



Toetsing van de KringloopWijzer

Gemeten en voorspelde stikstof- en fosfaatproducties van mest en gewas

J. Oenema, L.B. Šebek, J.J. Schröder, J. Verloop, M.H.A. de Haan & G.J. Hilhorst



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Toetsing van de KringloopWijzer

Gemeten en voorspelde stikstof- en fosfaatproducties van mest en gewas

J. Oenema¹, L.B. Šebek², J.J. Schröder¹, J. Verloop¹, M.H.A. de Haan² & G.J. Hilhorst²

1 Wageningen University & 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, augustus 2017

Rapport WPR-689

Oenema, J., L.B. Šebek, J.J. Schröder, J. Verloop, M.H.A. de Haan & G.J. Hilhorst, 2017. *Toetsing van de KringloopWijzer; Gemeten en voorspelde stikstof- en fosfaatproducties van mest en gewas*. Wageningen Research, Rapport WPR-689. 80 blz.; 25 fig.; 37 tab.; 10 ref.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/421688>

De KringloopWijzer voorspelt op basis van, onder meer, de veestapelsamenstelling en melkproductie, hoeveel stikstof (N)- en fosfaat (P) in de vorm van mest en gewassen geproduceerd worden op een individueel bedrijf. Alvorens een dergelijk model als alternatief van forfaits of metingen te kunnen gebruiken, dient de juistheid van voorspellingen getoetst te worden tegen meetgegevens. Deze toets is uitgevoerd op Koeien & Kansen-bedrijven en wordt in dit verslag gerapporteerd. De KringloopWijzer blijkt in staat om de variatie in mestproductie en gewasopbrengst van individuele bedrijven over een brede range van bedrijfsomstandigheden correct te schatten. Gemiddeld, echter, worden de producties van mest-N en mest-P met, respectievelijk 3% en 4% onderschat. Die onderschatting vindt zijn oorzaak op zijn minst deels in een onderschatting van de voeropname die de KringloopWijzer veronderstelt. Een voorspelling van de mestproductie met de KringloopWijzer blijkt minder vaak af te wijken van de gemeten mestproductie dan een voorspelling op basis van de huidige RVO-forfaits. De gezamenlijke N-opbrengst van gras en snijmaïs wordt gemiddeld met 1% overschat en de P-opbrengst met gemiddeld 2% onderschat. De afwijking tussen meting en voorspelling vertoont noch bij mest, noch bij gewasopbrengsten een verband met de bedrijfskenmerken als intensiteit, beweiding of het jongveeaandeel. Wel wordt de excretie onderschat bij een lage melkproductie per koe en bij een hoog aandeel maïs in het rantsoen. Om de KringloopWijzer tegelijkertijd én de voeropname, én de mestproductie én de gewasopbrengst van een individueel bedrijf juist te laten voorspellen, is toetsing nodig van de veronderstelde VEM-dekking aan een bredere groep melkveebedrijven dan de Koeien & Kansen-bedrijven waartoe deze toetsing zich beperkt heeft. Mestproductie en gewasopbrengst zijn via die voeropname immers communicerende vaten.

Trefwoorden: excretie, fosfaat, fosfor, gewasopbrengst, kringloopwijzer, meetweken, stikstof

© 2017 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-689

Foto omslag: Koeien & Kansen archief

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Materialen en methoden	10
	2.1 Metingen	10
	2.1.1 Meetweken: 'voer min melk is mest'	10
	2.1.2 Gewasopbrengst: combinatie van meten en schatten	11
	2.1.3 Dataset	12
	2.2 Voorspellingen	13
	2.3 Confrontaties	13
3	Resultaten	15
	3.1 Voeropname	15
	3.1.1 Gemiddeld	15
	3.1.2 Variatie	19
	3.2 N- en P-excretie	23
	3.2.1 Gemiddeld	23
	3.2.2 Variatie	23
	3.3 Gewasopbrengst	25
	3.3.1 Gemiddeld	25
	3.3.2 Variatie	26
	3.4 Geldigheidsdomein van de KringloopWijzer	30
	3.4.1 N- en P- excretie	30
	3.4.2 Gewasopbrengst	33
4	Discussie	37
	4.1 Inleiding	37
	4.2 Overeenkomsten en afwijkingen tussen voorspellingen en metingen	37
	4.3 Representativiteit van Koeien & Kansenbedrijven	41
	4.4 Verbeterpunten in de KringloopWijzer	44
5	Conclusies	46
	Literatuur	47
	Bijlage 1 Werkwijze KringloopWijzer	48
	Bijlage 2a Wijze van uitvoeren van de meetweken op K&K bedrijven	50
	Bijlage 2b Steekproefgrootte meetweken	52
	Bijlage 3 Procedure voeropname jongvee	57
	Bijlage 4 Voeropname per bedrijf	60
	Bijlage 5 VEM-dekking en N- en P-excreties per bedrijf	72
	Bijlage 6 Gewasopbrengst per bedrijf	75

Woord vooraf

Het rekenmodel KringloopWijzer beoogt onder meer correcte schattingen te geven van de hoeveelheid nutriënten die in een melkveebedrijf rondgaan in de vorm van mest en gewas. Om de nauwkeurigheid van die schatting te beoordelen, is een toetsing nodig. Schattingen moeten daartoe geconfronteerd worden met onafhankelijke metingen. Dergelijke onafhankelijke metingen zijn beschikbaar in de vorm van zogenaamde meetweekgegevens (metingen van voeropname en melkproductie) en meetgegevens over mestproducties, gewasopbrengsten en -gehalten van bedrijven die deelnemen in het project Koeien & Kansen. In het onderhavige rapport zijn de genoemde schattingen en metingen met elkaar geconfronteerd. Wij danken het Ministerie van Economische Zaken en Zuivel NL voor de financiering van dit onderzoek. C. van Bruggen (CBS) zijn wij erkentelijk voor een cijfermatige karakterisering van de Nederlandse melkveehouderij, J. Brandsma, C. van Dongen, M. Heijmans, W. Koops, M. Meijer, M. van Spijk, W. van Stralen, H. Swinkels en R. Tijssens voor hun reacties op een eerder concept. Ten slotte willen we de leden van de ad-hoc werkgroep van de Commissie Deskundigen Mest (CDM), S. de Campeneere, J. de Wit, J. Dijkstra, R. Schils, R. Schulte, F. van der Schans en G. Velthof bedanken voor hun suggesties ter verbetering van de analyse en rapportage.

De auteurs

Samenvatting

De KringloopWijzer voorspelt op basis van, onder meer, de veestapelsamenstelling en melkproductie, hoeveel stikstof (N)- en fosfaat (P) in de vorm van mest en gewassen geproduceerd worden op een individueel bedrijf. Alvorens een dergelijk model als alternatief van forfaits of metingen te kunnen gebruiken, dient de juistheid van voorspellingen getoetst te worden tegen meetgegevens. Deze toets is uitgevoerd op Koeien & Kansen-bedrijven en wordt in dit verslag gerapporteerd. De KringloopWijzer blijkt in staat om de variatie in mestproductie en gewasopbrengst van individuele bedrijven over een brede range van bedrijfsomstandigheden correct te schatten. Gemiddeld, echter, worden de producties van mest-N en mest-P met, respectievelijk 3% en 4% onderschat. Die onderschatting vindt zijn oorzaak op zijn minst deels in een onderschatting van de voeropname die de KringloopWijzer veronderstelt. Een voorspelling van de mestproductie met de KringloopWijzer blijkt minder vaak af te wijken van de gemeten mestproductie dan een voorspelling op basis van de huidige RVO-forfaits. De gezamenlijke N-opbrengst van gras en snijmaïs wordt gemiddeld met 1% overschat en de P-opbrengst met gemiddeld 2% onderschat. De afwijking tussen meting en voorspelling vertoont noch bij mest, noch bij gewasopbrengsten een verband met de bedrijfskenmerken als intensiteit, beweiding of het jongveeaandeel. Wel wordt de excretie onderschat bij een lage melkproductie per koe en bij een hoog aandeel maïs in het rantsoen. Om de KringloopWijzer tegelijkertijd én de voeropname, én de mestproductie én de gewasopbrengst van een individueel bedrijf juist te laten voorspellen, is toetsing nodig van de veronderstelde VEM-dekking aan een bredere groep melkveebedrijven dan de Koeien & Kansen-bedrijven waartoe deze toetsing zich beperkt heeft. Mestproductie en gewasopbrengst zijn via die voeropname immers communicerende vaten.

1 Inleiding

De KringloopWijzer is een model waarmee op basis van de geregistreerde productie (ingeval van melkveebedrijven: melk en vlees) en productiemiddelen (ingeval van melkveebedrijven: de omvang en samenstelling van de veestapel en het voer) een schatting gemaakt kan worden van, onder meer, de hoeveelheid stikstof (N) en fosfor (P) in de excretie en in gewassen (Aarts et al., 2015). Informatie daarover kan gebruikt worden voor schattingen van de benutting en verliezen van nutriënten tijdens de cirkelgang van de bodem via gewassen, veestapel en mest naar, opnieuw, de bodem. Bedrijven kunnen dergelijke schattingen gebruiken om hun nutriëntenbeheer te verbeteren, al dan niet op verzoek van afnemers. Overheden kunnen de schattingen 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 schatter. Voor een nog gedetailleerder beschrijving wordt verwezen naar het zogenaamde Rekenregelrapport van de KringloopWijzer (Schröder et al., 2016). Essentieel in de KringloopWijzer is dat gebruikers alleen dan een hoge gewasonttrekking van N en P aannemelijk kunnen maken als zij een hoge productie van N en P in melk, vlees en/of mest aantonen, en als de aanvoer in de vorm van aangekocht voer aantoonbaar laag is. Zo'n hoge gewasonttrekking moge een onderbouwing zijn of worden om de bemesting (gebruiksnormen) te verhogen, maar zal ook zichtbaar maken waar de mestproductie (te) hoog is om door gewassen te kunnen worden opgenomen. Omgekeerd kan een lage beweerde productie van N en P in mest (bij een zekere aanvoer van N en P in aangekocht voer en een zekere afvoer van N en P in de vorm van melk en vlees) in beginsel onmogelijk hand in hand gaan met een hoge gewasonttrekking. De 'bovenkant' (voer-mest) en de 'onderkant' (bodem-gewas) van de KringloopWijzer zijn in die zin tot elkaar veroordeeld waarmee voorkomen wordt dat gebruikers naar believen kunnen kiezen. Vanzelfsprekend communiceren de geschatte mestproductie en de geschatte gewasonttrekking alleen als beide berekend worden binnen eenzelfde procedure.

Alvorens de KringloopWijzer als betrouwbare schatter gebruikt kan worden, is een toetsing nodig. Schattingen moeten daartoe geconfronteerd worden met onafhankelijke metingen. Die metingen mogen vanzelfsprekend niet eerder gebruikt zijn om het model zelf te onderbouwen. Hierop wordt in hoofdstuk 2 nader ingegaan.

Een toetsing in de hiervoor genoemde zin, vormt het onderwerp van dit rapport en heeft als doel:

- het vaststellen van de nauwkeurigheid waarmee nutriëntenexcreties van melkvee en de hoeveelheid geogste nutriënten van eigen land ('opbrengst van gras en maïs') door het model worden voorspeld,
- het benoemen van factoren die bepalen in welke mate het model de werkelijke excretie en werkelijke gras- en maïsoopbrengst goed voorspelt ('geldigheidsdomein').

De voorwaarden die te maken hebben met de betrouwbaarheid en fraudegevoeligheid van de invoergegevens van de KringloopWijzer, maken geen deel uit van dit rapport maar krijgen elders aandacht.

2 Materialen en methoden

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 van nutriënten (Oenema et al., 2001). Het gemiddelde K&K-bedrijf was in de jaren (2006-2015) waarop de toets betrekking heeft 57 hectare groot en leverde in de periode jaarlijks 1017.6 ton melk aan de fabriek. Het aantal koeien bedroeg 121 (2.1 melkkoeien per ha) met een gemiddelde melkproductie van 8376 kg per koe per jaar. Het aantal stuks jongvee bedroeg gemiddeld 40 pinken en 41 kalveren. Op de K&K-bedrijven vinden veel metingen plaats. Die metingen betreffen onder meer de opname door de veestapel van nutriënten in het voer en de afvoer van nutriënten in 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 K&K data verzameld over de aan- en afvoer van voer en meststoffen, perceelregistraties over bemesting, beweiding en oogsten (per snede). Aangelegde kuilen worden geanalyseerd (droge stof, stikstof (N), fosfor (P), VEM) en er worden regelmatig monsters genomen uit de mestopslagen voor chemische analyse. De gegevens worden gebruikt voor het opstellen van mineralenkringlopen. Oenema et al. (2015) geven een gedetailleerde beschrijving van de monitoring en metingen die uitgevoerd zijn voor het reconstrueren van de kringloop van stikstof en bijbehorende verliezen. Door de verwerking van tal van meetgegevens in het kader van deze reconstructie krijgt ze het karakter van een betrouwbare beschrijving van de werkelijke situatie met sluitende balansen. We spreken daarom van een gemeten kringloop. Voor de kringloop van fosfaat gelden dezelfde principes. Een deel van de in kaart gebrachte kringlopen vormen de 'gemeten' gewasopbrengsten. Deze 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 getoetst worden op basis van metingen die niet tegelijkertijd gebruikt zijn om het model mee te bouwen of ijken. Dat zo iets in het geval van de toets van KringloopWijzer gebeurd is kan voor wat betreft de mestproductie worden uitgesloten. De rekenregels om die mestproductie te schatten, zijn namelijk gebaseerd op een studie van de Werkgroep Tamminga (Tamminga et al., 2004). Een uitzondering hierop vormen de aanvullende rekenregels voor gras dat via beweiding of zomerstalvoeding is opgenomen. Deze worden bij zowel meting als in de schatting met het model KringloopWijzer gebaseerd op basis van eenzelfde veronderstelde voerbehoefte ('VEM-dekking', volgens Tamminga et al. (2004)). Verder zijn de N- en P-gehalten voor weidegras en zomerstalvoeding in het modelschatting gebaseerd op metingen die zijn uitgevoerd op K&K-bedrijven. Echter, de gebruikte K&K-data voor de modelschatting van de gehalten in weidegras zijn uit de periode vóór 2006. De data uit die periode kunnen dus worden gezien als een 'kalibratie' van de schatting. De toetsing van de KringloopWijzer is gebaseerd op gegevens van een latere periode en in die zin is sprake van een validatie op basis van onafhankelijke gegevens.

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 tien jaar (2006-2015) beschikbaar. 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 melkgevend koeien (MK) en droogstaande koeien (DK) wordt berekend als het verschil tussen het gewicht van het aangeboden voer) en het gewicht van de voerresteren en wordt uitgedrukt per dier per dag. Ieder aangeboden voedermiddel wordt afzonderlijk gewogen en van dat

voedermiddel is de samenstelling (droge stof, N, P, VEM, DVE en OEB) per meetweek bekend. De analyses zijn nat-chemisch van aard (Weende analyse). Aangenomen wordt dat de droge stoffandelen 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 15 van de 16 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. 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). 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, 2015), waaronder de aanname dat de VEM-dekking 102% bedraagt,
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 en de gemeten kVEM-opname uit alle overige voedermiddelen,
4. De kVEM-opname uit vers gras is met behulp van de geanalyseerde samenstelling van het weidegras omgerekend naar droge stofopname.

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, zij het in beperkte mate. Dit gebeurde op vijf, aanvankelijk zes, K&K bedrijven. De gevolgde procedure hiervoor is gelijk aan die voor MK en DK. 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.

Op voornoemde wijze kan een schatting gemaakt worden van de totale hoeveelheid en aard (VEM, DS, N, P) van het voer dat gemiddeld per liter FPCM per dier en per dag blijkens metingen benodigd geweest is. Door de hoeveelheden (gemeten) N en (forfaitaire) P in de afgevoerde melk alsmede de forfaitair geschatte vastlegging van N en P in de veestapel (Anonymus, 2015) 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').

2.1.2 Gewasopbrengst: combinatie van meten en schatten

Op de meeste melkveebedrijven bestaat het zelf geteelde voer uit maïskuil, graskuil en weidegras. Per snede zijn opbrengsten bepaald van de graslandpercelen. Bepaling van de opbrengsten zijn via verschillende methoden en hulpmiddelen uitgevoerd, onder andere afhankelijk van het gebruik (maaien en weiden).

Maaien

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). Het meten van de grashoogte gebeurt door per schatting 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 ijken. De meeste veehouders gaan vervolgens over op schatting met het blote oog. De maaiopbrengst 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 netto-schatting van de maaiopbrengsten 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 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 maaiofbrengsten zijn voor alle jaren en per bedrijf genormaliseerd naar netto-opbrengsten. Afhankelijk van de methode van bepaling zijn de opbrengsten gecontroleerd, vaak in overleg met de veehouder. Bruto-schattingen van de maaiofbrengsten (op het oog of met een grashoogtemeter) zijn met 10% verlaagd op tot netto-opbrengsten te komen. De weideopbrengsten zijn per snede vergeleken met een 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. Deze opbrengst is netto.

Snijmaïsofbrengsten

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

Gehalten

Aan de diverse gewassen zijn analysecijfers (DS, VEM, N en P op basis van NIRS) toegekend. Deze cijfers zijn in het geval van kuilvoerders ontleend aan de analyses van individuele kuilen waarbij gewogen gemiddeld is op basis van de vastgestelde kuilvolumes. In beginsel zijn aan de gemeten opbrengsten dezelfde N- en P-gehalten toegekend als aan de via de KringloopWijzer geschatte opbrengsten. De aan de gemeten opbrengsten toegekende gehalten kunnen kleine wijzigingen hebben ondergaan in het kader van data-reconciliatie. Deze procedure heeft betrekking op het verenigbaar maken van alle gemonitorde data. 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 (mestproductie op stal, winning via oogsten van zelf-geteelde voeders). Om daarbij een sluitende balans in de kringlopen te krijgen dienden sommige stromen soms, binnen plausibiliteitsgrenzen, aangepast te worden in de wetenschap dat metingen van stromen en gehalten met spreiding omgeven zijn (zie Oenema et al., 2015).

2.1.3 Dataset

In beginsel zijn er van elk jaar (2006-2015) en van elk van de 16-17 K&K bedrijven, de volgende meetgegevens beschikbaar:

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

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. Ten aanzien van die de gemeten gewasopbrengsten kan nog worden opgemerkt dat ze in het kader van de reconstructie van consistente stromen ('gemeten kringloop', zie paragraaf 2.1) correcties kunnen hebben ondergaan teneinde de mineralenstromen in het voer met die in de geproduceerde melk, vlees en mest in balans te brengen. Bij deze procedure is de productie van mest overigens niet gebaseerd op voorspelde mestproductie volgens de KringloopWijzer, maar gebaseerd op de

geregistreerde hoeveelheden N en P die in de vorm van mest waren uitgereden, onder verrekening van voorraadswijzigingen en aan- en afvoer en een geschatte weidemestproductie.

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 verstekwaarden en schatters en welk deel op bedrijfsspecifieke invoergegevens. Een meer gedetailleerde beschrijving van de KringloopWijzer is te vinden in het Rekenregelrapport (Schröder et al., 2016). 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 in de verschillende voedermiddelen kan een voorspelling gedaan worden van de hoeveelheid door de veestapel opgenomen N en P. 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 geschatte voeropname in de vorm van N en P vormt, na correcties voor aangekochte voeders, conserverings- en veldverliezen en voorraadwijzigingen, tevens een maat voor de hoeveelheid nutriënten die klaarblijkelijk in het desbetreffende jaar op eigen land geteeld zijn.

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

- voorspelde voeropnames
- op voorspellingen gebaseerde mestproductie met N en P
- op voorspellingen gebaseerde gewasopbrengst

2.3 Confrontaties

In het kader van de in dit rapport beschreven toets, worden de diverse metingen (paragraaf 2.1) en de voorspellingen (2.2) met elkaar geconfronteerd. Bij deze confrontaties is de afwijking van de voorspelling ten opzichte van de meting uitgedrukt als percentage van meting. Het betreft de voeropname (kVEM, DS, N, P), de gewasopbrengst op eigen land (DS, N, P) en de bruto mestproductie (N, P). Allereerst is nagegaan of de afzonderlijke componenten van de voeropname en de totale voeropname zoals gemeten in de meetweken, representatief waren voor de componenten en totale voeropname volgens de KringloopWijzer. Vervolgens is nagegaan of de voorspelde excretie van N en P afwijkt van de gemeten excretie. Daarnaast werden de gemeten gewasopbrengsten vergeleken met de voorspelde opbrengsten. Tenslotte is nagegaan of eventuele afwijkingen tussen meting en voorspelling een verband vertonen met bepaalde bedrijfskenmerken zoals intensiteit of beweiding. Op deze wijze ontstaat inzicht in het geldigheidsdomein van de KringloopWijzer ofwel voor welke bedrijven zal de KringloopWijzer een goede voorspelling van de N- en P-excretie doen, alsmede een goede voorspelling van de gewasopbrengst. Bij het voorgaande is gebruik gemaakt van regressie-analyse en is de significantie van responscoëfficiënten getoetst bij $P < 0.01$. De statistische analyse is uitgevoerd met Genstat (18^e editie).

De genoemde vergelijkingen zijn betrokken op 141 bedrijfsjaren. Dat betekent dat circa 15% van de in beginsel beschikbare circa 165 bedrijfsjaren (16 à 17 bedrijven gedurende 2006-2015) zijn uitgesloten van de analyse. Uitsluiting vond plaats als van een bedrijf achteraf onvoldoende meetweken beschikbaar bleken.

3 Resultaten

3.1 Voeropname

3.1.1 Gemiddeld

Tabel 3.1 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 droge stofopname tussen de voorspelling ('KringloopWijzer') en de meting ('Meetweken') - 2% (respectievelijk 8423 en 8579 kg droge stof per aangeklede koe). Dit verschil is klein maar significant ($P < 0.001$). Binnen de categorieën voedermiddelen zijn de verschillen tussen voorspelling en meting groter. De opname van weidegras wordt in de voorspelling gemiddeld met 9% (64 kg) onderschat en die van graskuil met 5% (155 kg). 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 opname van maïskuil is bij meting en voorspelling nagenoeg gelijk (verschil van 0%; 8 kg). De voorspelde opname van krachtvoer is 8% hoger (132 kg) dan bij de metingen. In de KringloopWijzer wordt de opname van krachtvoer voorspeld op basis van de aanleg van krachtvoer (aankopen), gecorrigeerd voor de voorraden aan het begin en eind van het jaar en een aanname voor voederverlies (= 2%). Bij de metingen is opname van krachtvoer gebaseerd op gemiddeld 8 'momentopnames' in het jaar (meetweken) die vervolgens vertaald zijn naar veestapel- en jaaropname (zie paragraaf 2.1.1 en Bijlage 3).

Tabel 3.1 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde droge stofopname (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) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking		T-toets	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%	SD ²	P-waarde ³
weidegras	123	754	536	828	587	0.81	-74	-9	350	0.021
graskuil	141	3053	836	3208	645	0.85	-155	-5	440	<0.001
maïskuil	136	2229	901	2221	769	0.93	8	0	328	0.788
krachtvoer	141	1853	416	1721	384	0.92	132	8	163	<0.001
overig	137	534	543	356	509	0.91	178	50	230	<0.001
grashooi	122			245	125					
Totaal	141	8423	626	8579	640	0.85	-119	-2	343	<0.001

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

² Standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

³ P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

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 3.2, 3.4 en 3.5) 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 analysemethodes 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 een vaste waarde (960). Dit is gemiddeld 1% hoger dan in de metingen (947). De variatie in VEM-gehalte in weidegras tussen bedrijven (en jaren) is echter vrij groot (66 VEM-eenheden). De gemiddelde VEM-gehalten in graskuil, maïskuil en krachtvoer bij de meting en bij de voorspelling komen, ondanks het verschil in analysemethode goed met elkaar overeen maar desondanks dat is het verschil wel significant (P-waardes <0.05). De spreiding van de VEM-gehalten van deze voedermiddelen zijn bij meting en bij voorspelling vergelijkbaar. Het VEM-gehalte van de 'overige voedermiddelen' is bij de voorspelling volgens de KringloopWijzer 11% 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 3.2 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde VEM-gehalten in voedermiddelen (in VEM/kg DS) 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) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking		T-toets	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%	SD ²	P-waarde ³
weidegras	120	960	0	947	66		13	1	66	0.030
graskuil	141	882	30	874	26	0.44	8	1	29	0.001
maïskuil	136	974	29	992	49	0.62	-18	-2	39	<0.001
krachtvoer	141	1070	37	1090	41	0.72	-20	-2	30	<0.001
overig	104	909	150	1021	101	0.35	178	-11	149	<0.001
grashooi	122			609	116					

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

² Standardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

³ P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

Het N-gehalte in weidegras is bij de voorspelling volgens de KringloopWijzer 3% lager dan bij de meting. Ook de variatie in het N-gehalte is bij de voorspelling kleiner dan bij de meting (SDs van respectievelijk 2.8 en 5). De gemiddelde N-gehalten in graskuil, maïskuil en krachtvoer bij de meting en bij de voorspelling komen goed met elkaar overeen. Ondanks dat bij graskuil en krachtvoer het procentuele verschil klein is (1-2%) is het verschil wel significant (P-waardes <0.05). Ook de spreidingen zijn voor deze voedermiddelen van gelijke orde. Om dezelfde reden als bij het VEM-gehalte (Tabel 3.1) is het N-gehalte van overige voedermiddelen bij de voorspelling lager dan bij de meting (15%).

Tabel 3.3 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde N-gehalten in voedermiddelen (in g/kg DS) 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) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking		T-toets	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%	SD ²	P-waarde ³
weidegras	120	32.5	2.8	33.5	5.0	0.26	-1.0	-3	5.1	0.031
graskuil	141	26.2	2.5	26.5	2.5	0.85	-0.3	-1	1.4	0.005
maïskuil	136	11.8	1.0	11.8	1.0	0.40	0.06	1	1.1	0.530
krachtvoer	141	36.5	6.7	37.5	8.3	0.93	-1.0	-2	3.2	<0.001
overig	104	20.6	7.9	24.3	10.7	0.80	-3.7	-15	6.5	<0.001
grashooi	122			12.6	5.0					

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

² Standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

³ P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

Het P-gehalte in weidegras is bij de voorspelling volgens de KringloopWijzer 12% hoger dan bij de meting maar de variatie in het P-gehalte is voor beide gelijk (SD = 0.4). De gemiddelde P-gehalten in graskuil, maïskuil en krachtvoer bij de meting en bij de voorspelling komen redelijk goed met elkaar overeen (verschil <5%) maar desondanks is het verschil wel significant (P-waardes <0.05). De spreiding in P-gehalten zijn voor deze voedermiddelen van gelijke orde. Om dezelfde reden als bij het VEM-gehalte (Tabel 3.1) is het P-gehalte van overige voedermiddelen bij de voorspelling lager dan bij de meting (25%).

Tabel 3.4 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde P-gehalten in voedermiddelen (in g/kg DS) 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) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking		T-toets	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%	SD ²	P-waarde ³
weidegras	120	4.6	0.4	4.1	0.5	0.51	0.4	12	0.6	<0.001
graskuil	141	4.0	0.3	4.1	0.3	0.80	-0.1	-2	0.2	<0.001
maïskuil	136	2.1	0.2	2.1	0.2	0.66	-0.08	-4	0.2	<0.001
krachtvoer	141	5.2	0.7	5.3	0.9	0.88	-0.1	-2	0.4	0.022
overig	104	2.7	1.4	3.6	2.1	0.71	-0.6	-25	1.5	<0.001
grashooi	122			2.0	1.2					

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

² Standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

³ P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

Tabel 3.5 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde kVEM-opname (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) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking		T-toets	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%	SD ²	P-waarde ³
weidegras	123	724	515	774	557	0.81	-50	-6	334	0.103
graskuil	141	2686	709	2801	550	0.84	-115	-4	389	<0.001
maïskuil	136	2182	899	2214	793	0.94	-32	-1	320	0.249
krachtvoer	141	1981	453	1873	417	0.91	108	6	183	<0.001
overig	137	503	577	376	564	0.93	127	34	220	<0.001
grashooi	122			154	78					
Totaal	141	8077	605	8192	652	0.87	-115	-1	329	0.003

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

² Standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

³ P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

Tabel 3.6 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde N-opname (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) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking		T-toets	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%	SD ²	P-waarde ³
weidegras	123	25	18	27	19	0.81	-2	-8	11	0.036
graskuil	141	79	20	84	15	0.79	-5	-6	12	<0.001
maïskuil	136	26	11	26	9	0.91	0.3	1	4	0.503
krachtvoer	141	67	17	63	16	0.93	4	6	7	<0.001
overig	137	12	16	9	14	0.96	3	29	5	<0.001
grashooi	122			3	2					
Totaal	141	208	15	212	15	0.67	-4	-2	12	0.002

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

² Standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

³ P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

In Tabellen 3.5, 3.6 en 3.7 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%, 2% en 2%. Deze verschillen zijn alle significant.

Tabel 3.7 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meetweek) gemiddelde P-opname (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) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Voersoort	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking		T-toets	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%	SD ²	P-waarde ³
weidegras	123	3.6	2.6	3.4	2.6	0.81	0.2	5	1.6	0.280
graskuil	141	12.1	3.2	13.0	2.6	0.83	-0.9	-7	1.8	<0.001
maïskuil	136	4.5	1.8	4.7	1.6	0.89	-0.2	-3	0.8	0.039
krachtvoer	141	9.5	2.4	9.0	2.3	0.92	0.5	6	1.0	<0.001
overig	137	1.6	2.3	1.4	2.4	0.95	0.2	12	0.7	0.005
grashooi	122			0.5	0.3					
Totaal	141	31.3	3.1	32.0	3.2	0.81	-0.7	-2	1.9	<0.001

¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen per voersoort.

² Standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

³ P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

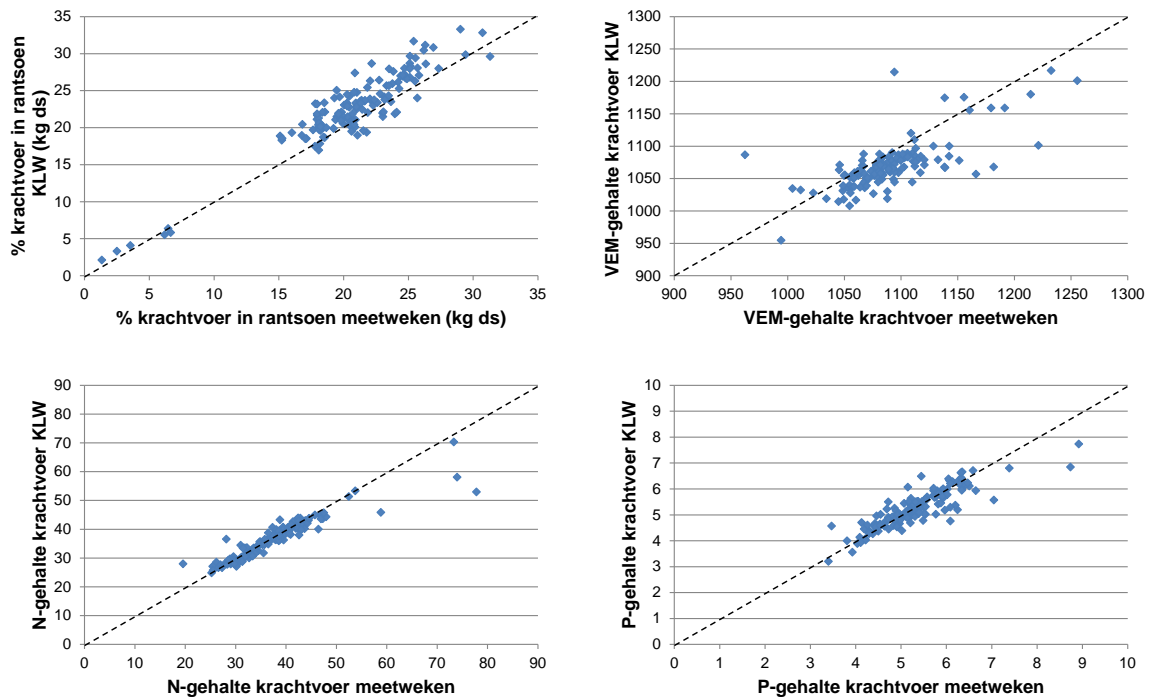
Door combinatie van Tabellen 3.5, 3.6 en 3.7 met Tabel 3.1, laten zich de gemiddelde VEM-, N- en P-gehalten van het gehele rantsoen berekenen. Daaruit blijkt dat het gemiddelde VEM-gehalte in de voorspelling iets hoger is dan in de meting, en dat de gemiddelde N- en P-gehalten in de voorspelling iets lager zijn dan die in de meting (Tabel 3.8).

Tabel 3.8 Het gemiddelde VEM-, N- en P-gehalte van het rantsoen als geheel op K&K bedrijven in de periode 2006-2015 (n= 141) volgens de KringloopWijzer (KLW) en zoals gemeten in de meetweken.

Element	KLW	Gemeten (G)	Verschil tussen voorspelling en meting:	
			Absoluut (KLW-G)	Als % 100*(KLW-G)/G
VEM (per kg)	959	955	4	0.4
N (g per kg)	24.7	24.8	-0.03	-0.1
P (g per kg)	3.7	3.7	-0.01	-0.2

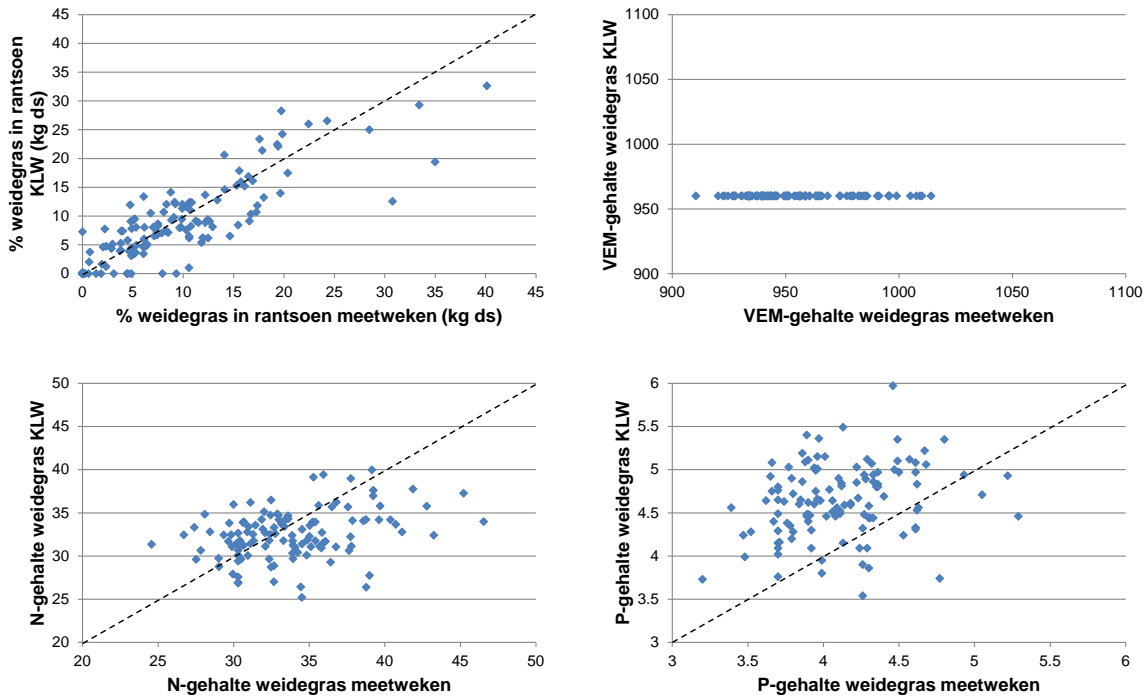
3.1.2 Variatie

De navolgende paragraaf richt zich niet op de gemiddelde variatie, maar op de variatie van afzonderlijke waarnemingen (bedrijfsjaren). De individuele waarnemingen zijn in de hoofdtekst als figuren weergegeven en in Bijlage 4 in tabelvorm. In Figuur 3.1 wordt het relatieve gebruik en de samenstelling van krachtvoer in de voorspelling (hoeveelheid, VEM-, N- en P-gehalten), uitgezet tegen die in de meting. Elke waarneming vertegenwoordigt een combinatie van een bedrijf en een jaar. De gemiddelde droge stofopname in de vorm van krachtvoer was in de voorspelling 8% hoger dan bij de meting (Tabel 3.1). Die hogere opname van krachtvoer wordt waargenomen bij het merendeel van de bedrijven. De correlatie tussen beide waarnemingen is 0.92. Ondanks het kleine gemiddelde verschil in VEM-gehalte (Tabel 3.2) heeft het merendeel van de bedrijven bij de voorspelling een iets lager VEM-gehalte in het krachtvoer dan bij de meting. Bij het N- en P-gehalte zijn die afwijkingen minder sterk. De correlatie tussen de waarnemingen van de gehalten aan VEM, N en P zijn respectievelijk 0.72, 0.93 en 0.88.

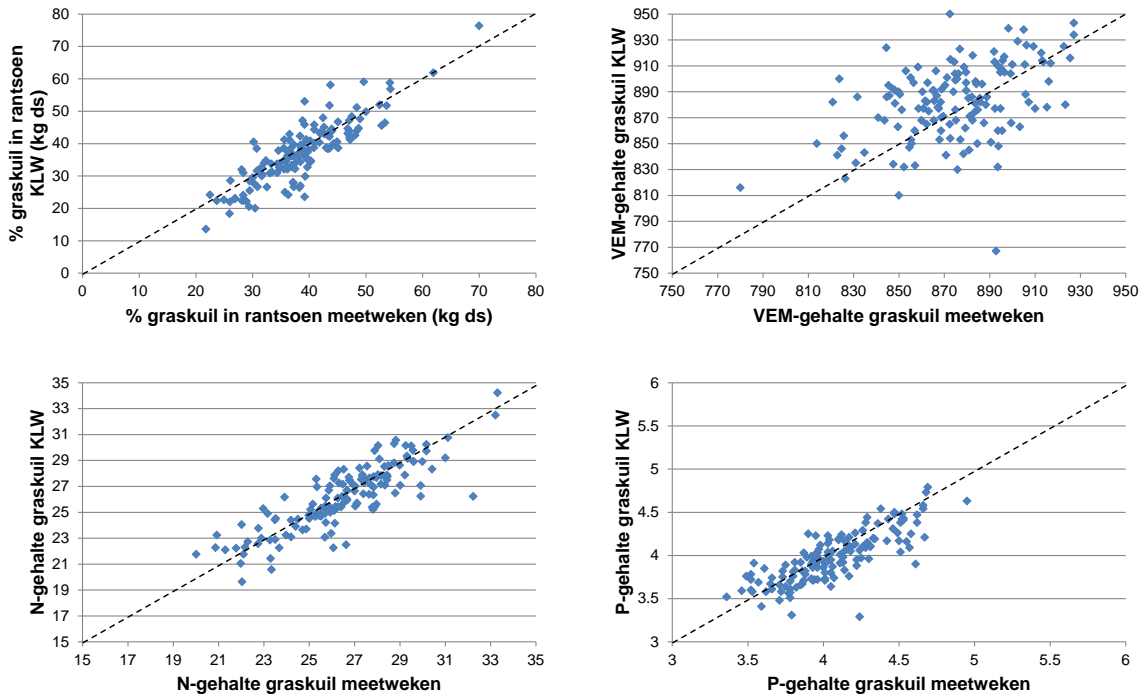


Figuur 3.1 Gemeten (X-as) en voorspelde (Y-as) opgenomen hoeveelheid krachtvoer (linksboven), het VEM-gehalte (rechtsboven), N-gehalte (linksonder) en P-gehalte (rechtsonder). De gehalten zijn weergegeven in g/kg DS. De stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.

Ondanks het feit dat de voorspelde droge stofopname in de vorm van weidegras gemiddeld lager was dan de gemeten opname (9%; Tabel 3.1), staan er tegenover bedrijven met zo'n relatief lage voorspelde weidegrasopname, ook bedrijven waar de voorspelde opname juist hoger is dan die in de meting (Figuur 3.2). Bij het merendeel van de bedrijven is het aandeel weidegras in de voeropname bij de voorspelling echter kleiner dan in de meetweek. De correlatie tussen beide waarnemingen is 0.81. Het VEM-gehalte in weidegras heeft bij de voorspelling een vaste waarde maar bij de metingen is de variatie groot. Ook de variatie in het N-gehalte van weidegras is bij de voorspelling kleiner dan bij de metingen. 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 groter dan bij de meting. De correlatie tussen de waarnemingen van de gehalten aan N en P zijn respectievelijk 0.26 en 0.51.

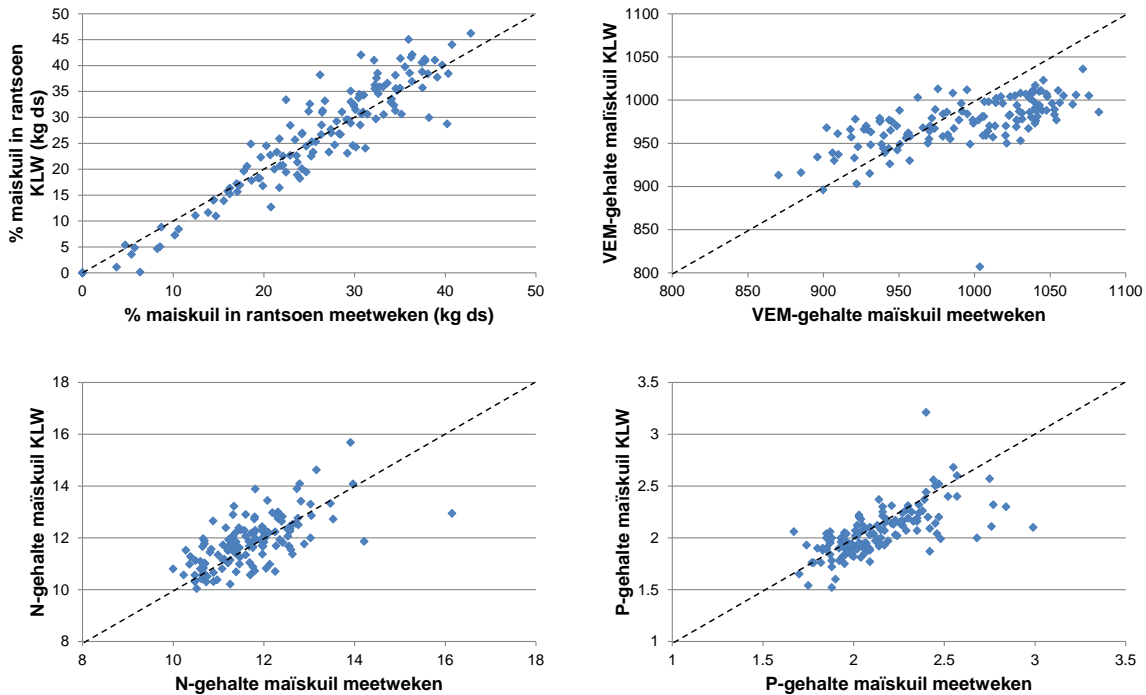


Figuur 3.2 Gemeten (X-as) en voorspelde (Y-as) opgenomen hoeveelheid weidegras (linksboven), het VEM-gehalte (rechtsboven), N-gehalte (linksonder) en P-gehalte (rechtsonder). De gehalten zijn weergegeven in g/kg DS. De stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.



Figuur 3.3 Gemeten (X-as) en voorspelde (Y-as) opgenomen hoeveelheid graskuil (linksboven), het VEM-gehalte (rechtsboven), N-gehalte (linksonder) en P-gehalte (rechtsonder). De gehalten zijn weergegeven in g/kg DS. De stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.

Gemiddeld was de voorspelde droge stofopname in de vorm van graskuil min of meer gelijk aan die in de meting (Tabel 3.1). De mate waarin de voorspelde opname afweek van de gemeten opname van graskuil is redelijk verdeeld over de waarnemingen (Figuur 3.3). De correlatie tussen beide waarnemingen is 0.85. Ondanks het kleine gemiddelde verschil in VEM-gehalte (Tabel 3.2) is het verschil tussen de VEM-gehalten van graskuil in de meetweek en in de voorspelling relatief groot. Bij het N- en P-gehalte zijn die afwijkingen kleiner. De correlatie tussen de waarnemingen van de gehalten aan VEM, N en P zijn respectievelijk 0.44, 0.85 en 0.80.



Figuur 3.4 Gemeten (X-as) en voorspelde (Y-as) opgenomen hoeveelheid maïskuil (linksboven), het VEM-gehalte (rechtsboven), N-gehalte (linksonder) en P-gehalte (rechtsonder). De gehalten zijn weergegeven in g/kg DS. De stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.

Gemiddeld was de voorspelde droge stofopname in de vorm van maïskuil vrijwel gelijk aan die in de meting (Tabel 3.1). De mate van afwijking tussen de opname van maïskuil in de voorspelling en die in de meetweek is ook hier gelijk verdeeld over de bedrijven (Figuur 3.4). De correlatie tussen beide waarnemingen is 0.93. Opvallend is het verband tussen de VEM-gehalten in maïskuil in de meting en de gehalten in de voorspelling. Bij lage VEM-gehalten is de VEM van maïs in de meetweek doorgaans lager dan die in de voorspelling, maar bij hoge VEM-gehalten is het omgekeerde het geval. Mogelijk worden de lage VEM-gehalten van snijmaïs met NIRS (d.w.z. in de KringloopWijzer-voorspelling) structureel overschat en hoge VEM-gehalten met NIRS structureel onderschat. De correlatie tussen de waarnemingen in de meting en die in de voorspelling is voor het VEM-gehalte daarom niet hoger dan 0.62. Het N-gehalte in de voorspelling is op het merendeel van de bedrijven (60%) hoger dan het N-gehalte in de meting. Bij het P-gehalte van maïs is dit juist andersom (70%). De correlatie tussen de waarnemingen zijn respectievelijk 0.40 en 0.66.

3.2 N- en P-excretie

3.2.1 Gemiddeld

Tabel 3.9 geeft een overzicht van de gemiddelde N- en P-excretie (kg/aangeklede koe/jaar), voorspeld met de KringloopWijzer (KLW) enerzijds, en de N- en P-excretie berekend uit de gemeten opname van N en P met het voer en de N- en P-productie in de vorm van melk (meetweek) anderzijds. Van de oorspronkelijke 141 beschikbare waarnemingen (bedrijf-jaar combinaties) zijn 3 waarnemingen afgevallen vanwege niet-plausibele resultaten (bedrijfsjaren waarbij de VEM-dekking 76, 81 en 86% bleek te zijn). Gemiddeld zijn de voorspelde excreties van N en P, respectievelijk, 3% en 4% kleiner dan de gemeten excreties (Tabel 3.9). Ondanks het relatief gemiddelde kleine verschil tussen voorspelling en meting zijn de verschillen tussen waargenomen en voorspelde N- en P-excretie wel significant ($P < 0.001$).

Tabel 3.9 Voorspelde (KLW) 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) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

	n	KLW		Meetweek		Corr.	Afwijking		T-toets	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%	SD ²	P-waarde ³
N-excretie	138	153.1	12.8	157.9	13.7	0.60	-4.8	-3	11.8	<0.001
P-excretie	138	21.0	2.8	21.9	3.0	0.80	-0.9	-4	1.8	<0.001

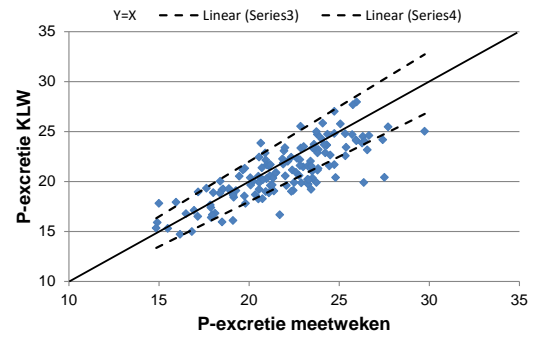
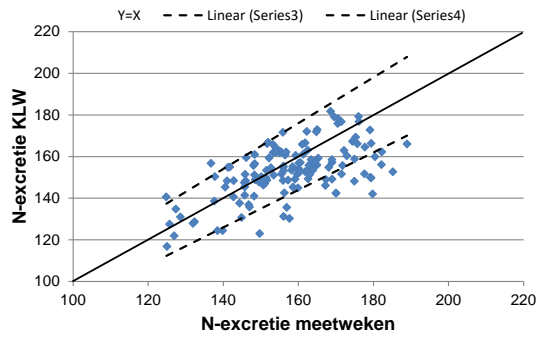
¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen.

² Standardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

³ P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

3.2.2 Variatie

Deze paragraaf richt zich niet op de gemiddelde variatie maar op de variatie van afzonderlijke waarnemingen (bedrijfsjaren). De individuele waarnemingen van de N- en P-excretie (kg/aangeklede koe/jaar) zijn in de hoofdtekst weergegeven in Figuur 3.5 en in Bijlage 5 in tabelvorm. Ter indicatie is in de figuur tussen de onderbroken lijnen het gebied aangegeven waarin de afwijking minder dan $\pm 10\%$ bedraagt. Voor wat betreft de N-excretie valt 18% van de bedrijfsjaren buiten dat gebied en voor wat betreft de P-excretie is dat 28%. Van die 18% hebben 2 procentpunten betrekking op situaties waarin de voorspelde N-excretie meer dan 10% hoger is dan de meting, en 16 (t.w. 18-2) procentpunten betrekking op situaties waarin de voorspelde N-excretie meer dan 10% lager is dan de meting. Voor wat betreft de 28% outliers bij de P-excretie hebben 4 procentpunten betrekking op een overschatte voorspelde excretie en 24 procentpunten betrekking op een onderschatte voorspelde P-excretie. De correlatie tussen de voorspelde en de gemeten waarde van de N- en P-excretie zijn respectievelijk 0.60 en 0.80 (Tabel 3.9).



Figuur 3.5 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 1:1 lijn weer en de onderbroken lijnen het bereik van 10% afwijking.

Tabel 3.10 Gemeten gemiddelde N- en P-excretie (kg/aangeklede koe/jaar) per bedrijf (periode 2006-2015), de afwijking ('voorspelling minus meting') van de voorspelling (absoluut en procentueel) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Bedrijf	jaren	N				P					
		gem	afwijking		SD ¹	P-waarde ²	gem	afwijking		SD ¹	P-waarde ²
			abs	%				abs	%		
1	6	150	8.8	5.9	3.5	0.002	22.5	0.9	4.0	1.2	0.111
3	6	167	-8.1	-4.9	12.5	0.171	22.3	-2.3	-10.3	1.9	0.032
4	10	163	-7.2	-4.4	12.9	0.113	24.8	-1.9	-7.7	1.6	0.005
6	6	134	-3.9	-2.9	6.4	0.196	17.1	-0.5	-2.9	1.3	0.372
7	7	148	-3.5	-2.4	5.4	0.132	18.5	-0.3	-1.6	0.9	0.385
8	6	159	-6.3	-4.0	13.6	0.310	21.8	-1.3	-6.0	3.0	0.325
9	9	166	-15	-9.0	9.8	0.002	22.5	-2.4	-10.7	1.6	0.002
10	10	156	-9.6	-6.2	15.7	0.085	22.8	-0.6	-2.6	2.0	0.338
11	7	162	-4.2	-2.6	9.6	0.293	22.1	-1.8	-8.1	2.3	0.084
12	4	142	-10.3	-7.3	4.6	0.021	21.8	-2.3	-10.6	0.3	<0.001
13	10	154	-0.3	-0.2	11.8	0.947	20.2	-0.3	-1.5	1.3	0.556
14	10	172	-15.1	-8.8	12.3	0.004	23.9	-2.2	-9.2	0.8	<0.001
15	10	162	-1.9	-1.2	7.9	0.459	24.7	-0.8	-3.2	1.9	0.192
17	10	167	-4.8	-2.9	12.4	0.257	25.0	-0.1	-0.4	2.0	0.936
18	10	159	1.4	0.9	7.7	0.575	20.9	0.2	1.0	1.3	0.701
19	8	144	6.8	4.7	9.1	0.070	17.2	0.6	3.5	1.5	0.271
Gem		157	-4.6	-2.8			21.8	-0.9	-4.1		

¹ SD is de standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

² P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

In Tabel 3.10 is per bedrijf de gemeten gemiddelde N- en P-excretie van een aangeklede koe (een melkkoe, inclusief droogstand, inclusief het bedrijfsspecifieke bijbehorende jongvee) weergegeven, alsmede de afwijking van de (op de KringloopWijzer gebaseerde) voorspelling van die excreties. In de analyse zijn bedrijven meegenomen waarvan minimaal 4 jaar meetgegevens beschikbaar waren om daarmee een betrouwbare uitspraak per bedrijf te waarborgen. De gemiddelde gemeten N-excretie per aangeklede koe varieert tussen 134 en 172 kg per jaar. De mate waarin de voorspelde N-excretie afwijkt van de gemeten excretie varieert tussen een overschatting van 8.8 en een onderschatting van 15 kg per aangeklede koe. Procentueel varieert de afwijking tussen meting en voorspelling tussen 6% (overschatting door de KringloopWijzer) en -9.0% (onderschatting door de KringloopWijzer). Op 12 van de 16 bedrijven (75%) is de voorspelling niet significant verschillend van de meting ($P > 0.05$). De gemiddelde gemeten P-excretie per aangeklede koe varieert tussen 17.1 en 25.0 kg per jaar. De mate waarin de voorspelde P-excretie afwijkt van de gemeten excretie varieert tussen een overschatting van 1 en een onderschatting van 2 kg per aangeklede koe. Procentueel varieert de

afwijking tussen meting en voorspelling tussen 4.0% (overschatting door de KringloopWijzer) en -10.7% (onderschatting door de KringloopWijzer). Op 10 van de 16 bedrijven (63%) is de voorspelling niet significant verschillend van de meting ($P > 0.05$).

3.3 Gewasopbrengst

3.3.1 Gemiddeld

De KringloopWijzer maakt ook voorspellingen van de gewasopbrengsten van grasland en maïsland. De opbrengst van de overige gewassen (voedergewassen en/of marktbaar gewassen), is gebaseerd op metingen die in de KringloopWijzer niet worden geschat maar worden opgegeven. Het merendeel van de melkveehouderij in Nederland heeft vooral grasland en maïsland als bron voor de eigen productie van voedermiddelen. In overeenstemming daarmee beslaan gras en maïs ook op K&K bedrijven meer dan 90% van het bedrijfsareaal. Daarom beperkt de toetsing zich tot deze gewassen waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen de gewasopbrengsten (P_2O_5 , N en droge stof) van grasland, van maïsland en van het bedrijf als geheel (grasland en maïsland tezamen) (Tabel 3.11).

In totaal bevatte de dataset 142 waarnemingen van metingen en voorspellingen in de vorm van bedrijfsjaren. In 114 gevallen ging het om waarnemingen van zowel grasland als maïs. Niet alle bedrijven teelden echter (elk jaar) maïs. De voorspelde opbrengst van P_2O_5 op het bedrijf als geheel is gemiddeld 1% lager dan de 'gemeten' opbrengst ($P < 0.05$). De opbrengsten van N en droge stof volgens de voorspelling zijn gemiddeld, respectievelijk, 1% en 6% hoger dan volgens de meting ($P < 0.05$). Voor de gewasopbrengst van grasland en maïsland afzonderlijk is het bovenstaande beeld vergelijkbaar, met uitzondering van de N-opbrengst in grasland waar het verschil niet significant is ($P = 0.082$). Wel is de absolute en ook relatieve variatie van de afwijking tussen de gemeten en voorspelde N- en P_2O_5 -opbrengst bij maïs groter dan bij grasland.

Tabel 3.11 Voorspelde (KLW) en gemeten (Meting) gemiddelde netto gewasopbrengst (kg/ha) voor het bedrijf, van grasland en maïsland, uitgedrukt in P_2O_5 , N en droge stof, op K&K bedrijven in de periode 2006-2015, de correlatie tussen de waarnemingen (Corr.), de afwijking ('KLW minus Meting) van de voorspelling (absoluut en procentueel) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

	n	KLW		Meting		Corr.	Afwijking		T-toets	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%	SD ²	P-waarde ³
Bedrijf (kg/ha)										
- P_2O_5	142	93	20	94	19	0.94	-1	-1	7	0.015
- N	142	269	51	265	47	0.92	4	1	20	0.020
- droge stof	142	12141	2481	11479	2037	0.94	663	6	919	<0.001
Grasland (kg/ha)										
- P_2O_5	142	96	24	99	22	0.95	-2	-2	7	<0.001
- N	142	285	62	282	55	0.93	3	1	22	0.082
- droge stof	142	11208	2788	10615	2264	0.95	593	6	967	<0.001
Maïsland (kg/ha)										
- P_2O_5	114	78	17	75	14	0.86	3	4	9	<0.001
- N	114	193	39	185	30	0.82	8	5	22	<0.001
- droge stof	114	17217	3198	16095	2274	0.80	1122	7	1940	<0.001

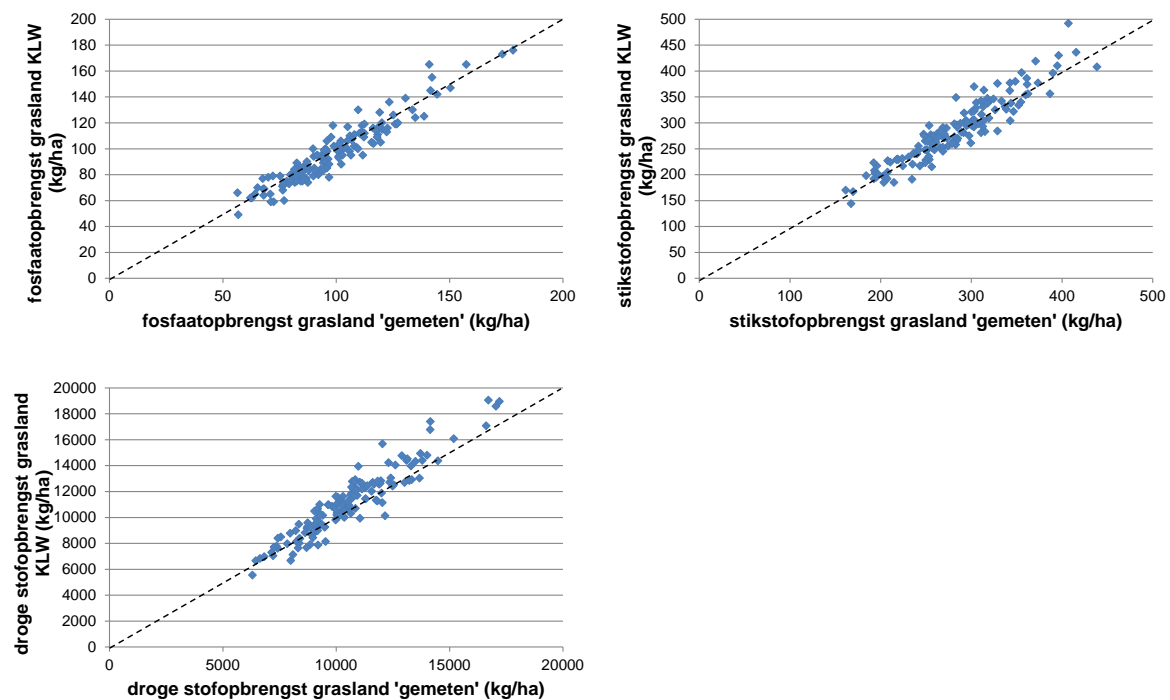
¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen.

² Standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

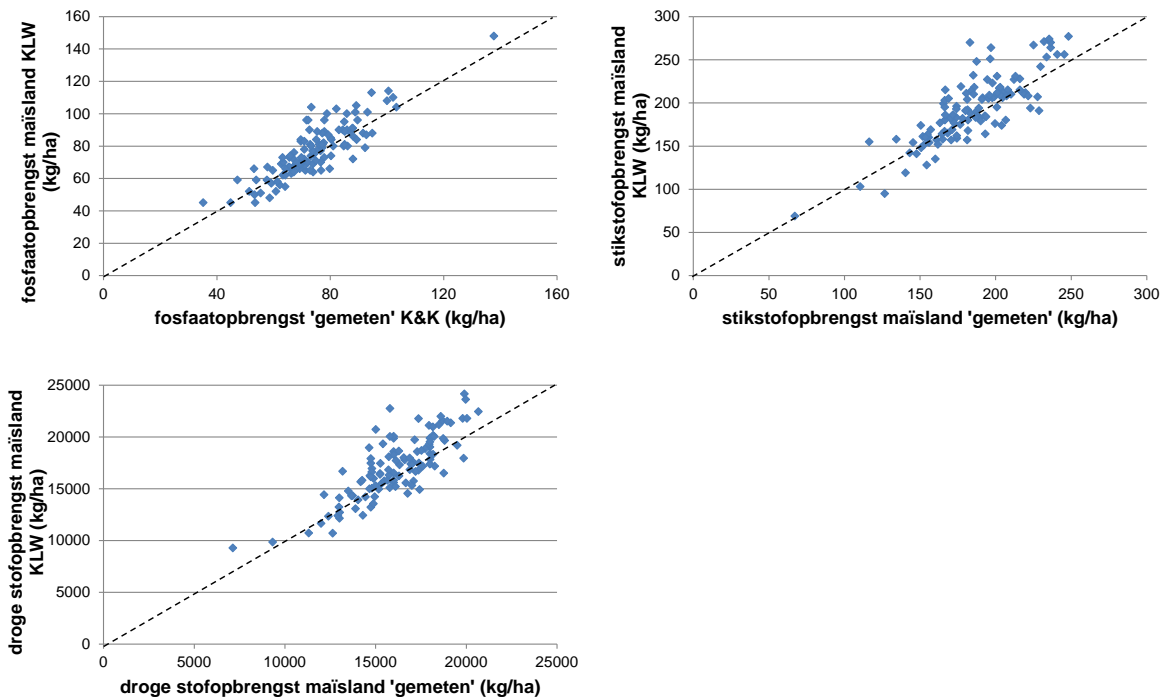
³ P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

3.3.2 Variatie

In deze paragraaf komt niet de gemiddelde variatie in beeld maar de variatie van afzonderlijke waarnemingen (bedrijfsjaren). De individuele waarnemingen zijn in de hoofdtekst als figuren weergegeven en in Bijlage 6 in tabelvorm. De confrontatie tussen voorspelde en 'gemeten' opbrengst van grasland, uitgedrukt in P_2O_5 , N en droge stof zijn weergegeven in Figuur 3.6. Elke waarneming vertegenwoordigt een combinatie van bedrijf en jaar. Gemiddeld was de voorspelde P_2O_5 -opbrengst in grasland 2% lager dan de 'gemeten' (Tabel 3.11). Zo'n lagere voorspelde opbrengst is waargenomen op 66% van de bedrijven. Gemiddeld was de voorspelde N-opbrengst in grasland 1% hoger dan de 'gemeten' opbrengst (Tabel 3.11). Zo'n hogere voorspelde opbrengst is op de helft van de bedrijven waargenomen. In het geval van de droge stofopbrengst was de voorspelde hoeveelheid 6% hoger en zo'n hogere opbrengst is op 71% van de bedrijven waargenomen. De correlaties tussen de gemeten en voorspelde opbrengsten van P_2O_5 , N en droge stof zijn, respectievelijk, 0,95, 0,93 en 0,95. Gemiddeld was de voorspelde P_2O_5 - en N-opbrengst in maïslaan, respectievelijk, 4 en 5% hoger dan de 'gemeten' (Tabel 3.11). Zo'n hogere voorspelde opbrengst is waargenomen op, respectievelijk, 64 en 63% van de bedrijven (Figuur 3.7). Ook de voorspelde droge stofopbrengst is hoger dan de 'gemeten' (7%) en is waargenomen op 69% van de bedrijven. De correlaties tussen de gemeten en voorspelde opbrengsten van P_2O_5 , N en droge stof zijn, respectievelijk, 0,86, 0,82 en 0,80.

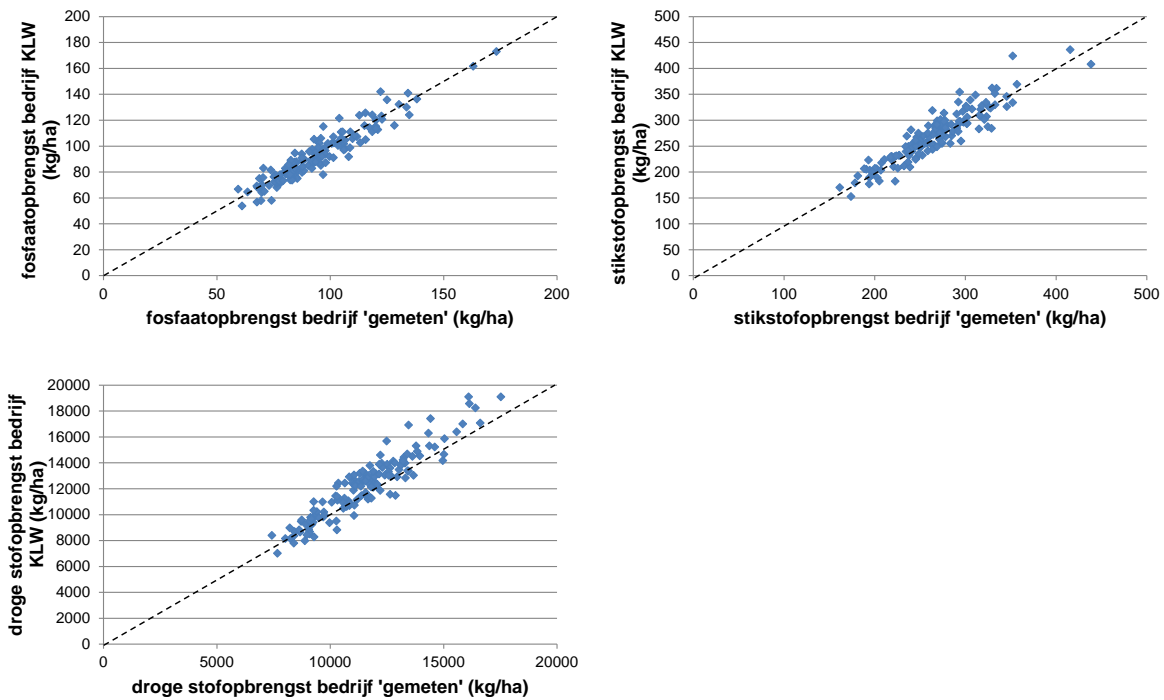


Figuur 3.6 Netto gewasopbrengst (kg/ha) van grasland, 'gemeten' (X-as) en voorspeld in de KringloopWijzer (KLW; Y-as), uitgedrukt in P_2O_5 (linksboven), N (rechtsboven) en droge stof (linksonder. De stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.



Figuur 3.7 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 stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.

De waarnemingen van de gewasopbrengsten op bedrijfsniveau zijn weergegeven in Figuur 3.8. Dit zijn de areaalgewogen gemiddelde gewasopbrengsten van gras- en maïsland. Gemiddeld was de voorspelde P_2O_5 -opbrengst niet meer dan 1% lager dan de 'gemeten' -opbrengst en de voorspelde N-opbrengst niet meer dan 1% hoger dan de 'gemeten' opbrengst van het bedrijf (Tabel 3.11). Een lagere voorspelde P_2O_5 -opbrengst dan 'gemeten' is waargenomen op 59% van de bedrijven en een hogere voorspelde N-opbrengst op 60% van de bedrijven. De voorspelde droge stofopbrengst is hoger dan de 'gemeten' (6%) en is waargenomen op 76% van de bedrijven. De correlaties tussen de gemeten en voorspelde opbrengsten op bedrijfsniveau van P_2O_5 , N en droge stof zijn, respectievelijk, 0.94, 0.92 en 0.94.



Figuur 3.8 Netto gewasopbrengst (kg/ha) van het bedrijf (gras- en maïsland), 'gemeten' (X-as) en voorspeld in de KringloopWijzer (K LW; Y-as), uitgedrukt in P_2O_5 (linksboven), N (rechtsboven) en droge stof (linksonder. De stippellijn geeft de 1:1 lijn weer.

In Tabel 3.12 is per bedrijf de gemeten gemiddelde N- en P_2O_5 -opbrengst van grasland weergegeven, alsmede de afwijking van de (op de KringloopWijzer gebaseerde) voorspelling van die opbrengsten. De gemiddelde N-opbrengst van grasland varieert tussen 198 en 369 kg/ha. De mate waarin de voorspelde N-opbrengst van grasland afwijkt van de gemeten opbrengst varieert tussen een overschatting van 25 en een onderschatting van 13 kg/ha. Procentueel varieert de afwijking tussen meting en voorspelling tussen 9.0% (overschatting door de KringloopWijzer) en -4.4% (onderschatting door de KringloopWijzer). Op 12 van de 16 bedrijven (75%) is de voorspelling niet significant verschillend van de meting ($P > 0.05$).

De gemiddelde P_2O_5 -opbrengst van grasland varieert tussen 71 en 149 kg/ha. De mate waarin de voorspelde P_2O_5 -opbrengst van grasland afwijkt van de gemeten opbrengst varieert tussen een overschatting van 5 en een onderschatting van 7 kg/ha. Procentueel varieert de afwijking tussen meting en voorspelling tussen 4.9% (overschatting door de KringloopWijzer) en -8.2% (onderschatting door de KringloopWijzer). Op 10 van de 16 bedrijven (63%) is de voorspelling niet significant verschillend van de meting ($P > 0.05$).

Tabel 3.12 Gemeten gemiddelde N- en P₂O₅-opbrengst van grasland (kg/ha) per bedrijf (periode 2006-2015), de afwijking ('voorspelling minus meting') van de voorspelling (absoluut en procentueel) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Bedrijf	jaren	N					P				
		gem	afwijking		SD ¹	P-waarde ²	gem	afwijking		SD ¹	P-waarde ²
			abs	%				abs	%		
1	6	369	25.3	6.9	6.1	0.009	149	4.6	3.1	6.1	0.123
3	6	323	5.6	1.7	17.8	0.767	101	-0.8	-0.8	15.4	0.904
4	10	322	-1.1	-0.3	4.3	0.798	119	-2.3	-1.9	2.9	0.035
6	6	297	-13.1	-4.4	4.8	0.041	90	-7.4	-8.2	3.0	0.002
7	9	205	18.5	9.0	7.9	0.047	103	1.3	1.3	9.3	0.679
8	6	288	-6.5	-2.3	7.8	0.442	106	-4.2	-4.0	7.7	0.236
9	10	258	-8.2	-3.2	3.9	0.064	90	-6.0	-6.7	5.7	0.009
10	10	198	-3.8	-1.9	5.9	0.536	71	0.8	1.1	7.0	0.713
11	9	278	-7.9	-2.8	6.6	0.266	93	-6.2	-6.7	5.9	0.014
12	4	261	6.5	2.5	17.6	0.736	85	4.2	4.9	8.3	0.385
13	9	233	4.5	1.9	5.7	0.450	80	-2.2	-2.8	4.8	0.202
14	10	304	17.2	5.7	3.9	0.002	107	2.0	1.9	4.7	0.202
15	10	305	-11.5	-3.8	5.1	0.052	116	-4.2	-3.6	5.1	0.028
17	10	215	7.1	3.3	3.7	0.089	82	-1.2	-1.5	4.2	0.389
18	7	280	7.9	2.8	5.1	0.174	97	-5.3	-5.5	5.8	0.052
19	10	307	4.5	1.5	7.4	0.561	99	-6.2	-6.3	5.3	0.005
Gem		278	2.8	1.0			99	-2.1	-2.2		

¹ SD is de standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

² P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

In Tabel 3.13 is per bedrijf de gemeten gemiddelde N- en P₂O₅-opbrengst van maïsland weergegeven, alsmede de afwijking van de (op de KringloopWijzer gebaseerde) voorspelling van die opbrengsten. De gemiddelde N-opbrengst van maïsland varieert tussen 151 en 224 kg/ha. De mate waarin de voorspelde N-opbrengst van maïsland afwijkt van de gemeten opbrengst varieert tussen een overschatting van 2 tot 16 kg/ha. Procentueel varieert de afwijking tussen meting en voorspelling tussen 1.1 en 9.2% (overschatting door de KringloopWijzer). Op 13 van de 14 bedrijven (93%) is de voorspelling niet significant verschillend van de meting (P>0.05).

De gemiddelde P₂O₅-opbrengst van maïsland varieert tussen 64 en 96 kg/ha. De mate waarin de voorspelde P₂O₅-opbrengst van maïsland afwijkt van de gemeten opbrengst varieert tussen een overschatting van 6 en een onderschatting van 1 kg/ha. Procentueel varieert de afwijking tussen meting en voorspelling tussen 8.5% (overschatting door de KringloopWijzer) en -1.7% (onderschatting door de KringloopWijzer). Op alle 14 bedrijven waar maïs geteeld werd (100%), is de voorspelling niet significant verschillend van de meting (P>0.05).

Tabel 3.13 Gemeten gemiddelde N- en P₂O₅-opbrengst van maisland (kg/ha) per bedrijf (periode 2006-2015), de afwijking ('voorspelling minus meting') van de voorspelling (absoluut en procentueel) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Bedrijf	jaren	N					P				
		gem	afwijking		SD ¹	P-waarde ²	gem	afwijking		SD ¹	P-waarde ²
			abs	%				abs	%		
1	6	171	1.9	1.1	3.2	0.571	85	0.3	0.4	3.8	0.861
3	4	189	2.3	1.2	11.5	0.857	75	2.5	3.3	12.1	0.706
4	8	224	2.8	1.3	9.0	0.767	96	1.9	2.0	10.0	0.611
6											
7	9	171	9.1	5.3	6.8	0.220	68	2.4	3.5	6.6	0.308
8	6	193	8.2	4.2	0.4	0.504	72	4.2	5.8	9.3	0.314
9	9	196	15.0	7.7	10.1	0.173	74	6.3	8.5	12.8	0.156
10	10	195	12.1	6.2	7.8	0.155	83	4.9	5.9	8.0	0.082
11	9	189	10.6	5.6	9.0	0.269	75	2.4	3.2	9.6	0.476
12	4	151	2.1	1.4	2.6	0.476	64	-1.1	-1.7	1.7	0.271
13	9	177	16.3	9.2	4.7	0.009	64	3.1	4.8	6.4	0.189
14	10	190	6.0	3.2	8.1	0.482	81	3.8	4.7	13.1	0.378
15	5	186	6.9	3.7	8.8	0.476	78	5.6	7.2	7.6	0.177
17											
18	3	191	11.0	5.8	7.4	0.276	78	0.7	0.9	7.6	0.893
19	10	175	3.9	2.2	5.7	0.514	70	3.1	4.4	7.2	0.202
Gem		186	7.7	4.1			76	2.9	3.8		

¹ SD is de standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

² P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

3.4 Geldigheidsdomein van de KringloopWijzer

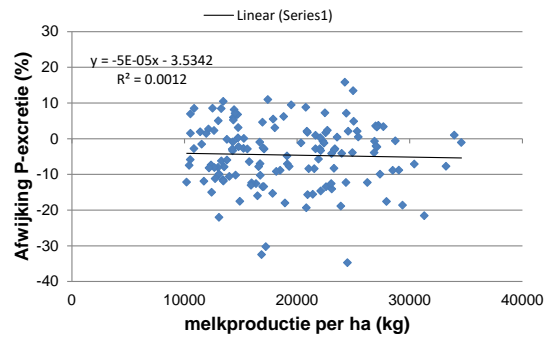
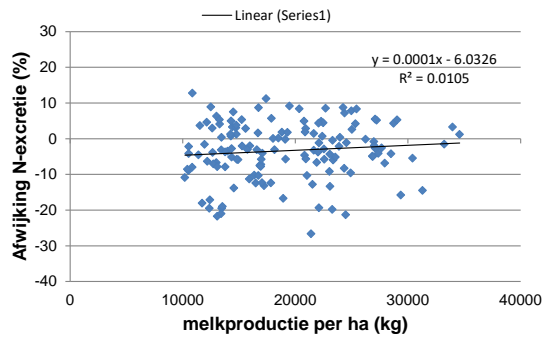
Het geldigheidsdomein van de KringloopWijzer is onderzocht door na te gaan of de mate waarin de voorspelde excretie of opbrengst volgens de KringloopWijzer afwijkt van de meting ('Meetweken' en 'metingen' aan gewasopbrengsten), verband houdt met bepaalde bedrijfskenmerken. De onderzochte bedrijfskenmerken zijn:

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

De nulhypothese is dat de mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting, niet afhankelijk is van het desbetreffende bedrijfskenmerk. De resultaten met betrekking tot de N- en P-excretie zijn beschreven in paragraaf 3.4.1 en die met betrekking tot de gewasopbrengst in paragraaf 3.4.2.

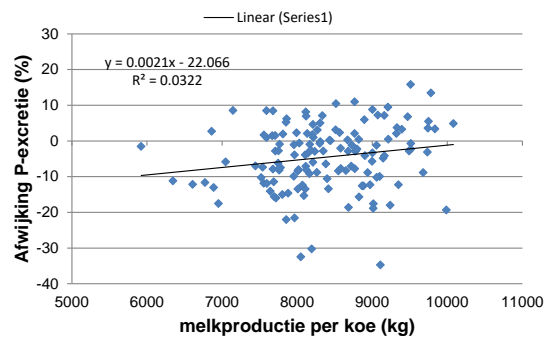
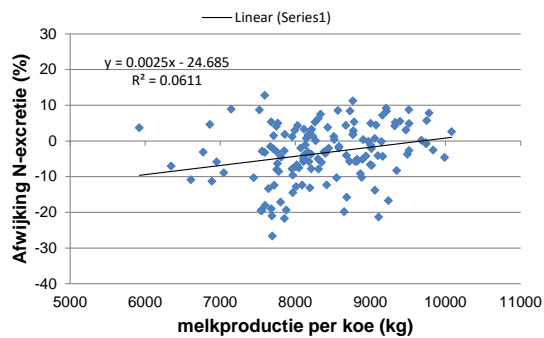
3.4.1 N- en P- excretie

De melkproductie per ha heeft geen significant effect op de mate waarin de voorspelde N-excretie (P=0.260) en P-excretie (P=0.709) afwijken van de gemeten excreties (Figuur 3.9). In het traject van melkproductie per ha tussen 10.000 en 35.000 is er geen structureel verschil in afwijking tussen de gemeten en de voorspelde N- en P-excretie.

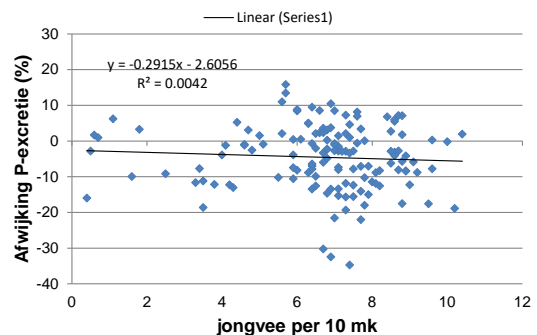
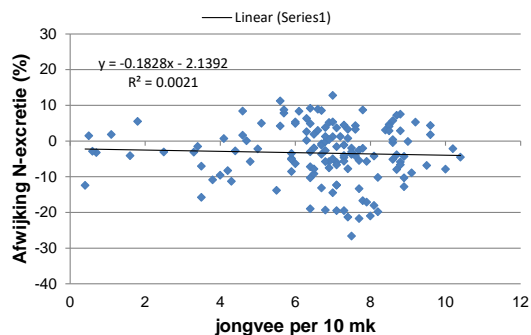


Figuur 3.9 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en de melkproductie per ha (kg).

De melkproductie per koe is wel van invloed op de mate waarin de voorspelde excretie afwijkt van de gemeten excretie. Het verband tussen de afwijking in N- en P-excretie en melkproductie per koe is met name voor N significant ($P=0.004$) maar ook, zij het iets minder, voor P ($P=0.019$) (Figuur 3.10). In het traject van de melkproductie per koe tussen 6.000 en 10.000 kg, wordt de voorspelde N-excretie bij lage melkproducties per koe onderschat (grafisch: de voorspelling geeft lagere waarden dan de meting, dat wil zeggen negatieve waarden). De afwijking tussen de voorspelde en gemeten N-excretie neemt, gaande van 6.000 naar 10.000 liter per koe, met 10 procentpunten toe. Voor wat betreft de P-excretie is geldt eveneens dat de voorspelde excretie bij een melkproductie per koe van 6.000 liter ongeveer 10 procentpunten lager is dan de gemeten productie en voorspelling en meting pas samenvallen bij een productie van 10.000 liter

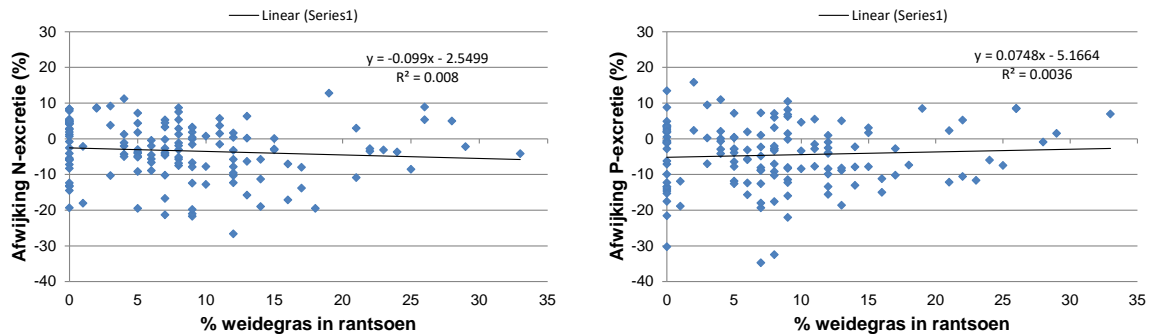


Figuur 3.10 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en de melkproductie per koe (kg).



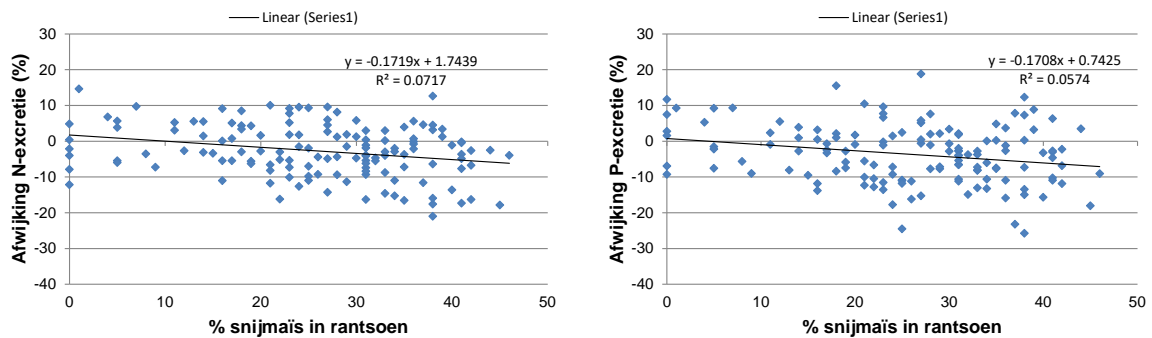
Figuur 3.11 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien (MK).

Het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien (MK) heeft geen significant effect op de mate waarin N-excretie ($P=0.646$) of P-excretie ($P=0.450$) volgens de voorspelling afwijkt van de meting (Figuur 3.11). In het traject van het aantal stuks jongvee per 10 MK tussen 0.5 en 10 is er geen structureel verschil in afwijking van de gemeten en voorspelde N- en P-excretie.



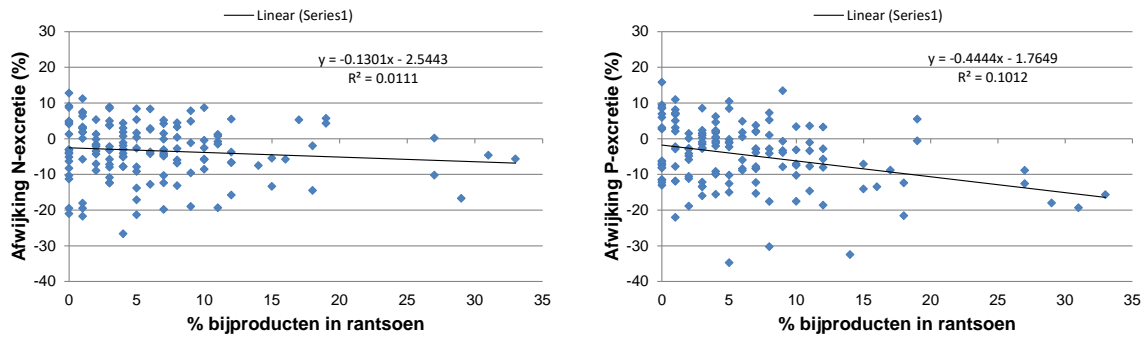
Figuur 3.12 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en het percentage weidegrasopname in het rantsoen.

Het aandeel weidegras in het rantsoen heeft evenmin een significant effect op de mate waarin de N-excretie ($P=0.282$) of P-excretie ($P=0.552$) volgens de voorspelling afwijkt van de meting (Figuur 3.12). In het traject weidegrasopname tussen 0 en 30 procent, is er geen structureel verschil in afwijking tussen de gemeten en voorspelde N- en P-excretie.



Figuur 3.13 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en gemeten N- en P-excretie en het percentage snijmaïsoopname in het rantsoen.

Het aandeel snijmaïs in het rantsoen heeft wel een significant effect op de mate waarin de N-excretie ($P=0.002$) of P-excretie ($P=0.005$) volgens de voorspelling afwijkt van de meting (Figuur 3.13). Bij snijmaïsaandelen van 20% onderschat de voorspelling de N- en P-excretie met, respectievelijk, 2% en 3%. Bij snijmaïsaandelen van 40% loopt de onderschatting op tot, respectievelijk, 5% en 6%.



Figuur 3.14 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.

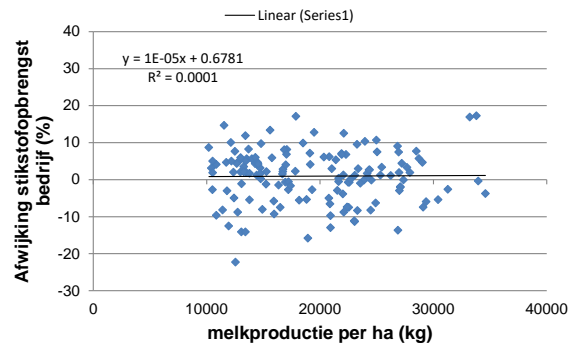
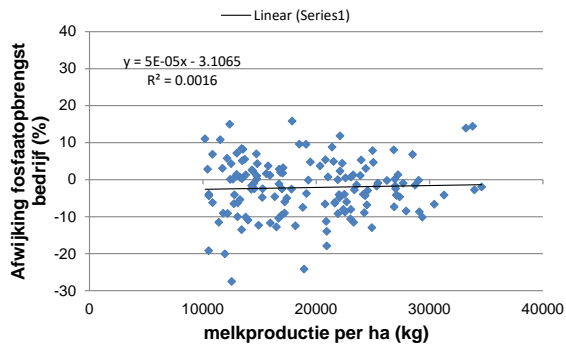
Het aandeel bijproducten in het rantsoen heeft geen significant ($P=0.167$) effect op de mate waarin de N-excretie volgens de voorspelling afwijkt van de meting. De mate waarin de voorspelde P-excretie afwijkt van de gemeten excretie is wel ($P<0.001$) positief gerelateerd aan het aandeel bijproducten in het rantsoen (Figuur 3.14). Hoe hoger het aandeel bijproducten in het rantsoen (traject 0-30 procent), des te sterker de onderschatting van de P-excretie. Voor de N-excretie is er geen structureel verschil in afwijking tussen de gemeten en voorspelde waarde. Kanttekening is dat bovengenoemde constatering vooral gebaseerd is op het resultaat van 5 waarnemingen met een aandeel opname bijproducten hoger dan 20% (zie Figuur 3.13). De voorspelling onderschat de gemeten P-excretie met 2% tot 15%, gaande van 0 naar 30% bijproducten. Het resultaat verandert niet zonder de 5 waarnemingen met een aandeel opname bijproducten hoger dan 20%. Ook dan heeft het aandeel bijproducten geen significant ($P=0.468$) effect op de mate van afwijking van de N-excretie, maar wel op de P-excretie ($P=0.008$).

In het voorgaande (paragraaf 3.4.1) is per bedrijfskenmerk onderzocht in hoeverre de voorspellingen afwijken van de metingen onderzocht. In aanvulling hierop is ook een analyse uitgevoerd waarin alle bedrijfskenmerken gezamenlijk zijn onderzocht volgens een procedure waarbij variabelen geselecteerd zijn (selectie van variabelen procedure (RSEARCH)). Dit geeft hetzelfde resultaat als bij de hiervoor beschreven individuele analyses. Er is hierbij geen jaareffect gevonden op de afwijking tussen voorspelling en meting.

3.4.2 Gewasopbrengst

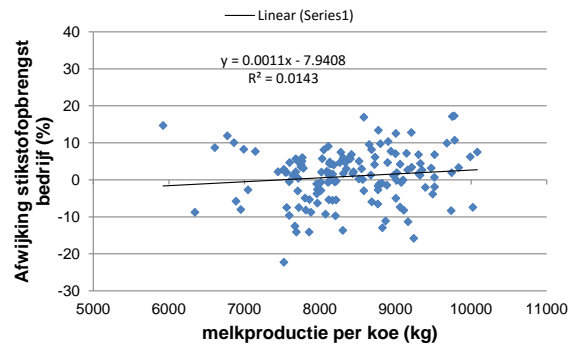
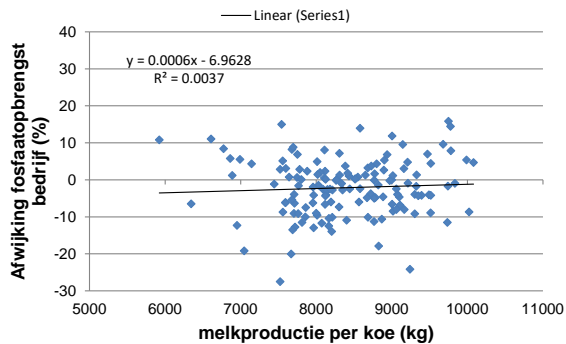
Voor wat betreft een analyse van het geldigheidsdomein van voorspelde gewasopbrengsten, beperkt dit rapport zich tot de P_2O_5 - en N-opbrengst van gras en maïs tezamen.

De intensiteit van het bedrijf ('melkproductie per ha') heeft geen significant effect op de mate waarin de voorspelde gezamenlijke N-opbrengst ($P=0.874$) of P_2O_5 -opbrengst ($P=0.743$) van gras en maïs afwijken van de gemeten opbrengst (Figuur 3.15). In het traject van melkproductie tussen 10.000 en 35.000 liter per ha, is er geen structureel verschil in afwijking van de gemeten en voorspelde P_2O_5 - en N-opbrengst van het bedrijf.



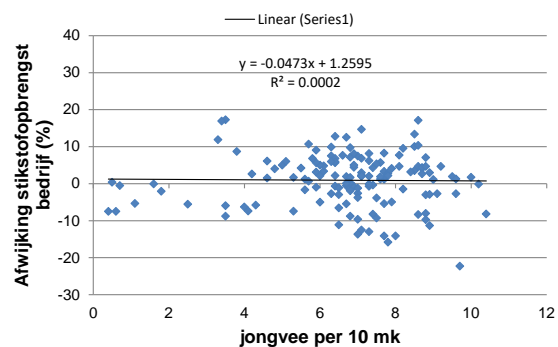
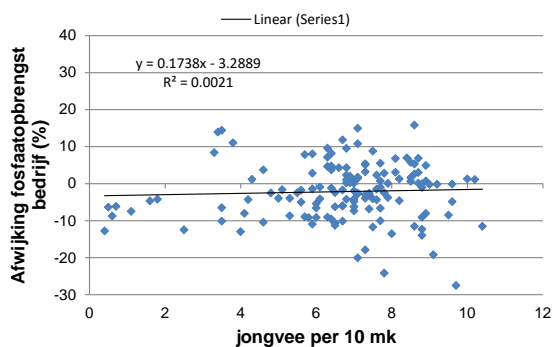
Figuur 3.15 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en 'gemeten' P_2O_5 - en N-opbrengst van het bedrijf en de melkproductie per ha.

Ook de melkproductie per koe heeft hierop geen significant effect (Figuur 3.16). In het traject van melkproductie tussen 6.000 en 10.000 liter per koe is er geen structureel verschil in afwijking van de gemeten en voorspelde P_2O_5 -opbrengst ($P=0.533$) en N-opbrengst ($P=0.159$) van gras en maïs tezamen.



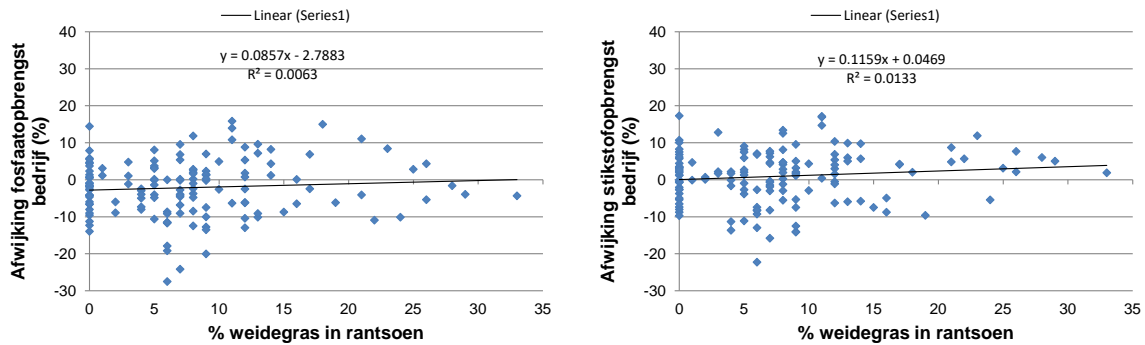
Figuur 3.16 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en 'gemeten' P_2O_5 - en N-opbrengst van het bedrijf en de melkproductie per koe.

Het aantal stuks jongvee per melkkoe heeft evenmin een significant effect op de mate waarin de voorspelde gewasopbrengst van gras en maïs tezamen, afwijkt van de gemeten opbrengst (Figuur 3.17). In het traject het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien (MK) tussen 0.5 en 10 per MK is er geen structureel verschil in afwijking van de gemeten en voorspelde P_2O_5 -opbrengst ($P=0.569$) en N-opbrengst ($P=0.894$) van het bedrijf.

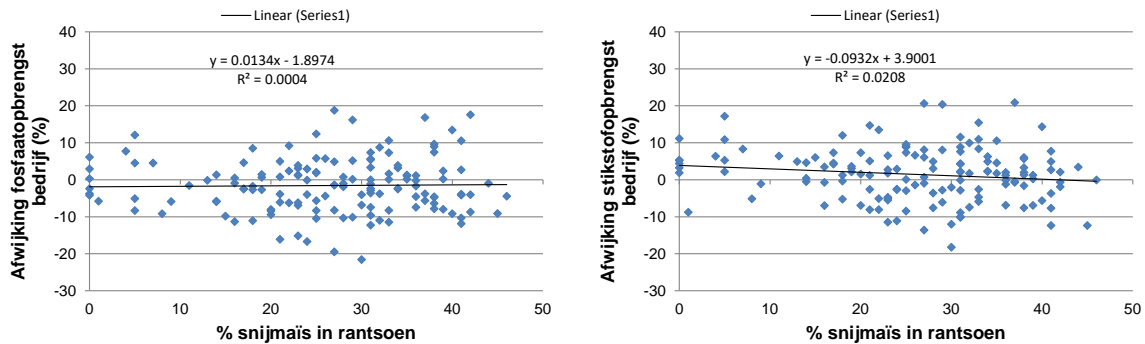


Figuur 3.17 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en 'gemeten' P_2O_5 - en N-opbrengst van het bedrijf en het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien (MK).

Ook het percentage weidegras in het rantsoen heeft geen significant effect op de mate waarin de voorspelde N- of P_2O_5 -opbrengst afwijkt van de meting (Figuur 3.18). Bij grasopnames via beweiding tussen 0 en 30 procent, is er geen structureel verschil in afwijking van de gemeten en voorspelde P_2O_5 -opbrengst ($P=0.294$) en N-opbrengst ($P=0.168$) van het bedrijf.

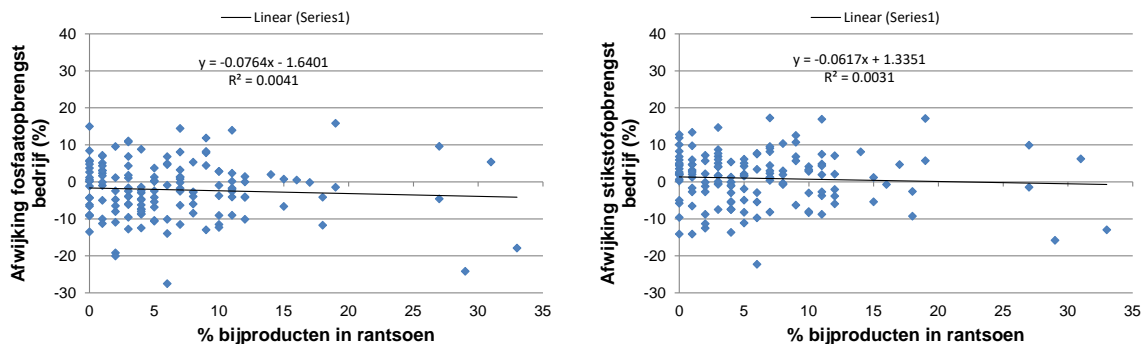


Figuur 3.18 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en 'gemeten' P_2O_5 - en N-opbrengst van het bedrijf en het percentage weidegrasopname in het rantsoen.



Figuur 3.19 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en 'gemeten' P_2O_5 - en N-opbrengst van het bedrijf en het percentage snijmaïsoopname in het rantsoen.

Het percentage snijmaïs in het rantsoen heeft evenmin een significant effect op de mate waarin de voorspelde N- en P_2O_5 -opbrengsten afwijken van de gemeten opbrengsten (Figuur 3.19). Bij snijmaïsoptnames tussen 0 en 45 procent, is er geen structureel verschil in afwijking van de gemeten en voorspelde P_2O_5 -opbrengst ($P=0.809$) en N-opbrengst ($P=0.087$) van het bedrijf.



Figuur 3.20 Het verband tussen de afwijking ('voorspelling – meting') van de voorspelde en 'gemeten' P_2O_5 - en N-opbrengst van het bedrijf en het percentage opname van bijproducten in het rantsoen.

Het percentage bijproducten in het rantsoen is niet significant van invloed op de mate waarin de voorspelde gezamenlijke N-opbrengst ($P=0.629$) of P_2O_5 -opbrengst ($P=0.606$) van gras en maïs afwijkt van de gemeten opbrengst (Figuur 3.20). In het traject van het percentage bijproducten in het rantsoen tussen 0 en 30 procent, is er geen structureel verschil in afwijking van de gemeten en voorspelde P_2O_5 - en N-opbrengst van het bedrijf.

4 Discussie

4.1 Inleiding

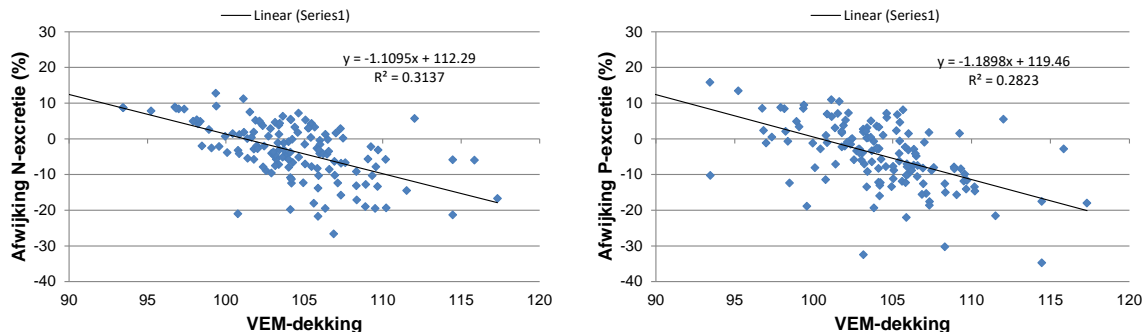
In dit rapport wordt verslag gedaan van onderzoek naar de mate waarin het model KringloopWijzer een correcte voorspelling geeft van de N- en P-excretie van melkvee en de N- en P-opname van de ruwvoedergewassen gras en snijmaïs. In de volgende paragrafen wordt allereerst besproken of, waar en waarom dit al dan niet het geval is (paragraaf 4.2), in hoeverre de uitkomsten geldig zijn voor alle denkbare type melkveebedrijven (paragraaf 4.3), en welke verbeterpunten er mogelijk zijn (paragraaf 4.4). Voorafgaand aan die besprekingen dient nog wel het volgende te worden opgemerkt. 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 afgevalen of gecorrigeerd om ze in overeenstemming te brengen met andere gegevens van het desbetreffende bedrijf. Dat proces heeft tot op zekere hoogte een arbitrair karakter. 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. 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 (Schröder et al., 2016) en noch op voorhand, noch nadien aangepast op basis van gegroeide inzichten. Ook die keuze heeft een enigszins arbitrair karakter. Al werkende met de KringloopWijzer hebben zich in de afgelopen jaren namelijk al wel de contouren afgetekend van verbeterpunten.

4.2 Overeenkomsten en afwijkingen tussen voorspellingen en metingen

Gemiddeld over de gehele populatie van K&K bedrijven (periode 2006-2015) onderschat de KringloopWijzer de N- en P-excretie met, respectievelijk, 3% en 4%. De resultaten uit paragraaf 3.4 laten zien dat de verschillen tussen voorspelling en meting niet veroorzaakt worden door bedrijfskenmerken zoals intensiteit, aantal stuks jongvee en beweiding. Ook het aandeel bijproducten heeft, althans wat betreft de N-excretie, geen invloed. Wel blijkt de onderschatting van de N- en P-excretie groter bij relatief lage melkproducties per koe (Figuur 3.10) en bij relatief hoge snijmaïsoptnames in het rantsoen (Figuur 3.13), en de onderschatting van de P-excretie groter bij een hoog aandeel bijproducten in het rantsoen (Figuur 3.14). Dat de voorspelling gemiddeld onderschat, kan in theorie een gevolg zijn van het feit dat op jaarbasis toch iets armer voer gebruikt is dan in de meetweken. Dit is niet waarschijnlijk. Wel is denkbaar dat partijanalyse op basis van NIRS bij bepaalde rantsoencomponenten een onderschatting geeft van de nat-chemisch bepaalde N- en P-gehalten in de meetweken. Ook kunnen onderschattingen van de excretie een gevolg zijn van een onderschatte voeropname of overschatting van de vastlegging in melk en vlees (P-gehalte van melk en vastlegging in vlees zijn forfaitair ingesteld; Anonymus, 2015). Een gevoelige parameter in het model is namelijk de zogenaamde VEM-dekking van de veestapel. Die heeft in het model KringloopWijzer, in navolging van de Handreiking (Anonymus, 2015) een vaste waarde van 102% gekregen (Tamminga et al., 2004). Naast de VEM-dekking is er nog een aantal parameters die een vaste waarde hebben voor het voorspellen van de voeropname, zoals lengte van de lactatieperiode, lengte van droogstand, gewicht melkkoeien (per categorie), tussenkaltijd, etc. (Schröder et al., 2016). Dat betekent dat bij aanpassing van modellen ten behoeve van een betere voorspelling van de voeropname, niet volstaan kan worden met een wijziging van de parameter 'VEM-dekking'. Voor wat betreft de gemeten VEM-dekking zijn uit de meetweken gegevens beschikbaar voor lacterende koeien en droogstaande koeien (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 VEM-dekking (%) van melkgevende en droogstaande koeien gemeten op K&K bedrijven in de periode 2006-2015 (n=138).

	Melkgevende koe	Droogstaande koe	Gemiddeld
Gem	103	124	104
Min	92	97	93
Max	119	161	117
SD	4.5	9.2	4.1

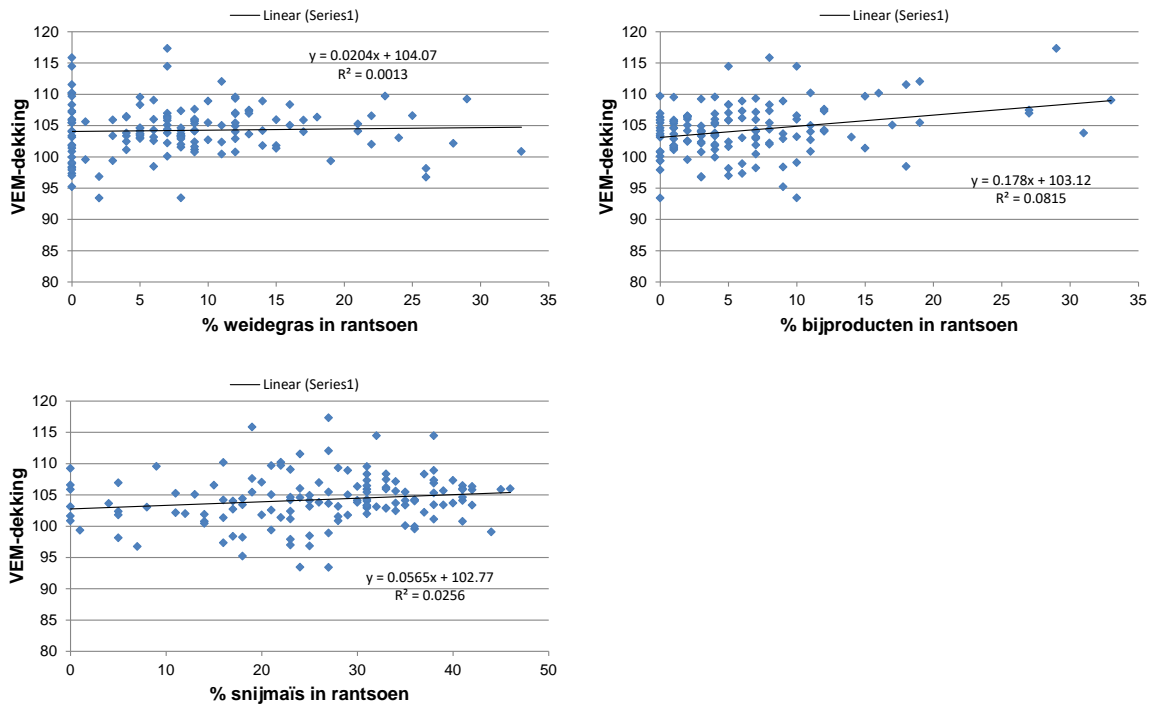


Figuur 4.1 Het verband tussen de afwijking van de gemeten en voorspelde N- en P-excretie en de gemeten VEM-dekking bij koeien (melkgevend + droogstaand).

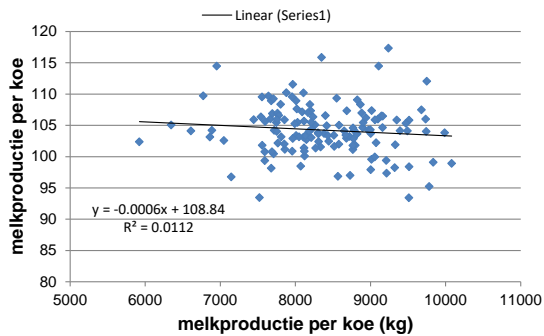
Gemiddeld bedroeg de gemeten VEM-dekking van koeien (melkgevend + droogstaand) 104% met een standaardafwijking van 4. De VEM-dekking varieert in 95% van de waarnemingen daarom tussen circa 96% en 112%. Opvallend is de hoge VEM-dekking van droogstaande koeien. Blijkbaar worden droogstaande koeien rijkelijk gevoerd. De onderschatte VEM-dekking kan daarmee een oorzaak zijn van het feit dat de gemeten N- en P-excretie gemiddeld groter is dan de voorspelde, ofwel dat de KringloopWijzer excreties enigszins onderschat (Tabel 3.9). Dat een VEM-dekking die afwijkt van aangenomen VEM-dekking in het excretie-model (lees: KringloopWijzer) vanzelfsprekend leidt tot een afwijkende excretie, komt tot uiting in Figuur 4.1. Deze relaties geven aan dat de overschatting van N-excretie nihil is bij een VEM-dekking van een kleine 102% (101.6%) en oploopt tot bijna 5 procent bij een VEM-dekking van 106%. De overschatting van de P-excretie is blijkens de getoonde relaties nihil bij een VEM-dekking van 101% (100.9%) en loopt op tot meer dan 5% bij een VEM-dekking van 106%. Figuur 4.1 laat evenwel ook een ander beeld zien, namelijk de grote variatie in afwijking. Bij een gemeten VEM-dekking rond 105% worden afwijkingen tussen de voorspelde en de gemeten N- en P-excretie waargenomen tussen 10% en -20%. Dat betekent dat de afwijking tussen meting en voorspelling maar voor een deel wordt bepaald door de VEM-dekking.

Vanuit dat perspectief is onderzocht of de VEM-dekking verband houdt met bedrijfskenmerken zoals beweiding, het gebruik van bijproducten, het gebruik van snijmaïs (Figuur 4.2) en de melkproductie per koe (Figuur 4.3). Alleen het verband tussen de VEM-dekking en het aandeel bijproducten in het rantsoen is significant ($P < 0.001$). De VEM-dekking neemt gemiddeld toe indien het rantsoen meer bijproducten bevat.

Overigens moet worden opgemerkt dat de aangetroffen gemiddelde onderschatting van de voorspelde P-excretie niet veroorzaakt is geweest doordat bij de schatting is uitgegaan van een forfaitair P-gehalte in melk en in de meetweken niet. Ook in de meetweken is namelijk uitgegaan van dit forfait. Voor wat betreft de N- en P-opbrengsten van gras en snijmaïs tezamen (op het niveau van het bedrijf als geheel) onderschat het model KringloopWijzer de P_2O_5 -opbrengst met 1% en overschat het model de N-opbrengst met 1%. Afgezien van afwijkingen binnen de twee afzonderlijke gewassen (zie paragraaf 3.3), is de voorspelling redelijk. Echter, 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. Dit zou de hierboven vermelde mate van overeenstemming tussen voorspelde en gemeten N- en P_2O_5 -opbrengsten van gewassen weer enigszins teniet doen. Dan, immers, zouden in ieder geval de gemeten N-opbrengsten nog sterker achterblijven bij de voorspelde N-opbrengsten.



Figuur 4.2 Het verband tussen het percentage weidegrasopname in het rantsoen (links boven), het percentage opname van bijproducten in het rantsoen (rechtsboven) en het percentage snijmaïsoopname in het rantsoen (links onder) en de VEM-dekking.



Figuur 4.3 Het verband tussen de melkproductie per koe en de VEM-dekking.

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, ongeacht of die gebaseerd wordt op metingen of op een voorspelling (zoals bijvoorbeeld via de KringloopWijzer), kan zowel landbouwkundig als milieukundig meer recht gedaan worden aan bedrijfsspecifieke omstandigheden. Het milieukundige voordeel vervalt vanzelfsprekend als ondernemers de vrije keuze zou worden gelaten tussen metingen of voorspelling naar gelang het hen het beste uitkomt.

Vanuit een beleidsmatig en ook praktisch oogpunt kan verlangd worden dat de voorspellingen die met de KringloopWijzer gemaakt worden op zijn minst een verbetering zijn ten opzichte van de forfaits. Immers, ook die forfaits (RVO, 2016) zijn in zekere zin voorspellingen, die een alternatief voor de voorspellingen door de KringloopWijzer vormen. Daartoe is in Tabel 4.2 en Figuur 4.4 een vergelijking opgenomen tussen de gemeten excreties ('Meetweek') en de RVO-forfaits ('Forfaitair'), vergelijkbaar met de eerdere

vergelijking tussen gemeten excreties en de KringloopWijzer-schatting (Tabel 3.9, Figuur 3.5). De RVO-tabellen voor jongvee-excreties en melkvee, de laatstgenoemde met differentiatie voor de melkproducties per koe en ureumgehalten in melk, zijn daartoe toegepast op de circa 140 bedrijfsjaren. Uit Tabel 4.2 blijkt dat de RVO-forfaits de gemeten N-jaarlijkse excreties gemiddeld met 9 kg N per aangeklede koe overschatten, zoals de K LW-voorspelling de gemeten N-excreties met gemiddeld 5 kg N onderschatten. De RVO-forfaits overschatten de gemeten P-excreties met gemiddeld 1 kg P per aangeklede koe, zoals de K LW-voorspelling de gemeten P-excretie met 1 kg P onderschat. In Figuur 4.4 is met onderbroken lijnen het gebied aangegeven waarbinnen de forfaitaire voorspelling van de excretie van afzonderlijke bedrijfsjaren minder dan $\pm 10\%$ afwijken van de meting, vergelijkbaar met de wijze van presenteren van afwijking tussen meting en voorspelling op basis van de KringloopWijzer (Figuur 3.5). In het geval van de KringloopWijzer viel voor wat betreft de N-excretie 18% van de bedrijfsjaren buiten het gebied waarin de afwijking groter dan 10% is en voor wat betreft de P-excretie was dat 28%. Bij vergelijking van gemeten en forfaitaire excreties (Figuur 4.4) zijn de overeenkomstige cijfers twee keer zo hoog, te weten 37% en 52% bij, respectievelijk, de N-excretie en de P-excretie. In aanvulling op deze arbitraire grens van voorspelling $\pm 10\%$ is ook nagegaan hoeveel procent van de voorspellingen buiten de bandbreedte van de voorspelling $\pm 5\%$ of de voorspelling $\pm 20\%$ liggen. Tabel 4.3 geeft hiervan een overzicht voor zowel de N- als de P-excretie.

Tabel 4.2 Forfaitaire excreties volgens RVO ('Forfaitair') en gemeten excreties ('Meetweek') (in kg N en P per aangeklede koe per jaar) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015, de correlatie tussen forfaitaire en gemeten waarden (Corr.), de afwijking ('Forfaits minus Meetweek') van de forfaits (absoluut en procentueel) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

	n	Forfaitair		Meetweek		Corr.	Afwijking		T-toets	
		Gem	SD ¹	Gem	SD ¹		Abs	%	SD ²	P-waarde ³
N-excretie	138	166.6	14.3	157.9	13.7	0.60	8.7	6	13.0	<0.001
P-excretie	138	22.9	2.0	21.9	3.0	0.80	1.0	4	2.9	<0.001

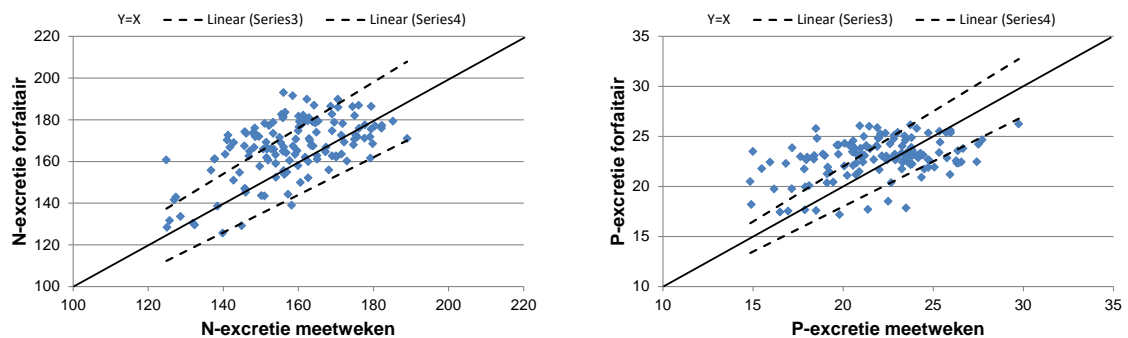
¹ Standaardafwijking van alle waarnemingen.

² Standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

³ P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

Tabel 4.3 Percentage van de waargenomen N- en P-excreties per aangeklede 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	62	37	4	52	18	1
P-excretie	70	52	17	60	28	2



Figuur 4.4 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 1:1 lijn weer en de onderbroken lijnen het bereik van 10% afwijking.

Tabel 4.4 Gemeten gemiddelde N- en P-excretie (kg/aangeklede koe/jaar) per bedrijf (periode 2006-2015), de afwijking ('forfaitair minus meting') met de forfaitaire waardes (absoluut en procentueel) en de statistische toets (gepaarde t-toets) op de significantie van deze afwijking.

Bedrijf	jaren	N					P				
		gem	afwijking		SD ¹	P-waarde ²	gem	afwijking		SD ¹	P-waarde ²
			abs	%				abs	%		
1	6	150	24.9	16.6	4.2	<0.001	22.5	1.4	6.2	1.5	0.065
3	6	167	11.9	7.1	14.6	0.102	22.3	2.5	11.2	2.0	0.027
4	10	163	2.8	1.7	7.4	0.268	24.8	-1.9	-7.7	1.8	0.008
6	6	134	-1.1	-0.8	7.3	0.74	17.1	1.0	5.8	1.5	0.185
7	7	148	16.6	11.2	7.1	<0.001	18.5	4.5	24.3	1.9	<0.001
8	6	159	21.2	13.3	14.4	0.015	21.8	2.8	12.8	3.0	0.076
9	9	166	1.4	0.8	9.7	0.683	22.5	0.3	1.3	1.1	0.463
10	10	156	12.4	7.9	14.1	0.021	22.8	0.6	2.6	2.6	0.464
11	7	162	10.8	6.7	5.3	0.002	22.1	1.9	8.6	2.2	0.06
12	4	142	-7.8	-5.5	11.2	0.258	21.8	-4.0	-18.3	1.3	0.008
13	10	154	17.2	11.2	10.6	<0.001	20.2	3.1	15.3	1.6	<0.001
14	10	172	6.3	3.7	11.3	0.11	23.9	0.4	1.7	1.9	0.497
15	10	162	15.4	9.5	7.2	<0.001	24.7	-0.5	-2.0	1.4	0.339
17	10	167	-5.1	-3.1	10.8	0.169	25.0	-2.8	-11.2	1.4	<0.001
18	10	159	-2.1	-1.3	7.1	0.385	20.9	1.0	4.8	1.0	0.012
19	8	144	25.0	17.4	4.0	<0.001	17.2	5.6	32.6	1.5	<0.001
Gem		157	9.4	6.0			21.8	1.0	5.5		

¹ SD is de standaardafwijking van de absolute mate waarin de voorspelling afwijkt van de meting.

² P-waarde is een maat voor significantie. Een P-waarde <0.05 betekent in dit geval dat de voorspelling significant afwijkt van de meting.

Gelijk aan Tabel 3.10, is in Tabel 4.4 per bedrijf de gemeten gemiddelde N- en P-excretie van een aangeklede koe (een melkkoe, inclusief droogstand, inclusief het bedrijfsspecifieke bijbehorende jongvee) weergegeven, alsmede de afwijking van de forfaitaire waardes van die excreties. De mate waarin de forfaitaire N-excretie afwijkt van de gemeten excretie varieert tussen een overschatting van 25 en een onderschatting van 8 kg per aangeklede koe. Procentueel varieert de afwijking tussen meting en voorspelling (forfaitair) tussen 17.4% (overschatting door forfaitair) en -5.5% (onderschatting door forfaitair). De variatie in afwijking tussen meting en de KringloopWijzer was kleiner (tussen 5.9 en -9.0%; Tabel 3.10). Op 8 van de 16 bedrijven (50%) is de forfaitaire voorspelling niet significant verschillend van de meting ($P > 0.05$).

De mate waarin de forfaitaire P-excretie afwijkt van de gemeten excretie varieert tussen een overschatting van 6 en een onderschatting van 4 kg per aangeklede koe. Procentueel varieert de afwijking tussen meting en voorspelling tussen 32.6% (overschatting door forfaitair) en -18.3% (onderschatting door forfaitair). De variatie in afwijking tussen meting en de KringloopWijzer was kleiner (tussen 10.7 en -4.0%; Tabel 3.10). Op 8 van de 16 bedrijven (50%) is de voorspelling niet significant verschillend van de meting ($P > 0.05$). Uit bovenstaande analyse blijkt dat de KringloopWijzer een betere bedrijfsspecifieke voorspeller is voor de N- en P-excreties is dan de RVO-forfaits.

4.3 Representativiteit van Koeien & Kansenbedrijven

De toetsing van de KringloopWijzer op basis van gegevens van K&K bedrijven uit de periode 2006-2015, laat zien dat de voorspelde waardes van voeropnames, N- en P-excretie en de N-en P_2O_5 -opbrengst van grasland en maïslaan redelijk overeenkomen met de metingen. Omdat de afwijkingen tussen meting en voorspelling over een relatief breed traject niet afhankelijk bleken van bedrijfskenmerken zoals intensiteit, het aantal stuks jongvee per melkkoe, en de mate van beweiding (Tabel 4.5), mag aangenomen worden dat het geldigheidsdomein van de KringloopWijzer niet per se alleen betrekking heeft op bedrijven die sterk op K&K bedrijven lijken. Wel is de vraag gerechtvaardigd in hoeverre juist op onbegeleide niet-K&K bedrijven de VEM-dekking, en daarmee de N- en P-excretie, niet nog sterker afwijkt van de aangenomen 102%.

Tabel 4.5 Geldigheidsdomein van de KringloopWijzer op basis van de spreiding van kenmerken van de bedrijven die in de toetsing betrokken zijn.

Bedrijfskenmerk	Bereik
Melkproductie per ha (kg)	10.000 – 35.000
Jongvee per 10 MK	0.5 – 10
% weidegras in rantsoen	0 – 30

Om een beeld te krijgen van het bereik van de Koeien & Kansen-populatie binnen de Nederlandse melkveehouderij zijn in Tabel 4.6 gemiddelden en spreidingen voor enkele bedrijfskenmerken weergegeven. De gemiddelde melkproductie per koe is in K&K hoger dan in Nederland en de range in melkproductie per koe is kleiner. Vooral lage melkproducties per koe zijn niet vertegenwoordigd in de K&K-populatie (ca. 10% van de Nederlandse populatie). Ook de gemiddelde melkproductie per ha is in K&K hoger dan in Nederland, maar de range is vergelijkbaar (ca. 8.000 kg per ha tussen het 10 en 90 percentiel). Bedrijven met minder dan 10.000 kg melk per ha (ca. 20%) zijn niet vertegenwoordigd in de K&K -populatie. Voor het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien zijn alleen bedrijven met meer dan 10 stuks niet vertegenwoordigd (ca. 10% van de Nederlandse populatie). K&K vertegenwoordigt het gehele bereik in het aandeel grasland van bedrijven. De sterke mate van specialisatie van K&K - populatie (dat wil zeggen: de focus op melkvee) komt ook goed overeen met de focus die in zijn algemeenheid in de Nederlandse veehouderij heeft plaatsgevonden. Het aandeel vers gras in het rantsoen ligt op K&K-bedrijven 3% lager dan in Nederland als geheel maar het maaipercantage ligt gemiddeld 60 procentpunten hoger. Gemiddeld ligt het aandeel snijmaïs in het rantsoen op K&K-bedrijven gelijk aan dat in Nederland. De spreiding in het rantsoen van de Nederlandse melkveebedrijven is niet bekend met uitzondering van het gebruik van snijmaïs in de regio NW en ZO (respectievelijk 12 en 36%). In K&K heeft 10% van de bedrijven een snijmaïsaandeel in het rantsoen van meer dan 39%.

Tabel 4.6 Karakterisering (gemiddeld, 10, 25, 50, 75 en 90 percentiel) van de melkveehouderij in Nederland¹ (NL; periode 2013-2015) en in Koeien & Kansen (periode 2006-2015).

	Gem.	Perc10	Perc25	Mediaan	Perc75	Perc90
Melkproductie per koe (kg FPCM)						
- NL	8277	6223	7477	8492	9312	10015
- Koeien & Kansen	8850	8027	8352	8786	9361	9867
Melkproductie per ha (kg FPCM)						
- NL	15971	8435	11693	14905	18531	23474
- Koeien & Kansen	20303	13232	15098	19037	24837	28376
Jongvee / 10 melkkoeien						
- NL	7.7	5.0	6.0	7.7	9.0	10.0
- Koeien & Kansen	6.7	4.0	6.0	7.0	7.9	8.8
Aandeel grasland / bedrijf						
- NL	0.86	0.76	0.79	0.85	1.00	1.00
- Koeien & Kansen	0.82	0.71	0.73	0.80	0.88	1.00
Aandeel melkvee / bedrijf²						
- NL	0.98	0.95	0.99	1.00	1.00	1.00
- Koeien & Kansen	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
Aandeel vers gras rantsoen						
- NL ³	11					
- Koeien & Kansen	8	0	3	7	12	17
Aandeel snijmaïs rantsoen						
- NL ⁴	27					
- Koeien & Kansen	26	9	19	28	34	39
Maaipercantage						
- NL ⁵	281					
- Koeien & Kansen	342	222	276	323	400	497

¹ Gebaseerd op gegevens die voorkomen in het bestand met melkproductiegegevens van RVO, die voorkomen in de landbouwtelling met aantal koeien > 0, en bedrijven die getypeerd zijn als melkveebedrijf met het SO-type 4500.

² Berekend op basis van de WUM-mestproductiefactoren graasdieren en staldieren.

³ Gebaseerd op rantsoenen volgens WUM. Geen gegevens beschikbaar over spreiding.

⁴ Gebaseerd op rantsoenen volgens WUM. Geen gegevens beschikbaar over spreiding, wel per regio: gemiddeld 12% in NW en 36% in ZO.

⁵ Berekend uit cijfers van de statonline-tabel: totale gemaaide oppervlakte gedeeld door de oppervlakte grasland. Geen gegevens beschikbaar over spreiding.

Tabel 4.7 Procentuele onderschatting van de excretie bij het 10 en 90 percentiel van melkproductie per koe van Nederlandse melkveehouderijbedrijven die een significant effect blijken te hebben op de mate waarin de voorspelling volgens de KringloopWijzer afwijkt van de metingen op K&K bedrijven.

Factor		Percentiel	
		10%	90%
N-excretie	Melkproductie/koe	9	0
P-excretie	Melkproductie/koe	9	1

Uit de in de rapport gemaakte analyse blijkt de mate waarin de voorspelling de werkelijke excretie onderschat, af te hangen van de melkproductie per koe (N, P), het maïsaandeel in het rantsoen (N,P) en het aandeel bijproducten in het rantsoen (P). Uitgaande van het 10 en 90 percentiel van de melkproductie per koe van de Nederlandse melkveebedrijven onderschat de KringloopWijzer de N-excretie met respectievelijk 9 en 0% en de P-excretie met respectievelijk 9 en 1% (Tabel 4.7). Van het maïsaandeel in het rantsoen zijn van de Nederlandse melkveehouderij geen spreidingen bekend. Maar op basis van de minimale en maximale maïsaandelen in het rantsoen in K&K (0 en 45%; Figuur 3.13) is de onderschatting van de N-excretie respectievelijk 0 en 7% en van de P-excretie respectievelijk 0 en 8%. De KringloopWijzer zal de ook minder een correcte voorspellingen geven op zeer intensieve en (vooral) zeer extensieve bedrijven. Dat soort bedrijven waren slecht vertegenwoordigd of ontbraken geheel in de K&K-populatie waarop de toetsing betrekking had. Dat geldt ook voor bedrijven met een sterk afwijkend gebruik van voedermiddelen (bijvoorbeeld veel natte

bijproducten) of afwijkende koegewichten. Een gevoeligheidsanalyse kan aantonen in hoeverre deze kenmerken van invloed zijn op voorspelde uitkomsten. Een dergelijke analyse maakt echter geen deel uit van het onderhavige project.

Voor een betere onderbouwing van de nauwkeurigheid van de KringloopWijzer voor extensieve bedrijven met veel weidegang is het daarom aan te bevelen om een zoektocht te starten bij projecten en organisaties die metingen van voeropname, bemestingen en gewasopbrengsten hebben uitgevoerd bij extensieve melkveehouders die veel weidegang toepassen. Aan de Werkgroep 'doorontwikkeling KringloopWijzer' is het verzoek gedaan om metingen te zoeken van extensieve melkveebedrijven.

De KringloopWijzer gaat uit van een 'normaal' melkveebedrijf en berekent de excretie van de totale melkveestapel, inclusief het jongvee (om precies te zijn: inclusief het jongvee van melkkoeien en van zoogkoeien, fokstieren jonger dan 2 jaar en vrouwelijk mestvee jonger dan 2 jaar (ouder vrouwelijk mestvee valt in de categorie weide- of zoogkoeien), maar exclusief andere categorieën graasdieren (vleestieren, weide- en zoogkoeien, schapen, paarden, pony's en ezels)). Bij de verschillende diercategorieën wordt gebruik gemaakt van de telling zoals vastgesteld in het Uitvoeringsbesluit en de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Voor zover van toepassing wordt onderscheid gemaakt tussen Jersey vee, overige rassen en kruislingen (Tabel 4.8). Onder een Jersey verstaan we dieren met minimaal 87,5 procent Jersey-bloed. Een kruisling heeft tussen de 50 en 87,5 procent Jersey-bloed. Dat betekent dat de KringloopWijzer rekent met een melkkoegewicht van gemiddeld maximaal 600 kg per dier. Inmiddels is het gemiddelde melkkoegewicht groter dan 600 kg. Als de rekenregels van de KringloopWijzer dienovereenkomstig zouden worden aangepast, wordt een hogere VEM (onderhouds-) behoefte berekend en zou de daaruit af te leiden VEM-dekking (= gevoerde VEM / VEM behoefte) van melkkoeien dalen. Deze wordt dan lager dan hetgeen thans in de meetweken berekend is, te weten 103% voor melkgevende koeien en 104% voor de melkveestapel als geheel (Tabel 4.1).

Tabel 4.8 Gemiddeld gewicht volwassen melkkoe.

	Volwassen gewicht melkkoe (kg)
Jersey	400
Overige rassen	600
Kruisling Jersey / overig ras	500

4.4 Verbeterpunten in de KringloopWijzer

Tijdens het gebruik van de KringloopWijzer in de praktijk, is duidelijk geworden dat berekeningen op een aantal punten nauwkeuriger kunnen worden. Daarom is vooruitlopend op de bevindingen van de hier beschreven toetsing onderzoek gestart naar verbetering van de rekengang van de KringloopWijzer. Dit betreft de volgende aspecten:

- De opname van weidegras door jongvee
- De excretie van N en P bij veel weidegang
- De excretie van N en P bij weidegang op grasland met N en P gehalten die aanmerkelijk lager liggen dan geschat op basis van de gemeten gehalten in het kuilgras (bijvoorbeeld bij uitscharen in beheersgrasland)
- Onderscheiding van meer gewichtsklassen van melkkoeien dan de huidige drie, waaronder ook een klasse en bijbehorende parameters voor melkkoeien zwaarder dan 600 kg

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:

- 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.
 - De gevoeligheid van gehalten in gras- en maïskuilen (VEM, N en P) op de voorspelling van N en P excreties en gewasopbrengsten.
 - De meer gedifferentieerde inschatting van N- en P-gehalten van weidegras.
 - De gevoeligheid van uitkomsten door niet van een forfaitair P-gehalte in melk uit te gaan (97 mg/100 g), maar dit te relateren aan een of meer kenmerken van de melk.
 - Een betere onderbouwing voor de gehanteerde oogst-, beweidings-, inkuil- en voederverliezen, zowel in termen van DS als in termen van N en P.
 - De mogelijkheid om 'instelparameters' (VEM-dekking, gewicht koe, voederverliezen, veldverliezen, etc.) van de KringloopWijzer bedrijfsspecifiek te maken.
 - Een betere onderbouwing van de gehanteerde soortelijke dichtheden van kuilvoer.

5 Conclusies

- De KringloopWijzer blijkt in staat om de variatie in mestproductie en gewasopbrengst van individuele bedrijven over een brede range van bedrijfsomstandigheden redelijk te schatten.
- De KringloopWijzer onderschat de gemeten N-excretie en de P-excretie van Koeien & Kansen-bedrijven gemiddeld met, respectievelijk, met 3 en 4 procent; de oorzaak van de onderschatting is op zijn minst deels gelegen in een onderschatting van de veronderstelde voerbehoefte ('VEM-dekking').
- De N- en P-excretie wordt op respectievelijk 75 en 63 procent van de Koeien & Kansen-bedrijven statistisch gezien goed voorspeld.
- De KringloopWijzer onderschat op Koeien & Kansen-bedrijven K&K bedrijven de P_2O_5 -opbrengst van grasland en maïsland tezamen (d.w.z. op bedrijfsniveau) met 1 procent en overschat de N- en drogestof opbrengsten gemiddeld met, respectievelijk, 1 en 6 procent.
- De KringloopWijzer onderschat de P_2O_5 -opbrengst van grasland van Koeien & Kansen-bedrijven met gemiddeld 2 procent en overschat de N- en drogestof opbrengsten met, respectievelijk, 1 en 6 procent. De P_2O_5 - en N-opbrengst van grasland wordt statistisch gezien met respectievelijk op 75 en 63 procent van de bedrijven goed voorspeld.
- De KringloopWijzer overschat de P_2O_5 -, N- en drogestof opbrengsten van maïsland van Koeien & Kansen-bedrijven met gemiddeld, respectievelijk, 4, 5 en 7 procent. Op alle Koeien & Kansen-bedrijven wordt de P_2O_5 -opbrengst van maïsland statistisch gezien goed voorspeld en de N-opbrengst op 93% procent van de bedrijven.
- De mate waarin de voorspellingen van excretie en gewasopbrengst via de KringloopWijzer afwijken van metingen op individuele Koeien & Kansen-bedrijven, blijkt geen verband te houden met de hoogte van de melkproductie per ha (traject 10.000-35.000 liter per ha), het aantal stuks jongvee per melkkoe (traject 0.5-10 per 10 melkkoeien), en of de beweiding (traject 0-30% weidegrasopname van rantsoen). Voor wat betreft de excretie van N en P was de genoemde afwijking kleiner naarmate de melkproductie per koe toenam (traject 6.000-10.000 liter), naarmate het maïsaandeel kleiner was (traject 40-0% van rantsoen) en naarmate het aandeel bijproducten kleiner was (traject 30-0% van rantsoen).
- Een correcte voorspelling van excreties en opbrengsten met behulp van het model KringloopWijzer is niet alleen afhankelijk van de kwaliteit van de invoergegevens, maar ook van een juiste veronderstelling ten aanzien van de VEM-dekking. Niet uitgesloten kan worden dat VEM-dekking op andere bedrijven dan niet-Koeien & Kansen-bedrijven nog sterker afwijkt van de huidige veronderstelling dan die op Koeien & Kansen-bedrijven.
- Een oordeel over de bruikbaarheid van de KringloopWijzer als schatter voor bedrijfsspecifieke excreties en gewasopbrengsten, kan gebaseerd worden op de hier gerapporteerde afwijkingen ten opzichte van metingen, maar ook op de mate waarin deze schatters een betere schatting van de landbouwkundige en milieukundige werkelijkheid geven dan forfaits. Zo blijkt een voorspelling van de mestproductie op individuele bedrijven met de KringloopWijzer minder af te wijken van de gemeten mestproductie dan een voorspelling op basis van de huidige RVO-forfaits.

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, 2015. Handreiking bedrijfsspecifieke excretie melkveehouderij; versie 1 mei 2015. <http://www.rvo.nl/file/handreiking-bedrijfsspecifieke-excretie-melkvee-1-mei-2015>
- GenStat, 2016. GenStat 18th edition, VSN International Ltd., Hemel Hempstead, Hertfortshire.
- Keuning, J.A., 1988. Grashoogtemeter hulpmiddel voor schatting grashoeveelheid. In: Meststoffen 1-1988.
- 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.
- RVO, 2016. Excretietabellen Tabel 6a (melkvee 2015-2017, drijfmest), Tabel 6b (melkvee 2015-2017, vaste mest) en Tabel 4 (overige dieren, 2014-2017) www.rvo.nl (geraadpleegd op 18 augustus 2016)
- Schröder, J.J., L.B. Šebek, J.W. Reijs, J. Oenema, R.M.A. Goselink, J.G. Conijn & J. de Boer, 2016. Rekenregels van de KringloopWijzer-Versie 30 december 2015 - Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 4 maart 2014 versie. Rapport 640, Plant Research International, Wageningen UR, 103 pp.
- 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.
- 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.

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
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 bedrijven* • 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 	

* 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 groei, dracht en onderhoud. Deze kunnen niet gemeten worden en worden daarom als een default-waarden ingerekend. Hoewel de Handreiking (Anonymus 2015) uitgaat van van jaarlijkse vastlegging van 1,30 kg N per koe (600 kg), is in de meetweken een vastlegging van 1,45 kg N aangehouden. Het verschil van 0,15 kg N per is overigens verwaarloosbaar in het licht van een jaarlijkse melk-N productie van 44 kg N per koe (8000 liter x 0,035/6,38). Bij een voeropname van, zeg, 165 kg N per koe, een melk-N productie van 44 kg N en een N-excretie van $165 - 44 = 121$ kg N, maakt een klein verschil in aanname ten aanzien van de vastlegging in het dier nauwelijks uit voor de berekende excretie.

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 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 de meetweken representatief voor het gehele jaar en kunnen voor het berekenen van de jaarexcretie de resultaten van 1 meetweek met 52 worden vermenigvuldigd, van 2 weken met 26, van 3 weken met 14 etc. Echter, op praktijkbedrijven zijn de genoemde variabelen niet constant. 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)voorraad goed over het jaar te verdelen cq. 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. Die aanpassing betreft veelal de krachtvoersamenstelling om het totale nutriëntenaanbod gelijk te houden. De verhouding ruwvoer/krachtvoer of snijmaiskuil/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 tussen de meetweekbepaling en de aan de fabriek geleverde melk.

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 melkgevend dier (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).

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).

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 ($vc = 1,96 * S_r$).

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 a-typisch 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.

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 ongecorrigeerd 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 $n=8,5$.

Conclusie

Een betrouwbaarheidsinterval van +/- 5% komt overeen ruim 7 meetweken per jaar.

Literatuur

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

Bijlage 3 Procedure voeropname jongvee

Op een aantal K&K bedrijven zijn ook meetweken voor het oudere jongvee uitgevoerd (6 bedrijven in de beginjaren, later 5). Dat zijn de bedrijven waar de bedrijfsinrichting het uitvoeren van een voermeetweek mogelijk maakt. 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 enkele K&K bedrijven in de periode 2006-2015 (n=43).

	VEM-dekking	N-excretie	P-excretie
Gem	99	55	8.0
Min	74	37	6
Max	124	79	10.1
SD	12	10	1.3

De VEM-dekking van het oudere jongvee was nagenoeg gelijk aan de behoefte. De N- en P-excreties waren lager dan de forfaitaire waardes uit 2014 (71.3 voor N en 9.6 voor P; Sebek et al., 2014). Een verschil van 24 en 16% voor respectievelijk N en P. Het jongvee in K&K krijgt voedermiddelen met een hogere N/VEM en P/VEM verhouding dan gemiddeld in Nederland wordt aangenomen. 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 (g/kg)	N-gehalte (g/kg)	N-opname (kg/jaar)	P-gehalte (g/kg)	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
Standaardkracht voer	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)rantsoen op deze bedrijven nogal afwijkend van het NL rantsoen (Tabel B3.2). Ander groot verschil is het aandeel snijmaï in het rantsoen wat 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 bekend het aantal dagen weidegang van het jongvee > 1. 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' wordt 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 wat de droge koeien krijgen. 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 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 (g/kg)	N-gehalte (g/kg)	N-opname (kg/jaar)	P-gehalte (g/kg)	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
Standaardkrach tvoer	10	0	928	35.5	0.4	5.5	0.1
Eiwitrijk krachtvoer							
Vochtrijk krachtvoer	53	2	924	18.9	1.0	2.9	0.2
Volle melk							
Totaal opname	2745	100			59.3		9.6

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	858	32	849	45	1
N-gehalte	25.3	3.0	25.0	3.6	1
P-gehalte	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 (g/kg)	N-gehalte (g/kg)	N-opname (kg/jaar)	P-gehalte (g/kg)	P-opname (kg/jaar)
Weidegras	212	12	934	30.3	6.4	3.8	0.8
Graskuil	817	46	898	27.6	22.5	3.8	3.1
Hooi							
Snijmaïskuil	134	7	948	12.1	1.6	2.0	0.3
Standaardkracht voer	277	15	1080	26.5	7.3	4.8	1.3
Eiwitrijk krachtvoer			1080	35		5.5	
Vochtrijk krachtvoer			1000	20		3.1	
Volle melk	355	20	280	5.5	2.0	1.0	0.4
Totaal opname	1795	100			39.9		5.9

Bijlage 4 Voeropname per bedrijf

Tabel B4.1 Gemeten (meetweek; meting) en voorspelde (KLW) droge stofopname per categorie voedermiddel (in kg/aangeklede koe) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015.

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
1	2010	52	0	4085	4294	2104	2456	359	510	1777	1852
1	2011	12	0	4006	4536	1604	1624	416	764	1905	1947
1	2012			4208	4247	1461	1534	357	791	2191	2343
1	2013			4159	4279	1551	1529	324	609	2020	2169
1	2014			4262	4426	1389	1333	355	534	1968	2228
1	2015			4536	4543	1317	1222	356	641	2096	2375
2	2006	540	525	4170	3832	1605	1793	0	137	2420	2444
2	2007	599	847	4605	4894	427	381	0	259	1621	1533
3	2010	906	1027	2765	3685	2410	2428	2570	1767	123	191
3	2011	525	1101	2505	1829	2314	2731	2514	2239	307	335
3	2012	747	629	2790	2693	2060	2265	2153	2748	544	487
3	2013	681	627	3061	2937	1994	2251	2478	2383	612	506
3	2014	909	511	2784	2882	2030	1877	2254	2748	215	274
3	2015	664	545	3088	2585	2258	2241	2435	2462	603	533
4	2006			3327	3397	2247	1608	826	684	2395	2574
4	2007			3436	3463	1943	1344	854	1272	2088	2100
4	2008			3334	3068	2008	1802	885	917	2166	2206
4	2009			3849	3473	2139	1725	789	1184	1887	1703
4	2010			3330	2815	2078	1947	603	1464	2016	1742
4	2011			3401	2856	2403	2215	616	1574	1624	1649
4	2012			2913	2988	2120	2340	813	937	1777	1942
4	2013			3354	3435	2106	1893	772	1279	1705	1804
4	2014	338	660	3877	3918	1828	1132	811	1515	1477	1689
4	2015	0	608	3577	3618	1972	1525	908	679	1466	1947
5	2006			5808	6300	528	12			1963	1939
5	2007	426	0	4390	5160	2096	1649			1935	1924
6	2010	1150	604	2915	3293	1454	1309	267	270	1592	1701
6	2011	324	616	3052	2635	1549	1545	181	251	1609	1768
6	2012	599	614	3175	2949	1102	1083	202	195	1704	1773
6	2013	595	836	3129	2866	941	948	198	200	1607	1888
6	2014	937	947	2515	2262	1182	1275	228	253	1714	1759
6	2015	1167	703	2078	2529	977	922	185	459	1988	1963
7	2006	257	435	3311	2926	2706	2607	395	605	1762	1937
7	2007	861	637	2905	2740	2210	2604	485	841	1762	1596
7	2008	478	364	2712	2616	2256	2459	420	551	1566	1578
7	2009	480	381	2856	2844	2369	2345	413	883	1597	1670
7	2010	161	0	2259	1968	3542	3934	328	876	2012	2159
7	2011	116	0	2712	2658	3217	3164	327	991	1803	2049
7	2013			1968	1615	3135	3255	124	293	1814	1880
7	2014	18	0	1845	2035	2699	2134	431	860	1805	2095
8	2010	1090	572	2166	2058	3454	3766	506	914	1661	1895
8	2011	1044	477	2206	2010	3338	3665	598	1055	1336	1677
8	2012	622	577	2603	2298	3063	3184	292	700	1515	1870
8	2013	633	601	2561	2388	3223	3315	141	474	1647	1855
8	2014	1075	677	2238	1924	2960	3310	292	711	1399	1702
8	2015	720	642	2464	1956	3150	3672	381	415	1603	2036
9	2006	1807	1467	2517	2602	2538	2608	54	226	1613	1498
9	2007	1451	1339	3301	2242	1928	2779	55	408	1592	1551
9	2008	558	407	4110	3291	2170	2487	0	118	1686	1682

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
9	2009	396	242	3833	3354	2168	2435	0	33	1624	1713
9	2010	348	0	2919	2583	2422	3321	0	251	1900	1743
9	2012	378	0	2893	2658	2831	2885	400	595	1671	1743
9	2013	751	0	2587	2677	2469	2716	467	588	1651	1911
9	2014	665	0	2919	2648	2511	2512	410	743	1701	1914
9	2015	258	0	3066	3088	2550	2566	338	508	1886	2211
10	2006	1332	1462	2514	1682	3101	3403	0	24	1510	1612
10	2007	1055	1121	2639	1641	2992	3126	0	712	1787	1598
10	2008	853	789	3091	2086	3112	3760	0	42	1598	1674
10	2009	1463	767	2875	2235	2840	3448	0	9	1586	1948
10	2010	619	733	2998	2725	2991	3272	0	63	1548	1696
10	2011	1153	860	2745	2791	2964	3556	0	85	2037	2179
10	2012	338	655	3234	2340	2963	3670	0	211	1776	1994
10	2013	575	688	3018	2860	3063	3327	0	18	1489	1683
10	2014	415	680	3170	2904	2980	3100	108	181	1527	1836
10	2015	461	736	3242	2950	3361	3760	0	35	1316	1677
11	2007	863	666	3086	2699	2238	2090	769	1145	1599	1661
11	2008	795	660	3048	3008	1674	2035	749	859	1705	1747
11	2009	899	540	3160	2315	1577	2069	873	1461	1721	1937
11	2010	448	778	3237	3242	1947	1590	930	972	1868	1604
11	2011	797	819	3468	3464	1748	1409	723	930	1788	1775
11	2012	1186	801	3463	3489	2089	2110	421	491	2148	2160
11	2015	1113	540	3203	3319	2122	2497	731	631	1672	1786
12	2006	1225	1440	2296	2104	1908	1663	0	177	1434	1351
12	2007	1255	1578	2807	2018	1406	1506	0	11	1677	1640
12	2008	1014	990	2569	2379	1405	1284	0	107	1457	1453
12	2009	1350	896	2484	2421	1425	1461			1616	1649
13	2006	414	782	3481	4048	2558	2029	263	149	1483	1430
13	2007	909	86	3517	3868	2619	2850	245	72	1313	1565
13	2008	669	611	3208	3113	2950	3054	6	0	1666	1905
13	2009	551	716	3529	3209	3060	2995	12	94	1823	1916
13	2010	184	689	4044	3908	2560	2538	35	113	1431	1647
13	2011	458	319	3799	3380	2704	3010	12	202	1575	1868
13	2012	400	383	3632	3390	2677	2929	0	33	1493	1742
13	2013	304	332	3002	2916	3226	3150	17	105	1447	1689
13	2014	436	282	3480	3229	2944	2967	174	252	1364	1612
13	2015	395	327	3760	3731	2766	2490	0	187	1549	1650
14	2006	730	1020	3347	3156	2609	2084	49	220	1892	1999
14	2007	921	1003	3401	1907	2274	3096	140	347	1724	1754
14	2008	628	906	3686	2822	2605	2521	390	541	1833	1836
14	2009	974	1021	3367	2815	2590	2427	419	593	1958	1917
14	2010	420	1001	3217	2029	2666	2642	480	646	1862	2078
14	2011	971	689	2538	1879	2939	3233	509	634	1891	1956
14	2012	1088	830	2483	2131	2822	3208	446	641	1755	2040
14	2013	985	777	2585	2165	2825	3017	445	559	1774	1977
14	2014	1107	550	2619	2539	2749	2768	672	1113	1596	1951
14	2015	1311	563	2519	2753	2654	2843	512	550	1664	1904
15	2006	224	115	3713	3733	3131	3375	179	164	2201	2020
15	2007	576	424	3655	4330	2835	2228	181	110	1974	2095
15	2008	215	427	3773	3997	2696	2082	141	113	2298	2399
15	2009	265	391	3294	3716	3072	2756	141	159	2134	1994
15	2010	182	422	3216	3323	3471	3464	178	369	1578	1606
15	2011	306	335	3161	3283	2530	2613	142	346	1758	1905
15	2012	432	309	3069	2987	2469	2488	107	364	2080	2267
15	2013	639	703	2659	2719	2937	2646	14	310	1943	2079
15	2014	465	398	2675	2555	3058	2476	106	398	2045	2258
15	2015	320	436	3380	2863	2374	2214	46	369	1861	2363

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
16	2006	690	878	1942	1333	2548	2393	249	622	1926	2039
16	2007	1043	944	1695	1005	3089	2967	402	870	1528	1617
16	2008	822	802	1739	1744	3110	2073	310	764	1689	1834
17	2006	739	1181	4503	3885	696	389	50	124	2448	2784
17	2007	1378	1368	4413	3698			0	384	2569	2662
17	2008	945	736	4457	4727			232	391	2568	2460
17	2009	1479	944	4051	3864	741	704	80	321	2080	2157
17	2010	1469	1091	4429	4852	442	294	0	59	1827	1961
17	2011	2504	1030	3560	4763	383	441			1570	1967
17	2012	2615	2253	3410	3242			0	268	1522	1926
17	2013	2322	1980	3844	3311			0	761	1735	1865
17	2014	3330	2727	3031	3587			0	27	1634	2019
17	2015	2706	1555	3029	4252	290	87	0	16	1705	2112
18	2006	1634	1776	3300	2928	1373	1204	133	132	1830	1873
18	2007	1195	1691	3550	3309	1249	899	197	352	1968	1948
18	2008	1672	2015	3623	3218	895	702	356	482	1709	1905
18	2009	1685	1996	3151	3312	764	558	226	206	1488	1611
18	2010	1803	2100	3225	3427	636	401	232	393	1354	1595
18	2011	1515	2207	3053	2923	957	862	359	224	1599	1594
18	2012	1484	1678	2929	2774	1059	882	592	585	1403	1676
18	2013	1205	1194	3538	3169	1261	1232	40	78	1644	2140
18	2014	810	936	3537	2985	1730	1553	269	376	1701	1927
18	2015	854	949	3834	3435	1366	1301	105	209	1680	1791
19	2006	491	285	3539	4309	1795	1726	0	4	2086	1997
19	2007	384	487	3648	3789	2071	1691	75	32	2149	2412
19	2008	59	168	3637	3367	2435	2261	0	31	2326	2551
19	2009	62	303	3086	2664	2946	2623	0	227	2157	2296
19	2010			2849	2470	3104	3233	0	37	2083	2228
19	2011			2923	2172	2610	2779	0	342	2000	2452
19	2012			3146	3377	2039	1810	104	364	1977	2225
19	2013			3540	3921	1998	1955	107	30	1973	2490
19	2014	154	135	3069	3264	2052	2084	169	220	2149	2541
19	2015	0	17	3586	3523	2432	2441	0	58	2036	2243
20	2010	1382	853	2616	2680	2444	2893	264	299	1409	1527
20	2011	1382	1235	3199	2162	2151	2645	269	559	1584	1521

Tabel B4.2 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).

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
1	2010	1014	960	875	876	971	970	947	871	1110	1089
1	2011	1005	960	846	887	982	960	1013	756	1100	1083
1	2012			845	895	974	967	947	690	1083	1067
1	2013			821	882	1010	970	948	755	1106	1089
1	2014			860	890	1023	983	947	851	1098	1087
1	2015			859	877	1042	988	972	801	1129	1100
2	2006	945	960	780	816	870	913		600	994	954
2	2007	942	960	893	767	922	903		887	1011	1032
3	2010	996	960	923	880	991	996	1144	1117	1156	1176
3	2011	961	960	884	898	1065	995	1107	1120	1103	1087
3	2012	933	960	856	897	1040	991	1114	1068	1088	1030
3	2013	922	960	823	841	1028	994	1086	1066	1057	1054
3	2014	930	960	880	897	1082	986	1124	1041	1133	1079
3	2015	946	960	916	898	1037	986	1098	1073	1221	1101
4	2006			881	871	944	926	1106	1023	1067	1088
4	2007			869	860	951	949	1088	1026	1023	1028
4	2008			826	856	918	966	1082	1068	1053	1037
4	2009			847	892	944	965	1079	1006	1068	1036
4	2010			855	901	1032	978	1030	1041	1055	1008
4	2011			814	850	1021	950	1110	1059	1049	1018
4	2012			831	835	984	955	1112	1110	1045	1014
4	2013			826	823	999	973	1077	1066	1004	1034
4	2014	943	960	891	851	1030	953	1109	1027	1076	1054
4	2015			884	896	997	949	1096	951	1046	1071
5	2006			851	876	995	1012			1098	1080
5	2007	942	960	887	866	962	1003			1081	1067
6	2010	933	960	879	909	1039	1011	1111	1035	1065	1059
6	2011	956	960	875	868	1017	1004	1014	1038	1058	1050
6	2012	879	960	857	860	1009	998	1059	1055	1072	1050
6	2013	945	960	857	833	979	958	1082	961	1083	1049
6	2014	982	960	882	886	956	960	1004	907	1080	1044
6	2015	956	960	913	920	992	987	984	672	1069	1051
7	2006	980	960	896	914	931	948	992	896	1088	1071
7	2007	964	960	926	916	970	964	1054	911	1192	1159
7	2008	984	960	895	905	955	956	977	906	1214	1180
7	2009	277	960	844	924	949	942	934	922	1078	1070
7	2010	934	960	909	925	995	984	931	850	1084	1058
7	2011	1009	960	927	934	1038	980	1031	762	1076	1064
7	2013			871	901	1067	1006	1063	883	1055	1052
7	2014	934	960	927	943	1059	1005	1109	898	1066	1070
8	2010	927	960	923	925	1040	976	942	871	1098	1059
8	2011	951	960	900	911	1053	989	1121	928	1095	1062
8	2012	940	960	876	904	1045	988	1115	840	1090	1060
8	2013	942	960	848	891	1014	997	1020	758	1103	1068
8	2014	950	960	906	926	1056	997	981	774	1093	1049
8	2015	928	960	917	912	1053	983	1133	702	1068	1044
9	2006	944	960	872	950	949	970	1112	679	1079	1054
9	2007	951	960	892	877	986	1008	1122	644	1092	1090
9	2008	923	960	874	890	966	968		599	1102	1082
9	2009	931	960	850	888	1020	959		590	1087	1073
9	2010	934	960	898	939	1051	996		609	1083	1054
9	2012	934	960	873	915	1040	1017	1090	953	1089	1083
9	2013	934	960	853	906	1014	1002	1453	1039	1113	1084
9	2014	934	960	906	888	1048	988	1092	941	1112	1110
9	2015	946	960	907	882	1031	985	1091	992	1107	1086

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
10	2006	959	960	896	917	907	930		539	1082	1070
10	2007	986	960	879	842	931	963		755	1080	1066
10	2008	979	960	895	877	938	976		517	1078	1071
10	2009	977	960	872	865	956	962		517	1077	1062
10	2010	958	960	900	866	1027	1005		750	1063	1058
10	2011	941	960	896	860	999	977		509	1084	1056
10	2012	927	960	881	845	1006	981		540	1166	1057
10	2013	937	960	835	843	1019	996		509	1182	1068
10	2014	950	960	855	853	1037	1007	912	872	1139	1067
10	2015	940	960	915	878	1048	1004		418	1111	1077
11	2007	937	960	841	870	945	975	962	911	1079	1053
11	2008	944	960	825	846	919	957	984	970	1068	1046
11	2009	980	960	887	896	986	967	978	933	1067	1043
11	2010	949	960	892	921	1028	977	1045	993	1064	1037
11	2011	939	960	895	908	1040	973	1074	954	1076	1027
11	2012	943	960	848	881	1008	959	1086	947	1088	1019
11	2015	957	960	906	911	1054	977	1103	1097	1034	1019
12	2006	974	960	824	900	939	949		1045	1110	1044
12	2007	990	960	861	877	944	977		553	1094	1044
12	2008	957	960	884	881	940	959		1050	1255	1201
12	2009	955	960	866	906	1003	977			1232	1217
13	2006	983	960	848	834	921	933	811	737	1089	1062
13	2007	951	960	850	810	937	979	757	652	1067	1058
13	2008	965	960	852	832	928	970	805		1046	1063
13	2009	933	960	871	841	974	989	816	789	1059	1059
13	2010	940	960	885	850	1048	1007	730	721	1071	1051
13	2011	925	960	856	850	1023	982	859	600	1062	1054
13	2012	935	960	855	847	1042	981		534	1055	1040
13	2013	961	960	868	853	1043	1010	782	823	1049	1031
13	2014	940	960	883	874	1038	1008	857	599	1057	1037
13	2015	959	960	910	877	1076	1005		658	1059	1051
14	2006	935	960	866	883	906	939	1127	870	1050	1056
14	2007	985	960	858	909	923	946	1025	868	1049	1039
14	2008	978	960	862	883	921	978	1000	962	1055	1028
14	2009	938	960	875	904	979	984	1023	930	1059	1038
14	2010	938	960	862	882	1044	1011	1013	972	1139	1174
14	2011	939	960	850	890	1072	1036	984	1030	1179	1159
14	2012	952	960	876	900	1046	1023	984	883	1092	1069
14	2013	996	960	832	886	1024	1004	991	890	1094	1060
14	2014	944	960	844	868	1039	998	995	892	1101	1066
14	2015	974	960	865	891	1036	1002	938	980	1092	1068
15	2006	934	960	865	891	909	961	944	912	1084	1083
15	2007	940	960	870	895	902	968	976	915	1117	1084
15	2008	945	960	863	875	972	979	1034	900	1143	1100
15	2009	959	960	899	904	1007	998	1174	1174	1083	1060
15	2010	956	960	914	913	1041	991	1054	847	1050	1054
15	2011	991	960	885	876	1030	987	990	672	1060	1017
15	2012	871	960	867	887	1009	964	1212	685	1070	1039
15	2013	939	960	874	913	970	955	1065	539	1073	1061
15	2014	985	960	894	910	1036	967	1168	544	1094	1214
15	2015	964	960	913	914	1040	988	1254	559	1103	1082
16	2006	999	960	875	899	910	937	1010	981	1121	1071
16	2007	995	960	863	897	943	944	987	998	1143	1084
16	2008	1010	960	881	885	950	988	1031	1053	1151	1078
17	2006	966	960	845	886	941	939	1109	1029	1092	1078
17	2007	956	960	868	877				792	1109	1120
17	2008	964	960	867	878			804	850	1081	1088

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
17	2009	966	960	888	880	931	915	1026	1141	1104	1083
17	2010	968	960	903	863	900	896		1025	962	1087
17	2011	920	960	876	830	1004	807			1101	1088
17	2012	957	960	894	848				791	1115	1079
17	2013	928	960	894	832				923	1080	1078
17	2014	946	960	860	868				881	1085	1072
17	2015	892	960	868	882	885	916		1154	1096	1081
18	2006	951	960	889	886	940	944	1030	1396	1113	1097
18	2007	959	960	877	853	957	958	1029	792	1106	1083
18	2008	956	960	879	862	929	966	982	843	1094	1072
18	2009	954	960	865	868	957	930	979	1014	1100	1078
18	2010	963	960	886	882	1012	957	950	937	1084	1069
18	2011	940	960	873	854	1006	959	989	867	1093	1066
18	2012	942	960	870	871	969	950	1035	969	1120	1079
18	2013	938	960	850	863	1005	981	927	866	1112	1069
18	2014	963	960	882	868	1028	969	1008	959	1117	1059
18	2015	950	960	886	885	1034	1007	996	1035	1113	1076
19	2006	982	960	880	905	896	934		2380	1161	1156
19	2007	933	960	869	892	927	966	972	943	1138	1068
19	2008	934	960	892	913	937	975		600	1089	1064
19	2009	934	960	877	923	982	986		1058	1062	1061
19	2010			905	938	1028	976		914	1067	1069
19	2011			902	929	1014	970		916	1064	1062
19	2012			883	918	1021	970	999	1058	1066	1078
19	2013			862	865	1043	994	859	919	1079	1068
19	2014	1008	960	880	891	1055	1011	976	500	1077	1057
19	2015			897	905	1030	1008		535	1081	1061
20	2010			894	860	976	1013	1062	908	1082	1071
20	2011	910	960	869	870	990	977	1061	977	1082	1058

Tabel B4.3 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).

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
1	2010	34.4	26.4	24.7	23.6	10.3	11.5	39.5	33.9	38.6	38.1
1	2011	34.5	25.2	22.9	23.0	11.3	13.2	35.3	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	22.9	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
2	2006	31.9	34.2	23.3	20.6	11.8	13.9		7.2	28.9	28.5
2	2007	34.1	31.0	23.7	22.3	13.9	15.7		13.4	29.1	27.9
3	2010	36.0	31.5	27.4	26.4	11.5	12.3	25.7	34.9	77.8	53.0
3	2011	43.2	32.4	28.4	27.9	11.5	12.3	25.3	28.8	73.3	70.3
3	2012	35.4	31.8	27.0	25.5	10.7	12.0	27.3	27.9	53.8	53.3
3	2013	32.0	35.1	26.3	27.3	10.5	10.3	31.3	29.4	40.9	38.2
3	2014	35.2	33.9	30.4	28.3	10.8	11.4	31.1	29.8	74.0	58.1
3	2015	35.4	33.9	28.1	29.1	12.3	10.7	27.4	29.0	58.8	45.8
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	19.8	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	30.7	24.9	38.6	39.2
4	2014	30.2	31.5	27.8	25.4	11.7	11.7	29.9	25.3	35.3	34.6
4	2015			25.5	24.7	11.7	12.2	28.9	22.2	39.5	36.2
5	2006			25.2	25.6	14.0	14.1			29.0	28.8
5	2007	33.9	29.7	26.8	27.5	12.3	13.0			29.6	30.5
6	2010	39.3	37.6	29.3	29.2	12.7	13.9	13.3	12.3	26.2	28.5
6	2011	46.6	34.0	29.3	30.2	12.1	13.4	20.7	18.1	27.9	28.2
6	2012	37.8	31.1	27.0	27.1	12.3	12.8	12.4	14.0	30.1	29.4
6	2013	42.8	35.8	26.1	25.1	11.4	12.2	15.9	11.8	30.5	29.1
6	2014	45.2	37.3	28.8	30.3	12.6	12.4	22.3	14.9	25.4	27.1
6	2015	32.7	33.3	29.5	30.1	12.1	12.1	30.1	16.8	26.6	26.7
7	2006	30.7	34.0	28.3	27.1	12.1	11.0	12.9	14.1	39.1	38.8
7	2007	29.4	32.4	29.6	28.9	11.8	11.7	15.5	13.8	40.7	40.4
7	2008	31.9	33.1	27.5	27.5	11.5	12.4	13.4	13.7	42.0	40.3
7	2009			29.6	28.9	12.4	11.8	14.3	14.2	37.3	40.6
7	2010	30.3	31.4	30.2	30.2	10.5	10.6	14.3	13.1	46.7	44.9
7	2011	39.0	27.7	29.2	27.9	12.1	10.8	16.8	13.4	42.8	43.9
7	2013			20.9	23.2	11.3	10.2	15.9	16.1	52.5	51.3
7	2014	30.3	26.9	29.0	28.6	11.4	11.7	13.7	13.2	47.2	43.8
8	2010	32.4	31.8	26.5	28.3	11.8	12.3	21.9	19.1	40.0	39.4
8	2011	33.9	31.7	28.5	27.7	12.0	12.3	44.7	29.1	40.3	39.1
8	2012	34.2	30.4	27.8	26.9	11.3	12.1	38.3	27.2	43.3	41.4
8	2013	35.7	31.1	26.4	25.4	11.1	11.7	38.8	20.9	44.5	43.1
8	2014	35.8	30.9	27.3	27.5	11.2	11.5	38.4	25.6	41.5	42.4
8	2015	31.4	33.6	27.0	27.0	11.2	11.5	44.0	21.3	38.1	38.5
9	2006	32.9	34.9	29.6	29.8	12.6	11.7	10.6	19.1	34.5	32.5
9	2007	30.7	31.2	26.5	26.2	13.5	13.3	11.9	18.8	34.5	34.4
9	2008	29.0	28.8	25.9	25.0	12.0	12.0		14.4	37.8	37.2
9	2009	30.0	27.9	24.9	23.7	12.0	12.4		13.3	42.3	42.4
9	2010	30.3	30.1	23.9	26.2	11.6	12.1		10.5	43.8	43.0
9	2012	30.3	29.4	31.0	29.2	11.8	11.9	40.3	33.0	40.9	40.1
9	2013	30.3	27.6	26.7	26.0	11.7	10.6	57.4	39.1	39.6	40.1
9	2014	30.3	31.5	23.5	24.4	11.5	11.0	43.6	34.2	42.1	43.2
9	2015	29.7	33.8	25.9	27.0	12.3	11.7	41.8	36.8	39.6	38.5

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
10	2006	32.5	36.5	27.4	27.9	16.2	12.9		9.6	32.1	32.2
10	2007	37.6	35.7	22.8	23.8	12.4	12.8		13.2	32.2	31.1
10	2008	35.0	33.5	25.9	25.3	11.2	11.6		6.6	29.2	28.9
10	2009	33.9	31.2	27.1	25.7	12.1	12.2		6.6	27.0	27.7
10	2010	31.1	36.2	26.7	26.7	12.5	12.3		17.0	32.8	32.1
10	2011	33.2	33.7	26.1	27.6	11.8	12.8		6.6	37.0	37.4
10	2012	26.7	32.4	22.1	21.8	11.8	12.2		13.0	43.7	40.2
10	2013	33.3	31.8	24.5	24.5	10.7	10.3		6.6	47.3	43.7
10	2014	32.1	32.7	25.7	25.3	10.6	11.1	33.0	32.0	47.0	43.6
10	2015	33.5	34.3	32.2	26.2	10.6	10.4		5.6	40.4	40.6
11	2007	33.0	34.2	27.6	28.6	12.7	12.6	26.7	25.7	32.7	30.0
11	2008	30.9	32.8	28.0	27.7	11.8	12.7	24.2	31.6	31.8	30.8
11	2009	34.5	31.4	26.5	27.2	11.9	11.9	21.9	21.9	33.4	31.2
11	2010	32.4	32.5	27.4	27.8	10.6	10.8	17.1	14.2	35.6	31.8
11	2011	36.8	31.1	25.3	27.6	12.4	11.9	14.4	14.2	33.6	33.5
11	2012	37.6	30.6	25.7	25.5	11.8	11.6	14.4	15.1	31.7	33.5
11	2015	30.9	30.1	25.9	26.7	10.9	10.7	16.5	15.2	35.3	35.4
12	2006	37.8	39.0	29.9	26.2	10.7	10.7		16.2	31.2	30.3
12	2007	39.7	35.8	28.8	30.6	12.0	11.8		46.2	28.1	36.6
12	2008	34.5	33.1	28.4	27.5	10.7	11.9		14.4	29.2	28.5
12	2009	33.9	30.3	26.8	27.5	11.7	11.0			36.5	35.3
13	2006	35.3	39.1	26.0	23.4	12.0	11.4	26.4	25.9	34.0	32.7
13	2007	38.6	34.1	28.8	26.5	12.8	13.4	17.4	9.6	32.4	32.2
13	2008	35.6	35.9	26.1	25.2	12.6	11.5	26.6		40.6	39.4
13	2009	30.0	36.0	25.0	24.8	12.0	12.0	20.0	18.7	38.1	39.9
13	2010	40.7	33.7	27.6	26.4	11.8	12.2	19.3	18.7	34.8	35.6
13	2011	33.0	34.7	28.2	27.2	11.6	12.3	27.2	9.3	36.8	35.8
13	2012	39.6	34.2	26.2	25.4	11.1	11.2		4.3	37.3	37.1
13	2013	40.4	34.2	25.3	24.7	11.4	10.7	25.0	25.6	38.8	43.3
13	2014	33.6	34.7	25.3	27.0	12.0	11.7	27.9	13.5	40.4	39.5
13	2015	29.9	31.1	26.8	27.7	11.8	10.9		17.6	38.8	36.5
14	2006	39.2	37.0	27.8	25.2	12.6	11.4	14.6	8.4	35.9	35.4
14	2007	31.3	32.5	30.2	29.7	12.5	12.1	12.7	14.3	33.8	33.0
14	2008	30.4	31.8	25.0	24.5	12.3	12.2	14.8	12.4	40.7	40.9
14	2009	29.0	29.7	24.0	23.2	13.0	13.3	13.9	13.3	37.4	37.9
14	2010	35.1	31.1	26.7	25.9	12.8	12.8	13.4	13.6	42.4	43.9
14	2011	31.0	33.4	27.8	27.8	12.3	12.9	14.6	13.5	41.4	42.6
14	2012	28.4	32.8	25.1	25.2	11.3	11.8	14.1	11.3	45.7	44.9
14	2013	37.7	32.2	27.7	27.1	11.1	11.2	29.5	13.2	46.4	40.0
14	2014	33.4	33.4	26.6	25.8	11.1	10.8	13.0	12.7	48.0	44.3
14	2015	27.5	29.6	27.8	26.3	10.5	10.3	11.9	13.3	47.5	45.7
15	2006	30.3	30.7	21.3	22.1	10.4	11.3	38.9	35.7	42.2	40.4
15	2007	30.5	29.6	23.5	24.5	11.0	11.3	46.1	39.4	41.1	40.9
15	2008	29.8	32.5	24.2	24.4	10.7	11.7	22.5	26.4	41.1	41.6
15	2009	32.1	31.1	29.0	27.1	11.7	11.9	18.1	16.3	40.6	38.6
15	2010	32.4	34.7	30.0	28.9	12.4	12.6	45.2	28.6	42.5	42.9
15	2011	38.8	26.4	25.7	24.9	12.6	12.5	40.5	20.1	38.0	36.3
15	2012	32.7	27.0	22.0	21.0	11.2	11.9	15.2	10.3	44.2	42.0
15	2013	31.3	31.8	23.5	22.9	10.8	10.5	16.1	9.9	44.6	43.8
15	2014	36.4	29.3	28.0	25.6	10.7	11.0	6.9	11.4	43.0	39.8
15	2015	32.5	28.7	25.7	23.1	10.5	10.0	0.0	10.9	42.6	37.9
16	2006	35.9	39.4	33.2	32.5	14.2	11.9	14.7	13.3	38.9	37.3
16	2007	39.2	40.0	33.3	34.2	13.1	12.9	23.2	20.0	38.5	36.3
16	2008	38.8	34.2	31.1	30.8	12.0	12.3	37.5	20.8	36.8	37.3
17	2006	34.9	31.9	24.4	23.9	11.8	10.7	17.0	15.2	29.6	29.3
17	2007	30.4	31.1	26.1	24.1				16.3	31.3	30.3
17	2008	29.7	31.7	23.2	24.9			17.9	21.1	33.9	31.5

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
17	2009	35.0	32.3	22.0	24.1	10.9	12.7	12.6	11.3	32.2	33.6
17	2010	32.7	28.9	25.5	25.3	12.6	12.3		11.7	19.6	28.0
17	2011	27.4	33.3	23.3	21.4	13.0	12.0			31.3	29.0
17	2012	28.1	34.8	22.0	19.6				22.6	30.9	28.8
17	2013	27.8	30.6	21.8	22.2				15.2	33.4	30.7
17	2014	32.4	29.7	20.9	22.3				29.3	28.3	27.8
17	2015	24.6	31.3	20.0	21.8	16.2	7.2		7.0	28.9	29.7
18	2006	36.8	36.2	27.2	28.4	11.6	11.3	13.8	17.1	31.2	30.0
18	2007	33.3	34.0	28.3	28.5	11.3	12.1	16.6	11.0	31.8	30.2
18	2008	36.5	35.7	25.7	26.1	10.8	11.6	22.8	14.6	30.2	27.1
18	2009	31.1	31.4	28.8	28.8	13.2	14.6	21.4	20.8	25.2	24.8
18	2010	33.9	32.4	27.1	25.7	13.5	12.7	17.6	17.8	25.5	25.7
18	2011	32.8	32.6	27.0	26.6	11.3	12.9	17.5	20.1	27.3	26.6
18	2012	34.8	30.1	26.3	25.4	12.2	13.0	22.8	21.1	28.6	29.3
18	2013	30.6	33.9	25.4	24.7	11.5	11.3	32.0	23.9	31.9	30.5
18	2014	37.9	34.1	26.3	28.2	11.8	12.0	20.3	19.8	29.8	28.0
18	2015	36.1	31.7	28.4	27.8	11.4	11.9	21.3	17.4	31.4	28.7
19	2006	41.9	37.8	29.3	29.3	10.2	10.6		116.7	31.0	34.4
19	2007	35.9	32.7	27.9	29.8	10.7	10.6	46.5	39.2	31.5	33.4
19	2008	30.3	32.7	27.7	27.7	10.9	10.3		13.6	35.7	34.7
19	2009	30.3	26.9	27.9	25.4	10.0	10.8		15.7	37.6	36.8
19	2010			29.9	27.1	10.5	11.1		14.6	38.5	39.4
19	2011			28.5	28.6	11.4	11.6		14.6	37.4	37.7
19	2012			28.2	27.8	11.6	12.9	12.3	15.7	35.8	36.5
19	2013			25.7	24.2	11.0	10.4	21.5	28.9	36.5	34.8
19	2014	41.1	32.8	27.4	27.3	11.2	11.0	17.5	9.0	35.0	35.2
19	2015			28.0	27.9	11.3	11.1		11.3	35.6	34.9
20	2010			28.0	30.2	12.0	11.7	15.8	14.6	38.6	37.7
20	2011	33.6	34.3	26.1	27.9	12.8	14.1	15.8	16.4	36.5	38.8

Tabel B4.4 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).

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
1	2010	4.3	4.4	3.9	3.8	2.6	2.7	6.3	4.8	4.9	4.9
1	2011	4.3	3.5	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
2	2006	3.7	4.4	3.6	3.4	1.7	1.9		1.0	4.6	4.6
2	2007	4.3	4.4	3.8	3.3	2.1	2.1		2.8	5.8	5.4
3	2010	4.3	4.3	3.5	3.8	1.9	2.0	4.6	5.2	7.4	6.8
3	2011	4.6	4.3	4.1	3.8	1.9	2.0	4.4	4.5	8.9	7.7
3	2012	3.7	4.6	3.8	3.8	1.8	1.9	4.4	4.0		
3	2013	3.5	4.0	3.9	3.7	1.8	1.9	4.8	4.3	4.5	5.0
3	2014	4.6	4.6	4.1	3.7	2.0	1.9	5.1	4.4	8.7	6.8
3	2015	3.9	4.1	4.0	3.9	2.0	1.9	4.4	4.6	6.1	4.8
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	5.4	4.6	4.1	2.4	2.2	7.5	3.7	5.0	4.7
4	2015			4.4	4.4	2.3	2.3	4.4	3.3	5.5	4.8
5	2006			4.1	3.9	1.9	1.6			4.6	5.0
5	2007	3.9	4.4	4.0	3.7	1.9	1.7			5.0	5.0
6	2010	4.3	4.1	3.7	3.5	2.3	2.2	1.5	1.4	4.1	4.7
6	2011	4.2	4.1	3.5	3.6	2.0	2.2	2.2	2.0	4.4	4.7
6	2012	5.3	4.5	3.8	3.6	2.3	2.3	1.7	1.6	4.3	4.4
6	2013	4.2	4.7	3.9	3.7	2.4	2.3	1.9	1.2	4.3	4.3
6	2014	4.3	4.9	4.1	4.2	2.3	2.3	3.4	2.2	3.8	4.0
6	2015	4.0	4.0	4.3	4.2	2.4	2.4	4.8	2.6	4.3	4.4
7	2006	3.8	4.3	3.9	3.9	2.0	1.8	1.4	1.2	6.3	6.4
7	2007	3.4	4.6	3.9	4.0	2.0	1.8	2.9	1.0	6.1	6.3
7	2008	3.8	4.9	4.0	4.2	2.1	1.9	1.4	1.1	6.4	6.2
7	2009			4.3	4.4	2.0	2.0	1.4	1.1	5.5	6.5
7	2010	3.7	3.8	3.8	3.6	1.9	2.1	1.5	1.1	6.4	6.7
7	2011	4.3	3.9	3.8	3.6	2.0	2.1	1.7	1.3	6.1	6.4
7	2013			4.0	3.9	2.1	2.0	0.9	1.6	5.8	5.9
7	2014	3.7	4.8	4.3	4.1	1.9	1.9	1.6	1.2	5.6	5.6
8	2010	4.1	4.5	4.0	4.0	2.1	2.0	3.0	2.1	6.1	6.3
8	2011	4.3	4.9	4.2	4.1	1.9	2.0	6.1	3.6	6.3	6.0
8	2012	4.0	5.2	4.7	4.8	1.8	1.8	6.1	3.9	5.1	5.1
8	2013	3.8	4.6	4.6	4.3	2.0	1.9	7.3	3.3	7.1	5.6
8	2014	4.7	5.2	4.7	4.5	2.0	1.9	6.6	3.4	5.1	5.4
8	2015	4.1	4.9	4.5	4.5	2.0	2.1	5.9	2.6	4.7	4.9
9	2006	4.0	4.6	4.5	4.5	1.9	2.0	2.8	2.6	5.5	5.6
9	2007	3.7	4.8	4.1	4.1	2.0	1.9	2.7	2.2	5.2	5.2
9	2008	4.1	4.6	4.0	4.2	2.1	2.1		1.7	5.4	5.5
9	2009	3.8	4.2	4.0	4.0	2.0	2.0		1.6	5.7	5.8
9	2010	3.7	4.7	4.0	4.0	2.2	2.1		1.4	6.0	5.8
9	2012	3.7	4.1	4.2	3.3	2.0	1.9	6.4	5.1	5.4	5.2
9	2013	3.7	4.2	4.4	4.4	2.1	1.9	9.1	5.3	5.1	4.9
9	2014	3.7	4.8	3.8	3.6	2.1	1.9	7.3	4.6	5.3	5.3
9	2015	3.8	5.0	3.9	4.3	2.2	1.9	7.7	5.2	5.3	5.2

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
10	2006	4.4	6.3	4.7	4.7	2.4	2.1		1.4	5.8	5.7
10	2007	4.5	6.0	4.0	4.1	2.0	2.2		2.3	5.4	5.4
10	2008	4.8	5.4	4.6	4.5	1.9	1.8		1.1	4.9	4.8
10	2009	4.6	4.5	4.5	4.4	2.1	2.4		1.1	4.5	4.6
10	2010	3.9	5.0	3.9	4.0	2.1	2.1		4.2	4.7	4.7
10	2011	4.3	5.1	4.3	4.4	2.2	2.2		1.1	5.2	5.6
10	2012	4.2	5.0	3.7	3.8	2.2	2.1		1.7	6.0	5.2
10	2013	3.9	5.2	4.2	4.1	2.0	2.2		1.1	6.2	5.4
10	2014	4.5	5.1	4.6	4.4	2.4	2.2	5.4	4.2	5.9	5.5
10	2015	4.6	5.0	4.5	4.4	2.4	2.4		0.9	4.7	4.8
11	2007	4.5	5.0	4.3	4.0	2.4	1.9	6.0	3.1	5.2	4.7
11	2008	3.9	4.3	4.2	4.1	2.2	2.0	3.9	0.8	4.8	4.6
11	2009	3.7	4.2	3.7	3.7	2.2	2.1	3.8	2.2	5.2	4.9
11	2010	4.1	4.2	3.9	4.0	2.0	2.0	1.9	1.1	5.5	5.3
11	2011	4.8	3.7	3.8	3.5	2.2	2.0	1.0	1.1	5.2	6.1
11	2012	4.2	4.6	3.6	3.6	2.0	1.8	1.0	1.4	4.9	5.3
11	2015	3.8	4.4	4.1	4.2	2.2	2.3	2.3	1.9	5.5	5.5
12	2006	4.7	5.1	4.7	4.2	2.1	1.9		0.9	5.5	5.3
12	2007	4.9	4.9	4.6	4.2	2.3	2.3		3.2	4.7	5.5
12	2008	5.2	4.9	4.4	4.2	2.1	2.0		1.0	5.3	5.1
12	2009	4.4	4.8	4.5	4.5	2.1	1.9			6.3	5.9
13	2006	3.7	5.1	3.9	3.7	1.9	1.5	4.3	2.9	4.8	4.9
13	2007	4.0	4.7	4.0	3.9	2.0	1.8	3.2	-0.6	4.6	4.6
13	2008	4.0	4.8	4.0	3.8	1.8	1.5	2.9		6.7	5.9
13	2009	3.5	4.2	4.2	4.0	1.8	1.8	2.5	2.9	5.7	5.9
13	2010	3.8	4.7	3.9	3.7	2.0	1.9	2.6	2.7	5.1	5.0
13	2011	4.5	5.0	4.0	4.1	1.9	1.9	3.4	1.1	5.0	4.8
13	2012	4.1	4.5	4.0	3.9	1.9	1.8		0.5	4.9	4.6
13	2013	4.2	4.9	4.0	3.9	1.9	1.9	2.9	2.7	4.9	5.2
13	2014	4.0	5.0	4.2	4.2	1.9	1.8	4.3	1.6	4.9	5.0
13	2015	3.6	4.6	4.3	4.2	1.9	2.0		2.4	5.0	4.4
14	2006	3.9	4.7	4.2	3.8	2.3	2.1	1.6	1.4	5.5	5.0
14	2007	3.9	4.6	4.0	4.0	2.2	2.3	1.1	2.4	5.2	5.2
14	2008	3.9	5.4	4.2	4.1	2.2	2.1	1.4	2.1	6.1	6.2
14	2009	3.9	4.5	4.0	3.9	2.0	2.1	1.5	1.7	6.3	6.3
14	2010	4.0	5.0	4.2	4.3	2.3	2.2	1.5	1.6	6.5	6.2
14	2011	3.9	4.5	4.5	4.2	2.3	2.2	1.6	1.4	5.7	5.7
14	2012	3.9	5.1	4.3	4.1	2.8	2.3	1.6	1.3	5.9	5.9
14	2013	3.8	4.4	4.3	4.1	2.1	1.9	1.7	1.5	5.9	5.6
14	2014	4.4	5.0	4.5	4.0	2.1	2.0	2.2	1.9	5.7	6.0
14	2015	3.9	4.5	4.3	4.1	2.2	2.1	3.5	1.3	5.9	6.0
15	2006	3.7	4.5	4.6	3.9	2.7	2.0	6.4	5.0	6.3	6.6
15	2007	3.9	5.1	4.2	3.9	2.8	2.1	3.7	0.7	4.7	5.2
15	2008	3.7	4.9	4.5	4.4	2.4	2.6	2.5	4.0	5.2	5.5
15	2009	4.2	4.6	4.5	4.4	2.1	2.0	3.7	3.4	6.0	5.8
15	2010	3.9	4.5	4.1	4.0	2.4	2.3	9.8	4.6	6.6	6.7
15	2011	4.3	4.4	3.8	3.8	2.4	2.1	8.1	3.1	5.4	5.5
15	2012	4.3	4.9	4.2	4.1	2.2	2.3	2.7	1.6	5.8	5.8
15	2013	4.6	5.1	4.5	4.3	2.0	1.9	1.0	1.5	6.3	6.2
15	2014	4.0	5.4	5.0	4.6	2.0	1.9	0.3	1.5	6.1	5.3
15	2015	4.0	5.2	4.7	4.6	2.1	2.1	0.0	1.3	5.5	5.0
16	2006	3.9	4.9	3.9	3.9	2.0	1.8	1.3	1.2	5.3	5.4
16	2007	4.6	5.1	4.4	4.5	2.2	2.0	2.9	2.8	5.3	4.9
16	2008	4.3	4.9	4.5	4.3	2.1	1.8	2.6	1.6	5.5	5.3
17	2006	3.5	4.3	3.9	3.9	2.8	2.3	2.6	1.8	5.1	4.9
17	2007	4.3	4.5	3.9	3.7				2.8	4.8	4.9
17	2008	4.0	4.8	3.5	3.9			3.2	4.0	4.7	4.8

BedrijfID	jaar	weidegras		graskuil		maïskuil		bijproducten		krachtvoer	
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
17	2009	5.1	4.7	4.0	4.2	1.7	2.1	0.9	1.0	4.9	5.0
17	2010	4.6	4.8	4.2	4.1	2.5	2.0		1.0	3.5	4.6
17	2011	4.6	4.3	4.0	3.7	2.5	2.5			4.4	4.3
17	2012	4.3	5.1	3.7	3.7				3.6	4.9	4.8
17	2013	4.4	4.7	3.5	3.6				2.8	5.5	5.3
17	2014	4.4	4.8	3.6	3.9				4.2	5.4	5.0
17	2015	4.1	5.5	3.8	3.9	3.0	2.1		2.5	5.4	5.1
18	2006	4.1	4.5	4.0	3.7	2.5	2.1	1.0	3.0	4.7	4.4
18	2007	3.9	4.6	4.0	3.9	2.0	2.1	1.4	1.3	4.2	4.1
18	2008	4.1	4.8	4.0	3.9	2.3	2.1	6.1	1.8	4.2	4.0
18	2009	4.1	4.6	4.3	4.2	2.4	2.2	2.9	2.6	4.1	4.1
18	2010	4.0	4.5	4.1	3.9	2.5	2.2	2.6	2.4	4.3	4.3
18	2011	4.5	4.2	3.9	3.7	2.2	1.9	2.0	3.2	4.0	3.9
18	2012	4.4	4.8	3.9	3.9	2.0	2.0	3.2	3.5	4.1	3.9
18	2013	4.1	4.6	4.1	4.0	2.3	2.2	6.0	4.3	4.2	4.5
18	2014	4.1	4.8	4.0	4.1	2.2	2.2	3.8	3.0	3.9	3.6
18	2015	4.3	4.6	4.1	4.2	2.1	2.1	4.2	3.1	3.4	3.2
19	2006	4.0	3.8	3.7	3.7	1.8	1.8		22.1	4.3	4.6
19	2007	4.3	3.9	3.8	3.7	2.1	2.0	5.7	6.4	4.3	4.3
19	2008	3.7	4.3	3.4	3.5	2.0	1.9		1.6	4.4	4.6
19	2009	3.7	4.0	3.9	3.8	2.0	1.9		0.9	4.5	4.5
19	2010			3.8	3.6	1.9	1.8		1.6	4.5	4.6
19	2011			3.7	3.8	2.0	2.0		1.6	4.4	4.5
19	2012			3.7	3.6	1.9	2.0	1.0	0.9	5.8	5.0
19	2013			3.7	3.6	2.0	2.0	4.8	2.9	4.6	4.6
19	2014	4.1	4.5	3.9	3.8	2.1	1.9	2.3	1.4	4.9	4.5
19	2015			4.0	4.0	2.0	1.9		1.8	4.5	4.6
20	2010			3.5	3.7	1.8	1.9	0.9	2.4	5.9	5.7
20	2011	3.2	3.7	3.5	3.6	1.7	1.7	0.9	1.5	5.3	5.5

Bijlage 5 VEM-dekking en N- en P-excreties per bedrijf

Tabel B5.1 VEM-dekking per koe (%) en N- en P-excreties (kg/aangeklede koe), berekend uit de gemeten voeropname (meting) en voorspeld met de KringloopWijzer (KLW) op K&K bedrijven in de periode 2006-2015.

BedrijfID	jaar	VEM-dekking /	N-excretie		P-excretie		
		koe	meting	meting	KLW	meting	
1	2010	99	157		161	21.9	23.1
1	2011	95	148		161	20.7	23.8
1	2012	98	148		156	21.9	21.8
1	2013	98	155		162	22.9	23.4
1	2014	97	146		159	23.6	23.7
1	2015	102	148		157	23.8	24.7
2	2006	103	163		149	22.4	21.2
2	2007	102	146		151	22.7	22.3
3	2010	112	162		172	20.9	22.1
3	2011	107	149		149	20.3	18.7
3	2012	104	164		157	23.7	19.9
3	2013	107	175		159	22.1	19.6
3	2014	109	172		163	23.5	20.3
3	2015	117	182		156	23.3	19.7
4	2006	116	162		153	24.3	23.6
4	2007	110	165		156	27.4	24.2
4	2008	110	170		142	26.6	23.2
4	2009	110	169		149	24.7	21.7
4	2010	112	167		146	24.8	20.4
4	2011	105	155		162	22.2	22.0
4	2012	101	152		153	23.6	23.3
4	2013	101	160		151	23.0	21.5
4	2014	105	170		179	27.7	25.5
4	2015	104	157		162	24.0	24.3
5	2006	103	165		173	25.1	25.8
5	2007	105	165		172	23.4	22.0
6	2010	103	146		141	17.9	16.4
6	2011	101	129		131	14.9	15.9
6	2012	104	140		124	18.5	16.0
6	2013	101	132		128	16.9	17.1
6	2014	102	132		129	16.5	16.8
6	2015	100	126		128	17.9	17.4
7	2006	103	160		154	21.5	20.9
7	2007	103	163		154	20.6	19.2
7	2008	103	144		138	19.2	18.4
7	2010	99	156		152	18.5	19.1
7	2011	104	156		155	18.6	19.2
7	2013	106	127		122	16.2	14.7
7	2014	104	127		135	14.8	15.3
8	2010	106	156		155	21.4	20.8
8	2011	104	160		154	21.2	20.6
8	2012	102	152		159	19.8	21.3
8	2013	114	185		153	27.5	20.4
8	2014	104	150		148	20.6	19.9
8	2015	106	151		147	20.1	19.6

BedrijfsID	jaar	VEM-dekking /		N-excretie		P-excretie	
		koe		meting	KLW	meting	KLW
		meting	meting				
9	2006	104	178	165	23.8	23.2	
9	2007	108	178	152	23.3	20.2	
9	2008	110	170	142	23.8	21.3	
9	2009	106	160	145	22.0	20.6	
9	2010	103	147	137	20.7	18.3	
9	2012	108	172	152	21.7	16.7	
9	2013	107	167	149	22.9	19.9	
9	2014	114	164	155	22.5	19.1	
9	2015	107	162	167	21.9	22.3	
10	2006	106	179	150	26.3	24.5	
10	2007	109	156	131	23.3	21.6	
10	2008	106	150	123	23.4	19.2	
10	2009	101	158	130	23.5	21.1	
10	2010	106	141	145	18.4	20.0	
10	2011	105	171	176	24.1	25.8	
10	2012	107	146	145	21.3	20.3	
10	2013	103	146	147	21.0	21.7	
10	2014	104	153	162	24.3	23.7	
10	2015	105	160	152	22.0	23.4	
11	2007	103	169	157	26.4	19.9	
11	2008	93	152	166	20.9	19.0	
11	2009	98	152	149	20.5	18.3	
11	2010	108	159	149	21.2	19.6	
11	2011	103	159	161	21.0	20.3	
11	2012	102	179	166	21.9	21.9	
11	2015	103	163	156	23.0	23.5	
12	2006	104	145	131	21.4	19.1	
12	2007	110	158	153	23.5	21.0	
12	2008	105	125	117	19.8	17.8	
12	2009	104	138	124	22.5	19.9	
13	2006	106	153	151	20.1	20.4	
13	2007	106	175	148	21.1	18.9	
13	2008	100	165	159	22.6	20.9	
13	2009	103	161	166	22.8	22.2	
13	2010	102	153	166	19.7	21.2	
13	2011	102	160	157	20.5	20.5	
13	2012	104	151	146	19.7	18.5	
13	2013	101	125	141	16.0	17.9	
13	2014	103	143	148	19.0	19.0	
13	2015	106	153	155	20.8	20.2	
14	2006	105	182	162	24.5	21.6	
14	2007	107	180	142	23.3	20.2	
14	2008	109	180	160	26.7	24.6	
14	2009	109	172	156	25.4	23.4	
14	2010	105	163	163	23.8	22.9	
14	2011	107	164	153	22.4	19.0	
14	2012	104	161	161	25.3	22.6	
14	2013	104	179	150	21.3	19.7	
14	2014	104	169	158	22.8	21.6	
14	2015	106	165	158	23.5	21.5	
15	2006	100	159	155	29.7	25.0	
15	2007	105	176	179	26.0	24.1	
15	2008	105	169	182	26.0	28.0	
15	2009	106	174	167	25.7	24.7	
15	2010	103	171	178	24.7	24.8	
15	2011	103	151	150	21.1	21.6	
15	2012	104	156	149	23.5	23.4	

BedrijfID	jaar	VEM-dekking /		N-excretie		P-excretie	
		koe		meting	KLW	meting	KLW
		meting	meting				
15	2013	102	102	156	153	24.2	23.7
15	2014	108	108	159	145	23.8	21.1
15	2015	104	104	148	141	22.3	22.4
16	2006	103	103	156	143	17.2	16.5
16	2007	107	107	157	136	19.1	16.1
16	2008	105	105	143	141	18.1	16.8
17	2006	102	102	176	166	25.3	24.8
17	2007	106	106	189	166	26.3	23.8
17	2008	102	102	176	177	22.9	25.5
17	2009	110	110	173	160	26.4	24.0
17	2010	104	104	154	164	23.7	25.0
17	2011	107	107	163	153	24.5	22.7
17	2012	109	109	161	157	24.4	24.7
17	2013	107	107	168	155	25.9	24.1
17	2014	101	101	175	168	25.8	27.7
17	2015	99	99	137	157	24.7	27.0
18	2006	107	107	175	169	22.8	20.6
18	2007	105	105	171	177	21.2	21.7
18	2008	103	103	179	173	24.2	22.9
18	2009	97	97	152	167	20.9	22.8
18	2010	98	98	154	163	20.6	22.4
18	2011	102	102	154	162	20.2	20.0
18	2012	102	102	151	147	19.5	20.5
18	2013	101	101	150	150	20.7	21.4
18	2014	107	107	146	148	19.3	19.1
18	2015	104	104	157	149	19.1	18.6
19	2006	99	99	156	172	17.2	19.0
19	2008	93	93	141	155	15.0	17.8
19	2010	106	106	147	136	16.8	15.0
19	2011	100	100	138	139	15.5	15.3
19	2012	97	97	138	150	17.9	17.6
19	2013	98	98	141	148	17.6	19.3
19	2014	97	97	142	155	18.4	18.8
19	2015	102	102	148	151	18.9	19.3
20	2010	105	105	163	151	18.0	18.9
20	2011	106	106	163	158	18.0	16.7

Bijlage 6 Gewasopbrengst per bedrijf

Tabel B6.1 Netto gewasopbrengst (kg/ha/jaar) van grasland, maisland 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.

		grasland						maisland						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
1	2010	17206	20103	396	430	157	165	13500	14774	181	192	77	81	16140	18570	334	362	134	141
1	2011	16919	20540	371	419	142	155	14180	15663	170	182	84	90	16104	19088	311	348	125	136
1	2012	14149	16773	318	347	131	139	14796	15040	161	157	88	86	14332	16283	273	293	119	124
1	2013	17049	18576	390	396	145	142	12977	13235	143	142	71	70	15844	16994	317	321	123	121
1	2014	17204	18945	395	410	178	176	18809	19654	205	206	103	104	17525	19087	357	369	163	162
1	2015	16713	19046	343	362	142	145	15169	14949	165	158	85	80	16407	18233	307	322	130	132
2	2006	8373	8006	203	197	72	59	11313	10726	168	165	53	50	9095	8674	194	189	68	57
2	2007	10706	12770	254	295	90	100	7135	9283	116	155	35	45	10358	12430	240	281	84	95
3	2010	10978	13943	303	370	99	118	19895	24149	248	277	89	101	12492	15676	294	354	97	115
3	2011	11039	12725	306	339	96	106							11039	12725	306	339	96	106
3	2012	12309	14232	320	343	111	118	12000	11651	110	103	51	52	12276	13949	297	317	105	111
3	2013	10675	11857	337	331	94	89	18500	21185	216	228	78	89	11268	12564	328	323	93	89
3	2014	12034	11141	343	304	112	95	17425	14917	181	157	80	66	12639	11565	325	288	108	92
3	2015	11052	9925	329	284	97	78							11052	9925	329	284	97	78
4	2006	12607	14042	333	342	120	115	19805	21779	241	256	102	110	13790	15314	318	328	117	114
4	2007	13795	14391	314	304	119	117	20039	21778	237	264	138	148	15039	15863	298	296	123	123
4	2008	10317	10085	254	229	83	84	20667	22438	246	256	100	108	11552	11559	253	232	85	87
4	2009	11608	12697	301	301	102	101	19965	23625	236	270	101	114	12516	13884	294	298	102	102
4	2010	13714	14937	360	354	119	116	14734	13210	174	159	64	55	13953	14533	316	308	106	102
4	2011	10931	11697	262	279	103	99	19145	21363	230	242	86	90	13254	14431	253	269	98	96
4	2012	13333	12920	295	294	111	113	19859	17942	229	191	92	79	14964	14175	278	268	107	105
4	2013	14488	14375	355	340	127	119	17089	15743	200	176	86	80	15014	14652	323	307	119	111
4	2014	16619	17073	416	436	173	173							16619	17073	416	436	173	173

		grasland						maaisland						bedrijf					
		droge stof			P ₂ O ₅			droge stof			P ₂ O ₅			droge stof			N		
		meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
4	2015	13303	13966	326	325	134	130	13303	13966	326	325	134	130	13303	13966	326	325	134	130
5	2006	10831	12315	292	319	92	95	13180	16676	177	219	47	59	11304	13192	269	299	83	88
5	2007	15184	16071	362	374	125	126	17067	17588	174	183	77	77	15575	16386	323	334	115	116
5	2008	11290	12318	300	321	102	106	14796	16941	186	218	67	76	12298	13646	267	291	92	97
6	2010	9053	8841	285	270	76	68							9053	8841	285	270	76	68
6	2011	9186	9234	265	252	76	71							9186	9234	265	252	76	71
6	2012	10847	10699	274	255	96	85							10847	10699	274	255	96	85
6	2013	8251	8136	249	248	79	74							8251	8136	249	248	79	74
6	2014	13672	13030	439	408	135	124							13672	13030	439	408	135	124
6	2015	9112	9195	270	271	77	72							9112	9195	270	271	77	72
21	2015	7216	7037	205	195	68	64	16766	14538	193	164	77	65	9091	8510	203	189	70	64
7	2006	10306	11617	303	323	94	95	14737	17461	166	199	63	69	11517	13214	266	289	85	88
7	2007	11372	12452	313	331	112	109	13008	12139	148	141	55	51	11793	12371	271	282	98	94
7	2008	13108	14403	356	397	123	136	13895	13068	154	128	62	56	13210	14230	329	362	116	126
7	2009	10759	12160	318	338	101	98	16000	18587	166	195	73	81	12162	13881	277	300	93	93
7	2010	8351	9470	242	255	68	69	15329	15483	162	152	71	65	10065	10947	222	230	69	68
7	2011	10007	11004	258	263	85	83	16606	17784	183	188	70	71	11892	12941	237	242	81	80
7	2012	12042	15671	283	349	110	130	18700	21563	191	206	83	90	13452	16919	264	319	104	122
7	2013	12537	12524	344	338	109	101	14255	15817	167	180	60	65	13030	13470	293	293	95	91
7	2014	11898	12556	303	292	126	119	17944	21108	201	231	77	88	12636	13600	291	285	120	115
8	2010	8993	8771	253	235	87	77	18257	17186	228	207	80	74	11666	11199	246	227	85	76
8	2011	10328	10616	291	281	108	102	16296	16244	193	185	65	67	12049	12238	263	253	96	92
8	2012	11560	12023	301	295	123	116	17295	18576	205	213	76	78	13113	13798	275	273	110	106
8	2013	10643	10319	298	275	101	94	16000	15589	182	168	71	68	12207	11858	264	244	92	86
8	2014	9045	10477	247	278	98	109	15409	19322	185	232	73	90	10280	12194	235	269	93	105
8	2015	11294	11444	339	326	118	111	16000	19867	166	203	70	83	11925	12573	316	310	112	107
9	2006	10030	10194	298	299	94	93	17895	26009	232	271	72	96	12216	14591	279	291	87	94
9	2007	8909	8689	235	220	80	80	15480	15752	178	182	71	72	10581	10486	221	210	78	78
9	2008	10573	10570	259	248	94	94	15789	22750	183	270	73	104	11449	12615	247	252	91	96
9	2009	9817	10856	236	241	86	85	16941	17399	203	209	81	80	11773	12653	227	232	85	84
9	2010	10138	11346	270	278	103	95	16997	15318	223	194	74	64	11911	12373	258	256	95	87
9	2011	8711	9154	257	251	82	74	16000	15821	189	183	69	66	10798	11063	238	232	78	72

		grasland						maaisland						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	2012	10044	10352	268	253	92	80	16000	20057	169	205	70	84	11681	13019	241	240	86	81
9	2013	9184	10663	231	234	83	80	16558	17993	180	191	73	74	10968	12437	219	224	81	79
9	2014	10022	9937	283	258	102	88	18000	19036	210	210	80	84	11561	11693	269	249	98	87
9	2015	9179	8975	243	217	87	74	17731	18876	187	190	77	79	10849	10908	232	212	85	75
10	2006	7994	6675	207	192	68	77	14648	18963	187	248	79	100	9695	9817	202	206	71	83
10	2007	7154	7293	184	198	70	78	14953	14231	171	169	63	62	8672	8644	181	192	69	75
10	2008	9195	7864	256	215	90	79	14690	16260	167	186	78	82	10267	9502	239	209	88	80
10	2009	6303	5540	167	144	57	49	17383	17481	220	212	92	88	7668	7011	174	152	61	54
10	2010	6824	6966	195	195	64	65	18729	19846	234	253	90	96	8424	8697	200	203	68	69
10	2011	7422	7609	193	192	65	70	18165	20967	235	274	93	101	9370	10032	200	207	70	76
10	2012	7972	8775	193	208	72	79	17600	17185	172	186	86	100	9131	9788	191	205	74	82
10	2013	6456	6653	170	167	63	62	17533	18683	199	207	87	89	9720	10198	178	179	70	70
10	2014	7841	7964	208	205	83	77	15000	15286	156	154	88	91	9246	9400	197	195	84	80
10	2015	7557	8496	208	227	75	79	17000	17351	207	180	78	73	9410	10233	208	218	76	78
22	2015	9407	10156	249	265	78	75	15653	15817	188	184	64	62	10631	11265	237	249	75	72
11	2007	11670	12558	324	346	116	116	18947	21515	225	267	85	95	13396	14683	301	327	109	111
11	2008	10199	10289	281	273	86	83	17368	21773	196	251	78	96	12001	13175	260	267	84	86
11	2009	9498	9259	269	245	84	75	15786	15100	174	162	77	70	11070	10719	245	224	82	74
11	2010	8731	9270	251	248	77	74	14734	17910	184	214	71	83	10235	11435	235	239	75	76
11	2011	10633	11718	288	299	88	83	18165	20148	212	227	76	81	12783	14124	266	278	85	82
11	2012	11971	12831	311	316	110	112	16326	17300	172	177	67	67	13222	14115	271	276	98	99
11	2013	9534	8135	235	191	77	60	14299	12422	160	135	59	48	10292	8817	223	182	74	58
11	2014	10552	10835	289	282	110	100	18008	17814	190	179	93	87	11906	12103	271	263	107	98
11	2015	9489	9239	250	228	86	76	16000	16527	182	180	70	69	10725	10622	237	219	83	75
12	2006	6640	6823	196	217	56	66	14035	13932	156	160	72	70	8017	8146	188	206	59	67
12	2007	10675	12338	314	363	105	117	12399	12349	151	148	59	57	11069	12341	277	314	95	103
12	2008	8858	7905	249	223	84	77	13737	14333	145	154	58	59	9970	9370	226	207	78	73
12	2009	10175	10165	284	266	96	98	14664	14992	153	151	69	67	11379	11459	249	235	89	90
13	2006	8092	7120	215	185	71	59	12917	12400	157	169	61	52	8881	7983	205	182	69	58
13	2007	9641	10964	258	263	85	86	15789	20045	167	215	53	66	10640	12440	243	255	80	83
13	2008	7367	7784	194	203	68	69	17368	16787	198	206	66	63	8945	9204	195	203	68	68
13	2009	7257	7706	192	223	62	62	16280	18637	198	223	71	78	8720	9478	193	223	64	65

		grasland						maisland						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	meting	KLW	meting	KLW	meting	KLW
13	2010	9118	9894	252	265	87	86	16883	17968	208	215	74	75	11023	11874	241	253	84	83
13	2011	8849	9242	240	240	85	80	15734	18089	181	204	66	73	10393	11226	227	232	80	78
13	2012	10069	11572	256	275	90	94	15738	16304	166	167	66	67	11443	12719	234	249	84	87
13	2013	8366	8360	224	217	79	73	13005	14121	152	161	54	59	9490	9756	207	203	73	70
13	2014	9893	10773	261	262	94	94	14787	16617	163	177	67	72	11098	12212	237	241	88	89
13	2015																		
14	2006	11141	12197	349	380	106	110	13020	12718	165	164	67	64	11734	12361	290	312	94	95
14	2007	13139	14518	361	386	119	128	17201	16668	194	184	82	103	13838	14888	332	351	113	124
14	2008	12361	12716	307	298	112	119	14441	14207	177	175	69	69	12697	12957	286	278	105	111
14	2009	10808	11867	284	296	101	104	16886	16845	216	215	85	81	12568	13309	265	273	97	97
14	2010	10593	11327	281	298	112	111	15014	20725	197	264	72	96	11752	13791	259	289	101	107
14	2011	9995	10606	294	304	101	93	18000	17380	219	210	95	88	11804	12137	277	283	100	92
14	2012	10704	11489	294	304	108	111	18754	16501	204	174	88	72	12071	12340	279	282	105	104
14	2013	11946	12635	311	342	107	107	17960	19287	174	196	85	89	13629	14496	273	301	101	102
14	2014	10879	12077	305	329	112	112	14892	15984	155	163	68	70	11640	12818	277	298	104	104
14	2015	9988	11627	255	277	95	100	18602	21974	202	217	95	113	11431	13361	246	267	95	102
15	2006	10836	12914	297	297	105	106							10836	12914	297	297	105	106
15	2007	12405	13041	302	294	120	120							12405	13041	302	294	120	120
15	2008	10552	10955	284	292	99	102							10552	10955	284	292	99	102
15	2009	11766	11320	315	283	106	98							11766	11320	315	283	106	98
15	2010	10316	11105	302	306	96	92							10316	11105	302	306	96	92
15	2011	11831	12802	258	257	104	101	15250	16473	195	205	75	84	11940	12919	256	255	103	100
15	2012	13229	12849	299	261	122	113	19000	25737	195	227	89	105	13458	13359	295	260	121	113
15	2013	12001	11884	319	309	118	114	18000	18379	207	208	74	77	12953	12914	302	293	111	108
15	2014	13021	12692	311	281	139	125	14876	13555	140	119	74	69	13320	12831	283	255	128	116
15	2015	14008	14800	363	356	150	147	16129	17719	191	204	80	85	14377	15307	333	330	138	136
16	2006	8695	7671	280	263	85	75	16098	15210	201	195	61	58	9287	8274	274	258	83	74
16	2007	12152	10123	387	356	120	105	15709	16820	186	210	66	74	12876	11487	346	326	109	99
16	2008	14151	17397	407	492	141	165	15263	17451	181	211	63	70	14421	17410	352	424	122	142
17	2006	9274	10993	248	275	83	87							9274	10993	248	275	83	87
17	2007	8744	9585	219	229	82	80							8744	9585	219	229	82	80
17	2008	8215	8982	219	230	80	80							8215	8982	219	230	80	80

		grasland						maisland						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
17	2009	9208	9670	251	248	90	85							9208	9670	251	248	90	85
17	2010	9269	10329	211	224	83	89							9269	10329	211	224	83	89
17	2011	7429	8386	161	170	71	65							7429	8386	161	170	71	65
17	2012	8969	8439	218	229	83	80							8969	8439	218	229	83	80
17	2013	9082	9499	224	231	82	84							9082	9499	224	231	82	84
17	2014	8403	8362	197	201	81	78							8403	8362	197	201	81	78
17	2015	8321	7636	203	185	80	75	9328	9850	67	69	45	45	8391	7791	194	177	77	73
18	2006	9302	9573	273	290	93	84	16664	15567	187	183	73	65	9755	9941	267	283	92	83
18	2008	11815	11265	352	334	116	105							11815	11265	352	334	116	105
18	2009	9660	10975	269	291	95	99							9660	10975	269	291	95	99
18	2010	8625	8819	242	247	82	78							8625	8819	242	247	82	78
18	2011	9170	9689	259	275	84	83							9170	9689	259	275	84	83
18	2014	10521	11233	303	306	116	104	18000	19874	213	231	88	91	11352	12193	293	298	113	103
18	2015	9273	10159	264	273	95	91	16000	18274	174	193	73	80	10303	11401	250	261	92	89
19	2006	10794	12737	329	376	87	90	12160	14422	134	158	58	67	11050	13053	292	335	82	86
19	2007	12893	14766	343	377	118	109	12632	10708	127	95	54	45	12844	14005	302	324	106	97
19	2008	10357	9996	273	270	94	83	14737	16144	150	174	63	73	11178	11149	250	252	88	81
19	2009	10810	11662	257	259	95	90	18000	19531	196	209	77	81	12158	13137	245	250	92	88
19	2010	10236	10921	295	301	91	83	17154	19713	203	218	75	89	11548	12588	278	285	88	84
19	2011	9975	9797	279	260	83	75	13675	14306	171	157	64	66	10665	10638	259	241	79	73
19	2012	11144	12631	266	284	92	95	15241	16379	154	160	70	73	11900	13323	245	261	88	91
19	2013	11299	11438	313	293	97	88	18230	20041	201	212	79	87	12579	13026	292	278	94	88
19	2014	13498	14326	374	377	127	120	19500	19192	222	208	89	84	14606	15224	346	346	120	113
19	2015	12490	12425	346	322	107	95	18167	18312	189	194	75	71	13411	13381	321	301	101	91

Correspondentie adres voor dit rapport:

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

Rapport 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.



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Correspondentie adres voor dit rapport:
Postbus 16
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wur.nl/plant-research

Rapport 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.

