsoencomponenten (door voerleveranciers) zijn gebaseerd op NIRS-analyses. De NIR-analyses kunnen afwijken van de Weende-analyses. In het geval van krachtvoer en bijproducten, zijn de gehalten ten behoeve van zowel de meetweek als ten behoeve van schatting op jaarbasis met de KringloopWijzer, gebaseerd op de opgaves door de leverancier. En verder wordt er in de meetweken een sub-monster van een aangelegde kuil genomen, van het gedeelte van de kuilpartij dat in die week wordt gevoerd. Het is maar de vraag in hoeverre de analyses van de sub-monsters overeenkomen met de analyse van de gehele voerpartij, waarmee de KringloopWijzer rekent. Aan de andere kant is het systeem van meetweken gebaseerd op 'steekproefsgewijs' in beeld brengen van de voeropname van de veestapel op jaarbasis (Bijlage 2). Beide systemen - de gemeten waardes tijdens de meetweken enerzijds en de modelbenadering (voorspelling) met de KringloopWijzer anderzijds - zijn onderhevig aan 'ruis'.

Als tweede, sterk bepalende, modelparameter voor een verklaring van de afwijking in voorspelde en gemeten N- en P-excretie komt de VEM-dekking naar voren. In Figuur 4.3 is de waargenomen VEM-dekking op de bedrijven en jaren binnen de bedrijven weergegeven en afgezet tegen de

verstekwaarde waarmee de KringloopWijzer rekent (102%, blauwe lijn in de figuur). We zien dat de waargenomen VEM-dekking op elk van de K&K-bedrijven gemiddeld (zie rode lijnstukjes in Figuur 4.3) hoger is dan de VEM-dekking waarmee de KringloopWijzer rekent en dat veel meer waarnemingen voorkomen met een hoger dan een lager veronderstelde VEM-dekking. Deze vaststelling geeft aanleiding tot het zoeken naar mogelijkheden om het model op dit punt te verbeteren.



Figuur 4.3 Waargenomen VEM-dekking op de K&K-bedrijven. De bolletjes geven de verschillen per jaar binnen een bedrijf, de rode lijnstukjes geven de gemiddelden per bedrijf. De blauwe lijn is de verstekwaarde in de KringloopWijzer (102%).

Er is gewerkt aan een update van het model van de energiebehoefte (VEM) voor melkproductie, groei en onderhoud (Spek et al., 2023), hetgeen een basis legt voor mogelijke aanpassing van de rekenregels met betrekking tot de VEM opname. Het valt aan te bevelen om deze aanpassing te testen door de nieuwe rekenregels voor de VEM behoefte toe te passen op de huidige dataset van meetweken en de resultaten hiervan te vergelijken met de huidige rekenregels (Figuur 4.3). Dat geeft direct inzicht in hoeverre de aangepaste rekenregels de waargenomen VEM-opname (VEM-dekking) beter voorspellen (validatie).

Als de oorzaak van de onderschatte excreties inderdaad terug te voeren is op een onderschatting van de voeropname ('VEM-dekking') zou een betere voorspelling van de voeropname (dat wil zeggen: aanpassing van de KringloopWijzer) hand in hand moeten gaan met een hogere voorspelde N- en P-opbrengst van de gewassen. Hierdoor zou de waargenomen overschatting van de voorspelde N-opbrengst van de gewassen groter worden, terwijl de onderschatting van de voorspelde P-opbrengst meer in lijn zou komen met de metingen.

Naast bovengenoemde kengetallen (afwijking VEM/N, VEM/P en VEM-dekking) is onderzocht in hoeverre bedrijfskenmerken invloed hebben op de afwijking (nauwkeurigheid) tussen voorspelde en gemeten N- en P-excretie. De analyse waarbij bedrijfskenmerken afzonderlijk zijn onderzocht laat zien dat dat de verschillen tussen voorspelling en meting niet veroorzaakt worden door bedrijfskenmerken intensiteit, aantal stuks jongvee en beweiding (de laatste alleen voor de N-excretie). Ook het aandeel bijproducten en melkproductie per koe hebben, althans wat betreft de N-excretie, geen invloed. Wel blijkt de onderschatting van de P-excretie groter bij relatief lage melkproducties per koe (Figuur 3.12), bij een hoog aandeel weidegras (Figuur 3.14), en bij een hoog aandeel bijproducten in het rantsoen (Figuur 3.16). Ook het jaar van meten (Figuur 3.18) had effect op verschil tussen geschatte en gemeten P excretie. Zowel de N- als P-excretie worden onderschat bij relatief hoge snijmaïsoptnames in het rantsoen (Figuur 3.15).

Bij de analyse waarbij alle variabelen (bedrijfskenmerken en modelparameters) tegelijk in een model worden opgenomen, blijken niet alle bedrijfskenmerken verklarend voor de afwijking in N- en P-excretie tussen voorspelling en meting. Naast de kengetallen afwijking VEM/N en VEM/P verhouding in het rantsoen en VEM-dekking zijn de melkproductie per koe en het aandeel bijproducten in rantsoen nog bepalend voor de afwijking in N-en P-excretie, en bovendien het jaar van meting voor N- excretie.

Door onderlinge correlaties tussen bedrijfskenmerken worden beweiding en aandeel snijmaïs in het rantsoen niet meer opgenomen in het gezamenlijke model.

Benadrukt moet worden dat de bedrijfskenmerken aanzienlijk minder invloed hebben op de afwijking van de voorspelde en gemeten N en P excretie dan de kengetallen/modelparameters afwijking VEM/N en VEM/P verhouding in het rantsoen en de VEM-dekking (zie ook tabel 3.4 en 3.5). Dit hangt niet direct samen met een eventuele correlatie tussen de bedrijfskenmerken enerzijds en de VEM/N- en VEM/P-verhouding en de VEM-dekking anderzijds. Deze correlatie was zwak.

De voorspelling van de voeropname vanuit de veebalans voor energie, N en P, vormt de basis voor de voorspelling van de opbrengst van de op het eigen bedrijf geteelde gewassen, gras en maïs (zie ook paragraaf 2.2). Daardoor werken eventuele afwijkingen in de voorspellingen van de voeropname ook rechtstreeks door in de voorspelling van de gewasopbrengst. Een onderschatting van de N- en P-excretie door het model zou ook moeten leiden tot een onderschatting van de N- en P₂O₅-gewasopbrengst. Dit is bij P wel het geval, maar bij N juist niet (zie Tabel 4.3). Mogelijk hangt dit samen met het feit dat in de keten tussen de gewasopbrengst en de voeropname oogst-, conserverings- en voerverliezen (conserverings- en voerverliezen treden niet alleen op bij ruwvoer maar zijn ook relevant voor aangekocht bijvoer en krachtvoer) optreden. Voor de genoemde verliezen worden forfaitaire waarden gebruikt. Afwijkingen van deze forfaitaire waarden leiden tot afwijkingen in de voorspelde gewasopbrengst. In een volgende studie zou het een aanvullende waarde kunnen hebben om de afwijking van de gemeten en berekende gewasopbrengst nader te analyseren en daarbij rekening te houden met de aannames van verliezen tussen voeropname en gewasopbrengst (zie hierboven).

4.4 De validatie van KringloopWijzer versie 2019.2 vergeleken met die van versie 2016.02

Een voor de hand liggende vraag is: 'is de KringloopWijzer van nu uiteindelijk betrouwbaarder dan de eerder getoetste versie van de KringloopWijzer?'

Om een indicatie te geven van het effect van modelaanpassingen in de KringloopWijzer op de betrouwbaarheid is de dataset 2006-2015, die gebruikt is bij de vorige validatie (Oenema et al., 2017), doorgerekend met zowel de versie die bij de vorige validatie gebruikt is (2016.02) als met de huidige versie (versie 2019.12). Voor de resultaten zie Bijlage 9.

Met de nieuwe versie van de KringloopWijzer zijn de verschillen tussen de voorspelde en gemeten N-excretie afgenomen (was -3,0%, nu -2,1%) en die van de P-excretie nagenoeg gelijk gebleven (was -4,1%, nu -4,3%). Met de nieuwe versie van de KringloopWijzer is het verschil in voorspelde en gemeten gezamenlijke gewasopbrengst (gras en snijmaïs) van P₂O₅ bijna gehalveerd (was -1,5%, nu -0,8%), terwijl het verschil tussen voorspelling en meting bij de gezamenlijke N-opbrengst is verdubbeld (was 1,4%, nu 2,8%). In het algemeen is dus sprake van een gelijk gebleven functioneren van de KringloopWijzer met N-opbrengst als uitzondering. Een nadere analyse m.b.t. de N-gewasopbrengst is in deze validatie niet uitgevoerd, maar wordt als aanbeveling opgenomen (zie paragraaf 4.3) volgende validaties.

De validatie waar dit rapport verslag van doet, gaat - meer dan de eerder gepubliceerde validatie (Oenema et al., 2017) - in op de afwijking van KringloopWijzer voorspelling en meting tussen bedrijven en tussen jaren binnen bedrijven. Een dergelijke analyse is bij de versievergelijking niet uitgevoerd, maar is wel aan te bevelen.

4.5 Verbeterpunten in de KringloopWijzer

Op basis van de uitkomsten van deze studie wordt aanbevolen om het inzicht in de bruikbaarheid van de KringloopWijzer als schatter voor bedrijfsspecifieke excreties en gewasopbrengsten te vergroten op basis van aanvullend onderzoek naar:

- Een betere schatting van de bedrijfsspecifieke samenstelling van voercomponenten in het rantsoen (VEM/N en VEM/P verhouding in het rantsoen).
- Een betere onderbouwing van de energiebehoefte (voeropname).

-
- De mogelijkheid om 'instelparameters' voor voeropname (VEM-dekking, gewicht koe, etc.) in de KringloopWijzer bedrijfsspecifiek te maken.
 - De invloed van bedrijfsomstandigheden/factoren om beter de voeropname van een veestapel te bepalen o.a.:
 - De invloed en gevoeligheid van sterk afwijkende melkproducties per koe (<7.000 en > 10.000 kg) op de voorspelling van N en P excreties en gewasopbrengsten.
 - De invloed en gevoeligheid van het gebruik van (vooral natte) bijproducten in de voeding op de voorspelling van N en P excreties en welke gevolgen dit heeft voor de voorspelde N- en P-opbrengsten van gewassen.
 - De invloed van hoge snijmaïsaandelen in het rantsoen op de voeropname en excretie.
 - De invloed en gevolgen van de bepaling van bedrijfsspecifieke excreties en gewasopbrengsten op basis van meerdere jaren voor de nauwkeurigheid in uitkomsten en de bruikbaarheid daarvan in de praktijk. Hiermee kan tegemoet worden gekomen aan het verkleinen van de waargenomen variatie binnen bedrijven tussen jaren.

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

- De KringloopWijzer geeft een nauwkeuriger en meer correcte bedrijfsspecifieke schatting van de N- en P-excreties is dan de RVO-forfaits. Met de KringloopWijzer wordt de N-excretie in 51% en 16% van de waarnemingen een afwijking van, respectievelijk, meer dan 5% en 10% geconstateerd, terwijl dat met de RVO-forfaits in 59% en 27% van de waarnemingen het geval was. Met de KringloopWijzer wordt de P-excretie in 59% en 21% van de waarnemingen een afwijking van, respectievelijk, 5% en 10% waargenomen, terwijl dat met de RVO-forfaits in 76% en 55% het geval was.
- De KringloopWijzer onderschat de gemeten N-excretie en de P-excretie van Koeien & Kansen-bedrijven gemiddeld over alle waarnemingen met, respectievelijk, met 2,3 en 3,2 procent.
- Tussen de waarnemingen is sprake van een aanzienlijke spreiding in de afwijking tussen voorspelling en meting van de N-excretie en de P-excretie. Deze is kleiner *tussen* de bedrijven (gemiddeld over een aantal jaren) dan *binnen* een bedrijf (binnen een bedrijf gaat het om de nauwkeurigheid tussen de jaren op één bedrijf).
- De KringloopWijzer onderschat op Koeien & Kansen-bedrijven de P₂O₅-opbrengst van grasland en maïsland tezamen (d.w.z. op bedrijfsniveau) met 2 procent en overschat de N- en drogestof opbrengsten gemiddeld met, respectievelijk, 2 en 6 procent.
- De KringloopWijzer onderschat de P₂O₅-opbrengst van grasland van Koeien & Kansen-bedrijven met gemiddeld 3 procent en overschat de N- en drogestof opbrengsten met, respectievelijk, 2 en 6 procent.
- De KringloopWijzer overschat de P₂O₅-, N- en drogestof opbrengsten van maïsland van Koeien & Kansen-bedrijven met gemiddeld, respectievelijk, 1, 2 en 4 procent.
- De modelparameters met betrekking tot voersamenstelling (verhouding in VEM/N en VEM/P in het rantsoen) en de voerbehoefte (VEM-dekking) hebben een grote invloed op de mate waarin de voorspellingen van N- en P-excretie via de KringloopWijzer afwijken van metingen op individuele Koeien & Kansen-bedrijven.
- Naast de zojuist genoemde modelparameters werd de afwijking tussen voorspelling en meting van de N- en P-excretie ook beïnvloed door het maïsaandeel in het rantsoen, en de afwijking van P-excretie door de melkproductie per koe, het aandeel bijproducten in het rantsoen en de beweiding (alleen bij de P-excretie). Bovendien werd de afwijking van de P-excretie beïnvloed door jaar van meting. De bijdrage van deze parameters aan de verklaring van de variatie in afwijking tussen voorspelling en meting was echter veel geringer dan die van de VEM/N- en VEM/P-verhouding in het rantsoen en de VEM-dekking.

5.2 Aanbevelingen volgende validaties

- Analyse van de afwijkingen in voorspelde en gemeten gewasopbrengsten en daarbij speciaal ook te kijken naar de effecten van beweidings-, oogst-, conserverings- en voerverliezen.
- Het testen van de nieuwe rekenregels voor de VEM behoefte door deze toe te passen op de huidige dataset van meetweken en de resultaten hiervan te vergelijken met de huidige rekenregels. Dat geeft inzicht in hoeverre de aangepaste rekenregels de waargenomen VEM-opname (VEM-dekking) beter voorspellen (validatie).
- Nagaan waar metingen kunnen worden verbeterd, zoals een check op de aanname dat de verdeling van de drogestof over de aangeboden voedermiddelen gelijk is aan de verdeling van de drogestof over de voedermiddelen in de voerrest, m.a.w. dat er geen selectie heeft plaatsgevonden.

-
- Nagaan in hoeverre resultaten van studies buiten Koeien & Kansen die werken aan het verbeteren van het zoveel mogelijk bedrijfsspecifiek afleiden van de gehalten (VEM, N en P) in vers gras, koegewicht en tussenkalf tijd (TKT) bruikbaar zijn voor verbetering van de rekenregels in de KringloopWijzer.
 - Analyseren en beschouwen van de gevolgen van het rekenen met de forfaits en het rekenen met de KLW elk met de bijbehorende waargenomen afwijkingen op bedrijfsniveau en op nationaal niveau.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., M.H.A. de Haan, J.J. Schröder, H.C. Holster, J.A. de Boer, J.W. Reijs, J. Oenema, G.J. Hilhorst, L.B. Šebek, F.P.M. Verhoeven & B. Meerkerk, 2015. Quantifying the environmental performance of individual dairy farms – the Annual Nutrient Cycling Assessment (ANCA). In: Grassland Science in Europe, Volume 20: 377 – 380.
- Anonymus, 2017. Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkveehouderij; versie 20 maart 2017. <https://mestboete.nl/wp-content/uploads/2015/09/Handreiking-BEX-2017-per-20-03-2017.pdf>.
- Anonymus, 2019. Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkveehouderij; versie 12 juli 2019. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/06/Handreiking%20Bedrijfsspecifieke%20excretie%20melkvee%202019.pdf>.
- GenStat, 2016. GenStat 18th edition, VSN International Ltd., Hemel Hempstead, Hertfordshire.
- Holshof, G., and M. Stienezen, 2016. Grasgroei meten met de grashoogtemeter. Wageningen UR Livestock Research. Livestock Research Report 925
- Keuning, J.A., 1988. Grashoogtemeter hulpmiddel voor schatting grashoeveelheid. In: Meststoffen 1-1988.
- Klootwijk, C.W., M.H.A. de Haan, A.P. Philipsen en A. van den Pol-van Dasselaar, 2020. Verkenning betere berekening van opname vers gras in de KringloopWijzer. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1261.
- Oenema, J., S.L.G.E. Burgers, M.K. Van Ittersum & H. Van Keulen, 2015. Stochastic uncertainty and sensitivities of nitrogen flows on dairy farms in The Netherlands. Agricultural Systems 137: 126-138.
- Oenema, J. G.J. Koskamp & P.J. Galema, 2001. Guiding commercial pilot dairy farms to bridge the gap between experimental and commercial dairy farms: the project Cows & Opportunities. Neth. J. Agric. Sci. 49: 277-296.
- Oenema, J., Šebek, L.B., Schröder, J.J., Verloop, J., Haan, M.H.A. de, Hilhorst, G.J., 2017. Toetsing van de KringloopWijzer: Gemeten en voorspelde stikstof- en fosfaatproducties van mest en gewas. Wageningen Plant Research, Rapport WPR-689, 79 pp.
- Oenema, J. & Oenema, O., 2021. Intensification Of Grassland-Based Dairy Production And Its Impacts On Land, Nitrogen And Phosphorus Use Efficiencies. Frontiers of Agricultural Science and Engineering 8 (1): 130-147, <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2020376>.
- RVO, 2019. Excretietabellen Tabel 6a (melkvee 2019-2021, drijfmest), Tabel 6b (melkvee 2019-2021, vaste mest), www.rvo.nl (geraadpleegd op 12 februari 2021).
- Šebek, L.B., P. Bikker, C. van Bruggen, 2014. Review excretieforfaits melkvee en jongvee - Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Bijlage 1 bij de WOT-brief met kenmerk 14/N&M0165 van 22 september 2014.
- Spek, J.W. Van Wesemael, D. & De Boever, J. 2022. Geactualiseerde energiebehoefthenormen voor Holstein Friesian melkkoeien. Stichting CVB, CVB Documentatierapport nr. 79, 79 pp.
- Verloop, K., J. Oenema, W. van Dijk, 2023. Toetsen van het geldigheidsdomein KringloopWijzer voor afwijkende bedrijfstypen. Wageningen Research, Rapport WPR-1243.
- Tamminga, S., H.F.M. Aarts, A. Bannink, O. Oenema & G.J. Monteny, 2004. Actualisering van geschatte N en P excreties door rundvee. Reeks Milieu en Landelijk gebied 25. Wageningen, 48 pp.
- Van Dijk, W., J.J. Schröder, L.B. Šebek, J. Oenema, J.G. Conijn, T.H. Vellinga, J. de Boer, M.H.A. de Haan & J. Verloop, 2020. Rekenregels van de KringloopWijzer 2019 - Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2018-versie. Wageningen Research, Rapport WPR-956, 130 pp.

Bijlage 1 Werkwijze KringloopWijzer

De KringloopWijzer als schatter

Op basis van de samenstelling van de veestapel en de kVEM-behoefte per diercategorie, wordt door de KringloopWijzer allereerst een schatting gemaakt van de totale kVEM-behoefte van het bedrijf. Deze behoefte wordt gedekt vanuit aangekochte voedermiddelen (krachtvoer, ruwvoer) en zelf geteelde voedermiddelen. Stel, de totale kVEM-behoefte van het bedrijf bedraagt 10.000 eenheden waarvan, blijkens opgegeven analyses, 3.000 eenheden zijn aangekocht als krachtvoer en overig voer (bv. perspulp, MKS). Dat betekent dat 7.000 eenheden moeten worden gedekt uit zelf geteeld en aangekocht ruwvoer in de vorm van vers gras, graskuil en snijmaïskuil. Dit voer komt op zijn minst voor een deel uit voorraden, doorgaans uit kuilen, waarvan het jaarlijkse verbruik te meten is. Op veel bedrijven wordt ook vers gras als voer gebruikt, al dan niet in de vorm van beweiding. Daarvan is de jaarlijks gebruikte hoeveelheid lastig te bepalen. In de KringloopWijzer worden de hiervoor genoemde 7.000 eenheden uit zelf geteeld voer als volgt verdeeld over de rubrieken 'vers gras', 'kuilgras' en 'snijmaïskuil'. Allereerst wordt op basis van het door het bedrijf opgegeven beweidingssysteem, een verhouding verondersteld tussen de hoeveelheden kVEM in de vorm van vers gras en kuilgras. Die verhouding varieert globaal van 0,1 : 0,9 tot 0,3 : 0,7 en hangt onder meer af van het aantal uren en maanden weidegang. Verder wordt via een opmeting van kuilvolumes vastgesteld hoeveel eigen kuilgras en snijmaïskuil zijn aangelegd, zulks onder verrekening van eventuele voorraadwijzigingen. De volumes van beide typen kuilen worden vervolgens op basis van forfaitaire soortelijke dichtheden en geanalyseerde samenstelling omgerekend naar hoeveelheden beschikbare kVEM. Stel, de verhouding tussen de hoeveelheden kVEM in de vorm van kuilgras en vers gras bedraagt 0,8 : 0,2 (dus 4x meer kuilgras dan vers gras) en de verhouding tussen de hoeveelheden kVEM in de vorm van snijmaïskuil en kuilgras bedraagt 1,5 : 1,0. De KringloopWijzer verdeelt de genoemde 7.000 eenheden kVEM uit zelf geteeld voer vervolgens in de verhouding $1,5 : 1,0 : (1,0/0,8) \times 0,2 = 1,5 : 1,0 : 0,25$ over, achtereenvolgens snijmaïskuil, graskuil en vers gras. Het zijn dus niet de hoeveelheden kVEM in de vorm van kuilen die bepalen hoeveel van de benodigde kVEM uit vers gras afkomstig is, maar de geschatte verhoudingen tussen de diverse zelf-geteelde voeders. De hoeveelheden kVEM van elk van de voedermiddelen (aangekocht krachtvoer, aangekocht ruwvoer, zelf geteelde voeders) is via vermenigvuldiging met gemeten N/VEM en P/VEM verhoudingen om te rekenen naar een hoeveelheid N en P. Voor vers gras ontbreken metingen doorgaans en wordt uitgegaan van gehalten die, bijvoorbeeld in het geval van weidegras, voor N 1,1 maal de hoeveelheid per VEM in kuilgras bedragen en voor P 1,05 maal de hoeveelheid per VEM in kuilgras bedragen. Op deze manier berekent de KringloopWijzer wat de door de veestapel opgenomen hoeveelheden N en P bedragen. In combinatie met schattingen van de vastlegging van N en P in het dier, de gemeten melkproductie, het gemeten eiwitgehalte van melk (en daaruit afgeleide N-concentratie) en de forfaitaire P-concentratie in de melk, kunnen de N- en P-excreties van de veestapel gemeten worden. Hierboven is aangegeven hoe de KringloopWijzer een schatting maakt van de hoeveelheid geproduceerde mest-N en mest-P en van de hoeveelheid vervoederde N en P in de diverse vormen van zelf geteeld voer. Die hoeveelheden N en P in zelf geteeld voer zijn na verrekening van eventuele (forfaitaire) voerverliezen en inkuilverliezen om te rekenen naar de hoeveelheden die geogst moeten zijn via dam of bek. Tabel B1 geeft welke onderdelen daartoe bij invulling van de KringloopWijzer gemeten worden en welke onderdelen geschat worden.

Volledigheidshalve is in die Tabel B1 ook aangegeven welke onderdelen bedrijfsspecifiek ('gemeten') worden ingevuld en welke geschat worden bij het schatten van de N- en P-excretie volgens de RVO-tabellen en welke onderdelen gemeten dan wel geschat werden in de zogenaamde meetweken.

Tabel B1 Overzicht van de wijze waarop de Metingen van de Voorspellingen (KLW, RVO) van de N- en P-excretie, gebaseerd zijn op gemeten (bedrijfsspecifieke) invoerdata of schattingen.

Object	Meting/Voorspelling	Wijze:	
		Meting	Schatting ¹
kvEM opname en N en P excretie	Voorspelling mestproductie volgens KLW	<ul style="list-style-type: none"> • veestapelsamenstelling • melkproductie • aangekochte hoeveelheid ruwvoer en krachtvoer • N/VEM, P/VEM en DS/VEM in aangekochte voeders en in gewonnen, zelf geteeld voer • gewasspecifieke kuilvolumes • maanden weidegang en uren per dag • wijzigingen van voervoorraden • eiwit (N) in melk 	<ul style="list-style-type: none"> • kvEM behoefte per diercategorie en productiviteit • gewasspecifieke soortelijke dichtheid van kuilen • P in melk • kvEM opname via weidegras o.b.v. mate van weidegang • N/VEM en P/VEM van weidegras o.b.v. gemeten N/VEM en P/VEM in kuilgras • N en P opname via weidegras • N en P vastlegging in dieren • duur van de droogstand
kvEM opname en N en P excretie	Voorspelling mestproductie volgens RVO	<ul style="list-style-type: none"> • melkproductie • ureumgehalte in melk 	<ul style="list-style-type: none"> • correctie voor stal- en mesttype specifieke gasvormige N verliezen: van netto- naar bruto- excretie ('onder de staart')
kvEM opname en N en P excretie	Meting melkveestapel ('meetweek', zie Bijlage 2a)	<ul style="list-style-type: none"> • opname van diverse voeders op stal voor melkgevende koeien en droogstaande koeien apart • N/VEM en P/VEM ratio's in diverse voeders • melkproductie • eiwit (N) in melk 	<ul style="list-style-type: none"> • N en P vastlegging in veestapel • bedrijfsspecifieke N en P excretie van jongvee o.b.v. schatter gebaseerd op metingen op een deel van bedrijven² • N en P opgenomen via weidegras • P in melk • duur van droogstand
kvEM opname en N en P excretie	Meting jongvee* ('meetweek')	<ul style="list-style-type: none"> • opname van diverse voeders op stal • VEM in diverse voeders 	

¹ Voor aannames en rekenregels is gebruikt gemaakt van de Handreiking Bedrijfsspecifieke excretie (Anonymus, 2019).

² Op beperkt aantal bedrijven werd de excretie van jongvee gemeten en de uitkomst werd, bedrijfsspecifiek, vertaald naar bedrijven waar de excretie van jongvee niet gemeten werd (Bijlage 3).

Bijlage 2a Wijze van uitvoeren van de meetweken op K&K bedrijven

Berekening excretie

De excretie berekeningen zijn gebaseerd op de balansmethode

Excretie = opname - vastlegging

Voor deze balansmethode zijn data nodig van enerzijds de opname van N en P (voeding) en de anderzijds het gebruik van N en P door het dier (melkproductie, groei, dracht en onderhoud). In de K&K meetweken worden deze data verzameld via meting van de voeropname en de melkproductie. Dit gebeurt voor zowel de droogstaande als de melkgevende koeien.

Meetweken zijn gericht op het verzamelen van de gegevens die nodig zijn voor het uitvoeren van de balansberekening voor de excretie. Die data betreffen de melkproductie en voeropname (uitgedrukt in g N en P per dier per dag). Maar de balansmethodiek vraagt ook om de N en P voor vastlegging (voor groei, dracht). Deze worden niet gemeten, maar er worden default-waarden gebruikt (Anonymus, 2019).

Meetweken worden uitgevoerd op 1 rantsoen en met dieren die zijn geadapteerd aan dat rantsoen. Dat betekent dat het rantsoen niet wordt gewijzigd tijdens een meetweek en dat een meetweek bij voorkeur niet binnen twee weken na een rantsoenwijziging wordt uitgevoerd. Vanwege de laatste eis komt het in de praktijk zelden voor dat het interval tussen opeenvolgende meetweken gedurende het jaar constant is.

Representativiteit van de meetweekresultaten voor andere weken in het jaar

Indien gedurende het jaar (= 52 weken) het aantal dieren, het gevoerde rantsoen, de diergezondheid, het gemiddelde lactatiestadium, de voeropname en daarmee de melkproductie en melksamenstelling constant is, dan zijn elke meetweek representatief zijn voor het gehele jaar. Echter, op praktijkbedrijven zijn de genoemde variabelen niet constant binnen een jaar.

Het voermanagement is er op gericht een zo constant mogelijk rantsoen aan de dieren aan te bieden. Dat is niet alleen beter voor de melkproductie, maar is ook noodzakelijk om de (ruw)voervoorraad goed over het jaar te verdelen c.q. aan het eind van het jaar niet met een overschot dan wel tekort aan ruwvoer geconfronteerd te worden. Het rantsoen wordt in principe alleen aangepast als er een nieuwe kuil wordt aangebroken en aan het begin en eind van het beweidingsseizoen. Die aanpassing betreft veelal de krachtvoersamenstelling om het totale nutriëntenaanbod gelijk te houden. De verhouding ruwvoer/krachtvoer of snijmaïskuil/graskuil wordt zo veel mogelijk gelijk gehouden.

Naast het streven naar een constant rantsoen wordt veelal gestreefd naar een jaarrond afkalvende veestapel, zodat idealiter van een constant gemiddelde lactatiestadium sprake is. De variatie in de tijd in de rantsoensamenstelling en de voerefficiëntie is daardoor gering en verloopt geleidelijk.

Op basis van bovenstaande uitgangspunten is verondersteld dat het opschalen van meetweek naar jaarexcretie tot goede resultaten kan leiden, mits er voldoende meetweken worden uitgevoerd. Het aantal benodigde meetweken per jaar is vastgesteld op basis van een analyse op data van De Marke waar 52 meetweken per jaar worden uitgevoerd (zie beschrijving analyse steekproefgrootte). Voor de praktijkbedrijven in de K&K omgeving is vastgesteld dat minimaal 8 meetweken per jaar nodig zijn. Bij $n > 7$ meetweken per jaar wordt aangenomen dat de gemiddelde excretie in de meetweken overeenkomt met de gemiddelde jaarexcretie.

Correctie voor melkproductie

De excretie is afhankelijk van voeropname en melkproductie. Ondanks het streven naar een constante voeropname en melkproductie zullen er door het jaar schommelingen optreden b.v. als gevolg van de (weers)omstandigheden en/of een niet geheel constant afkalpatroon. In een individuele meetweek kunnen dus relatief veel of weinig hoogproductieve dieren voorkomen. Als dat gebeurt dan is de melkproductie per jaar zoals berekend vanuit de gemeten gemiddelde melkproductie in de meetweken

niet gelijk aan de melkproductie zoals geleverd aan de fabriek. Aangezien bij een (redelijk) constant rantsoen plus een constant lactatiestadium de voerefficiëntie ook constant is (kg melk per kg opgenomen voer) kan de voeropname gerelateerd worden aan de melkproductie. De meetweekresultaten worden daarom bij het opschalen naar de jaarresultaten gecorrigeerd voor het verschil in melkproductie zoals gemeten tijdens de meetweken en de opgegeven melkproductie in de KringloopWijzer.

Correctie voor het weideseizoen

Bij de overgang van stal- naar weideseizoen en vice versa is er wel een wezenlijke verandering in de rantsoensamenstelling en de melkproductie per kg opgenomen voer. Daarom wordt bovenstaande methodiek bij weidende bedrijven niet op jaarbasis maar op seizoenbasis (i.c. weideseizoen en stalseizoen) uitgevoerd. Vervolgens wordt de excretie in het stalseizoen opgeteld bij de excretie in het weideseizoen om tot de jaarexcretie te komen. Bij deze optelling worden de seizoenexcretie gewogen naar het aantal dagen opstallen dan wel weiden.

Dieraantallen

Bij de opschaling van de meetweekgegevens naar jaargegevens worden de resultaten eerst uitgedrukt per dier per dag en vervolgens gerelateerd aan de gerealiseerde melkproductie. Hierdoor is correctie voor het aantal dieren in de verschillende meetweken overbodig.

NB: De dieraantallen uit opschaling van de meetweekgegevens naar jaargegevens komen niet altijd overeen met de I&R dieraantallen. Het gaat om verschillen van één tot twee dieren. De I&R betreft het aantal waargenomen dierdagen gedeeld door 365. De dieraantallen zijn dan ook continu variabelen (met decimalen).

Droogstand

De meetweekresultaten hebben betrekking op melkgevende dieren (MK) en droogstaande dieren (DK). Voor deze twee groepen zijn aparte meetweken uitgevoerd. De berekening van de excretie van de melkveestapel is gedaan met een lengte van 58 dagen droogstand en 307 dagen voor melkgeven.

Bijlage 2b Steekproefgrootte meetweken

Doel

Bepalen hoeveel meetweken er nodig zijn (= steekproefgrootte) om een betrouwbare schatting te maken van de jaarlijkse N- en P-excretie van melkvee op een praktijkbedrijf.

Aanpak

De betrouwbaarheid van de schatting van de jaarexcretie met een fout van maximaal 5% ($\pm 2,5\%$) kan numeriek geschat worden door de steekproefvariantie σ^2 voor verschillende steekproefgroottes te bepalen. Het daarmee per steekproefgrootte vast te stellen 95% betrouwbaarheidsinterval (95%BTI) biedt een snel inzicht in het verloop van de betrouwbaarheid van de schatting bij een verschillend aantal meetweken.

Achtergrond

In K&K worden meetweken gebruikt om voor de melkveestapel de N- en P-excretie per jaar (uitgedrukt in g per dier per dag) te bepalen. Voor het schatten van de jaarexcretie wordt de jaaropname voor voer en de jaarproductie voor melk gebruikt. Met die gegevens wordt via de balansmethode de N- en P-excretie op jaarbasis geschat.

Het is onmogelijk om op praktijkbedrijven de voeropname jaarrond te meten. Daarom is in K&K gekozen voor het nemen van een steekproef om op basis daarvan de jaarexcretie te schatten. De steekproef bestaat uit het herhaaldelijk meten van de voeropname en melkproductie gedurende een week (meetweek). De steekproefgrootte, het aantal meetweken per jaar, bepaalt de nauwkeurigheid van de schatting van de jaarexcretie. Om vast te stellen hoeveel meetweken nodig zijn, is op basis van een statistische analyse vastgesteld wat de minimale steekproefgrootte moet zijn. Voor die analyse is een dataset gebruikt van proefbedrijf De Marke waar jaarrond meetweken worden uitgevoerd (n=52 meetweken per jaar).

Beschikbare data

Tabellen B2.1a en B2.1b geven enkele kenmerken van de gebruikte dataset van 11 jaar De Marke (2000 t/m 2010) waarin 52 meetweken per jaar zijn uitgevoerd.

Tabel B2.1a Kenmerken van De Marke dataset 2000 t/m 2010: jaargemiddelden.

jaar	Jaargemiddelden (per dier per dag)				
	nDier ¹	FPCM ²	gNexcr ³	gNopn ⁴	gNvast ⁵
2000	67,5	28,8	370,5	525,7	155,2
2001	69,6	28,9	389,5	540,8	151,4
2002	65,5	28,5	387,3	534,9	147,6
2003	68,7	27,5	367,3	509,3	142,1
2004	67,3	28,2	401,3	546,1	144,8
2005	69,1	28,2	403,4	552,9	149,5
2006	67,9	29,2	392,6	547,9	155,3
2007	63,6	28,4	373,1	521,1	148,0
2008	66,6	26,0	359,6	494,8	135,2
2009	72,0	24,7	342,7	468,7	126,0
2010	70,3	26,9	327,6	462,8	135,2

¹ nDier = aantal dieren per meetweek.² FPCM = Fat and Protein Corrected Milk (meetmelk) (kg per dag).³ gNexcr = N-excretie (gram per dier per dag).⁴ gNopn = N-opname (gram per dier per dag).⁵ g Nvast = N-vastlegging in melk en in groei (gram per dier per dag).**Tabel B2.1b** Kenmerken van De Marke dataset 2000 t/m 2010: min, max en spreiding Sd horende bij de jaargemiddelden in Tabel B2.1a.

Jaar	nDier ¹			FPCM ²			gNexcr ³			gNopn ⁴			gNvast ⁵		
	min	max	Sd	min	max	Sd	min	max	Sd	min	max	Sd	min	max	Sd
2000	62,3	73,0	2,6	26,5	30,7	1,2	315,0	434,6	25,8	478,5	588,8	26,5	140,1	165,1	6,2
2001	58,9	76,4	4,1	25,4	32,1	1,5	333,7	492,8	36,3	483,4	641,2	37,7	134,5	169,4	7,8
2002	57,0	76,3	3,9	25,3	31,2	1,3	329,8	592,6	39,2	476,4	742,6	39,1	131,6	159,2	5,4
2003	61,0	75,6	4,0	24,9	29,0	0,9	293,9	456,8	34,0	429,8	602,7	36,2	128,6	152,2	4,9
2004	59,4	73,0	3,7	23,2	32,5	2,3	286,0	491,2	41,6	452,9	635,8	42,0	118,3	168,6	13,0
2005	61,3	75,3	3,5	25,1	30,7	1,1	279,5	506,9	46,6	422,2	669,1	47,0	134,7	164,0	6,3
2006	62,7	71,0	2,3	26,2	31,0	1,0	331,3	490,1	31,5	487,5	644,7	32,3	140,4	168,6	6,4
2007	54,6	72,0	4,4	24,3	33,2	3,0	303,8	443,0	32,4	430,7	582,7	38,6	123,8	177,8	17,1
2008	55,1	74,6	5,1	23,3	29,9	1,6	291,4	421,7	34,4	419,7	563,6	38,9	116,6	151,9	8,0
2009	67,7	77,9	2,3	22,1	27,3	1,2	261,2	430,6	39,5	376,4	556,1	41,2	109,7	136,8	7,0
2010	64,3	76,1	2,6	24,1	28,8	1,1	258,5	380,4	29,0	391,7	520,9	30,0	120,8	145,5	5,4

¹ nDier = aantal dieren per meetweek.² FPCM = Fat and Protein Corrected Milk (meetmelk) (kg per dag).³ gNexcr = N-excretie (gram per dier per dag).⁴ gNopn = N-opname (gram per dier per dag).⁵ g Nvast = N-vastlegging in melk en in groei (gram per dier per dag).

Uit tabellen B2.1a en B2.1b blijkt dat de in de meetweken vastgestelde N-excretie van de melkkoeien van De Marke (n=52 meetweken) in de 11 onderzochte jaren gemiddeld 374,1 g N per dier per dag (min= 327,6 en max= 403,4) is.

Methodiek

Het effect van het aantal meetweken per jaar op de steekproefvariantie σ^2 kan numeriek worden geschat wanneer de meetweken met regelmatige tussenperioden worden genomen (equidistante meetweken). De tussenliggende weken worden niet meegenomen bij het schatten van het jaargemiddelde. Bij 1 week overslaan (dus om en om een meetweek) zijn er 2 meetweektypen (nl. de even en oneven weken ofwel weektype 1 en 2). Bij 2 weken overslaan (dus 1 week meten, daarna 2 weken niet, dan weer een week meten, etc.) zijn er 3 meetweektypen (de reeks met weektype 1

omvat de weeknummers 1, 4, 7, etc. ; weektype 2 omvat de weeknummers 2, 5, 8, etc.). Met de verschillende meetweektypen wordt in de analyse een eventueel effect van de toevallige keuze voor een reeks c.q. weektype uitgesloten. Met het toenemen van het aantal meetweken per jaar neemt het aantal weektypes af (Tabel B2.2).

Tabel B2.2 Overzicht van het aantal meetweken per jaar en de bijbehorende periode waarin niet gemeten wordt, het aantal weektypes voor de analyse en het aantal schattingen (N) voor het jaargemiddelde die gebruikt zijn voor de schatting σ^2 per jaar.

Aantal meetweken per jaar	Interval niet meten in weken	Weektypes (= tevens N)				
4	10, 11 en 12	1	2	3	t/m	11, 12 en 13
5	8 en 9	1	2	3	t/m	9 en 10
6	7	1	2	3	t/m	8
7	6	1	2	3	t/m	7
8	5	1	2	3	t/m	6
10	4	1	2	3	t/m	5
13	3	1	2	3	4	
17	2	1	2	3		
26	1	1	2			

Voor ieder weektype is per jaar in de dataset het jaargemiddelde geschat waarmee de steekproefvariantie σ^2 is berekend:

$$\sigma^2 = \sum_i (x_i - \mu)^2 / N \quad (1)$$

Waarin:

σ^2 = variantie

x_i = geschatte jaarexcretie (op basis van n meetweken)

μ = gemeten jaarexcretie (op basis van 52 meetweken)

N = aantal waarnemingen

Het aantal beschikbare schattingen van het jaargemiddelde per weektype is afhankelijk van de grootte van het meetweekinterval (Tabel 2). Vervolgens zijn voor alle steekproefgroottes de gemiddelde waarden per meetweektype berekend binnen ieder jaar. De afwijkingen van deze gemiddelde waarden t.o.v. het jaargemiddelde worden beschouwd als onderling onafhankelijke waarnemingen met een te schatten over-all variantie. De over-all variantie per steekproefgrootte is geschat met REML (Searle et al., 1992). Het gebruikte model was:

$$\underline{Y}_{ij} = \mu_i + \underline{\varepsilon}_{ij} \quad (2)$$

Waarin:

\underline{Y}_{ij} = Natuurlijke logaritme (Ln) van berekende gemiddelde waarde van kengetal van steekproefweektype j in jaar i.

μ_i = gemiddelde waarde in jaar i.

$\underline{\varepsilon}_{ij} \sim N(0, \sigma^2_{ij})$ = random residuele variatie van steekproefweektype j binnen jaar i.

De geschatte waarde van σ^2_{ij} is s^2 .

Het 95% betrouwbaarheidsinterval (95%BTI) voor de steekproefgrootte op ln-schaal is dan:

$$\mu_i \pm 1,96 * s$$

Aangezien het model op Ln-schaal is, geldt voor de oorspronkelijke schaal bij benadering een relatieve spreidingsmaat S_r (= de variatiecoëfficiënt van de waarnemingen). Daarmee wordt het betrouwbaarheidsinterval op de oorspronkelijke schaal gedefinieerd als:

$$95\%BTI = \pm 1,96 * S_r$$

Hieruit volgt dat een schatting met een betrouwbaarheid van $\pm 5\%$ een $S_r = 2,55\%$ heeft. Voor de gebruikte dataset van De Marke (Tabel 1) met een gemiddelde jaarlijkse N-excretie van 374,1 g N per dier per dag komt een fout van $\pm 5\%$ overeen met $\pm 18,7$ g N per dier per dag. Op jaarbasis betreft het een fout van 136,5 $\pm 6,8$ kg N per dier per jaar.

Resultaat

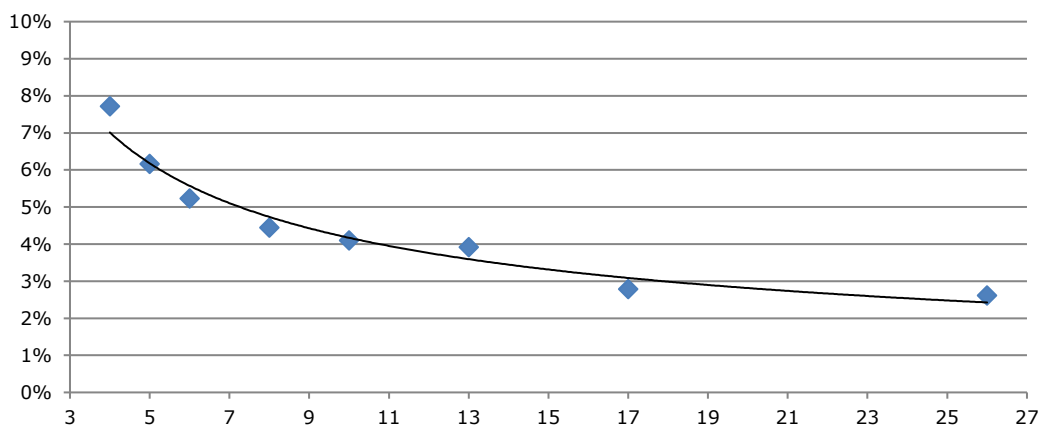
Uit het verloop van de per meetweekinterval vastgestelde 95%BTI wordt inzichtelijk hoeveel meetweken per jaar (=steekproefgrootte) nodig zijn voor acceptabele schatting van de jaarexcretie (Tabel B2.3).

Tabel B2.3 Per steekproefgrootte (aantal meetweken per jaar) vastgestelde over-all varianties (s^2) met standaardfout (se), standaard afwijking (s) en de variatiecoëfficiënt ($vc = 1,96 \times S_r$).

aantal Meetweken/jaar	s^2	se	s	vc (%)
26	0,000173	0,000074	0,01315	2,58
17	0,000194	0,000058	0,01393	2,73
13	0,000383	0,000094	0,01957	3,84
10	0,000426	0,000091	0,02064	4,05
8	0,000505	0,000096	0,02247	4,40
7	0,000383	0,000067	0,01957	3,84
6	0,000694	0,000112	0,02634	5,16
5	0,000986	0,000144	0,03140	6,15
4	0,001547	0,000198	0,03933	7,71

Uit Tabel B2.3 blijkt dat de waarneming voor 7 meetweken per jaar een atypisch lage waarde geeft. Hiervoor is geen duidelijke verklaring, maar het heeft mogelijk te maken met een extra observatie per jaar ten opzichte van 6 en 8 meetweken. Deze waarneming trekt de trendlijn naar beneden en leidt dus tot een lagere waarde voor het benodigde aantal meetweken voor een variatiecoëfficiënt $\leq 5\%$. Daarom is in de grafische weergave (Figuur B2.1) de waarneming voor 7 meetweken per jaar genegeerd.

Schatting van de variatiecoëfficiënt tegen het aantal weken meten per jaar



Figuur B2.1 Schatting van $Y =$ variatiecoëfficiënt (%) tegen het $X =$ aantal weken meten per jaar.

Uit Figuur B2.1 is af te lezen dat, wanneer betrouwbaarheidsinterval van +/- 5% acceptabel wordt gevonden, dat overeen komt met iets meer dan 7 meetweken per jaar.

Discussie

De praktijkbedrijven binnen Koeien & Kansen gebruiken bij de uitvoering van de meetweken dezelfde methodiek en volgen dezelfde werkwijze als het personeel op proefbedrijf De Marke. Echter, de gebruikte apparatuur is wellicht minder nauwkeurig en ook de nauwkeurigheid van werken kan wat minder zijn dan op een proefbedrijf. Daarom is een methodiek gekozen waarmee de toevallige fout bij het kiezen van het moment van meetweken in combinatie met het aantal meetweken per jaar geanalyseerd wordt. De toevallige fout is niet afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmee de metingen zijn uitgevoerd. Daarom zijn de resultaten van de analyse op de data van De Marke direct bruikbaar voor de Koeien & Kansen-bedrijven.

De gebruikte methode gebruikt het REML-model voor de schatting van s bij meerdere weektypes. Het REML-model neemt daarbij aan dat de relatieve variantie tussen weken in de 11 jaren constant is en dat de gemiddelde waarden per meetweektype na correctie voor jaareffect verder ongecorrleerd zijn. Bij veel meetweektypen ($n > 6$ ofwel minder dan 7 meetweken per jaar) kan er echter toch sprake zijn van enige correlatie, zodat de gemiddelde waarde van het meetweektype bijvoorbeeld een hogere correlatie met meetweektype 4 dan met meetweektype 1. Binnen het project Koeien & Kansen speelt dit niet, omdat er minimaal 8 meetweken per jaar worden uitgevoerd. Er wordt gestuurd op het uitvoeren van 10 meetweken per jaar en in de dataset 2006-2015 is het gemiddelde $n=8,5$; het feit dat dit meer is dan de 7 die op grond van vooronderzoek op De Marke zouden moeten volstaan, hangt samen met de veronderstelde minder intensieve checks op metingen en meetinstrumentarium op praktijkbedrijven).

Literatuur

Searle, S. R., Casella, G., and McCulloch, C. E. (1992). *Variance Components*, J. W. Wiley: New York.

Bijlage 3 Procedure voeropname jongvee

Op aanvankelijk zes en later vijf K&K bedrijven zijn ook meetweken voor het oudere jongvee uitgevoerd. Op deze bedrijven was de bedrijfsinrichting zodanig dat het mogelijk is om een voermeetweek uit te voeren. Tabel B3.1 geeft een overzicht van de resultaten van de VEM-dekking en de N- en P-excreties.

Tabel B3.1 Overzicht van de VEM-dekking en de N- en P-excretie (kg/jaar) van het jongvee > 1 jaar gemeten op K&K bedrijven in de periode 2006-2015 (n=43).

	VEM-dekking	N-excretie	P-excretie
Gem	99	54,5	8,0
Min	74	36,6	5,5
Max	124	78,5	10,1
SD	12	10,4	1,3

De gemiddelde leeftijd van het oudere jongvee bedroeg 17,5 maand. De VEM-dekking van het oudere jongvee was nagenoeg gelijk aan de behoefte. De N- en P-excreties waren lager dan de forfaitaire waarden uit 2014 (74,9 voor N en 9,6 voor P; Sebek et al., 2014). Een verschil van 27 en 17% voor respectievelijk N en P. Dit kan deels worden verklaard door de jongere leeftijd van het jongvee in K&K dan in de forfaits. Verder krijgt het jongvee in K&K voedermiddelen met een lagere N/VEM dan gemiddeld in Nederland wordt aangenomen. De gemiddelde P/VEM verhouding in voedermiddelen is nagenoeg gelijk voor het jongvee in K&K en forfaits. Tabel B3.2 geeft een overzicht van het gemiddelde rantsoen volgens WUM. Deze cijfers zijn gebaseerd op de jaren 2010-2012 (persoonlijke mededeling Cor van Bruggen, CBS).

Tabel B3.2 Gemiddeld rantsoen voor jongvee > 1 jaar op basis van CBS-gegevens in de periode 2010-2012.

	Droge stof (kg /jaar)	%	VEM-gehalte (VEM/kg ds)	N-gehalte (g/kg ds)	N-opname (kg/jaar)	P-gehalte (g/kg ds)	P-opname (kg/jaar)
Weidegras	1052	37	934	30,3	31,9	3,7	3,9
Graskuil	1645	57	898	27,6	45,4	3,8	6,3
Hooi							
Snijmaïskuil	97	3	948	12,1	1,2	2,0	0,2
Standaardkrachtvoer	76	3	1080	26,5	2,0	4,8	0,4
Eiwitrijk krachtvoer			1080	35		5,5	
Vochtrijk krachtvoer			1000	20		3,1	
Volle melk			280	5,5		1,0	
Totaal opname	2870	100			80,5		10,7

Het gemiddelde rantsoen voor jongvee > 1 jaar (NL rantsoen) vergelijken we met het gemiddelde rantsoen gemeten op enkele K&K bedrijven (Tabel B3.3). Dit waren bedrijven waarvan het jongvee > 1 jaar vooral op stal werden gehouden. Daardoor is het (jaar)rantsioen op deze bedrijven nogal afwijkend van het NL rantsoen (Tabel B3.2). Ook de gemiddelde leeftijd van het jongvee in K&K is lager dan het gemiddelde NL rantsoen voor jongvee > 1 jaar (zie ook hierboven). Een ander verschil is dat het aandeel snijmaï in het rantsoen op K&K bedrijven hoger is dan in het NL rantsoen. De inzichten uit Tabel B3.3 zijn gebruikt voor alle K&K bedrijven door gebruik te maken van de

verhoudingsgewijze opname van de verschillende voedermiddelen. Daarbij is de opname van de hoeveelheid weidegras 'bedrijfsspecifiek' gemaakt. Voor elk K&K bedrijf is het aantal dagen weidegang van het jongvee > 1 bekend. Uitgangspunt is dat het jongvee die dagen alleen weidegras opnemen naar behoefte (VEM-dekking is 100%) en dat de samenstelling van het weidegras gelijk is aan het NL rantsoen uit Tabel B3.2. Het resterende 'VEM-gat' is vervolgens verhoudingsgewijs ingevuld door de andere voedermiddelen (graskuil, grashooi, snijmaïs, bijproducten en krachtvoer). Voor de samenstelling van die voedermiddelen baseren we ons op de beschikbare gegevens per bedrijf. De samenstelling van bijproducten en snijmaïs is gelijk aan wat de koeien krijgen. Voor krachtvoer wordt in de meetweken van de melkkoeien onderscheid gemaakt in eiwitarm en eiwitrijk krachtvoer. Voor het jongvee nemen we de gemiddelde gehalten van het eiwitarme krachtvoer. Voor graskuil en grashooi baseren we ons op de samenstelling van deze producten die aangeboden worden aan de droge koeien. Vooral de samenstelling van graskuil is nogal bepalend voor de totale opname van N en P in het rantsoen en dus ook voor de N- en P-excretie (zie Tabel B3.3). We hebben de aanname dat de samenstelling van graskuil en grashooi voor jongvee > 1 en droge koeien overeenkomt, kunnen toetsen door uit de dataset van meetweken voor het jongvee op K&K bedrijven de samenstelling van graskuil te vergelijken met die van de samenstelling van droge koeien (Tabel B3.4). De resultaten laten zien dat gemiddelde samenstelling van graskuil voor droge koeien en jongvee > 1 grote overeenkomsten hebben.

Tabel B3.3 Gemiddeld rantsoen voor jongvee > 1 jaar op basis van meetweekgegevens K&K in de periode 2006-2015 (n=43).

	Droge stof (kg /jaar)	%	VEM-gehalte (VEM/kg ds)	N-gehalte (g/kg ds)	N-opname (kg/jaar)	P-gehalte (g/kg ds)	P-opname (kg//jaar))
Weidegras	31	1	923	33,2	1,0	4,2	0,1
Graskuil	1925	70	852	25,1	48,3	4,1	7,8
Hooi	207	8	590	11,8	2,4	1,7	0,3
Snijmaïskuil	519	19	986	11,8	6,1	2,1	1,1
Krachtvoer ¹	10	0	1032	39,8	0,4	6,2	0,1
Vochtrijk krachtvoer	53	2	924	18,9	1,0	2,9	0,2
Volle melk							
Totaal opname	2745	100			59,3		9,6

¹ In de meetweken voor jongvee is geen onderscheid gemaakt tussen standaardkrachtvoer en eiwitrijk krachtvoer, zoals in het 'CBS rantsoen' (zie Tabel B3.2)

Tabel B3.4 Gemiddelde samenstelling van graskuil van droge koeien en jongvee > 1 jaar op basis van meetweekgegevens K&K bedrijven in de periode 2006-2015 (n=43).

	Droge koeien		Jongvee > 1 jaar		Verschil (%)
	gem	sd	gem	sd	
VEM-gehalte (VEM/kg ds)	858	32	849	45	1
N-gehalte (g/kg ds)	25,3	3,0	25,0	3,6	1
P-gehalte (g/kg ds)	4,1	0,4	4,0	0,4	2

Van het jongvee < 1 jaar zijn geen voeropname gegevens bekend in Koeien & Kansen. Voor de verhouding van opname van voedermiddelen baseren we ons daarom op het gemiddelde rantsoen volgens WUM (Tabel B3.5). Deze cijfers zijn gebaseerd op de jaren 2010-2012 (persoonlijke mededeling Cor van Bruggen, CBS). De rest van de procedure voor de 'bedrijfsspecifieke' voeropname van het jongvee < 1 jaar is gelijk aan die van het jongvee > 1 jaar (zie hierboven).

Tabel B3.5 Gemiddeld rantsoen voor jongvee < 1 jaar op basis van CBS-gegevens in de periode 2010-2012.

	Droge stof (kg /jaar)	%	VEM-gehalte (VEM/kg)	N-gehalte (g/kg)	N-opname (kg/jaar)	P-gehalte (g/kg)	P-opname (kg/jaar)
Weidegras	212	14	934	30,3	6,4	3,8	0,8
Graskuil	817	55	898	27,6	22,5	3,8	3,1
Hooi							
Snijmaïskuil	134	9	948	12,1	1,6	2,0	0,3
Standaardkrachtvoer	277	19	1080	26,5	7,3	4,8	1,3
Eiwitrijk krachtvoer			1080	35		5,5	
Vochtrijk krachtvoer			1000	20		3,1	
Volle melk ¹	44	3	2240	44	2,0	8,0	0,4
Totaal opname	1484	100			39,9		5,9

¹ De gegevens van volle melk zijn ook omgerekend naar droge stof uitgaande van 12,5 % droge stof. Op jaarbasis krijgt het jongvee < 1 jaar 355 liter melk met een VEM-, N- en P-gehalte van respectievelijk 280, 5,5 en 1.

Bijlage 4 Vergelijking opname en samenstelling van voercomponenten

Gemiddeld

Tabel B4.1 geeft een overzicht van de gemiddelde droge stofopname (kg per aangeklede koe per jaar, dat wil zeggen: een melkkoe, inclusief droogstand, inclusief het bedrijfsspecifieke bijbehorende jongvee) in de door ons onderzochte populatie tijdens de meetweken. Gemiddeld bedraagt het verschil in totale droge stofopname volgens de voorspelling ('KringloopWijzer'; KLW) en de meting ('Meetweek') -1% (respectievelijk 8388 en 8479 kg droge stof per aangeklede koe). Binnen de categorieën voedermiddelen zijn de verschillen tussen voorspelling en meting groter. De voorspelde opname van weidegras is gemiddeld nagenoeg gelijk aan de meting (0%; 2 kg), maar de opname van graskuil wordt met 5% onderschat (147 kg). De voorspelde opname van maïskuil is 1% (23 kg) lager dan de meting. Grashooi, een verzamelnaam voor weidehooi, graszaadhooi en voerstro, komt in de KringloopWijzer niet als aparte categorie voor. Deze voersoorten worden doorgaans toegewezen aan de categorie 'overige voedermiddelen'. Dit verklaart mede de hogere opname van 'overige voedermiddelen' volgens de KringloopWijzer. De voorspelde opname van krachtvoer is 10% hoger (167 kg) dan bij de metingen. Bij de metingen is opname van krachtvoer gebaseerd op gemiddeld 8 'momentopnames' in het jaar (8 meetweken) die vervolgens vertaald zijn naar veestapel- en jaaropname (zie paragraaf 2.1.1 en Bijlage 3).

Tabel B4.1 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde droge stofopname (in kg per aangeklede koe per jaar) op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatie tussen de voorspellingen en de meetwaarden (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meetweek') van de voorspelling (absoluut en procentueel).

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
weidegras	182	869	516	870	607	0,86	-2	0
graskuil	204	3004	796	3151	621	0,82	-147	-5
maïskuil	196	2070	927	2093	854	0,94	-23	-1
krachtvoer	204	1888	450	1721	399	0,91	167	10
overig	195	557	566	397	536	0,92	160	40
grashooi				247	174			
Totaal	204	8388	592	8479	610	0,85	-91	-1

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

Omdat de energiebehoefte centraal staat in de berekeningen van de KringloopWijzer en de N- en P-stromen vervolgens berekend worden op basis van de voerspecifieke N/VEM en P/VEM ratio's, is een correcte voorspelling van de kVEM-opname belangrijker dan die van de drogestof. De mate van overeenkomst tussen de gemiddelde gehalten aan VEM, N en P voor weidegras, graskuil, maïskuil en krachtvoer bij de metingen en bij de voorspellingen (in procenten een klein verschil; Tabellen B4.2, B.3 en B4.4) zegt op zichzelf niets over een correcte voorspelling door de KringloopWijzer omdat ook de KringloopWijzer, met uitzondering van weidegras, gebruik maakt van gemeten gehalten. Hierbij moet overigens worden opgemerkt dat de analysemethode in de meetweken en die ten behoeve van de KringloopWijzer van elkaar verschillen. In de meetweken zijn de gehalten nat-chemisch bepaald waarbij de analyses volgens Weende zijn omgerekend naar een VEM-gehalte, terwijl de ingevoerde gehalten van N, P en VEM in de KringloopWijzer op NIRS-analyses gebaseerd zijn. In het geval van

krachtvoer en bijproducten, zijn de gehalten ten behoeve van zowel de meetweek als ten behoeve van schatting op jaarbasis met de KringloopWijzer, gebaseerd op de opgaves door de leverancier.

In de KringloopWijzer heeft het VEM-gehalte in weidegras van grasland een vaste waarde. Voor productiegrasland is dat 960 /kg ds en voor weidegras afkomstig van grasland met een beheersovereenkomst is dat 100 VEM-eenheden lager (860 /kg ds). Gemiddeld is het in de KringloopWijzer veronderstelde VEM-gehalte in weidegras nagenoeg gelijk aan de meting (respectievelijk 956 versus 954 /kg ds, Tabel B4.2), maar als gevolg van vaste waarden voor het VEM-gehalte in weidegras in de KringloopWijzer (Van Dijk et al., 2019) is de spreiding (standaardafwijking) van het VEM-gehalte in weidegras tussen bedrijven (en jaren) volgens de metingen bijna drie keer zo groot als de voorspelling (29 versus 11 VEM-eenheden). Er is dan ook geen correlatie tussen het voorspelde en het gemeten VEM-gehalte (0,03). De gemiddelde VEM-gehaltenes in graskuil bij de meting en bij de voorspelling komen gemiddeld, ondanks het verschil in analysemethode, goed met elkaar overeen. Tussen de individuele bedrijven (en jaren) zijn de verschillen in de voorspelde en gemeten VEM-gehalte echter substantieel (correlatie van 0,53). De gemiddelde VEM-gehaltenes in maïskuil en krachtvoer zijn bij de voorspelling lager dan bij de meting (respectievelijk 3% en 2%). Wat opvalt is dat de spreiding van de VEM-gehaltenes in maïskuil bij de meting groter is dan bij de voorspelling (standaardafwijking respectievelijk 47 en 29 VEM-eenheden). Het VEM-gehalte van de 'overige voedermiddelen' is bij de voorspelling volgens de KringloopWijzer 10% lager dan bij de meting en wordt voor een groot deel verklaard door het grashooi. De opname van grashooi, met een laag VEM-gehalte, is bij de voorspelling onderdeel van overige voedermiddelen (zie hierboven).

Tabel B4.2 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde VEM-gehaltenes in voedermiddelen (in VEM/kg DS) op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatie tussen de voorspellingen en meetwaarden (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meetweek') van de voorspelling (absoluut en procentueel).

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
weidegras	180	956	11	954	29	0,03	3	0
graskuil	204	889	30	885	32	0,53	3	0
maïskuil	195	978	29	1005	47	0,64	-27	-3
krachtvoer	204	1072	42	1094	38	0,60	-22	-2
overig	154	932	171	1036	109	0,21	-104	-10
grashooi				606	121			

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

Het N-gehalte in weidegras is bij de voorspelling volgens de KringloopWijzer 5% lager dan bij de meting (Tabel B4.3). De correlatie tussen het voorspelde en het gemeten N-gehalte is gering (0,48). De gemiddelde N-gehaltenes in graskuil, maïskuil en krachtvoer bij de meting en bij de voorspelling komen goed met elkaar overeen. Bij maïskuil is het procentuele verschil tussen het in de KLW veronderstelde N-gehalte en de meting 1%, maar de correlatie tussen voorspelling en meting is laag (0,48); de meetwaarden per bedrijf en jaar vertonen dus betrekkelijk weinig samenhang met de door de KLW veronderstelde waarden per bedrijf en jaar. Om dezelfde reden als bij het VEM-gehalte (lager gehalte vanwege het grashooi; Tabel B4.2) is het N-gehalte van overige voedermiddelen bij de voorspelling lager dan bij de meting (12%).

Tabel B4.3 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde N-gehalten in voedermiddelen (in g/kg DS) op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatie tussen de voorspellingen en meetwaarden (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meetweek') van de voorspelling (absoluut en procentueel).

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
weidegras	180	32,3	3,2	34,0	3,9	0,48	-2	-5
graskuil	204	26,6	2,7	26,9	2,7	0,87	0	-1
maïskuil	195	11,6	1,0	11,6	0,9	0,48	0	-1
krachtvoer	204	36,3	7,0	37,3	8,3	0,92	-1	-3
overig	154	20,7	7,7	23,6	9,6	0,79	-3	-12
grashooi				12,8	5,7			

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

Het P-gehalte in weidegras is bij de voorspelling volgens de KringloopWijzer 2% hoger dan bij de meting en de variatie in het P-gehalte is voor beide gelijk (SD = 0,4; Tabel B4.4). Echter, de correlatie tussen voorspelling en meting is gering (0.46). De gemiddelde P-gehalten in graskuil, maïskuil en krachtvoer bij de meting en bij de voorspelling komen redelijk goed met elkaar overeen (verschil <5%) en de correlatie tussen voorspelling en meting is >0,7. De spreiding in P-gehalten zijn voor deze voedermiddelen van gelijke orde van grootte. Om dezelfde reden als bij het VEM-gehalte (lager gehalte vanwege het grashooi; Tabel B4.2) is het P-gehalte van overige voedermiddelen bij de voorspelling lager dan bij de meting (17%).

Tabel B4.4 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde P-gehalten in voedermiddelen (in g/kg DS) op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatie tussen de voorspellingen en meetwaardenwaarnemingen (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meetweek') van de voorspelling (absoluut en procentueel).

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
weidegras	180	4,1	0,4	4,0	0,4	0,46	0,1	2
graskuil	204	3,9	0,3	4,0	0,3	0,85	-0,1	-2
maïskuil	195	2,0	0,2	2,1	0,3	0,73	-0,1	-3
krachtvoer	204	5,1	0,9	5,1	0,9	0,87	-0,1	-1
overig	154	2,8	1,4	3,4	1,9	0,78	-0,6	-17
grashooi				1,9	0,8			

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

In tabellen B4.5, B4.6 en B4.7 wordt becijferd welke gevolgen het voorgaande heeft voor eventuele verschillen tussen de voorspelde opnames van kVEM, N en P op K&K bedrijven en de aldaar gemeten opnames. Op het niveau van het bedrijf als geheel onderschat de voorspelling de kVEM-, N- en P-opname met, respectievelijk, 1%, 1% en 2%. De correlaties tussen de voorspelde en de gemeten waarden zijn respectievelijk 0.88, 0.74 en 0.86.

Tabel B4.5 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde kVEM-opname (in kg per aangeklede koe per jaar) op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatie tussen de voorspellingen en meetwaarden (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meetweek') van de voorspelling (absoluut en procentueel).

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
weidegras	180	831	494	826	569	0,86	4	1
graskuil	204	2662	681	2784	526	0,81	-122	-4
maïskuil	195	2117	842	2198	785	0,94	-82	-4
krachtvoer	204	2027	495	1882	439	0,90	145	8
overig	195	538	614	422	593	0,94	116	28
grashooi				158	130			
Totaal	204	8175	583	8271	632	0,88	-97	-1

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

Tabel B4.6 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde N-opname (in kg per aangeklede koe per jaar) op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatie tussen de voorspellingen en meetwaarden (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meetweek') van de voorspelling (absoluut en procentueel).

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
weidegras	180	28	16	29	19	0,81	-1	-4
graskuil	204	79	19	84	15	0,77	-5	-6
maïskuil	195	25	10	25	9	0,92	0	-1
krachtvoer	204	67	18	63	16	0,92	5	7
overig	195	12	16	10	14	0,96	3	26
grashooi				3	3			
Totaal	204	211	15	214	15	0,74	-3	-1

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

Tabel B4.7 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde P-opname (in kg per aangeklede koe per jaar) op K&K bedrijven in de periode 2006-2019, de correlatie tussen de voorspellingen en meetwaarden (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meetweek') van de voorspelling (absoluut en procentueel).

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
weidegras	180	3,6	2,1	3,5	2,5	0,84	0,0	1
graskuil	204	11,7	3,1	12,5	2,6	0,81	-0,8	-6
maïskuil	195	4,3	1,7	4,5	1,6	0,91	-0,2	-4
krachtvoer	204	9,4	2,4	8,7	2,3	0,92	0,7	8
overig	195	1,7	2,5	1,5	2,4	0,96	0,2	17
grashooi				0,5	0,5			
Totaal	204	30,7	3,2	31,2	3,2	0,86	-0,5	-2

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

Door combinatie van tabellen B4.5, B4.6 en B4.7 met Tabel B4.1, laten zich de gemiddelde VEM-, N- en P-gehalten van het gehele rantsoen berekenen. Daaruit blijkt dat de gemiddelde VEM-, N- en P-gehalten in de voorspelling iets lager zijn dan die in de meting (Tabel B4.8).

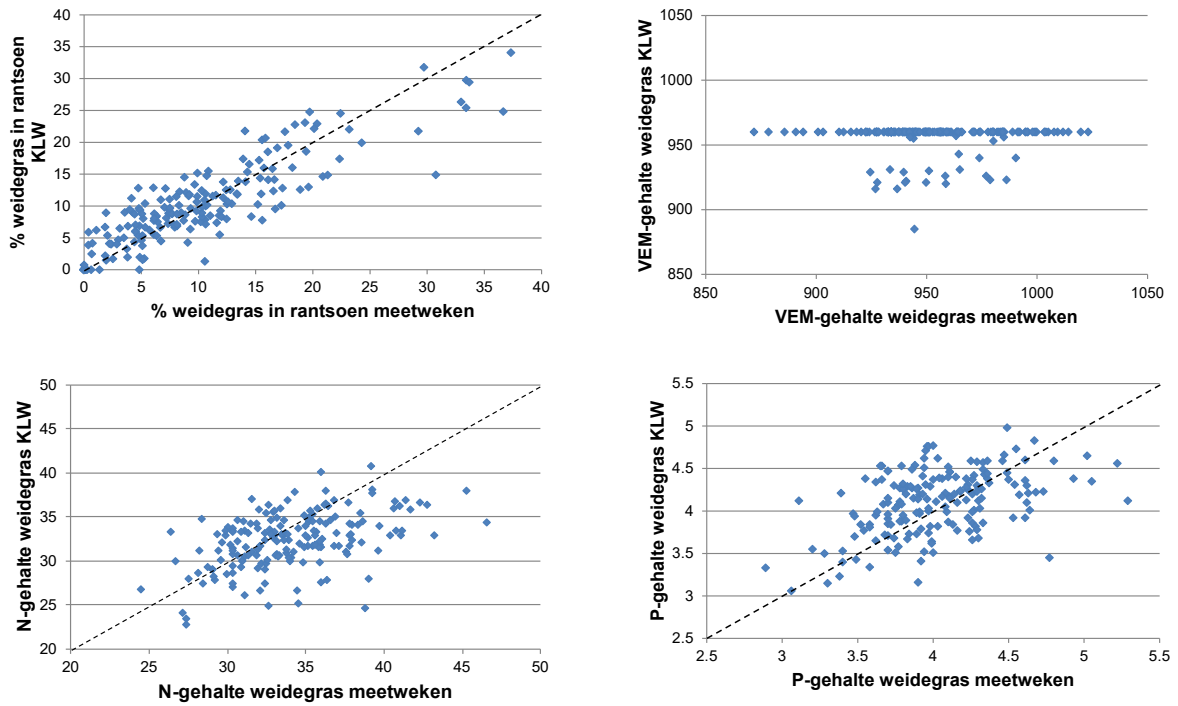
Tabel B4.8 Het gemiddelde VEM- (in VEM/kg DS), N- en P-gehalte van het rantsoen (in g/kg DS) als geheel op K&K bedrijven in de periode 2006-2019 (n= 204) volgens de KringloopWijzer (KLW) en zoals gemeten in de meetweken.

Element	KLW	Gemeten (G)	Verschil tussen voorspelling en meting:	
			Absoluut (KLW-G)	Als % ($100 \cdot (KLW-G)/G$)
VEM (per kg ds)	975	975	-1	-0,1
N (g per kg ds)	25,2	25,2	-0,07	-0,3
P (g per kg ds)	3,7	3,7	-0,02	-0,5

Variatie

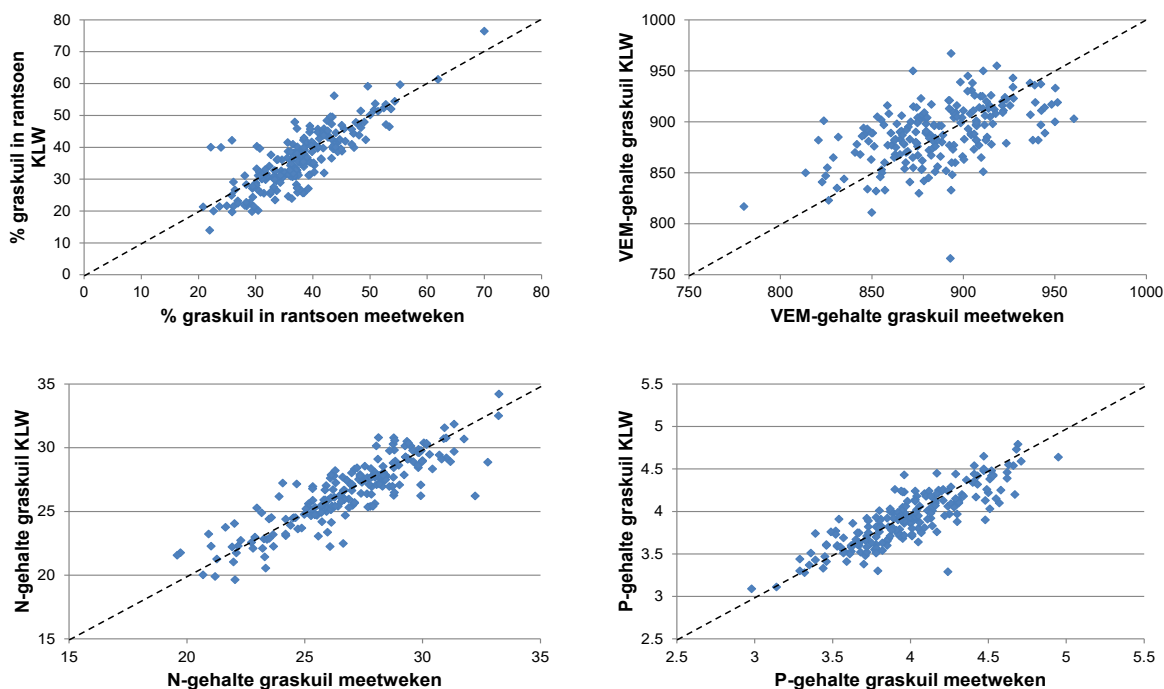
De navolgende paragraaf richt zich niet op de gemiddelde afwijking tussen KringloopWijzer-voorspellingen en metingen voor de hele toetspopulatie (bedrijfsjaren), die in de vorige paragraaf centraal stond, maar juist op de spreiding in de afwijking tussen de bedrijfsjaren bij verschillende variabelen. De spreiding per variabele is in de hoofdtekst grafisch weergegeven en in Bijlage 4 in tabelvorm.

In Figuur B4.1 wordt het relatieve gebruik en de samenstelling van weidegras in de voorspelling (hoeveelheid, VEM-, N- en P-gehaltes), uitgezet tegen die in de meting. Elke waarneming vertegenwoordigt een combinatie van een bedrijf en een jaar. Bij aandelen weidegras in het rantsoen minder dan ca. 10% overschat de KringloopWijzer vaker de hoeveelheid terwijl bij hogere aandelen de KringloopWijzer de hoeveelheid vaak onderschat (Figuur B4.1; linksboven). De correlatiecoëfficiënt tussen de voorspelde en gemeten waarden bedraagt 0,86. Het VEM-gehalte in weidegras (Figuur B4.1; rechtsboven) heeft bij de voorspelling een vaste waarde (afhankelijk van type grasland (Van Dijk et al., 2020) maar bij de metingen is de variatie groot met als gevolg dat de correlatie nagenoeg afwezig is (0,03). Het N-gehalte van weidegras is bij de voorspelling iets lager dan bij de metingen, de punten liggen merendeels onder de 1:1-lijn (Figuur B4.1; linksonder). Gemiddeld is deze variatie bij de voorspelling iets lager dan bij de meting. Bij het P-gehalte is het tegenovergestelde het geval. Daar is het P-gehalte juist bij de voorspelling (iets) hoger dan bij de meting, de punten liggen merendeels boven de 1:1-lijn (Figuur B4.1; rechtsonder). De correlatiecoëfficiënt tussen de voorspelde en gemeten waarden bedraagt voor de gehalten aan N en P respectievelijk 0,48 en 0,46.



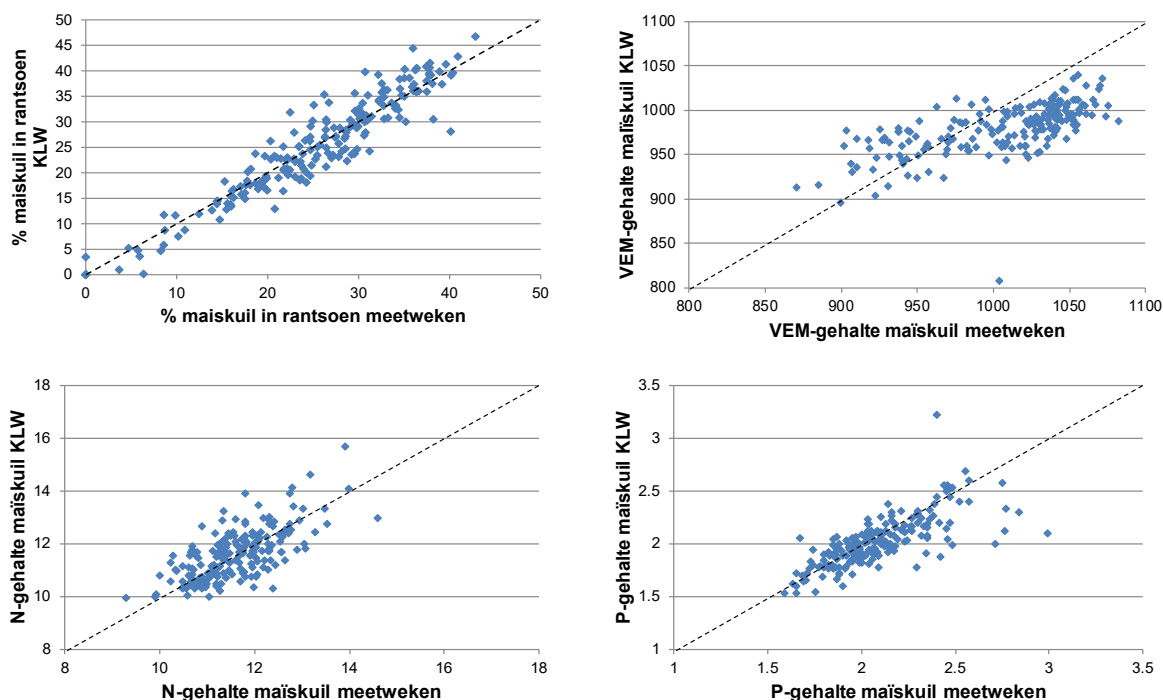
Figuur B4.1 Gemeten (X-as) en voorspelde (Y-as) opgenomen aandeel weidegras in het rantsoen (linksboven), het VEM-gehalte (rechtsboven), N-gehalte (linksonder) en P-gehalte (rechtsonder). VEM is uitgedrukt in VEM/kg DS, N- en P- gehaltenes in g/kg DS. De stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.

Gemiddeld was de voorspelde opname van graskuil 5% lager dan de gemeten opname (Tabel B4.1). In 65% van de bedrijfsjaren is een lagere voorspelde opname van graskuil waargenomen (Figuur B4.2; linksboven). De correlatiecoëfficiënt tussen de voorspelde en gemeten waarden bedraagt 0,82. Ondanks het kleine gemiddelde verschil in VEM-gehalte (Tabel B4.2) tussen de voorspelde en gemeten waarden, is de spreiding rondom de 1:1-lijn (correlatiecoëfficiënt bedraagt 0,53) relatief groot (Figuur B4.2; rechtsboven). Bij het N- en P-gehalte is de correlatiecoëfficiënt tussen de voorspelde en gemeten waarden hoger 0,87 en 0,85.



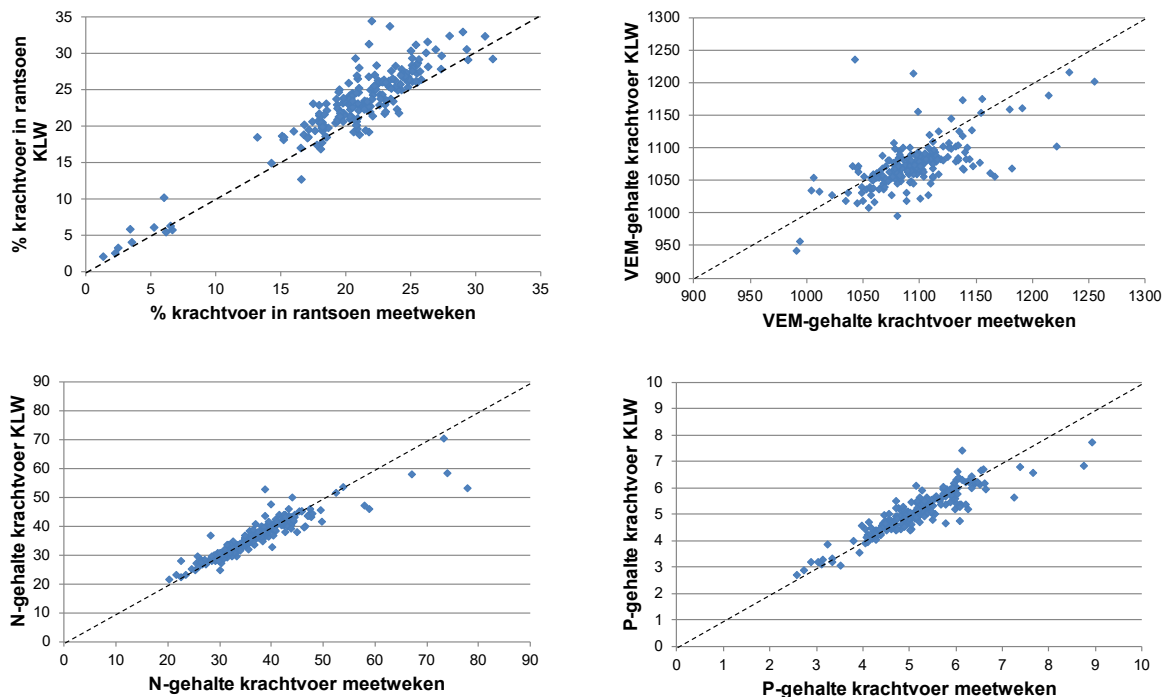
Figuur B4.2 Gemeten (X-as) en voorspelde (Y-as) opgenomen aandeel graskuil in het rantsoen (linksboven), het VEM-gehalte (rechtsboven), N-gehalte (linksonder) en P-gehalte (rechtsonder). VEM is uitgedrukt in VEM/kg DS, N- en P- gehaltenes in g/kg DS. De stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.

De mate van afwijking tussen de opname van maïskuil in de voorspelling en die in de meetweek is gelijk verdeeld over de bedrijven (Figuur B4.3; linksboven). De correlatiecoëfficiënt tussen de voorspelde en gemeten waarden is 0,94. Opvallend is het verband tussen de VEM-gehaltenes in maïskuilen in de meting en de gehaltenes in de voorspelling (Figuur B4.3; rechtsboven). Bij lage VEM-gehaltenes is de VEM van maïs in de meetweek doorgaans lager dan die in de voorspelling, maar bij hoge VEM-gehaltenes is het omgekeerde het geval. Mogelijk worden de lage VEM-gehaltenes van snijmaïs met NIRS (d.w.z. in de KringloopWijzer-voorspelling) structureel overschat en hoge VEM-gehaltenes met NIRS structureel onderschat. De correlatiecoëfficiënt tussen de voorspelde en gemeten waarden is voor het VEM-gehalte daarom relatief laag, 0,64. De mate van afwijking tussen de N- en P-gehaltenes in maïskuil in de voorspelling en die in de meetweek is ook hier gelijk verdeeld over de bedrijven (Figuur B4.3; respectievelijk links- rechtsonder). Bij hogere P-gehaltenes in de maïskuil lijken de verschillen tussen voorspelling en meting groter. De correlatie tussen de waarnemingen zijn respectievelijk 0,48 en 0,73.



Figuur B4.3 Gemeten (X-as) en voorspelde (Y-as) opgenomen aandeel maïskuil in het rantsoen (linksboven), het VEM-gehalte (rechtsboven), N-gehalte (linksonder) en P-gehalte (rechtsonder). VEM is uitgedrukt in VEM/kg DS, N- en P- gehaltenes in g/kg DS. De stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.

De gemiddelde droge stofopname in de vorm van krachtvoer was in de voorspelling 10% hoger dan bij de meting (Tabel B4.1). Die hogere opname van krachtvoer wordt waargenomen bij 88% van de bedrijfsjaren (Figuur B4.4, linksboven). Ondanks de systematische overschatting is de correlatie tussen voorspelling en meting vrij hoog, 0,91, wat je ook terugziet linksboven in Figuur B4.4 doordat de punten betrekkelijk evenredig verdeeld boven de 1:1-lijn liggen. Het merendeel van de bedrijven heeft bij de voorspelling een iets lager VEM-gehalte in het krachtvoer dan bij de meting (Figuur B4.4, rechtsboven). Bij het N- en P-gehalte zijn de afwijkingen minder sterk en redelijk verdeeld rondom de 1:1 lijn (Figuur B4.4; respectievelijk links- en rechtsonder). De correlatiecoëfficiënt tussen voorspelde en gemeten waarden voor bedraagt voor het VEM-, N- en P-gehalte respectievelijk 0,60, 0,92 en 0,87.



Figuur B4.4 Gemeten (X-as) en voorspelde (Y-as) opgenomen aandeel krachtvoer in het rantsoen (linksboven), het VEM-gehalte (rechtsboven), N-gehalte (linksonder) en P-gehalte (rechtsonder). VEM is uitgedrukt in VEM/kg DS, N- en P- gehaltenes in g/kg DS. De stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.

Samenvatting

Het verschil in de totale gemiddelde KVEM-, N- en P-opname tussen voorspelling en meting is gemiddeld over alle bedrijfsjaren relatief klein (respectievelijk -1%, -1% en -2%). Tussen de verschillende voedermiddelen (weidegras, graskuil, maïskuil, krachtvoer en overig) zijn de verschillen in gemiddelde opname tussen voorspelling en meting groter. De afwijking in VEM-, N- en P-opname was het grootst bij krachtvoer (+7 tot +8%) gevolgd door graskuil (-6% tot -4%), maïskuil (-4% tot -1%) en weidegras (-4% tot 1%). Gemiddeld over het hele rantsoen zijn de verschillen in VEM-, N- en P-gehaltenes tussen voorspelling en meting relatief klein (respectievelijk -0.1%, -0.3% en -0.5%), maar bij de afzonderlijke voedermiddelen waren de verschillen groter (variërend tussen -5% en 2%).

De correlatiecoëfficiënt tussen de voorspelde en gemeten waarde voor de totale KVEM-, N- en P-opname bedroeg respectievelijk 0,88, 0,74 en 0,86. Bij de afzonderlijke voedermiddelen varieerde de correlatiecoëfficiënt tussen 0,77 en 0,96. De variatie in het verschil tussen voorspelling en meting was voor de VEM-, N- en P-gehaltenes in voedermiddelen groot. Een correlatiecoëfficiënt lager dan 0,7 is waargenomen voor het VEM-gehalte van alle voedermiddelen, het N-gehalte in weidegras en maïskuil en het P-gehalte in weidegras.

Bijlage 5 Voeropname per bedrijf

Tabel B5.1 Gemeten (meetweek; meting) en voorspelde (KLW) droge stofopname per categorie voedermiddel (in kg/aangelede koe) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015.

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
1	2010	52	0	4085	4321	2104	2472	205	505	1777	1840
1	2011	12	0	4006	4587	1604	1642	416	756	1905	1935
1	2012			4208	4295	1461	1552	357	783	2191	2328
1	2013			4159	4331	1551	1548	324	603	2020	2155
1	2014			4262	4477	1389	1348	355	529	1968	2202
1	2015			4536	4592	1317	1235	356	634	2096	2362
1	2016			4265	4658	1339	1241	456	819	2085	2280
1	2017			4446	4520	1639	1484	455	609	2077	2194
1	2018			4302	4750	1657	1515	543	554	1946	2031
1	2019			4462	4678	1612	1533	602	91	1779	2451
2	2006	540	483	4170	3864	1605	1809	0	135	2420	2425
2	2007	599	911	4605	4869	427	379	0	256	1621	1522
3	2010	906	1046	2765	3668	2410	2443	2570	1754	123	189
3	2011	525	1068	2505	1876	2314	2802	2514	2216	307	335
3	2012	747	798	2790	2653	2060	2235	2153	2720	544	483
3	2013	681	832	3061	2863	1994	2198	2478	2358	612	502
3	2014	909	658	2785	2854	2030	1858	2254	2720	215	274
3	2015	664	685	3057	2563	2227	2221	2404	2437	603	531
3	2016	1311	860	2910	3024	1752	2198	1985	1787	454	509
3	2017	893	629	2917	2599	1903	1717	2381	2571	527	850
3	2018	382	810	3408	3136	2227	1934	2242	2598	307	526
3	2019	555	728	3040	2868	1955	2020	2756	2945	200	224
4	2006			3327	3436	2247	1627	826	677	2395	2648
4	2007			3436	3517	1943	1364	854	1259	2088	2181
4	2008			3334	3112	2008	1827	885	907	2166	2301
4	2009			3849	3503	2139	1742	789	1172	1887	1710
4	2010			3330	2854	2078	1978	603	1450	2016	1802
4	2011			3401	2888	2403	2247	616	1558	1624	1718
4	2012			2913	3022	2120	2373	813	928	1777	2024
4	2013			3354	3475	2106	1919	772	1266	1705	1806
4	2014	338	609	3877	3973	1828	1151	811	1500	1477	1675
4	2015	154	562	3577	3669	1972	1557	908	675	1466	1937
4	2016	31	316	3160	2767	2190	1949	889	1118	1726	2007
4	2017	399	439	3355	2842	1953	1547	831	1252	1741	1976
4	2018	31	471	3178	2513	2263	1931	597	1201	1725	1875
4	2019	92	500	3633	2569	2287	2001	646	837	1810	2126
5	2006			5808	6300	528	12			1963	1926
5	2007	426	0	4390	5152	2096	1647			1935	1911
6	2018	693	574	2513	2262	3228	3391	53	240	1817	1885
6	2019	1528	1308	1745	1735	3368	3189	30	330	1439	1591
7	2010	1150	565	2915	3390	1454	1348	205	267	1592	1690
7	2011	324	668	3052	2690	1549	1577	181	249	1609	1756
7	2012	599	583	3175	3080	1102	1131	202	193	1704	1761
7	2013	595	797	3129	3009	941	995	198	198	1607	1875
7	2014	937	916	2515	2373	1182	1338	228	251	1714	1747
7	2015	1167	678	2078	2656	977	968	185	454	1988	1950
7	2016	992	1094	3048	2548	677	768	160	234	1882	1956
7	2017	1405	967	2768	2826	578	777	159	171	1712	1872
7	2018	1031	1024	2861	2714	1040	926	160	194	1839	1816

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
7	2019	1451	991	2229	2507	1095	1093	196	358	1529	1712
8	2015	1005	463	2547	2435	3216	3304	0	307	1639	1934
8	2016	595	1061	2634	2125	3066	2994	0	23	1954	2112
8	2017	1128	956	2222	2157	3064	2915	67	47	1844	2022
8	2018	785	1016	2965	2206	3082	3229	0	21	1888	1902
8	2019	956	712	2824	2671	3330	3158	74	75	1968	1958
9	2006	257	402	3311	2960	2706	2652	395	599	1762	1924
9	2007	861	751	2906	2699	2210	2568	485	833	1762	1586
9	2008	478	406	2712	2610	2256	2480	389	550	1566	1568
9	2010	161	198	2258	1922	3542	3841	328	867	1981	2145
9	2011	116	0	2712	2679	3217	3189	327	981	1803	2035
9	2013			1968	1660	3135	3345	124	290	1814	1868
9	2014	18	0	1845	2107	2699	2210	431	851	1805	2076
10	2010	1090	855	2166	1978	3454	3619	506	905	1661	1882
10	2011	1044	761	2206	1934	3338	3527	598	1044	1336	1665
10	2012	622	767	2603	2241	3063	3105	292	692	1515	1857
10	2013	633	779	2561	2331	3223	3246	141	468	1647	1841
10	2014	1075	870	2238	1879	2960	3233	292	704	1399	1691
10	2015	720	886	2464	1893	3150	3554	381	411	1603	2023
10	2016	368	728	2789	1959	2734	2772	229	701	1879	2197
10	2017	681	763	3225	2676	2574	2639	259	666	1715	1950
10	2018	710	779	3121	2608	2658	2470	229	658	2210	2321
10	2019	787	831	2897	2497	2222	2339	163	451	2165	2517
11	2006	1807	1932	2517	2388	2538	2393	54	223	1613	1494
11	2007	1451	1596	3301	2145	1928	2659	55	404	1592	1541
11	2008	558	603	4110	3195	2170	2415	0	117	1686	1671
11	2009	396	538	3833	3198	2168	2337	0	38	1624	1702
11	2010	348	347	2919	2462	2422	3165	0	248	1900	1732
11	2012	378	484	2893	2475	2831	2686	400	589	1671	1733
11	2013	751	508	2590	2472	2469	2508	467	582	1651	1902
11	2014	665	524	2919	2414	2511	2290	410	735	1701	1901
11	2015	258	547	3066	2827	2550	2349	338	503	1886	2196
11	2016	450	310	3290	2639	2518	2033	386	475	2066	2775
11	2017	281	728	2619	2225	2416	2210	608	902	1755	2017
11	2018	160	739	3048	2608	2416	1845	791	941	1889	2137
11	2019	336	932	2979	2761	2190	1899	574	575	1882	2133
12	2006	1332	1686	2514	1642	3101	3322	0	24	1510	1601
12	2007	1055	1141	2639	1667	2992	3175	0	704	1787	1588
12	2008	853	894	3091	2066	3112	3724	0	42	1598	1663
12	2009	1463	1047	2875	2152	2840	3320	0	9	1586	1935
12	2010	619	945	2998	2654	2991	3187	0	62	1548	1684
12	2011	1153	1197	2714	2675	2933	3409	0	85	1975	2165
12	2012	338	846	3234	2299	2963	3606	0	209	1776	1981
12	2013	575	847	3018	2820	3063	3280	0	18	1489	1671
12	2014	415	823	3170	2874	2980	3068	108	180	1527	1824
12	2015	461	956	3242	2877	3361	3667	0	35	1316	1665
12	2016	1172	1242	2846	2330	3290	3704			1148	1648
12	2017	1050	925	3158	3533	2468	2675			1466	1850
13	2015	1712	1814	2713	2604	1883	1705	850	848	1215	1223
13	2016	1857	1381	2510	2639	1648	1538	724	759	1500	1620
13	2017	1362	1697	3106	2540	1329	1052	1015	1225	1665	1695
13	2018	1365	1548	3255	3246	1358	1125	985	1031	1406	1424
13	2019	1988	1789	2629	2613	1710	1343	625	799	1561	1573
14	2007	863	766	3085	2666	2238	2079	707	1139	1599	1652
14	2008	795	1116	3048	2737	1674	1887	719	858	1705	1736
14	2009	899	838	3159	2167	1577	1988	842	1458	1721	1926
14	2010	448	661	3237	3298	1947	1690	930	976	1868	1595

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
14	2011	797	361	3468	3769	1748	1594	723	935	1788	1766
14	2012	1186	1026	3463	3328	2089	2069	421	503	2148	2150
14	2015	1113	728	3203	3159	2122	2442	731	638	1672	1780
14	2016	706	773	3647	4050	2149	2573	308	321	1443	1120
14	2017	948	719	3066	3278	2015	2134	414	402	1742	1938
14	2018	555	733	3265	3988	2126	1572	411	106	2012	2291
14	2019	477	501	3172	3036	2058	2105	387	432	1891	1951
15	2006	1225	1336	2296	2230	1908	1762	0	175	1434	1342
15	2007	1255	1489	2807	2142	1406	1598	0	11	1677	1629
15	2008	1014	1006	2569	2434	1405	1313	0	105	1457	1444
15	2009	1350	845	2484	2512	1425	1516			1616	1638
16	2006	414	743	3481	4089	2558	2050	263	148	1483	1424
16	2007	909	112	3517	3856	2619	2842	245	71	1313	1558
16	2008	669	611	3208	3123	2950	3065	6	0	1666	1918
16	2009	551	790	3529	3187	3060	2976	12	93	1823	1913
16	2010	184	365	4044	4112	2560	2672	35	112	1431	1647
16	2011	458	155	3799	3474	2704	3095	12	200	1575	1874
16	2012	400	168	3632	3524	2676	3045	0	32	1493	1746
16	2013	304	163	3001	3022	3226	3265	17	104	1447	1689
16	2014	436	131	3480	3321	2944	3053	174	249	1364	1613
16	2015	215	143	3879	3853	2799	2573	0	185	1550	1660
17	2006	730	1041	3347	3168	2609	2092	49	218	1892	1988
17	2007	921	968	3401	2196	2274	2871	140	343	1724	1743
17	2008	628	956	3766	2802	2551	2504	421	535	1832	1891
17	2009	974	1101	3388	2784	2601	2401	419	587	1927	1969
17	2010	420	1089	3217	2032	2666	2598	480	639	1862	2142
17	2011	971	856	2538	1833	2939	3155	509	627	1891	1943
17	2012	1088	1120	2483	2033	2822	3060	446	634	1755	2097
17	2013	985	995	2585	2099	2825	2925	445	553	1774	2036
17	2014	1107	714	2619	2485	2749	2709	672	1102	1596	1942
17	2015	1311	723	2519	2694	2654	2783	512	544	1664	1919
17	2016	403	613	3390	2330	2693	2797	482	793	1752	2179
17	2017	950	628	2781	2640	2684	2751	537	633	1839	2128
17	2018	565	705	2747	1953	3032	3306	881	1045	1830	2110
17	2019	663	642	2331	2210	3256	3200	566	555	2014	2272
18	2006	224	376	3642	3559	3104	3266	252	170	2090	2003
18	2007	630	610	3738	4196	2792	2181	83	115	2054	2081
18	2008	215	365	3773	4042	2696	2127	141	118	2298	2382
18	2009	265	362	3294	3742	3072	2775	141	158	2134	1981
18	2010	182	494	3212	3282	3471	3421	178	365	1577	1595
18	2011	306	278	3161	3325	2530	2646	142	343	1758	1892
18	2012	432	452	3069	2940	2469	2459	107	359	2080	2245
18	2013	639	824	2659	2685	2937	2620	14	305	1943	2067
18	2014	465	544	2675	2520	3058	2442	106	394	2045	2245
18	2015	289	415	3339	2911	2375	2251	46	365	1861	2347
18	2016	501	675	3385	3028	1946	1985	14	149	2041	2541
18	2017	793	635	3054	2968	2429	2407	0	187	1650	2167
18	2018	394	387	3516	3539	2077	1763	0	197	1632	2440
18	2019	653	609	2963	2653	2241	1979	133	366	1774	2943
19	2006	690	870	1940	1454	2547	2402	249	616	1926	2026
19	2007	1043	895	1714	1048	3089	3096	402	861	1528	1600
19	2008	791	717	1738	1452	3079	2041	310	1224	1695	1830
20	2006	739	1219	4503	3902	696	391	50	123	2448	2765
20	2007	1378	1297	4413	3859			0	380	2569	2645
20	2008	945	980	4455	4551			232	387	2568	2444
20	2009	1479	1028	4051	3838	741	700	80	318	2080	2145
20	2010	1500	1048	4386	4963	471	301	0	58	1578	1948

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
20	2011	2504	1227	3560	4628	383	428	0	0	1570	1954
20	2012	2615	2308	3410	3274			0	265	1522	1913
20	2013	2694	2102	3581	3268			0	764	1668	1853
20	2014	3087	2865	3215	3512			0	27	1640	2006
20	2015	2901	2002	2916	3866	290	79	0	16	1809	2098
20	2016	2517	2508	2825	2359	0	272	769	644	1845	2115
20	2017	2736	2020	2118	3350					2293	2572
20	2018	2398	1773	1965	3259			0	216	2570	2903
20	2019	2847	2337	1873	3178					2478	2425
21	2018	958	799	2789	2381	1754	1659	186	561	1853	2078
21	2019	1142	871	2938	3049	1334	1289	186	274	1648	1834
22	2006	1634	1840	3300	2933	1373	1206	133	131	1830	1860
22	2007	1195	1794	3550	3275	1249	890	197	349	1968	1935
22	2008	1568	1910	3698	3374	926	736	356	477	1746	1892
22	2009	1685	1905	3151	3466	764	584	226	204	1488	1600
22	2010	1803	1603	3225	3983	636	466	232	389	1354	1600
22	2011	1515	1963	3053	3204	957	946	359	222	1599	1595
22	2012	1484	1432	2929	3063	1059	974	592	579	1403	1665
22	2013	1205	1357	3538	3120	1261	1214	40	78	1644	2126
22	2014	810	1196	3537	2881	1730	1498	269	372	1701	1937
22	2015	792	1212	3589	3316	1274	1256	105	206	1495	1834
22	2016	884	1227	3768	3487	1444	1238	259	244	1831	2123
22	2017	1214	1106	3024	2729	1657	1766			1918	2092
22	2018	1163	1395	3677	3212	1472	1413	38	93	1896	1906
22	2019	1333	1092	3322	2808	1223	1411	282	318	1781	2083
23	2006	553	381	3537	4190	1825	1654	0	14	2085	2210
23	2007	384	507	3648	3813	2071	1701	75	32	2149	2395
23	2008	59	209	3637	3382	2435	2271	0	31	2326	2534
23	2009	62	340	3086	2683	2946	2642	0	225	2157	2280
23	2010			2849	2503	3104	3278	0	37	2083	2213
23	2011			2923	2213	2610	2831	0	339	2000	2435
23	2011			2923	2213	2610	2831	0	339	2000	2435
23	2012			3146	3437	2039	1843	104	361	1976	2210
23	2013			3540	3960	1998	1975	107	30	1973	2474
23	2014	154	124	3069	3304	2052	2109	169	218	2149	2528
23	2015	0	16	3586	3542	2432	2454	0	57	2036	2232
23	2016	0	61	3481	3878	2362	1950	0	94	1950	2209
23	2017	953	596	2788	2923	2298	2324	0	87	1943	2142
23	2018	677	598	2996	3323	1864	1606	193	204	1798	2012
23	2019	869	862	3073	2995	1465	1451	686	106	1799	2463
24	2010	1382	788	2616	2725	2444	2941	264	296	1409	1517
24	2011	1382	1148	3199	2211	2151	2705	269	553	1584	1511

Tabel B5.2 Gemiddelde VEM-gehalten in voedermiddelen (in g/kg DS) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015 bij de meting en bij de voorspelling (KLW).

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
1	2010	1014	960	875	876	971	970	948	871	1110	1089
1	2011	1005	960	846	887	982	960	1013	757	1100	1082
1	2012		960	845	894	974	967	947	690	1083	1067
1	2013		960	821	882	1010	970	948	755	1106	1089
1	2014		960	860	889	1023	983	947	852	1098	1087
1	2015		960	859	877	1042	989	972	801	1129	1099
1	2016		960	842	878	997	1001	949	801	1138	1118
1	2017		960	829	865	1021	988	1023	950	1155	1153
1	2018		960	875	879	1043	1006	1181	1170	1128	1144
1	2019		960	907	897	1053	1012	1180	1132	1117	1124
2	2006	945	960	780	817	870	913			994	956
2	2007	942	960	893	766	922	903			1011	1032
3	2010	996	960	923	879	991	995	1144	1117	1156	1176
3	2011	959	960	884	897	1065	994	1107	1119	1103	1087
3	2012	933	960	856	897	1040	992	1114	1067	1088	1030
3	2013	922	960	823	841	1028	993	1086	1066	1057	1054
3	2014	930	960	880	898	1082	987	1075	1041	1133	1079
3	2015	946	960	916	898	1037	985	1098	1073	1221	1102
3	2016	950	960	907	901	1030	983	1100	1093	1145	1082
3	2017	901	960	913	885	1047	1022	1126	1116	1043	1236
3	2018	953	960	941	882	1074	993	1122	1098	1006	1053
3	2019	936	960	937	907	1032	990	1121	1114	1062	810
4	2006		960	881	872	944	926	1106	1023	1067	1088
4	2007		960	869	860	951	949	1088	1026	1023	1028
4	2008		960	826	855	918	966	1082	1067	1053	1036
4	2009		960	847	893	944	965	1079	1006	1068	1036
4	2010		960	855	902	1032	978	1030	1041	1055	1008
4	2011		960	814	850	1021	950	1110	1060	1049	1018
4	2012		960	831	835	984	954	1112	1110	1045	1014
4	2013		960	826	823	999	973	1077	1067	1004	1034
4	2014	943	960	891	852	1030	953	1109	1027	1076	1054
4	2015	1004	960	884	896	997	949	1096	951	1046	1071
4	2016	995	960	903	893	1009	943	1126	1077	1064	1054
4	2017	1003	960	859	908	1002	964	1104	1081	1044	1069
4	2018	1012	960	879	903	1023	946	1134	999	1040	1071
4	2019	995	960	880	889	1006	964	1095	1051	1037	1030
5	2006		960	851	876	995	1012			1098	1080
5	2007	942	960	887	866	962	1003			1081	1067
6	2018	951	960	904	931	1061	996	782	512	1112	1054
6	2019	950	960	904	908	1057	997	893	483	1081	994
7	2010	933	960	879	909	1039	1011	1107	1036	1065	1060
7	2011	956	960	875	867	1017	1004	1014	1037	1058	1050
7	2012	878	960	857	860	1009	998	1059	1055	1072	1050
7	2013	945	960	857	833	979	958	1082	961	1083	1049
7	2014	982	960	882	887	956	960	1004	907	1080	1044
7	2015	956	960	913	920	992	987	984	672	1069	1051
7	2016	912	960	921	920	950	923	980	840	1086	1071
7	2017	992	960	921	916	983	954	1004	1001	1114	1093
7	2018	939	960	901	883	1018	959	963	1049	1109	1086
7	2019	927	960	904	887	978	986	1009	918	1108	1100
8	2015	960	960	893	967	1042	980			1078	1059
8	2016	894	960	904	888	1049	1008			1079	1068
8	2017	961	960	938	882	1042	999	1536	1421	1092	1100
8	2018	978	960	942	897	1048	968			1132	1102
8	2019	999	960	950	900	1026	988	1141	970	1126	1108

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
9	2006	980	960	896	909	931	948	1019	896	1088	1071
9	2007	964	960	926	916	970	964	1071	911	1192	1160
9	2008	984	960	895	904	955	955	1013	907	1214	1180
9	2010	934	960	909	925	995	983	970	850	1084	1057
9	2011	1009	960	927	934	1038	980	1031	762	1076	1066
9	2013		960	871	900	1067	1006	1063	884	1074	1052
9	2014	934	960	927	943	1059	1006	1109	898	1098	1069
10	2010	927	960	923	924	1040	975	994	871	1098	1060
10	2011	951	960	900	911	1053	989	1121	928	1095	1062
10	2012	940	960	876	905	1045	988	1115	840	1090	1060
10	2013	941	960	848	891	1014	996	1020	758	1103	1067
10	2014	950	960	906	926	1056	997	981	774	1093	1049
10	2015	928	960	917	912	1053	984	1133	702	1068	1044
10	2016	1023	960	948	917	1033	978	1076	911	1140	1093
10	2017	949	960	939	919	1069	1023	1061	858	1135	1124
10	2018	949	960	922	911	1050	994	1039	818	1134	1103
10	2019	1004	960	927	923	1051	990	948	760	1146	1128
11	2006	944	960	872	950	949	970	1112	679	1079	1056
11	2007	951	960	892	877	986	1006	1122	645	1092	1089
11	2008	923	960	874	890	966	968			1102	1082
11	2009	931	960	850	889	1020	960			1087	1073
11	2010	934	960	898	939	1051	996			1083	1054
11	2012	934	960	873	915	1040	1017	1090	953	1089	1083
11	2013	934	960	853	905	1014	1002	1091	1040	1113	1084
11	2014	934	960	906	888	1048	989	1092	941	1112	1110
11	2015	946	960	907	882	1031	984	1091	992	1107	1086
11	2016	944	885	874	880	1044	990	1147	1160	1082	1096
11	2017	983	960	945	889	1066	1011	1134	1003	1134	1080
11	2018	974	960	907	896	1070	1028	1087	1075	1112	1056
11	2019	963	960	943	911	1060	1005	1109	1063	1081	1084
12	2006	959	920	896	916	907	930			1082	1070
12	2007	986	923	879	842	931	964			1080	1066
12	2008	979	923	895	877	938	976			1078	1071
12	2009	977	926	872	865	956	962			1077	1062
12	2010	958	926	900	866	1027	1006			1063	1058
12	2011	941	922	896	860	999	978			1084	1056
12	2012	927	916	881	845	1006	981			1166	1057
12	2013	937	916	835	844	1019	997			1182	1069
12	2014	950	921	855	853	1037	1006	912	872	1139	1067
12	2015	940	921	915	878	1048	1004			1111	1078
12	2016	936	960	918	908	1056	1001			1104	1078
12	2017	928	921	886	856	1056	1039			1112	1093
13	2015	980	953	894	873	1035	959	1064	1063	1094	1064
13	2016	980	960	912	882	988	958	1042	1053	1102	1072
13	2017	972	960	909	914	1041	1004	1012	1061	1082	1089
13	2018	958	960	915	905	1021	960	1066	1002	1073	1081
13	2019	985	960	906	873	1040	1004	1037	1047	1073	1081
14	2007	937	960	841	870	945	975	1013	911	1079	1052
14	2008	945	960	825	847	919	957	1025	971	1068	1046
14	2009	980	960	887	896	986	967	1020	934	1067	1042
14	2010	949	960	892	921	1028	977	1045	993	1064	1037
14	2011	939	960	895	908	1040	971	1074	954	1076	1027
14	2012	943	960	848	881	1008	960	1086	947	1088	1019
14	2015	957	960	906	911	1054	977	1103	1096	1034	1018
14	2016	928	960	915	926	1029	952	1015	1064	991	941
14	2017	924	960	950	933	1054	982	1028	1062	1100	1022
14	2018	1000	960	899	899	1053	994	1025	1060	1092	1048

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
14	2019	971	960	907	899	1009	993	962	1060	1107	1027
15	2006	974	940	824	901	939	949			1110	1044
15	2007	990	940	861	877	944	977			1094	1044
15	2008	957	960	884	881	940	959			1255	1201
15	2009	956	960	866	906	1003	977			1232	1217
16	2006	983	960	848	834	921	933	811	737	1089	1062
16	2007	951	930	850	811	937	979	757	653	1067	1058
16	2008	965	931	852	832	928	969			1046	1062
16	2009	933	931	871	841	974	989	816	789	1059	1060
16	2010	940	929	885	851	1048	1006	730	721	1071	1052
16	2011	925	929	856	850	1023	983	859	600	1062	1054
16	2012	935	960	855	846	1042	980			1056	1040
16	2013	961	960	868	854	1043	1010	782	824	1049	1031
16	2014	940	960	883	874	1038	1008	857	599	1058	1037
16	2015	979	960	909	877	1076	1005			1059	1051
17	2006	935	960	866	883	906	939	1127	870	1050	1056
17	2007	985	960	858	916	923	946	1025	869	1049	1039
17	2008	984	960	863	883	925	978	1000	962	1057	1028
17	2009	938	960	875	904	979	985	1023	931	1059	1038
17	2010	937	960	862	882	1044	1010	1013	972	1139	1173
17	2011	939	960	850	889	1072	1036	984	1030	1179	1159
17	2012	952	960	876	901	1046	1023	984	883	1092	1069
17	2013	995	960	832	885	1024	1004	991	890	1094	1060
17	2014	944	960	844	868	1039	998	995	892	1101	1066
17	2015	974	960	865	890	1036	1002	938	980	1092	1068
17	2016	960	960	914	916	1047	1000	976	917	1103	1062
17	2017	933	960	912	897	1052	1036	1020	988	1104	1057
17	2018	955	960	944	914	1024	990	1068	1017	1104	1062
17	2019	980	960	878	854	1027	984	1070	1047	1073	1049
18	2006	934	960	866	891	901	960	942	912	1086	1083
18	2007	944	960	870	895	910	968	1034	915	1135	1084
18	2008	945	960	863	875	972	979	1034	900	1143	1100
18	2009	959	960	899	904	1007	998	1174	1174	1083	1061
18	2010	956	960	914	913	1041	991	1054	847	1082	1054
18	2011	991	960	885	876	1030	987	990	673	1060	1017
18	2012	872	960	867	887	1009	964	1212	685	1070	1039
18	2013	939	960	874	914	970	956	1065	538	1073	1062
18	2014	985	956	894	911	1036	967	1168	544	1094	1214
18	2015	963	957	911	913	1036	989	1254	559	1103	1082
18	2016	886	960	936	938	967	924	1259	488	1126	1100
18	2017	916	960	902	945	1041	977			1109	1083
18	2018	971	960	942	937	1040	981			1121	1102
18	2019	985	960	923	922	1020	976	1483	638	1098	1093
19	2006	999	960	875	899	910	935	1026	981	1148	1071
19	2007	989	960	864	898	943	945	984	998	1141	1083
19	2008	1020	960	881	884	951	988	1038	1051	1153	1078
20	2006	966	960	845	886	941	939	1109	1029	1092	1078
20	2007	956	960	868	878					1109	1120
20	2008	964	960	867	879			804	850	1101	1087
20	2009	966	960	888	880	931	914	1026	1141	1104	1082
20	2010	971	960	900	863	900	896			1125	1087
20	2011	920	960	876	830	1004	807			1115	1088
20	2012	957	960	894	848					1115	1079
20	2013	927	960	893	833					1080	1077
20	2014	949	960	863	868					1092	1072
20	2015	891	960	871	883	885	916			1106	1081
20	2016	903	960	748	847	0	916	889	877	1097	1089

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
20	2017	918	960	960	903					1070	1072
20	2018	922	960	910	865					1092	1081
20	2019	927	960	907	882					1078	1098
21	2018	998	960	918	955	1037	1001	1080	980	1111	1094
21	2019	992	960	911	950	982	986	1090	849	1119	1082
22	2006	951	960	889	887	940	944	1030	1397	1113	1097
22	2007	959	960	877	853	957	958	1029	792	1106	1083
22	2008	956	960	878	862	929	966	986	843	1096	1073
22	2009	954	960	865	868	957	930	979	1014	1100	1079
22	2010	964	960	886	882	1012	957	950	936	1084	1069
22	2011	940	960	873	855	1006	958	989	867	1093	1066
22	2012	942	960	870	871	969	950	1035	969	1120	1080
22	2013	937	960	850	863	1005	981	927	867	1112	1069
22	2014	964	960	882	867	1028	969	1008	958	1117	1060
22	2015	951	960	885	884	1034	1007	996	1034	1112	1076
22	2016	965	943	888	896	1006	988	1004	1069	1101	1072
22	2017	932	960	922	909	1038	1013			1105	1092
22	2018	944	955	912	906	1055	984	1056	641	1077	1108
22	2019	943	956	911	851	1061	1028	1048	1250	1085	1100
23	2006	984	960	880	904	903	977			1162	1061
23	2007	933	960	869	892	927	966	972	943	1138	1068
23	2008	934	960	892	913	937	975			1089	1064
23	2009	934	960	877	923	982	986			1062	1061
23	2010		960	905	938	1028	975			1067	1069
23	2011		960	902	930	1014	971			1064	1062
23	2012		960	883	917	1021	970	999	1058	1077	1078
23	2013		960	862	865	1043	994	859	919	1079	1068
23	2014	1008	960	880	891	1055	1011	976	500	1077	1057
23	2015		960	897	905	1030	1009			1081	1061
23	2016		960	910	925	1027	991			1081	1073
23	2017	947	960	893	921	1034	996			1080	1080
23	2018	974	960	939	936	1036	994	749	1380	1116	1083
23	2019	928	960	951	919	1054	1012	778	1117	1099	1156
24	2010	840	960	894	860	976	1013	1062	907	1082	1071
24	2011	910	960	869	870	990	977	1061	977	1082	1058

Tabel B5.3 Gemiddelde N-gehalten in voedermiddelen (in g/kg DS) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015 bij de meting en bij de voorspelling (KLW).

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
1	2010	34,4	26,7	24,7	23,6	10,3	11,5	39,7	33,9	38,6	38,1
1	2011	34,5	25,1	22,9	23,0	11,3	13,2	31,1	26,1	38,6	36,0
1	2012			22,2	22,3	10,7	11,8	39,5	22,3	34,6	34,3
1	2013			22,3	22,7	10,7	10,8	39,4	27,5	40,3	39,0
1	2014			23,3	22,8	10,7	11,0	39,4	33,4	34,9	35,7
1	2015			22,7	22,6	10,4	11,0	34,0	26,5	33,4	33,1
1	2016			21,2	19,9	11,0	10,5	38,8	31,1	32,7	34,8
1	2017			20,7	20,0	9,3	9,9	33,0	32,1	35,7	38,4
1	2018			23,4	22,8	12,4	10,3	19,7	19,2	36,9	40,7
1	2019			25,8	25,9	10,8	10,4	18,6	32,3	34,1	32,5
2	2006	31,9	34,2	23,3	20,6	11,8	13,9			28,9	28,5
2	2007	34,1	30,4	23,7	22,3	13,9	15,7			29,1	27,9
3	2010	35,9	31,9	27,4	26,4	11,5	12,3	25,7	34,9	77,8	52,9
3	2011	43,2	33,0	28,4	27,9	11,5	12,3	25,3	28,8	73,3	70,3
3	2012	35,4	31,7	27,0	25,5	11,4	12,0	27,3	27,9	53,8	53,3
3	2013	32,0	35,9	26,3	27,3	10,5	10,3	31,3	29,4	40,9	38,2
3	2014	35,2	34,5	30,4	28,3	10,8	11,5	28,8	29,8	74,0	58,1
3	2015	35,4	34,5	28,1	29,1	10,8	10,7	27,4	29,0	58,8	45,8
3	2016	33,6	32,9	28,8	29,0	11,2	10,8	24,6	27,6	44,1	49,9
3	2017	36,2	36,4	28,4	27,4	11,0	10,0	25,7	28,3	57,9	47,2
3	2018	35,4	35,3	30,7	29,4	11,8	10,9	26,0	25,9	67,0	57,9
3	2019	32,8	34,6	32,8	28,9	12,2	11,7	25,2	29,9	38,7	52,6
4	2006			26,3	26,1	11,4	11,4	20,9	23,3	32,6	31,2
4	2007			26,7	26,7	12,8	12,5	22,5	19,9	31,9	33,4
4	2008			24,2	23,1	12,6	12,5	20,1	18,5	37,9	36,5
4	2009			25,9	25,5	12,9	11,8	20,9	19,8	38,4	37,9
4	2010			25,3	24,9	11,5	11,6	26,4	22,6	39,8	40,0
4	2011			23,0	25,3	11,2	12,4	41,1	31,4	39,7	38,1
4	2012			26,1	22,3	12,6	11,7	30,2	32,2	39,4	40,7
4	2013			26,6	22,5	11,3	11,6	31,0	24,9	38,6	39,3
4	2014	30,2	31,8	27,8	25,4	11,7	11,7	31,7	25,3	35,3	34,6
4	2015	36,0	27,6	25,5	24,7	11,7	12,2	28,9	22,2	39,5	36,2
4	2016	35,9	29,8	28,8	26,3	11,6	12,4	27,0	27,1	36,4	34,0
4	2017	36,9	33,1	26,6	26,1	11,7	11,8	24,9	22,9	34,8	34,4
4	2018	34,3	37,8	28,1	30,8	12,3	11,8	29,3	18,7	35,1	33,1
4	2019	36,9	35,0	28,8	30,8	12,1	12,4	29,3	25,4	32,6	31,5
5	2006			25,2	25,6	14,0	14,1			29,0	28,8
5	2007	34,0	30,0	26,8	27,5	12,3	13,0			29,6	30,5
6	2018	26,4	33,2	28,3	27,0	12,0	11,1	9,6	7,1	42,9	43,0
6	2019	32,1	29,6	28,0	28,1	13,1	11,8			43,2	46,0
7	2010	39,3	38,1	29,3	29,2	12,7	13,9	13,3	12,3	26,2	28,5
7	2011	46,6	34,3	29,3	30,2	12,1	13,4	20,7	18,0	27,9	28,2
7	2012	37,8	31,7	27,0	27,1	12,3	12,8	12,4	14,0	30,1	29,4
7	2013	42,8	36,4	26,1	25,1	11,4	12,2	15,9	11,8	30,5	29,1
7	2014	45,3	38,0	28,8	30,3	12,6	12,3	22,3	14,9	25,4	27,1
7	2015	35,0	33,9	29,5	30,1	12,1	12,1	30,1	16,8	26,6	26,6
7	2016	38,0	34,1	29,9	29,8	11,3	12,0	27,4	21,9	22,4	22,2
7	2017	41,4	36,8	29,3	29,3	11,8	12,1	26,5	27,4	23,5	23,0
7	2018	41,7	35,9	30,9	30,7	11,9	11,5	27,9	24,9	21,7	23,0
7	2019	36,6	34,6	30,0	29,0	11,7	12,2	19,5	16,4	20,2	21,6
8	2015	41,1	32,8	29,3	30,5	10,8	11,7			43,9	42,7
8	2016	28,2	31,1	25,9	25,9	12,0	11,5			44,1	41,5
8	2017	37,9	32,3	26,9	25,3	11,0	10,9	42,6	30,6	43,4	43,3
8	2018	35,9	34,5	29,8	29,6	12,2	11,4			41,6	43,8
8	2019	41,0	36,3	31,2	28,9	11,9	11,6	20,4	15,5	43,1	42,5

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
9	2006	30,7	34,6	28,3	28,1	10,3	11,0	13,2	14,1	39,1	38,8
9	2007	29,4	33,0	29,6	28,9	11,8	11,7	15,7	13,8	40,7	40,4
9	2008	31,9	33,7	27,5	27,5	11,5	12,4	13,9	13,7	42,0	40,3
9	2010	30,3	33,5	30,2	30,2	10,5	10,6	14,9	13,1	45,4	44,9
9	2011	39,0	28,0	29,2	27,9	12,1	10,8	16,8	13,4	42,8	43,9
9	2013			20,9	23,2	11,3	10,2	15,9	16,1	52,5	51,3
9	2014	30,3	27,0	29,0	28,6	11,4	11,7	13,7	13,2	47,2	43,8
10	2010	32,4	32,4	27,1	28,3	11,8	12,3	23,1	19,1	40,0	39,4
10	2011	33,9	32,3	28,5	27,7	12,0	12,3	44,7	29,1	40,3	39,1
10	2012	34,2	31,0	27,8	26,9	11,3	12,1	38,3	27,2	43,3	41,4
10	2013	35,9	31,6	26,4	25,4	11,1	11,7	38,8	20,9	44,5	43,1
10	2014	35,8	31,5	27,3	27,5	11,2	11,5	38,4	25,6	40,8	42,4
10	2015	31,4	34,2	27,0	27,0	11,2	11,5	44,0	21,3	38,1	38,5
10	2016	28,3	34,8	30,3	29,5	11,0	10,6	22,2	17,0	37,3	36,0
10	2017	36,2	36,4	29,9	29,6	10,9	10,6	15,6	16,8	38,1	36,8
10	2018	38,5	35,4	30,9	31,6	11,5	11,0	20,9	19,6	32,5	30,6
10	2019	36,3	34,2	29,8	29,9	12,2	11,1	41,1	21,6	29,4	28,8
11	2006	32,9	35,5	29,6	29,8	12,6	11,7	10,6	19,1	34,5	32,5
11	2007	30,7	30,6	26,5	26,2	13,5	13,3	11,9	18,8	34,5	34,4
11	2008	29,0	29,0	25,9	25,0	12,0	12,0			37,8	37,2
11	2009	30,0	28,4	24,9	23,7	12,0	12,4			42,3	42,4
11	2010	30,3	30,8	23,9	26,2	11,6	12,1			43,8	43,0
11	2012	30,3	31,4	31,0	29,2	11,8	11,9	40,3	33,0	40,9	40,1
11	2013	30,3	29,4	26,7	26,0	11,7	10,6	43,3	39,1	39,6	40,1
11	2014	30,3	33,6	23,5	24,4	11,5	11,0	43,6	34,2	42,1	43,2
11	2015	31,9	30,6	25,9	27,0	12,3	11,7	41,8	36,8	40,3	38,5
11	2016	31,1	30,5	25,2	25,4	12,0	10,8	38,9	44,7	40,0	32,6
11	2017	35,2	34,9	26,9	26,0	11,1	10,8	28,3	25,4	47,7	43,2
11	2018	34,9	35,2	29,4	29,2	12,3	11,4	23,7	21,4	44,8	37,8
11	2019	33,0	32,9	31,3	29,7	10,5	10,3	24,1	15,2	40,3	36,8
12	2006	32,5	29,6	27,4	27,9	14,6	12,9			32,1	32,2
12	2007	37,6	31,0	21,6	23,8	12,4	12,8			32,2	31,1
12	2008	35,1	32,7	25,9	25,3	11,2	11,6			29,2	28,9
12	2009	33,9	30,3	27,1	25,7	12,1	12,2			27,0	27,7
12	2010	31,1	33,4	26,7	26,7	12,5	12,3			32,6	32,1
12	2011	33,2	30,8	26,1	27,6	11,8	12,8			36,8	37,4
12	2012	26,7	29,9	22,1	21,8	11,8	12,2			43,7	40,2
12	2013	33,3	30,7	24,5	24,5	10,7	10,3			47,3	43,6
12	2014	32,1	31,6	25,7	25,3	10,6	11,1	33,0	32,0	47,0	43,6
12	2015	33,5	33,1	32,2	26,2	10,6	10,4			40,4	40,6
12	2016	31,1	26,1	26,2	27,8	13,3	12,4			39,4	41,6
12	2017	32,0	29,2	23,7	23,2	9,9	10,0			42,3	40,1
13	2015	31,5	31,1	24,1	27,2	12,3	11,0	16,4	18,1	44,1	42,8
13	2016	32,9	32,7	26,6	26,6	12,3	12,0	19,3	23,5	36,8	36,4
13	2017	33,4	35,9	28,2	27,6	11,2	11,1	18,3	17,5	35,7	34,0
13	2018	35,1	34,8	30,1	30,4	12,0	11,8	20,1	17,4	33,2	29,3
13	2019	35,7	33,3	27,0	28,0	11,2	10,5	20,3	21,4	34,2	33,5
14	2007	33,0	35,7	27,6	28,6	12,7	12,6	28,1	25,7	32,7	30,0
14	2008	30,9	33,4	28,0	27,7	11,8	12,7	25,2	25,7	32,4	30,8
14	2009	34,6	32,0	24,7	27,2	11,9	11,9	22,8	21,9	33,4	31,2
14	2010	32,4	33,1	27,4	27,8	10,6	10,8	17,1	14,2	35,6	31,8
14	2011	36,8	31,6	27,6	27,6	12,4	11,9	14,4	14,2	33,6	33,5
14	2012	37,6	30,8	25,7	25,5	11,8	11,6	14,4	15,1	31,7	33,5
14	2015	30,9	30,0	25,9	26,7	10,9	10,7	16,5	15,2	35,3	35,4
14	2016	33,1	30,6	25,3	25,9	11,3	11,6	13,6	16,7	39,8	47,3
14	2017	32,7	33,6	28,6	27,0	11,6	11,9	13,5	16,8	38,4	37,6
14	2018	40,7	36,8	29,3	29,3	11,5	11,3	13,5	13,4	36,8	33,4

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
14	2019	28,7	29,3	28,1	27,1	12,3	11,7	13,7	13,4	38,2	34,6
15	2006	37,8	34,3	29,9	26,2	10,7	10,7			31,2	30,3
15	2007	39,7	34,0	28,8	30,6	12,0	11,8			28,1	36,6
15	2008	34,5	33,7	28,4	27,5	10,7	11,9			29,4	28,5
15	2009	33,8	30,9	26,8	27,5	11,7	11,0			36,5	35,3
16	2006	35,3	35,7	26,0	23,4	12,0	10,3	26,4	25,9	34,0	32,7
16	2007	38,6	32,1	28,8	26,5	12,8	13,4	17,4	9,6	32,4	32,2
16	2008	35,6	31,9	26,1	25,2	10,6	11,5			40,6	39,4
16	2009	30,0	33,8	25,0	24,8	12,0	12,0	20,0	18,7	38,1	39,9
16	2010	40,7	33,4	27,6	26,4	11,8	12,2	19,3	18,7	34,8	35,6
16	2011	33,0	33,3	28,2	27,2	11,6	12,3	27,2	9,3	36,8	35,8
16	2012	39,6	31,1	26,2	25,4	11,1	11,2			37,6	37,1
16	2013	40,4	32,9	25,3	24,7	11,4	10,7	25,0	25,6	38,7	43,3
16	2014	33,6	32,3	25,3	27,0	12,0	11,7	27,9	13,5	40,3	39,5
16	2015	29,6	30,1	26,6	27,7	11,8	10,9			38,8	36,5
17	2006	39,2	37,7	27,8	28,4	12,6	11,4	14,6	8,4	35,9	35,4
17	2007	31,3	33,1	30,2	30,3	12,5	12,1	12,7	14,3	33,8	33,0
17	2008	29,2	27,8	24,5	24,5	12,3	12,2	14,8	12,4	41,5	40,9
17	2009	29,0	29,0	24,2	23,2	13,0	13,3	13,9	13,3	37,5	37,9
17	2010	35,1	31,7	26,7	25,9	12,8	12,8	13,4	13,6	42,4	43,9
17	2011	31,0	34,4	27,8	27,8	12,3	12,9	13,1	13,5	42,8	42,6
17	2012	31,9	31,3	25,1	25,2	11,3	11,8	14,1	11,3	45,7	44,9
17	2013	37,8	33,0	27,7	27,1	11,1	11,2	14,3	13,2	46,4	40,0
17	2014	33,4	34,0	26,6	25,8	11,1	10,8	13,0	12,7	48,0	44,3
17	2015	27,5	28,0	27,8	26,3	10,5	10,3	13,7	13,3	47,5	45,7
17	2016	31,0	30,0	24,6	24,5	11,1	11,1	13,2	12,4	49,4	45,5
17	2017	33,1	34,8	27,7	25,4	10,6	10,3	15,5	15,2	49,8	41,5
17	2018	32,7	36,3	31,8	30,7	11,9	10,7	23,8	19,5	46,3	39,5
17	2019	33,7	33,2	28,7	27,0	12,4	11,2	19,2	15,3	45,8	45,2
18	2006	30,3	31,2	23,2	22,1	10,2	11,3	41,0	35,7	41,9	40,4
18	2007	30,9	29,3	23,6	24,5	11,3	11,3	50,0	39,4	42,0	40,9
18	2008	29,8	32,9	24,2	24,4	10,7	11,7	22,5	26,4	41,1	41,6
18	2009	32,1	31,7	29,0	27,1	11,7	11,9	18,1	16,3	40,6	38,6
18	2010	32,4	35,4	30,0	28,9	12,4	12,6	45,2	28,6	42,6	42,9
18	2011	38,8	24,7	25,7	24,9	12,6	12,5	40,5	20,1	38,0	36,3
18	2012	32,7	24,9	22,0	21,0	11,2	11,9	15,2	10,3	44,2	42,0
18	2013	31,3	30,7	23,5	22,9	10,8	10,5	16,1	9,9	44,6	43,8
18	2014	36,4	27,9	28,0	25,6	10,7	11,0	6,9	11,4	43,0	39,8
18	2015	32,4	29,0	25,6	23,1	10,6	10,0			42,7	37,9
18	2016	32,5	30,0	26,0	25,9	11,7	11,5			34,7	34,2
18	2017	29,9	33,4	27,0	27,2	10,9	11,2			43,8	39,2
18	2018	33,8	36,8	30,8	29,1	11,3	10,5			33,2	32,9
18	2019	36,3	37,9	31,3	31,9	11,4	10,9	9,4	9,1	32,4	29,6
19	2006	35,9	40,1	33,2	32,5	11,7	11,3	14,9	13,3	38,9	37,3
19	2007	39,2	40,7	33,2	34,2	12,9	12,9	24,2	20,0	37,5	36,3
19	2008	38,7	34,5	31,0	30,8	12,0	12,3	37,4	21,2	37,3	37,3
20	2006	34,9	31,5	24,4	23,9	11,8	10,7	17,0	15,2	29,6	29,3
20	2007	30,3	28,6	26,1	24,1					31,3	30,3
20	2008	29,7	32,1	23,2	24,9			17,9	21,1	33,9	31,5
20	2009	35,0	32,9	22,0	24,1	10,9	12,6	12,6	11,3	32,2	33,6
20	2010	32,4	27,5	25,4	25,3	12,6	12,3			22,5	28,0
20	2011	27,4	23,4	23,3	21,4	13,0	12,0			31,3	29,0
20	2012	28,1	28,6	22,0	19,6					30,9	28,8
20	2013	29,1	28,3	21,9	22,2					32,7	30,7
20	2014	32,1	26,6	21,0	22,3					28,5	27,8
20	2015	24,5	26,8	19,7	21,8	16,2	7,2			28,9	29,7
20	2016	27,3	22,7	19,6	21,6			17,2	14,3	30,4	29,1

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
20	2017	29,4	31,2	21,3	21,3					25,8	29,5
20	2018	28,4	27,4	26,7	24,7					24,6	24,9
20	2019	27,1	24,0	22,8	22,1					27,1	28,2
21	2018	35,7	35,9	28,8	29,8	11,9	11,2	20,7	16,6	30,7	29,9
21	2019	33,2	30,5	28,8	27,7	12,7	12,4	13,7	10,5	26,2	26,9
22	2006	36,8	36,9	27,2	28,4	11,6	11,3	13,8	17,1	31,2	30,0
22	2007	33,1	32,2	28,3	28,5	11,3	12,1	16,6	11,0	31,8	30,2
22	2008	36,4	36,2	26,1	26,1	10,8	11,6	22,1	14,6	30,4	27,1
22	2009	31,1	31,5	28,8	28,8	13,2	14,6	21,4	20,8	25,2	24,8
22	2010	33,8	33,0	27,1	25,7	13,5	12,7	17,6	17,8	25,9	25,7
22	2011	32,8	33,1	27,0	26,6	11,3	12,9	17,5	20,1	27,3	26,6
22	2012	34,8	29,8	26,3	25,4	12,2	13,0	22,8	21,1	28,6	29,3
22	2013	30,6	32,2	25,4	24,7	11,5	11,3	32,0	23,9	31,9	30,5
22	2014	37,9	33,1	26,3	28,2	11,8	12,0	20,3	19,8	29,8	28,0
22	2015	36,0	32,5	28,3	27,8	11,4	11,8	21,3	17,4	30,7	28,7
22	2016	37,1	31,7	25,3	26,8	11,5	10,8	24,8	29,1	30,4	30,0
22	2017	35,5	33,5	26,2	26,7	9,9	10,1			30,2	30,8
22	2018	37,7	36,6	28,8	28,4	11,2	10,9	25,8	14,5	26,4	27,4
22	2019	35,6	33,0	29,8	28,4	10,9	10,7	23,2	28,4	30,1	24,7
23	2006	42,3	36,6	29,4	30,4	10,2	10,6			30,9	31,9
23	2007	35,9	32,2	28,6	29,8	10,7	10,6	46,5	39,2	31,5	33,4
23	2008	30,3	33,2	27,7	27,7	10,9	10,3			35,7	34,7
23	2009	30,3	27,4	27,9	25,4	10,0	10,8			37,6	36,9
23	2010			29,9	27,1	10,5	11,1			38,5	39,4
23	2011			29,8	28,6	11,4	11,6			37,4	37,7
23	2012			28,2	27,8	11,6	12,9	12,3	15,7	35,8	36,5
23	2013			25,7	24,2	11,0	10,4	21,5	28,9	36,5	34,8
23	2014	41,1	33,4	27,4	27,3	11,2	11,0	17,5	9,0	34,8	35,2
23	2015			28,0	27,9	11,3	11,1			35,6	34,9
23	2016			27,8	27,7	10,9	10,4			36,1	35,3
23	2017	38,3	34,1	28,3	27,9	11,2	10,4			34,9	36,6
23	2018	40,6	36,0	29,4	29,1	11,0	10,3	19,8	30,2	34,0	34,0
23	2019	31,5	37,0	29,9	29,8	12,0	11,3	19,3	16,7	32,7	32,4
24	2010	33,8	31,2	28,0	30,2	12,0	11,7	15,8	14,6	38,6	37,7
24	2011	33,6	34,6	26,1	27,9	12,8	14,1	15,8	16,4	36,5	38,8

Tabel B5.4 Gemiddelde P-gehalten in voedermiddelen (in g/kg DS) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015 bij de meting en bij de voorspelling (KLW).

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
1	2010	4,3	4,3	3,9	3,8	2,6	2,7	6,3	4,8	4,9	4,9
1	2011	4,3	3,9	3,9	3,9	2,5	2,5	4,4	4,0	5,0	5,0
1	2012			3,8	3,8	2,6	2,6	6,3	3,0	4,5	4,4
1	2013			3,8	3,9	2,8	2,6	6,3	3,6	5,1	5,0
1	2014			4,3	4,0	2,6	2,4	6,3	4,4	4,9	4,9
1	2015			4,3	4,3	2,5	2,4	4,9	3,5	4,5	4,5
1	2016			3,6	3,5	2,5	2,5	6,0	4,5	4,6	4,4
1	2017			3,7	3,5	2,5	2,6	5,0	4,8	4,5	4,5
1	2018			3,7	3,6	2,1	2,0	3,2	3,2	4,6	4,8
1	2019			3,8	3,8	2,1	2,0	3,0	4,6	4,7	4,4
2	2006	3,7	4,1	3,6	3,4	1,7	1,9			4,6	4,6
2	2007	4,3	4,1	3,8	3,3	2,1	2,1			5,2	5,4
3	2010	4,3	4,0	3,5	3,8	1,9	2,0	4,6	5,2	7,4	6,8
3	2011	4,6	4,0	4,1	3,8	1,9	2,0	4,4	4,5	8,9	7,7
3	2012	3,7	4,3	3,8	3,8	1,8	1,9	4,4	4,0	6,0	6,2
3	2013	3,5	3,7	3,9	3,7	1,8	1,9	4,8	4,3	4,5	5,0
3	2014	4,6	4,2	4,1	3,8	2,0	1,9	4,7	4,4	8,7	6,8
3	2015	3,9	3,8	4,0	3,9	2,0	1,9	4,4	4,6	6,1	4,8
3	2016	3,6	3,8	3,7	3,6	1,8	1,8	4,0	4,5	4,8	5,2
3	2017	3,7	3,7	3,8	3,5	2,4	2,1	4,4	4,7	7,2	5,6
3	2018	3,9	3,4	3,6	3,5	1,9	1,8	4,1	4,0	7,7	6,6
3	2019	4,0	3,7	3,6	3,5	1,8	1,7	3,9	4,2	7,0	10,6
4	2006			4,1	4,1	2,2	2,2	3,7	5,6	4,9	4,8
4	2007			4,1	3,9	2,4	3,2	4,0	3,8	6,3	5,2
4	2008			4,1	4,0	2,4	2,2	3,3	3,2	6,0	6,0
4	2009			4,1	4,2	2,3	2,2	4,1	2,9	5,2	5,4
4	2010			3,6	3,7	2,2	2,0	4,3	3,2	6,5	6,1
4	2011			3,5	3,8	1,9	2,0	5,5	4,0	6,4	6,1
4	2012			4,1	3,8	2,5	2,0	5,1	5,8	5,6	5,7
4	2013			4,1	3,6	2,3	2,1	5,2	4,3	5,3	5,0
4	2014	4,5	5,0	4,6	4,1	2,4	2,2	5,6	3,7	5,0	4,7
4	2015	4,0	4,4	4,4	4,4	2,3	2,2	4,4	3,3	5,5	4,8
4	2016	4,3	4,4	4,1	4,0	2,0	2,0	5,1	4,5	4,4	4,5
4	2017	4,3	4,3	4,1	4,2	1,9	1,9	4,7	3,8	5,2	4,9
4	2018	4,3	4,0	4,3	4,1	2,1	2,0	4,7	3,0	4,6	4,5
4	2019	4,3	3,8	3,8	3,8	2,1	2,1	3,7	3,7	4,4	4,2
5	2006			4,1	3,9	1,9	1,6			4,6	5,0
5	2007	3,9	4,2	4,0	3,7	1,9	1,7			5,0	5,0
6	2018	3,6	4,0	3,7	3,7	1,7	1,6	1,0	0,8	5,4	5,6
6	2019	3,1	3,1	3,5	3,4	1,7	1,8	0,4	1,0	6,0	6,3
7	2010	4,3	3,8	3,7	3,5	2,3	2,2	1,4	1,5	4,1	4,7
7	2011	4,2	3,8	3,5	3,6	2,0	2,2	2,2	2,0	4,4	4,7
7	2012	5,3	4,1	3,8	3,6	2,3	2,3	1,7	1,6	4,3	4,4
7	2013	4,2	4,3	3,9	3,7	2,4	2,3	1,9	1,2	4,3	4,3
7	2014	4,3	4,5	4,1	4,2	2,3	2,3	3,4	2,2	3,8	4,0
7	2015	4,0	3,6	4,3	4,2	2,4	2,4	4,8	2,6	4,3	4,4
7	2016	4,1	3,9	3,6	3,6	2,0	2,1	4,2	3,2	3,4	3,3
7	2017	4,0	3,6	3,9	3,7	2,5	2,4	3,8	4,0	3,0	3,2
7	2018	3,5	3,4	3,6	3,5	2,1	2,1	3,5	3,8	3,2	3,3
7	2019	3,3	3,5	3,3	3,3	1,8	1,9	2,0	2,5	3,1	3,1
8	2015	4,2	4,3	4,0	4,4	1,9	2,0			5,7	5,5
8	2016	4,3	4,2	4,0	4,2	2,0	2,0			4,9	4,8
8	2017	3,7	3,7	3,7	3,5	2,0	1,9	7,4	5,2	5,0	5,1
8	2018	3,6	3,8	4,0	3,9	1,9	1,7			4,9	5,1
8	2019	3,4	3,5	3,9	3,6	1,9	1,8	3,4	2,8	4,8	4,9

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
9	2006	3,8	4,0	3,9	3,8	2,0	1,8	1,1	1,2	6,3	6,4
9	2007	3,4	4,2	3,9	4,0	2,0	1,8	2,7	1,0	6,1	6,3
9	2008	3,8	4,5	4,0	4,2	2,1	1,9	1,0	1,0	6,4	6,2
9	2010	3,7	3,5	3,8	3,6	1,9	2,1	0,9	1,1	6,6	6,7
9	2011	4,3	3,7	3,8	3,6	2,0	2,1	1,7	1,3	6,1	6,4
9	2013			4,0	3,9	2,1	2,0	0,9	1,6	5,8	5,9
9	2014	3,7	4,5	4,3	4,1	1,9	1,9	1,6	1,2	5,6	5,6
10	2010	4,1	4,2	4,0	4,0	2,1	2,0	3,2	2,1	6,1	6,3
10	2011	4,3	4,6	4,2	4,1	1,9	1,9	6,1	3,6	6,3	6,0
10	2012	4,0	4,8	4,7	4,8	1,8	1,8	6,1	3,9	5,1	5,1
10	2013	3,8	4,3	4,6	4,3	2,0	1,9	7,3	3,3	5,6	5,6
10	2014	4,7	4,8	4,7	4,5	2,0	2,0	6,6	3,4	5,0	5,4
10	2015	4,1	4,5	4,5	4,5	2,0	2,1	5,9	2,6	4,7	4,9
10	2016	3,8	4,3	4,4	4,3	1,9	2,0	2,1	1,7	4,3	4,4
10	2017	4,3	4,4	4,2	4,2	2,0	2,0	0,9	1,5	4,5	4,8
10	2018	3,8	4,1	4,2	4,2	1,7	1,5	1,9	2,4	4,2	4,3
10	2019	3,6	4,0	4,0	4,1	1,8	1,8	5,7	4,0	4,1	4,2
11	2006	4,0	4,3	4,5	4,5	1,9	2,0	2,8	2,6	5,5	5,6
11	2007	3,7	4,4	4,1	4,1	2,0	1,9	2,7	2,2	5,2	5,2
11	2008	4,1	4,4	4,0	4,2	2,1	2,1			5,4	5,5
11	2009	3,8	3,9	4,0	4,0	2,0	2,0			5,7	5,7
11	2010	3,7	4,1	4,0	4,0	2,2	2,1			6,0	5,8
11	2012	3,7	3,9	4,2	3,3	2,0	1,9	6,4	5,1	5,4	5,2
11	2013	3,7	3,9	4,4	4,4	2,1	1,9	6,8	5,3	5,1	4,9
11	2014	3,7	4,5	3,8	3,6	2,1	1,9	7,3	4,6	5,3	5,3
11	2015	3,8	4,1	3,9	4,3	2,2	2,0	7,7	5,2	5,3	5,2
11	2016	3,8	4,1	3,8	3,9	2,0	2,0	7,2	6,0	5,0	4,4
11	2017	4,2	4,1	3,9	4,0	2,1	2,1	4,4	3,5	6,0	5,4
11	2018	4,0	3,8	4,1	3,8	2,1	1,9	2,9	2,9	6,1	5,4
11	2019	4,0	4,0	4,0	3,7	1,7	1,6	3,2	1,4	5,8	5,4
12	2006	4,4	4,4	4,7	4,7	2,0	2,1			5,8	5,7
12	2007	4,5	4,6	4,0	4,1	2,0	2,2			5,4	5,4
12	2008	4,8	4,6	4,6	4,5	1,9	1,9			4,9	4,8
12	2009	4,6	4,1	4,5	4,4	2,1	2,4			4,5	4,6
12	2010	3,9	4,4	3,9	4,0	2,1	2,1			4,6	4,7
12	2011	4,3	4,3	4,3	4,4	2,2	2,2			5,2	5,6
12	2012	4,2	4,3	3,7	3,8	2,2	2,1			6,0	5,2
12	2013	3,9	4,3	4,2	4,1	2,0	2,2			6,2	5,4
12	2014	4,5	4,5	4,6	4,4	2,4	2,2	5,4	4,2	5,9	5,5
12	2015	4,6	4,4	4,5	4,4	2,4	2,4			4,7	4,8
12	2016	4,4	4,3	4,2	4,5	2,2	2,0			4,7	4,9
12	2017	4,6	4,3	4,4	4,4	2,0	2,0			4,7	4,7
13	2015	3,8	3,6	3,7	3,4	2,3	1,8	2,3	1,8	6,0	5,6
13	2016	3,8	3,5	3,3	3,3	1,8	1,8	2,3	2,4	5,2	5,0
13	2017	3,8	3,7	3,4	3,3	1,9	1,9	2,4	2,1	5,0	4,8
13	2018	3,4	3,4	3,7	3,7	1,7	1,8	2,7	2,4	4,9	4,7
13	2019	3,4	3,2	3,1	3,1	1,8	1,8	2,3	2,9	5,3	5,9
14	2007	4,5	4,7	4,3	4,0	2,4	1,9	3,9	3,1	5,2	4,7
14	2008	3,9	4,0	4,2	4,1	2,2	2,0	3,1	2,5	4,8	4,6
14	2009	3,7	3,8	3,7	3,7	2,2	2,1	3,0	2,2	5,2	4,9
14	2010	4,1	3,8	3,9	4,0	2,0	2,0	1,9	1,1	5,5	5,3
14	2011	4,8	3,5	3,8	3,5	2,2	2,0	1,0	1,1	5,2	6,1
14	2012	4,2	4,2	3,6	3,6	2,0	1,8	1,0	1,4	4,9	5,3
14	2015	3,8	3,9	4,1	4,2	2,2	2,3	2,3	1,9	5,5	5,5
14	2016	4,2	3,8	3,8	3,9	2,0	1,9	1,2	1,1	6,1	7,4
14	2017	3,6	4,3	3,7	3,8	1,7	1,7	1,4	0,9	5,3	5,5
14	2018	3,8	3,7	4,2	4,3	1,7	1,7	1,0	0,9	5,0	4,6

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
14	2019	2,9	3,3	3,5	3,5	1,7	1,7	0,8	0,9	4,6	4,7
15	2006	4,7	4,2	4,7	4,2	2,1	1,9			5,5	5,3
15	2007	4,9	4,4	4,6	4,2	2,3	2,3			4,7	5,5
15	2008	5,2	4,6	4,4	4,2	2,1	2,0			5,3	5,1
15	2009	4,3	4,4	4,5	4,5	2,1	1,9			5,9	5,9
16	2006	3,7	4,5	3,9	3,7	1,9	1,7	4,3	2,9	4,8	4,9
16	2007	4,0	4,1	4,0	3,9	2,0	1,8			4,6	4,6
16	2008	4,0	4,3	4,0	3,8	1,8	1,5			6,7	5,9
16	2009	3,5	4,0	4,2	4,0	1,8	1,8	2,5	2,9	5,7	5,9
16	2010	3,8	4,3	3,9	3,7	2,0	1,9	2,6	2,7	5,1	5,0
16	2011	4,5	4,4	4,0	4,1	1,9	1,9	3,4	1,1	5,0	4,8
16	2012	4,1	4,2	4,0	3,9	1,9	1,8			4,9	4,6
16	2013	4,2	4,4	4,0	3,9	1,9	1,9	2,9	2,7	4,9	5,2
16	2014	3,9	4,5	4,2	4,2	1,9	1,8	4,3	1,6	4,9	5,0
16	2015	3,6	4,4	4,3	4,2	1,9	2,0			5,0	4,4
17	2006	3,9	4,3	4,2	3,8	2,3	2,1	1,6	1,4	5,5	5,0
17	2007	3,9	4,3	4,0	4,1	2,2	2,3	1,1	2,4	5,2	5,2
17	2008	3,8	4,3	4,2	4,1	2,2	2,2	1,4	2,1	6,2	6,2
17	2009	3,9	4,0	4,0	3,9	2,0	2,1	1,5	1,7	6,3	6,3
17	2010	3,9	4,6	4,2	4,3	2,3	2,2	1,5	1,6	6,5	6,2
17	2011	3,9	4,3	4,5	4,2	2,3	2,2	1,6	1,4	5,7	5,7
17	2012	3,9	4,5	4,3	4,1	2,8	2,3	1,6	1,3	5,9	5,9
17	2013	3,8	4,0	4,3	4,1	2,1	1,9	1,7	1,5	5,9	5,6
17	2014	4,4	4,6	4,5	4,0	2,1	2,0	2,2	1,9	5,7	6,0
17	2015	3,9	4,0	4,3	4,1	2,2	2,1	1,5	1,3	5,9	6,0
17	2016	3,9	4,2	4,0	3,9	2,3	1,9	1,6	1,5	6,1	5,4
17	2017	3,8	4,1	3,9	3,9	2,1	2,3	1,9	1,8	6,0	5,7
17	2018	3,6	3,7	3,7	3,9	1,8	1,8	2,6	2,1	5,7	5,3
17	2019	3,9	3,7	3,3	3,4	1,9	1,8	1,7	1,4	6,6	6,2
18	2006	3,7	4,2	4,5	3,9	2,7	2,0	5,7	5,0	6,0	6,6
18	2007	4,0	4,7	4,3	3,9	2,8	2,1	2,0	0,7	4,7	5,2
18	2008	3,7	4,5	4,5	4,4	2,4	2,6	2,5	4,0	5,2	5,5
18	2009	4,2	4,2	4,5	4,4	2,1	2,0	3,7	3,4	6,0	5,8
18	2010	3,9	4,1	4,1	4,0	2,4	2,3	9,8	4,6	6,6	6,7
18	2011	4,3	3,9	3,8	3,8	2,4	2,1	8,1	3,1	5,4	5,5
18	2012	4,3	4,2	4,2	4,1	2,2	2,3	2,7	1,6	5,8	5,8
18	2013	4,6	4,6	4,5	4,3	2,0	1,9	1,0	1,5	6,3	6,2
18	2014	4,0	4,8	5,0	4,6	2,0	1,9	0,3	1,5	6,1	5,3
18	2015	4,0	4,8	4,7	4,6	2,1	2,1			5,5	5,0
18	2016	5,0	4,7	4,5	4,7	2,1	2,2			4,7	4,6
18	2017	4,7	4,2	4,6	4,6	2,0	2,1			5,1	4,8
18	2018	4,0	4,6	4,4	4,4	2,0	1,9			4,1	4,4
18	2019	4,0	3,8	4,2	4,2	2,0	1,9	1,1	1,2	4,8	4,4
19	2006	3,9	4,5	3,9	3,9	2,0	1,7	1,3	1,2	5,3	5,4
19	2007	4,6	4,7	4,4	4,5	2,2	2,0	3,1	2,8	5,3	4,9
19	2008	4,3	4,6	4,4	4,3	2,1	1,8	2,3	2,8	5,5	5,3
20	2006	3,5	3,8	3,9	3,9	2,8	2,3	2,6	1,8	5,1	4,9
20	2007	4,3	4,0	3,9	3,7					4,8	4,9
20	2008	4,0	4,4	3,5	3,9			3,2	4,0	4,7	4,8
20	2009	5,1	4,4	4,0	4,2	1,7	2,1	0,9	1,0	4,9	5,0
20	2010	4,5	4,3	4,3	4,1	2,5	2,0			4,0	4,6
20	2011	4,6	3,9	4,0	3,7	2,5	2,5			4,4	4,3
20	2012	4,3	4,3	3,7	3,7					4,9	4,8
20	2013	4,6	4,2	3,5	3,6					5,5	5,3
20	2014	4,2	4,1	3,6	3,9					5,4	5,0
20	2015	4,2	4,4	3,7	3,9	3,0	2,1			5,5	5,1
20	2016	4,0	4,0	3,9	4,2	0,0	2,1	3,8	2,9	5,8	4,7

Bedrijf ID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
20	2017	4,3	4,6	3,4	3,7					4,9	4,8
20	2018	3,8	4,2	4,5	4,1					4,1	4,2
20	2019	3,9	3,5	3,7	3,5					4,6	4,7
21	2018	3,8	3,9	3,9	3,9	1,6	1,6	4,0	2,6	4,3	4,2
21	2019	3,9	3,2	3,6	3,6	1,7	1,8	0,9	0,9	3,3	3,9
22	2006	4,1	4,2	4,0	3,7	2,5	2,1	1,0	3,0	4,7	4,4
22	2007	3,9	4,2	4,0	3,9	2,0	2,1	1,4	1,3	4,2	4,1
22	2008	4,1	4,5	4,0	3,9	2,3	2,1	5,8	1,8	4,3	4,0
22	2009	4,1	4,2	4,3	4,2	2,4	2,2	2,9	2,6	4,1	4,1
22	2010	4,0	4,1	4,1	3,9	2,5	2,2	2,6	2,4	4,3	4,3
22	2011	4,5	3,9	3,9	3,7	2,2	1,9	2,0	3,2	4,0	3,9
22	2012	4,4	4,4	3,9	3,9	2,0	2,0	3,2	3,5	4,1	3,9
22	2013	4,1	4,0	4,1	4,0	2,3	2,2	6,0	4,3	4,2	4,5
22	2014	4,1	4,5	4,0	4,1	2,2	2,2	3,8	3,0	3,9	3,6
22	2015	4,3	4,2	4,1	4,2	2,1	2,1	4,2	3,1	3,4	3,2
22	2016	4,2	3,9	3,8	4,0	2,0	2,0	4,1	5,0	2,7	2,9
22	2017	4,1	4,1	3,9	3,8	2,1	2,1			2,6	2,7
22	2018	3,5	3,9	3,9	3,9	1,9	1,9	4,7	2,3	2,9	3,2
22	2019	3,5	3,8	3,7	3,6	1,6	1,5	3,8	4,6	3,5	3,0
23	2006	4,0	3,5	3,7	3,8	1,8	1,8			4,3	4,3
23	2007	4,3	3,7	3,8	3,7	2,1	2,0	5,7	6,4	4,3	4,3
23	2008	3,7	4,0	3,4	3,5	2,0	1,9			4,4	4,6
23	2009	3,7	3,7	3,9	3,8	2,0	1,9			4,5	4,5
23	2010			3,8	3,6	1,9	1,8			4,5	4,6
23	2011			3,7	3,8	2,0	2,0			4,4	4,5
23	2012			3,7	3,6	1,9	2,0	1,0	0,9	5,0	5,0
23	2013			3,7	3,6	2,0	2,0	4,8	2,9	4,6	4,6
23	2014	4,1	4,2	3,9	3,8	2,1	1,9	2,3	1,4	4,9	4,5
23	2015			4,0	4,0	2,0	1,9			4,5	4,6
23	2016			3,5	3,6	2,0	1,9			4,5	4,6
23	2017	4,1	4,4	3,4	3,4	2,2	2,1			4,5	4,6
23	2018	3,6	3,3	3,4	3,4	1,9	1,9	3,9	3,6	4,4	4,4
23	2019	3,3	3,2	3,0	3,1	1,9	2,0	3,8	2,7	4,3	4,2
24	2010	3,1	4,1	3,5	3,7	1,8	1,9	0,9	2,4	5,9	5,7
24	2011	3,2	3,6	3,5	3,6	1,7	1,7	0,9	1,5	5,3	5,5

Bijlage 6 VEM-dekking en N- en P-excreties per bedrijf

Tabel B6.1 VEM-dekking per koe (%) en N- en P-excreties (kg/aangelede koe), berekend uit de gemeten voeropname (meting) en voorspeld met de KringloopWijzer (KLW) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015.

Bedrijf ID	jaar	VEM-dekking / koe meting	N-excretie		P-excretie	
			meting	KLW	meting	KLW
1	2010	99	149	161	20,8	23,2
1	2011	97	147	162	20,6	24,1
1	2012	101	149	157	21,9	21,9
1	2013	100	155	163	22,8	23,5
1	2014	100	146	160	23,6	24,0
1	2015	105	149	158	23,9	24,9
1	2016	101	144	155	21,3	22,6
1	2017	107	144	153	21,8	21,3
1	2018	106	147	157	19,1	20,5
1	2019	111	148	160	19,9	20,4
2	2006	104	161	149	22,2	21,0
2	2007	106	147	152	21,9	22,2
3	2010	116	166	172	21,3	21,8
3	2011	112	157	150	21,2	18,4
3	2012	106	165	160	20,2	20,1
3	2013	110	175	163	22,6	19,7
3	2014	112	171	166	23,2	20,5
3	2015	120	184	160	23,5	19,9
3	2016	110	165	158	18,7	18,2
3	2017	112	174	163	22,8	20,6
3	2018	113	169	179	19,3	19,5
3	2019	112	165	171	18,9	19,5
4	2006	118	162	154	24,2	23,8
4	2007	113	165	157	27,4	24,4
4	2008	113	170	144	26,6	23,4
4	2009	112	170	150	24,7	21,8
4	2010	114	167	147	24,8	20,5
4	2011	108	155	163	22,2	22,1
4	2012	103	153	154	22,8	23,4
4	2013	104	161	152	23,0	21,6
4	2014	108	172	179	26,4	25,2
4	2015	106	155	161	23,8	24,1
4	2016	111	158	154	20,9	20,7
4	2017	113	167	152	23,6	21,7
4	2018	112	152	152	21,0	18,8
4	2019	119	167	158	20,6	18,1
5	2006	105	165	173	25,1	25,8
5	2007	108	165	172	23,4	22,0
6	2018	116	153	144	17,1	16,4
6	2019	118	151	146	15,7	15,9
7	2010	104	145	143	17,6	16,4
7	2011	103	129	135	14,9	16,1
7	2012	104	131	128	17,5	16,1
7	2013	101	129	131	16,3	17,2
7	2014	104	134	132	16,6	16,8
7	2015	105	132	131	18,5	17,6

Bedrijf ID	jaar	VEM-dekking / koe meting	N-excretie		P-excretie	
			meting	KLW	meting	KLW
7	2016	108	141	129	15,8	14,3
7	2017	108	148	130	15,9	14,3
7	2018	113	147	133	15,0	13,7
7	2019	104	126	119	11,8	12,0
8	2015	112	172	158	19,7	19,3
8	2016	111	158	155	18,8	19,0
8	2017	117	172	151	18,6	16,8
8	2018	117	179	167	19,4	17,5
8	2019	121	198	168	19,7	17,9
9	2006	104	153	157	21,1	20,6
9	2007	106	165	156	20,6	19,2
9	2008	103	140	139	18,6	18,5
9	2010	101	153	156	18,9	19,5
9	2011	106	156	155	18,6	19,4
9	2013	109	127	124	16,2	15,0
9	2014	107	127	137	14,8	15,7
10	2010	108	156	161	21,3	21,2
10	2011	107	163	159	21,4	21,0
10	2012	105	156	163	20,1	21,6
10	2013	109	163	156	22,4	20,6
10	2014	107	151	152	20,8	20,2
10	2015	109	154	153	20,5	19,9
10	2016	111	152	149	17,6	17,2
10	2017	112	169	160	19,7	19,2
10	2018	117	178	162	19,6	18,2
10	2019	111	159	151	17,7	18,4
11	2006	106	178	173	23,8	23,3
11	2007	109	171	154	22,5	20,2
11	2008	112	170	145	23,8	21,5
11	2009	108	161	149	22,1	20,8
11	2010	106	148	142	20,7	18,9
11	2012	111	172	159	21,7	17,5
11	2013	107	161	156	21,9	20,5
11	2014	117	164	164	22,5	20,1
11	2015	110	163	173	21,8	23,0
11	2016	112	174	158	22,7	20,6
11	2017	112	160	163	20,4	20,7
11	2018	116	178	169	22,4	20,3
11	2019	111	167	165	20,0	18,7
12	2006	104	158	144	23,2	22,3
12	2007	108	145	128	22,1	20,3
12	2008	106	142	125	22,5	19,0
12	2009	100	151	134	22,4	21,3
12	2010	110	143	147	18,8	20,1
12	2011	105	165	179	23,0	25,8
12	2012	108	142	148	21,0	20,4
12	2013	108	151	150	21,5	21,5
12	2014	107	154	164	24,3	23,6
12	2015	107	159	156	22,0	23,4
12	2016	108	152	157	20,6	21,1
12	2017	103	149	156	22,2	23,5
13	2015	115	161	164	20,9	17,4
13	2016	115	168	160	18,8	16,7
13	2017	113	174	167	19,5	17,3
13	2018	112	178	171	19,2	18,5
13	2019	116	173	162	18,5	17,8
14	2007	105	169	160	26,2	20,0

Bedrijf ID	jaar	VEM-dekking / koe meting	N-excretie		P-excretie	
			meting	KLW	meting	KLW
14	2008	99	163	167	22,2	20,6
14	2009	104	156	153	21,4	18,5
14	2010	110	159	148	21,1	19,4
14	2011	104	162	157	20,4	19,9
14	2012	105	175	169	21,5	21,9
14	2015	106	165	157	23,2	23,2
14	2016	106	163	168	22,0	22,6
14	2017	111	168	164	18,9	19,9
14	2018	110	173	184	20,4	22,5
14	2019	110	161	146	16,3	15,7
15	2006	104	139	125	20,7	18,1
15	2007	109	150	152	22,2	20,5
15	2008	108	126	120	20,0	17,8
15	2009	107	142	126	21,5	19,8
16	2006	105	146	146	19,3	20,3
16	2007	106	169	148	20,2	18,9
16	2008	101	157	157	22,2	20,7
16	2009	103	157	166	22,3	22,2
16	2010	102	150	162	19,3	20,5
16	2011	106	163	155	20,9	20,2
16	2012	104	147	143	19,2	18,3
16	2013	106	133	138	16,8	17,6
16	2014	108	149	146	19,7	18,7
16	2015	110	154	153	21,1	19,9
17	2006	105	174	174	23,6	21,3
17	2007	108	175	149	22,6	20,5
17	2008	109	176	157	26,3	23,7
17	2009	111	171	156	25,1	23,1
17	2010	111	173	166	24,8	22,8
17	2011	113	172	157	23,2	19,3
17	2012	108	165	165	24,0	22,7
17	2013	109	182	154	21,9	19,8
17	2014	108	172	162	23,2	21,8
17	2015	110	168	159	22,9	21,5
17	2016	113	168	160	22,7	19,2
17	2017	111	182	157	21,7	21,4
17	2018	114	192	164	19,7	18,1
17	2019	115	179	168	20,3	19,0
18	2006	102	166	158	29,0	25,2
18	2007	107	177	181	25,8	24,2
18	2008	107	169	182	26,0	27,8
18	2009	110	178	167	26,0	24,6
18	2010	106	170	179	24,7	24,7
18	2011	106	152	149	21,2	21,4
18	2012	105	153	150	23,1	23,5
18	2013	102	150	155	23,5	23,7
18	2014	112	163	147	24,2	21,4
18	2015	106	151	142	22,7	22,5
18	2016	104	145	154	21,6	23,1
18	2017	104	150	160	21,2	21,5
18	2018	103	147	161	18,3	21,3
18	2019	101	145	163	17,9	19,9
19	2006	107	153	145	17,2	16,5
19	2007	108	153	137	18,7	15,9
19	2008	109	147	138	18,3	17,0
20	2006	102	171	167	24,9	24,5
20	2007	106	185	164	25,4	23,4

Bedrijf ID	jaar	VEM-dekking / koe meting	N-excretie		P-excretie	
			meting	KLW	meting	KLW
20	2008	102	172	180	22,2	25,6
20	2009	111	170	163	26,1	23,9
20	2010	105	152	164	23,4	24,7
20	2011	111	165	144	25,2	22,5
20	2012	111	160	145	24,3	23,2
20	2013	111	174	153	26,6	23,5
20	2014	103	173	161	25,2	26,1
20	2015	104	141	153	25,3	25,8
20	2016	107	158	135	28,4	23,7
20	2017	111	144	159	23,1	25,0
20	2018	109	156	153	22,6	24,0
20	2019	113	159	143	23,9	20,8
21	2018	112	144	136	17,0	15,7
21	2019	110	140	130	14,7	14,1
22	2006	110	177	173	22,9	20,3
22	2007	109	175	176	21,6	21,3
22	2008	105	179	174	23,8	22,3
22	2009	100	153	169	21,0	22,3
22	2010	101	156	162	20,6	21,9
22	2011	105	153	163	20,2	19,6
22	2012	105	152	147	19,5	20,1
22	2013	104	150	152	20,6	21,1
22	2014	112	154	152	20,0	19,4
22	2015	100	148	154	17,6	18,8
22	2016	106	156	163	17,2	18,3
22	2017	110	147	139	15,9	14,3
22	2018	113	169	159	17,7	17,3
22	2019	112	166	139	17,0	14,5
23	2006	102	157	177	17,6	19,1
23	2007	104	158	175	19,1	19,4
23	2008	105	161	157	17,5	18,0
23	2009	104	147	140	17,7	16,7
23	2010	108	147	137	16,8	15,2
23	2011	102	141	140	15,5	15,5
23	2012	99	138	152	16,3	17,9
23	2013	100	141	149	17,6	19,5
23	2014	99	141	156	18,3	18,9
23	2015	104	148	152	18,9	19,4
23	2016	104	144	155	16,3	18,2
23	2017	106	161	151	18,2	17,7
23	2018	107	151	156	15,7	16,4
23	2019	107	158	163	16,0	15,2
24	2010	108	163	151	18,0	18,7
24	2011	112	172	158	18,7	16,4

Bijlage 7 Gewasopbrengst per bedrijf

Tabel B7.1 Netto gewasopbrengst (kg/ha/jaar) van grasland, maïsland en voor het bedrijf, uitgedrukt in P₂O₅, N en droge stof, op basis van monitoring kringloop ('meting') en voorspeld met de KringloopWijzer (KLW) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015.

Bedrijf	jaar	grasland				maïsland				bedrijf									
		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅							
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW						
1	2010	17206	20250	396	434	157	167	13500	14883	181	194	77	82	16140	18706	334	365	134	143
1	2011	16525	20780	362	424	139	157	14180	15845	170	184	84	91	15827	19311	305	353	123	137
1	2012	15221	16878	342	351	140	140	14892	15134	162	158	89	87	15128	16385	291	296	126	125
1	2013	16855	18913	386	402	143	144	14050	13475	155	144	77	71	16024	17303	317	326	123	122
1	2014	17175	18914	403	413	178	176	18600	19621	202	207	102	104	17460	19055	363	372	163	162
1	2015	16850	19539	345	370	143	149	15169	15336	165	161	85	82	16516	18705	310	329	131	136
1	2016	16075	17884	308	319	126	126	15265	14242	149	135	94	85	15925	17212	279	285	120	118
1	2017	18433	20646	410	425	149	150	17000	15957	177	163	79	74	18177	19810	368	378	136	136
1	2018	14219	14714	371	356	128	119	20000	21436	202	210	92	94	15283	15951	340	329	121	114
1	2019	19100	21623	471	494	160	163	20000	20931	243	247	96	97	19267	21494	428	448	148	151
2	2006	8411	8165	203	198	68	59	11313	10834	168	165	53	50	9124	8821	194	190	65	57
2	2007	10579	12221	246	280	85	95	7135	9321	116	155	35	45	10244	11938	234	268	80	90
3	2010	10975	13838	303	368	99	115	20000	24045	250	276	89	100	12507	15571	294	352	97	112
3	2011	12373	12931	342	346	107	105							12373	12931	342	346	107	105
3	2012	12309	14539	320	355	111	120	12000	11266	110	100	51	50	12276	14180	297	327	105	112
3	2013	10672	12024	337	344	94	89	18500	20528	216	223	78	86	11266	12669	328	335	93	89
3	2014	12034	11708	343	324	112	99	17425	14629	181	154	80	64	12639	12036	325	305	108	95
3	2015	11052	10437	329	297	97	82							11052	10437	329	297	97	82
3	2016	10926	12005	299	321	95	94	15950	16044	153	147	81	81	11181	12210	292	312	94	93
3	2017	11691	11524	359	338	97	87	16200	14955	176	155	65	59	12024	11778	346	324	95	85
3	2018	8609	9048	259	266	69	64	18000	18053	210	204	70	67	9157	9573	256	262	69	64
4	2006	12607	14224	333	345	120	119	19781	22134	241	261	102	112	13787	15524	318	331	117	118
4	2007	13812	14619	314	308	119	119	20000	22124	236	268	137	151	15045	16114	298	300	123	125

Bedrijf	jaar	grasland						maïsland						bedrijf					
		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
4	2008	10313	10848	254	244	83	90	20634	24135	245	273	100	117	11544	12433	253	247	85	93
4	2009	11608	12702	301	303	102	101	19965	23634	236	271	101	114	12516	13889	294	300	102	102
4	2010	13961	15950	366	376	121	124	15323	14096	181	168	67	59	14280	15516	323	327	108	109
4	2011	10958	11538	263	273	103	98	19145	21076	230	237	86	88	13274	14235	254	263	98	95
4	2012	13294	14110	294	322	111	123	18960	19578	218	210	88	86	14710	15477	275	294	105	114
4	2013	14395	14896	352	352	126	124	16489	16306	193	182	83	82	14819	15181	320	318	117	116
4	2014	16839	17034	424	432	169	170							16839	17034	424	432	169	170
4	2015	13167	14995	323	343	132	137							13167	14995	323	343	132	137
4	2016	15025	16456	397	395	145	148							15025	16456	397	395	145	148
4	2017	13297	13811	370	375	128	122							13297	13811	370	375	128	122
4	2018	13065	13633	422	427	121	114							13065	13633	422	427	121	114
4	2019	15848	15506	473	442	137	121							15848	15506	473	442	137	121
5	2006	10831	11529	292	310	92	89	13180	15611	177	213	47	55	11304	12350	269	290	83	82
5	2007	15184	16040	362	374	125	126	17067	17554	174	182	77	77	15575	16354	323	334	115	116
5	2008	11290	12064	300	312	102	104	14796	16971	186	217	67	76	12298	13474	267	285	92	96
6	2018	7224	7266	208	203	62	58	13759	14452	167	170	57	57	8162	8298	202	198	61	58
6	2019	11638	11860	312	309	83	77	14456	15167	178	181	57	60	12073	12371	291	289	79	74
7	2010	9053	9152	285	277	76	69							9053	9152	285	277	76	69
7	2011	9203	9595	266	263	76	72							9203	9595	266	263	76	72
7	2012	10847	11036	274	263	94	86							10847	11036	274	263	94	86
7	2013	8234	8699	249	262	78	77							8234	8699	249	262	78	77
7	2014	13629	13480	437	425	134	125							13629	13480	437	425	134	125
7	2015	9087	10146	269	289	76	78							9087	10146	269	289	76	78
7	2016	9986	10674	297	307	88	86							9986	10674	297	307	88	86
7	2017	10444	11495	327	353	87	86							10444	11495	327	353	87	86
7	2018	8448	8784	260	274	68	65							8448	8784	260	274	68	65
7	2019	9424	9716	276	287	75	71							9424	9716	276	287	75	71
8	2015	7252	7774	206	213	68	69	16667	15698	192	176	76	70	9101	9330	204	206	70	69
8	2016	10879	11396	290	299	101	98	14845	18311	159	197	61	79	11438	12372	272	285	95	95
8	2017	11355	11840	317	321	100	92	17202	17062	198	188	73	72	12116	12520	301	304	97	89
8	2018	8087	8462	236	242	71	66	8110	8071	92	96	33	34	8090	8407	216	222	65	62
8	2019	10709	11602	331	342	84	84	16615	15990	197	190	68	61	11558	12233	312	320	82	81

Bedrijf	jaar	grasland						maïsland						bedrijf					
		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
9	2006	10306	11742	303	329	94	95	14737	17902	166	206	63	71	11517	13426	266	295	86	88
9	2007	11626	12715	324	343	107	110	13064	11752	148	137	56	49	11996	12467	279	290	94	94
9	2008	13108	14560	356	403	123	137	13895	13043	154	127	62	56	13210	14364	329	367	116	127
9	2009	11207	12150	332	345	101	97	16000	17853	166	188	73	78	12490	13677	288	303	93	92
9	2010	8287	10114	240	276	68	74	15329	15325	162	150	71	64	10017	11394	221	245	69	72
9	2011	10007	10936	258	262	85	83	16515	17675	182	186	70	70	11867	12861	237	240	81	79
9	2012	12042	13120	283	289	110	109	18677	18052	191	171	83	75	13448	14165	264	264	104	102
9	2013	12549	12877	344	343	109	104	14459	16262	169	183	61	66	13098	13849	294	297	95	93
9	2014	11898	12942	303	303	126	123	17833	21757	200	240	77	91	12623	14018	290	295	120	119
10	2010	9039	9839	254	270	87	86	18018	16625	225	200	79	71	11629	11797	246	250	85	82
10	2011	10328	11274	291	306	108	108	16296	15483	193	177	65	63	12049	12487	263	269	96	95
10	2012	11606	12520	302	313	120	120	17357	17908	206	206	76	75	13163	13979	276	284	108	108
10	2013	10640	11231	298	302	103	101	16000	15349	182	164	71	67	12204	12433	264	262	94	91
10	2014	10486	10923	287	295	113	112	18012	18512	217	222	85	86	11947	12396	273	281	108	107
10	2015	11294	11821	339	344	118	113	16000	18993	166	194	70	79	11925	12783	316	324	112	108
10	2016	10791	10873	321	318	102	97	9475	9233	101	90	46	47	10549	10572	281	276	92	88
10	2017	12451	12665	394	389	122	116	18750	17676	207	189	67	66	13677	13640	358	350	111	106
10	2018	10360	10477	320	312	98	90	18500	19133	204	207	76	76	11907	12122	298	292	94	87
10	2019	12308	12187	367	347	112	102	17500	18666	202	211	71	74	13242	13353	337	323	105	97
11	2006	10030	10635	298	322	94	95	17895	25005	232	263	72	93	12216	14630	279	306	87	94
11	2007	8914	9098	235	233	80	81	15463	14487	178	168	71	66	10580	10469	221	216	78	77
11	2008	10573	10769	259	255	94	96	15789	22321	183	265	73	102	11449	12709	247	257	91	97
11	2009	9817	11207	236	256	86	88	16941	16438	203	197	81	75	11773	12643	227	240	85	84
11	2010	10662	11811	285	297	100	100	16997	14558	223	185	74	61	12300	12521	269	268	93	90
11	2011	8712	9761	257	275	79	81	15988	14979	189	173	69	62	10795	11255	238	246	76	76
11	2012	10064	11039	269	279	92	86	16000	18672	169	191	70	78	11696	13137	242	255	86	84
11	2013	9101	11222	229	259	82	87	16327	16445	178	176	72	68	10850	12486	216	239	80	82
11	2014	10342	10301	293	279	103	93	17486	17065	204	188	78	75	11720	11606	275	261	98	90
11	2015	9143	10089	242	255	85	85	17731	17574	187	177	77	73	10820	11551	232	240	83	83
11	2016	10394	10336	263	252	95	87	11707	12093	127	124	58	57	10589	10597	243	233	89	83
11	2017	11402	12331	334	350	104	103	15921	15083	181	171	70	68	12236	12839	305	317	97	97
11	2018	9069	9309	272	272	79	74	12325	11461	128	116	46	40	9705	9729	244	242	72	67

Bedrijf	jaar	grasland						maïsland						bedrijf					
		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
11	2019	13108	14255	371	388	120	118	15984	15834	189	182	67	64	13663	14560	336	348	110	108
12	2006	8007	7052	208	182	68	67	14648	18327	187	239	79	97	9705	9935	202	197	71	75
12	2007	7420	7538	191	193	72	73	15000	13990	172	166	63	61	8896	8794	187	188	70	71
12	2008	9185	7987	256	218	90	78	14894	16253	169	186	79	83	10299	9599	239	212	88	79
12	2009	6303	6299	167	162	59	54	17383	17142	220	205	92	87	7668	7635	174	167	63	58
12	2010	6671	7236	191	201	64	66	18418	19084	230	243	88	92	8250	8829	196	207	67	69
12	2011	7401	8109	192	204	68	72	18185	19885	236	259	93	96	9357	10245	200	214	73	76
12	2012	7972	8973	193	211	74	79	17600	16678	172	180	86	97	9131	9901	191	207	75	81
12	2013	6768	7222	178	181	66	64	16671	18378	189	203	82	87	9687	10510	181	187	71	71
12	2014	7978	8404	212	217	82	79	15000	15030	156	152	88	89	9355	9704	201	204	83	81
12	2015	7559	8721	208	235	75	80	17000	16730	207	174	78	70	9411	10292	208	223	76	78
12	2016	7726	8182	179	181	74	74	12000	13486	109	119	58	62	8536	9188	166	169	71	72
12	2017	7009	7537	168	176	68	68	20400	21913	225	235	86	86	9604	10323	179	187	72	71
13	2015	9407	10353	249	272	78	75	15653	14873	188	173	64	58	10631	11238	237	253	75	72
13	2016	9894	10421	285	288	84	77	16503	17327	187	192	72	74	10977	11553	269	272	82	77
13	2017	10188	10736	316	332	88	84	19268	22242	240	269	79	88	10729	11421	311	328	88	84
13	2018	8534	8235	254	245	64	58	18173	19785	192	201	77	81	10154	10177	243	238	66	62
13	2019	9637	9274	276	267	76	63							9637	9274	276	267	76	63
14	2007	11611	12817	324	359	109	117	18947	21278	225	264	85	94	13352	14825	301	336	104	112
14	2008	10199	10668	281	296	86	87	17368	19741	196	228	78	87	12001	12948	260	279	84	87
14	2009	9498	9707	269	263	84	79	15675	14073	173	151	76	66	11042	10799	245	235	82	76
14	2010	8731	9148	251	247	77	72	14734	19234	184	233	71	89	10235	11675	235	243	75	76
14	2011	10563	11613	286	289	84	80	18094	22315	211	252	76	90	12713	14668	265	278	82	83
14	2012	11967	12943	311	325	110	111	16446	16200	174	167	67	63	13254	13879	272	280	98	97
14	2013	9018	9023	222	210	73	66	14252	12705	160	136	58	49	9850	9608	212	198	71	63
14	2014	10503	11030	288	289	105	101	17925	17585	189	177	92	86	11851	12221	270	269	103	98
14	2015	9482	9363	250	231	86	77	16000	15809	182	170	70	66	10719	10586	237	219	83	75
14	2016	10911	11364	296	291	96	91	17500	17942	213	209	70	67	12203	12653	280	275	91	86
14	2017	11150	11605	318	317	108	103	18500	19979	210	221	72	75	12549	13198	298	299	101	98
14	2018	7946	8423	245	250	67	64	15343	15646	177	175	60	58	9364	9807	232	236	65	63
14	2019	7760	7657	195	181	59	52	14974	13113	196	166	62	52	9155	8712	195	178	60	52
15	2006	8608	6963	254	206	79	62	14102	14219	157	162	73	72	9631	8314	236	198	77	64

Bedrijf	jaar	grasland				maïsland				bedrijf									
		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
15	2007	10672	12619	314	361	105	114	12458	12649	151	151	60	58	11081	12626	277	313	95	101
15	2008	8855	8462	249	238	84	79	13737	14059	145	151	58	58	9968	9738	225	218	78	74
15	2009	8190	10560	229	277	77	99	14664	15046	153	151	69	68	9926	11763	208	243	75	91
16	2006	8092	7348	215	188	71	60	12917	12680	157	171	61	53	8881	8220	205	185	69	59
16	2007	9635	10975	258	263	85	86	15789	20072	167	215	53	66	10635	12454	243	255	80	83
16	2008	7364	7875	194	200	68	68	17368	16691	198	205	66	62	8942	9266	195	201	68	67
16	2009	7257	8112	192	229	62	65	16280	18604	198	219	71	78	8720	9813	193	227	64	67
16	2010	9410	9612	261	251	88	80	16909	18751	208	224	74	78	11249	11854	248	244	85	80
16	2011	8854	9043	240	231	85	77	15698	18461	181	209	65	75	10389	11155	227	226	80	77
16	2012	9927	11554	252	268	89	93	16740	16870	177	172	70	69	11578	12842	234	245	84	87
16	2013	7954	8573	213	216	75	73	14291	14945	167	168	59	62	9490	10117	202	204	71	70
16	2014	9888	10731	261	257	94	92	15270	16993	169	182	69	74	11213	12273	238	239	88	88
17	2006	11129	12382	348	386	106	109	13011	12551	164	162	67	63	11723	12435	290	315	94	94
17	2007	13139	12604	361	348	119	111	17359	14961	195	165	83	92	13865	13009	333	317	113	108
17	2008	12361	13386	307	304	112	118	14441	13892	177	172	69	67	12697	13468	286	283	105	110
17	2009	10808	12454	284	309	101	105	16886	16408	216	209	85	79	12568	13599	265	280	97	97
17	2010	10493	12034	279	320	107	115	14856	15861	195	202	71	73	11637	13037	257	289	98	104
17	2011	9946	10663	293	311	96	95	18000	17444	219	207	95	88	11766	12196	276	287	96	93
17	2012	10890	12350	299	327	110	117	16000	15582	174	164	75	69	11758	12899	278	299	104	109
17	2013	11848	13440	308	370	106	112	17884	18368	173	185	85	85	13537	14819	270	318	100	104
17	2014	11458	13205	323	361	113	121	14808	15703	154	158	68	69	12093	13679	291	322	104	111
17	2015	9988	12107	255	287	95	102	18602	21341	202	211	95	110	11431	13654	246	274	95	103
17	2016	10701	11939	284	292	101	101	10195	9367	109	98	54	48	10606	11457	251	256	92	91
17	2017	11806	11954	352	343	106	101	18321	19008	170	171	76	75	12432	12632	334	326	103	99
17	2018	8612	8447	265	258	71	64	12500	12128	150	137	50	45	9279	9078	246	237	67	61
18	2006	10973	11841	302	284	103	97							10973	11841	302	284	103	97
18	2007	12405	13105	302	297	120	121							12405	13105	302	297	120	121
18	2008	10554	11297	284	297	99	103							10554	11297	284	297	99	103
18	2009	11352	11340	302	283	108	97							11352	11340	302	283	108	97
18	2010	10319	11090	302	308	97	91							10319	11090	302	308	97	91
18	2011	11853	12677	258	251	103	98	15250	16502	195	205	75	83	11962	12799	256	250	102	98
18	2012	12986	13607	294	277	120	118	19000	25818	195	228	89	108	13225	14091	290	275	119	118

Bedrijf	jaar	grasland						maïsland						bedrijf					
		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
18	2013	12008	12894	320	329	121	121	18000	18311	207	205	74	76	12958	13753	302	309	113	114
18	2014	13006	13017	310	293	139	127	14965	13154	141	116	74	67	13322	13039	283	264	128	117
18	2015	14008	14954	363	360	150	147	16129	17870	191	205	80	85	14377	15460	333	333	138	136
18	2016	13936	14149	378	363	145	139	19148	20609	211	222	93	96	14853	15286	349	338	136	131
18	2017	12568	12589	376	359	124	114	17000	17182	190	187	74	72	13362	13411	343	328	115	106
18	2018	10568	11235	339	339	110	108	14622	15610	143	136	64	65	11043	11747	316	315	105	103
18	2019	10159	10234	329	327	90	83	14924	13652	184	165	57	53	10943	10796	305	300	85	78
19	2006	9939	8365	319	284	94	78	16098	15452	201	197	61	58	10432	8932	310	277	92	76
19	2007	12434	10916	403	379	120	108	15766	16754	186	206	66	74	13113	12105	359	344	109	101
19	2008	14151	17095	407	485	141	158	15263	16925	181	205	63	68	14421	17054	352	417	122	136
20	2006	9477	11159	254	283	83	87							9477	11159	254	283	83	87
20	2007	8744	9772	222	226	79	79							8744	9772	222	226	79	79
20	2008	8215	9060	219	235	79	81							8215	9060	219	235	79	81
20	2009	9208	9721	251	255	90	84							9208	9721	251	255	90	84
20	2010	9269	10402	211	221	83	87							9269	10402	211	221	83	87
20	2011	7364	8139	160	150	68	63							7364	8139	160	150	68	63
20	2012	8922	8630	216	210	81	75							8922	8630	216	210	81	75
20	2013	9009	9932	222	235	81	85							9009	9932	222	235	81	85
20	2014	8836	8496	210	195	81	73							8836	8496	210	195	81	73
20	2015	8304	7323	203	169	80	68	9563	9390	69	66	46	43	8392	7467	194	162	77	66
20	2016	9211	9010	194	182	81	76							9211	9010	194	182	81	76
20	2017	9127	9397	241	249	91	89							9127	9397	241	249	91	89
20	2018	7641	7483	185	176	69	65							7641	7483	185	176	69	65
20	2019	7896	7230	169	154	60	53							7896	7230	169	154	60	53
21	2018	8096	8415	253	264	73	71	10500	10438	124	118	41	39	8343	8623	240	249	70	68
21	2019	9061	9241	249	243	73	63	11500	11636	156	153	53	50	9515	9687	231	226	70	61
22	2006	9302	9666	278	297	93	82	16664	15525	187	183	73	65	9755	10026	273	290	92	81
22	2008	11815	11357	352	335	116	102							11815	11357	352	335	116	102
22	2009	9660	11149	269	295	95	97							9660	11149	269	295	95	97
22	2010	8882	9332	249	253	85	78							8882	9332	249	253	85	78
22	2011	9425	9769	266	276	85	80							9425	9769	266	276	85	80
22	2014	10939	11531	317	316	113	106	18000	18966	213	221	88	88	11723	12357	305	305	110	104

Bedrijf	jaar	grasland						maïsland						bedrijf					
		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅		droge stof		N		P ₂ O ₅	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
22	2015	9273	10407	264	285	93	92	16000	17468	174	184	73	77	10303	11488	250	270	90	90
22	2016	9598	10319	269	277	87	84	19000	20149	188	194	91	93	10878	11657	258	266	88	85
22	2017	10994	11706	321	329	100	99	19000	21470	207	227	87	94	12257	13247	303	313	98	98
22	2018	8632	8594	260	264	74	69	22619	21821	242	227	78	72	10653	10506	258	259	74	69
22	2019	10851	10887	313	298	91	84	17241	17385	179	176	64	62	11914	11968	291	278	87	80
23	2006	10713	12328	329	376	87	87	12160	13754	134	155	58	64	10985	12595	292	335	82	83
23	2007	12893	14886	343	379	116	109	12632	10711	127	95	54	45	12844	14103	302	326	104	97
23	2008	10357	10239	273	278	91	84	14737	16255	150	175	63	73	11178	11367	250	259	85	82
23	2009	10810	11791	257	263	95	90	18000	19533	196	209	77	82	12158	13243	245	253	92	89
23	2010	10184	10995	294	305	90	83	17308	19847	205	221	76	89	11535	12674	277	289	88	84
23	2011	9966	9975	279	265	83	77	13500	14566	168	160	63	67	10625	10832	258	245	79	75
23	2012	11104	12877	265	286	91	97	15043	16698	152	161	69	75	11831	13582	244	263	87	93
23	2013	11255	11507	311	295	97	89	17994	20162	199	214	78	87	12499	13105	291	280	93	89
23	2014	13702	14411	381	379	125	121	19000	19272	216	209	87	85	14680	15308	350	348	118	114
23	2015	12490	12679	346	326	107	97	18167	18681	189	196	75	73	13411	13653	321	305	101	93
23	2016	13207	14154	364	364	102	98	16000	16636	164	165	82	82	13682	14577	330	330	99	95
23	2017	11450	11533	335	323	91	87	19123	21157	196	210	88	93	12686	13083	313	305	90	88
23	2018	7559	7461	239	226	58	52	11765	11071	132	120	55	50	8328	8121	219	207	58	52
23	2019	11626	12967	371	396	85	84	18000	20218	216	239	79	84	12639	14119	346	371	84	84

Bijlage 8 Van RVO forfaits naar bruto N-excretie

In de RVO-forfaits wordt de netto N-excretie (bruto excretie 'onder de staart' verminderd met de NH₃-emissie uit stal en opslag) voorspeld op basis van de melkproductie per koe op en het ureumgehalte in de melk. De P-excretie wordt voorspeld op basis van alleen de melkproductie per koe. De RVO-forfaits zijn de afgelopen jaren regelmatig bijgesteld. Ter illustratie laat Tabel B8.1 de ontwikkeling zien van de N- en P₂O₅-excretie van een melkkoe met een gift van 8500 kg per jaar en een ureumgehalte in de melk van 20. Voor het jongvee (pinken en kalveren) zijn ook forfaits afgeleid (RVO, 2019).

Tabel B8.1 Ontwikkeling van forfaitaire netto N- en P₂O₅-excreties volgens RVO van een melkkoe met een melkproductie van 8500 kg en een ureumgehalte in de melk van 20 in de periode 2006 – 2021 (bron: RVO).

	2006 - 2009	2010 - 2013	2014	2015 - 2021
Stikstof	113,5	111,5	117,5	116
Fosfaat	44,3	42,6	44,8	42

Voor de vergelijking van forfaits met de KLV-voorspelling en de gemeten excreties op de K&K-bedrijven zijn de meest recente forfaits genomen (Tabel B8.1; RVO, 2019). De forfaitaire netto N-excretie is vervolgens verhoogd met de forfaitaire NH₃-emissie uit stal en opslag per diergroep (Tabel B8.2) om tot een forfaitaire bruto N-excretie te komen. Deze zijn vergelijkbaar met de KLV-schatting en de metingen van N-excretie.

Tabel B8.2 Forfaitaire NH₃-emissie uit stal en opslag per diergroep (bron: Anonymus, 2017).

Diergroep	NH ₃ -emissie uit stal en opslag (%)
Melkkoe	8,5
Pink	6,1
Kalf	7,4

Bijlage 9 Effect van een nieuwe versie van de KringloopWijzer

Bij de betrouwbaarheid van de KringloopWijzer gaat het in wezen om de afwijking tussen de KringloopWijzer resultaten ten opzichte van de meetjaren waar de betreffende KringloopWijzer versie voorspellingen voor doet. Vanuit dat perspectief zou men daarom de 2016 versie eerder vergelijken met meetjaren uit 2016 of daaromtrent en de 2019 versie met meetjaren uit 2019 of daaromtrent. Immers, de verwachting zou kunnen zijn dat de KLW ontwikkeling deels ook technische ontwikkeling op melkveebedrijven volgt. Zo zou men verwachten dat de koe van nu anders functioneert als de koe van bijvoorbeeld 2014. In werkelijkheid lopen modelaanpassing en bedrijfsontwikkeling echter niet zo synchroon. Zo is aanpassing van de energiebehoefte (VEM systeem) niet een voortdurend proces dat jaarlijks inspeelt op de ontwikkeling van de veestapel. Ook de ontwikkeling op bedrijven geschiedt niet gelijkmatig. De analyse van het jaar effect op de afwijking van de KLW laat ook al duidelijk zien dat het *matchen* van meetjaar en 'KLW versie jaar' bij analyse van de betrouwbaarheid niet zo kritisch ligt (zie figuur 3.18). Een nadeel van zo'n strikte dataselectie per KringloopWijzer versie is dat de validatie slechts gebaseerd zou zijn op veel minder data wat de kracht van de validatie doet afnemen.

N- en P-excretie

Om een indicatie te geven van het effect van modelaanpassingen van de KLW op de betrouwbaarheid is de dataset 2006-2015, die gebruikt is bij de vorige validatie (Oenema et al., 2017), geconfronteerd met zowel de KLW-versie die bij de vorige validatie gebruikt is (2016.02) als met de huidige versie (versie 2019.12). De voorspelde N- en P-excretie en de meetwaarden zijn weergegeven in Tabel B9.1 (KLW-versie 2016.02) en Tabel B9.2 (KLW-versie 2019.12). Met KLW-versie 2016.02 bleek de voorspelde gemiddelde excretie van N en P, respectievelijk, 3,0% en 4,1% lager dan de gemeten excreties. Met de nieuwe versie van de KLW (2019.12) zijn gemiddeld de voorspelde excreties van N en P, respectievelijk, 2,1% en 4,3% kleiner dan de gemeten excreties. Met de nieuwe versie van de KLW zijn de verschillen tussen de voorspelde en gemeten N-excretie afgenomen en die van de P-excretie nagenoeg gelijk gebleven.

Tabel B9.1 Voorspelde (KLW; versie **2016.02**) en gemeten (Meetweek) gemiddelde N- en P-excretie (in kg per aangeklede koe per jaar) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015, de correlatie tussen de waarnemingen (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meetweek') van de voorspelling (absoluut en procentueel) (Oenema et al., 2017).

	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
N-excretie	138	153,1	12,8	157,9	13,7	0,60	-4,8	-3,0
P-excretie	138	21,0	2,8	21,9	3,0	0,80	-0,9	-4,1

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen.

Tabel B9.2 Voorspelde (KLW; versie **2019.12**) en gemeten (Meetweek) gemiddelde N- en P-excretie (in kg per aangeklede koe per jaar) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015, de correlatie tussen de waarnemingen (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meetweek') van de voorspelling (absoluut en procentueel).

	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
N-excretie	138	154,6	13,0	157,9	13,7	0,60	-3,2	-2,1
P-excretie	138	20,9	2,6	21,9	3,0	0,80	-1,0	-4,3

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen.

Gewasopbrengst

Ook voor de gewasopbrengsten is gekeken naar het effect van de modelaanpassing door met de dataset 2006-2015 een doorrekening te doen met de K LW-versie uit 2006 (2016.02) en die uit 2019 (2019.12). Tabel B9.3 geeft een overzicht van het resultaat uit de vorige validatie van de KringloopWijzer (Oenema et al., 2017) met de K LW-versie 2016.02. In totaal bevatte de dataset 142 bedrijfsjaren met voorspelde en gemeten gewasopbrengsten. In 114 gevallen ging het om waarnemingen van zowel grasland als maïs. Niet alle bedrijven teelden echter (elk jaar) maïs. De voorspelde opbrengst van P₂O₅ op het bedrijf als geheel was gemiddeld 1,5% lager dan de 'gemeten' opbrengst. De opbrengsten van N en droge stof volgens de voorspelling waren gemiddeld, respectievelijk, 1,4% en 5,8% hoger dan volgens de meting. De gewasopbrengst van grasland gaf een vergelijkbaar beeld als dat van het totale bedrijf, terwijl de afwijking tussen voorspelde en gemeten opbrengst bij maïs groter was. Daarnaast was bij de P₂O₅-opbrengst de voorspelling hoger dan de meting, terwijl deze bij gras en het hele bedrijf lager was.

Tabel B9.3 Voorspelde (K LW versie **2016.02**) en gemeten (Meting) gemiddelde netto gewasopbrengst (kg/ha) voor het bedrijf, van grasland en maïsland, uitgedrukt in P₂O₅, N en droge stof, op K&K bedrijven in de periode 2006-2015, de correlatiecoëfficiënt tussen voorspelde en gemeten waarde (Corr.), de afwijking ('K LW minus Meting) van de voorspelling (absoluut en procentueel) (Oenema et al., 2017).

	n	K LW		Meting		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
Bedrijf (kg/ha)								
P ₂ O ₅	142	93	20	94	19	0,94	-1	-1,5
N	142	269	51	265	47	0,92	4	1,4
Droge stof	142	12141	2481	11479	2037	0,94	663	5,8
Grasland (kg/ha)								
P ₂ O ₅	142	96	24	99	22	0,95	-2	-2,2
N	142	285	62	282	55	0,93	3	1,2
Droge stof	142	11208	2788	10615	2264	0,95	593	5,6
Maïsland (kg/ha)								
P ₂ O ₅	114	78	17	75	14	0,86	3	4,2
N	114	193	39	185	30	0,82	8	4,7
Droge stof	114	17217	3198	16095	2274	0,80	1122	7,0

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen.

Tabel B9.4 geeft een overzicht van het resultaat met dezelfde dataset maar de voorspelde gewasopbrengsten (P₂O₅, N en droge stof) van grasland, van maïsland en van het bedrijf als geheel zijn nu bepaald met K LW versie 2019.12. Met de nieuwere versie van de K LW is de voorspelde opbrengst van P₂O₅ op het bedrijf als geheel gemiddeld 0,8% lager dan de 'gemeten' opbrengst. De opbrengsten van N en droge stof volgens de voorspelling zijn gemiddeld, respectievelijk, 2,8% en 6,9% hoger dan volgens de meting. Met de nieuwe versie van de K LW is het verschil in voorspelde en gemeten opbrengst van P₂O₅ op het bedrijf bijna gehalveerd (was -1,5, nu -0,8), terwijl het verschil tussen voorspelling en meting bij de N-opbrengst is verdubbeld (was 1,4, nu 2,8). Het verschil bij de opbrengst van droge stof is wat toegenomen. Bovenstaand beeld geldt grotendeels ook voor grasland. Bij maïsland is de voorspelling in alle gevallen beter geworden.

Tabel B9.4 Voorspelde (KLW; versie **2019.12**) en gemeten (Meting) gemiddelde netto gewasopbrengst (kg/ha) voor het bedrijf, van grasland en maïsland, uitgedrukt in P₂O₅, N en droge stof, op K&K bedrijven in de periode 2006-2015, de correlatiecoëfficiënt tussen voorspelde en gemeten waarde (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meting) van de voorspelling (absoluut en procentueel).

	n	KLW		Meting		Corr.	Afwijking	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%
Bedrijf (kg/ha)								
P ₂ O ₅	142	93	20	94	19	0,96	-1	-0,8
N	142	274	51	265	47	0,94	8	2,8
Droge stof	142	12302	2418	11479	2037	0,95	791	6,9
Grasland (kg/ha)								
P ₂ O ₅	142	97	24	99	22	0,96	-1	-1,0
N	142	292	62	282	55	0,94	9	3,1
Droge stof	142	11460	2717	10615	2264	0,95	807	7,6
Maïsland (kg/ha)								
P ₂ O ₅	114	76	17	75	14	0,87	2	2,6
N	114	190	38	185	30	0,82	6	3,1
Droge stof	114	16956	3152	16095	2274	0,80	861	5,3

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen.

Correspondentie adres voor dit rapport:

Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport WPR-689

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

