

Hoe gaat RVO.nl om met de nauwkeurigheid van hoeveelheden aan- en afgevoerde mineralen?

21 december 2018

Nanny Heidema, Martin Knotters

Wageningen Environmental Research

Herfst 2018

O land van mest en mist ...

(P.A. de Genestet, november 1851)

Inleiding

RVO.nl berekent de hoeveelheden stikstof en fosfaat die op een bedrijf worden aan- en afgevoerd en worden gebruikt, op basis van de gegevens die door de bedrijven worden aangeleverd. Om te vermijden dat de werkelijke hoeveelheden worden overschat, wordt rekening gehouden met de nauwkeurigheid waarmee hoeveelheden mest en gehalten aan stikstof en fosfaat zijn bepaald. Bij de beboeting gaat de RVO.nl uit van de hoeveelheid stikstof of fosfaat die overblijft na aftrek van een onnauwkeurigheidsmarge. RVO.nl hanteert de zogeheten *standaardfout* als maat voor de nauwkeurigheid. Hieronder volgt eerst de uitleg van de standaardfout. Vervolgens volgt een voorbeeld voor elke post in de berekening van de aangevoerde hoeveelheden stikstof, waarbij rekening wordt gehouden met de onnauwkeurigheidsmarge. Deze voorbeelden zijn ook van toepassing op de hoeveelheden fosfaat en gelden tegengesteld ook wanneer sprake is van afvoer. De voorbeelden hebben betrekking op de volgende posten:

- aan- en afvoer dierlijke mest;
- aan- en afvoer kunstmest;
- aan- en afvoer overige meststoffen.

Bovendien wordt bij bedrijven met staldieren bij de volgende posten rekening gehouden met onnauwkeurigheid:

- aan- en afvoer staldieren;
- aan- en afvoer diervoer (ruw- en krachtvoer);
- ruwvoerproductie;
- afvoer eieren.

Standaardfout

Het is in de praktijk niet mogelijk om alles foutloos en uitputtend te meten. Hoeveelheden mest, dieren en/of voer worden gewogen, gehalten aan mineralen moeten worden bepaald op basis van steekproeven. Een vracht wordt gewogen met een bepaalde nauwkeurigheid.

De hoeveelheden stikstof en fosfaat in de vracht worden berekend uit het gewicht van de vracht en de gehalten aan stikstof en fosfaat. Deze gehalten kunnen met een bepaalde nauwkeurigheid worden bepaald uit een steekproef van monsters. Als er geen monsters zijn genomen, dan worden zogeheten forfaitaire gehalten gehanteerd, die ook een bepaalde nauwkeurigheid hebben.

Als een meting of een steekproef alsmat herhaald zou worden, wordt telkens een andere hoeveelheid of een ander gehalte gevonden. Deze spreiding geeft de nauwkeurigheid weer. Hoe minder spreiding er is in deze berekende of gemeten hoeveelheden en gehalten, hoe nauwkeuriger een berekende of gemeten waarde is. De standaardfout is een maat voor deze spreiding en daarmee een maat voor de nauwkeurigheid. De standaardfout (in formules met de afkorting *s.f.* weergegeven) van bijvoorbeeld een gemiddelde wordt bij de meest eenvoudige steekproef (enkelvoudig aselechte steekproef) als volgt berekend:

$$s.f. = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

waarin n het aantal steekproefpunten is en s de geschatte standaardafwijking van de doelvariabele in de populatie.

De standaardfouten zijn in 2006 bepaald vanuit empirische gegevens en expert judgement en weergegeven in tabellen die zijn gereviewd door de CDM (CDM, 2012; CDM Werkgroep Evaluatie Rekentool, 2014). Omdat in die tabellen vrijwel alle standaardfouten als relatieve standaardfout ($s.f._{rel}$) zijn gegeven worden eerst de (absolute) standaardfouten ($s.f.$) berekend:

$$s.f.(x) = s.f._{rel}(x) * x \quad \text{(formule 1)}$$

waarin

$s.f.(x)$ = standaardfout van x ,

$s.f._{rel}(x)$ = de relatieve standaardfout van x ,

x = de hoeveelheid, het gehalte of het aantal dieren.

Bij het rekenen met standaardfouten worden de volgende algemene rekenregels voor standaardafwijkingen (σ) en varianties (σ^2) gehanteerd:

1. vermenigvuldigen van een variabele, x , met een constante, a :

Als

$$y = a * x$$

dan

$$\sigma(y) = \sqrt{a^2 * \sigma^2(x)} \quad (\text{formule 2})$$

2. vermenigvuldigen van twee variabelen, x en y :

Als

$$z = x * y$$

dan

$$\sigma(z) = \sqrt{\sigma^2(x) * \sigma^2(y) + x^2 * \sigma^2(y) + y^2 * \sigma^2(x)} \quad (\text{formule 3})$$

3. optellen van twee variabelen, x en y :

Als

$$z = x + y$$

dan

$$\sigma(z) = \sqrt{\sigma^2(x) + \sigma^2(y)} \quad (\text{formule 4})$$

Bovenstaande formules worden automatisch toegepast in de rekenmodule welke ten grondslag ligt aan de boeteberekening.

Voorbeeld 1 Hoeveelheid stikstof in gewogen en bemonsterde dierlijke mest

Bij dierlijke mest worden verschillende mestcodes onderscheiden. Hoeveelheden worden per mestcode berekend. Een bedrijf geeft op dat het in 2015 vier vrachten dierlijke mest met mestcode 33 heeft afgevoerd. De vrachten zijn bemonsterd en geanalyseerd. Uit de analyses blijkt dat vrachten met 121, 279, 198 en 402 kilogram stikstof zijn aangevoerd.

- De vier vrachten sommeren tot een hoeveelheid stikstof, K , van 1000 kilogram. Bij de berekening van de standaardfout wordt aangenomen dat de hoeveelheid mest in gelijke hoeveelheden is aangevoerd, in dit voorbeeld dus in vier vrachten met elk 250 kilogram stikstof.
- De relatieve standaardfout, $s.f._{rel}$, voor 2015 en mestcode 33, voor de hoeveelheid stikstof, is volgens de tabellen, die door de CDM zijn gereviewd (CDM, 2012; CDM Werkgroep Evaluatie Rekentool, 2014), gelijk aan 0,15. Voor 1000 kilogram stikstof is de standaardfout, $s.f.(K)$, volgens formule 1 dus gelijk aan 150 kilogram. Uit de rekenregel voor het vermenigvuldigen van variabelen met een constante (formule 2) en de rekenregel voor het optellen van standaardfouten (formule 4) volgt dat wanneer 1000 kilogram stikstof gelijk verdeeld is over n vrachten, de standaardfout gelijk wordt aan:

$$s.f.(M) = \sqrt{n * s.f.^2(K_i)} = \sqrt{n * \frac{s.f.^2(K)}{n^2}} = \frac{s.f.(K)}{\sqrt{n}}$$

waarin K_i de hoeveelheid stikstof in één van de n gelijke vrachten is ($n = 4$) en K de totale hoeveelheid stikstof verdeeld over gelijke vrachten is. Dus in dit voorbeeld is de standaardfout van de aangevoerde hoeveelheid stikstof via vier vrachten bemonsterde dierlijke mest:

$$s.f.(M) = \frac{150}{\sqrt{4}} = 75 \text{ kilogram stikstof.}$$

Omdat dit voorbeeld betrekking heeft op aangevoerde gewogen en geanalyseerde dierlijke mest, wordt de bijstelling 75 kilogram stikstof. In dit voorbeeld is deze bijgestelde hoeveelheid gelijk aan $1000 - 75 = 925$ kilogram stikstof, aangevoerd via dierlijke mest.

Voorbeeld 2 Hoeveelheid stikstof in dierlijke mest, meerdere mestcodes

Bij aan- of afvoer van meerdere mestsoorten, met verschillende mestcodes, wordt eerst **per mestcode** de standaardfout van de hoeveelheden stikstof en fosfaat berekend op de wijze die in voorbeeld 1 is geïllustreerd voor bemonsterde vrachten mest.

Bij een overschrijding van een gebruiksnorm, het niet voldoen aan de verantwoordingsplicht of het niet voldoende verwerken wordt door RVO.nl bij het vaststellen van de bestuurlijke boete standaard rekening gehouden met een handhavingsmarge. Deze marge wordt ook wel bijstelling genoemd. RVO.nl gebruikt de standaardfouten per post en per mestcode om de grootte van de bijstelling te bepalen.

In afwijking van de rekenregel voor het optellen van twee variabelen (formule 4), telt RVO.nl geen varianties bij elkaar op maar de standaardafwijkingen per aan- of afvoerpost en per mestcode, bij vrachten die zijn gewogen en bemonsterd (voorbeeld 1). Dit leidt tot grotere bijstellingen dan wanneer de rekenregel (formule 4) zou zijn gevolgd. Bij vrachten mest die niet gewogen en bemonsterd zijn vindt geen bijstelling plaats.

Stel dat het bedrijf uit voorbeeld 1 in 2015 naast de vier gewogen en bemonsterde vrachten mest met mestcode 33 ook vier vrachten gewogen en bemonsterde vrachten mest met mestcode 11 heeft aangevoerd. De procedure is nu als volgt:

- De hoeveelheid stikstof via mest met mestcode 33 die in vier vrachten is aangevoerd bedraagt 1000 kilogram stikstof, zie voorbeeld 1. De vrachten zijn bemonsterd. Uit voorbeeld 1 volgt dat de standaardfout van deze aangevoerde hoeveelheid stikstof 75 kilogram stikstof is.

- Daarnaast zijn vier vrachten met mestcode 11 aangevoerd. Ook deze vier vrachten zijn bemonsterd. Uit de analyses blijkt een vracht met 97, 219, 298 en 386 kilogram stikstof te zijn aangevoerd. Deze vier vrachten sommen tot een hoeveelheid stikstof, K , van 1000 kilogram.
- De relatieve standaardfout, $s.f._{rel}$ voor 2015 en mestcode 11, voor de hoeveelheid stikstof, is volgens de tabellen, die door de CDM zijn gereviewd (CDM, 2012; CDM Werkgroep Evaluatie Rekentool, 2014), gelijk aan 0,10.
- De standaardfout van de aangevoerde hoeveelheid stikstof via mestcode 11 wordt op dezelfde manier berekend als in voorbeeld 1 en is 50 kilogram.
- Vervolgens wordt de rekenregel voor het optellen van twee variabelen gebruikt om de standaardfout van de totale hoeveelheid aan- of afgevoerde stikstof via dierlijke mest te berekenen (formule 4). De totale hoeveelheid stikstof die via dierlijke mest is aangevoerd, is 2000 kilogram stikstof. De bijbehorende standaardfout wordt berekend met de rekenregel voor het optellen van standaardfouten (formule 4):

$$s.f.(M_{aangevoerd}) = \sqrt{\sigma^2(M_{33}) + \sigma^2(M_{11})} = \sqrt{75^2 + 50^2} = 90 \text{ kilogram stikstof.}$$

RVO.nl wijkt echter van de bovenstaande procedure af, door niet varianties bij elkaar op te tellen maar standaardafwijkingen. De bijstelling van aangevoerde dierlijke mest wordt dan: $75 + 50 = 125$ kilogram stikstof.

Wanneer de rekenregel voor het optellen van variabelen (formule 4) zou zijn toegepast, dan zou de bijstelling lager zijn, namelijk $\sqrt{75^2 + 50^2} = 90$ kilogram stikstof. Om te vermijden dat bij een overschrijding van een gebruiksnorm, het niet voldoen aan de verantwoordingsplicht of het niet voldoende verwerken de via dierlijke mest aangevoerde hoeveelheden mineralen worden overschat, rekent RVO.nl met bijgestelde hoeveelheden. In dit voorbeeld is deze bijgestelde hoeveelheid gelijk aan $2000 - 125 = 1875$ kilogram stikstof, aangevoerd via dierlijke mest.

Voorbeeld 3 Kunstmest

Bij kunstmest komt de berekening van de totale hoeveelheid stikstof en fosfaat en de berekening van de standaardfout overeen met voorbeeld 1.

Voorbeeld 4 Overige mest

Bij overige meststoffen komt de berekening van de totale hoeveelheid stikstof en fosfaat en de berekening van de standaardfout overeen met voorbeeld 1 en 2. Evenals bij dierlijke mest vindt echter geen bijstelling plaats wanneer de vrachten niet zijn gewogen en bemonsterd.

Voorbeeld 5 Hoeveelheid stikstof in gewogen staldieren

Bij staldieren worden verschillende diercategorieën onderscheiden. De hoeveelheden meststoffen in aan- en afgevoerde dieren wordt per diercategorie berekend. Een bedrijf geeft op dat het in 2015 vleeskalkoenhanen, staldiercategorie Ka5, heeft afgevoerd en dat in vier vrachten heeft gedaan.

- De vier vrachten sommeren tot een aantal, A , van 10000 dieren. Bij de berekening neemt RVO.nl aan dat het aantal dieren gelijkmatig is verdeeld over vier vrachten, dus 2500 dieren per vracht.
- Uit weging van de dieren berekent RVO.nl het (gemiddelde) gewicht per dier. Uit de gegevens over de vier vrachten en de wegingen blijkt het gemiddelde gewicht 11 kilogram per dier, D , te zijn.
- Omdat het gewicht per dier bekend is rekt RVO.nl met de forfaitaire gehalten van stikstof en fosfaat per kilogram lichaamsgewicht, F . Het forfaitaire gehalte is 0,033 kilogram stikstof per kilogram lichaamsgewicht.
- De relatieve standaardfout, $s.f._{rel}$, voor het aantal dieren is 0,03. Voor 10000 dieren is de standaardfout, $s.f.(A)$, dus gelijk aan 300 dieren.
- De relatieve standaardfout, $s.f._{rel}$, van het door weging bepaalde gewicht per dier is 0,001. Dus de standaardfout, $s.f.(D)$, is dus gelijk aan 0,011 kilogram per dier.
- De relatieve standaardfout, $s.f._{rel}$, voor het forfaitaire gehalte per kilogram lichaamsgewicht is 0,03. Dus de standaardfout, $s.f.(F)$, is dus gelijk aan 0,00099.
- Het totale gewicht, G , van de 10000 dieren is gelijk aan $A * D = 10000 * 11 = 110000$ kilogram.
- Uit de rekenregel voor het vermenigvuldigen van twee variabelen (formule 3) volgt dat de standaardfout van het totale gewicht, $s.f.(G)$, gelijk wordt aan:

$$s.f.(G) = \sqrt{s.f.^2(A) * s.f.^2(D) + A^2 * s.f.^2(D) + D^2 * s.f.^2(A)}$$
$$= \sqrt{300^2 * 0,011^2 + 10000^2 * 0,011^2 + 11^2 * 300^2} = 3302 \text{ kilogram.}$$

Uit de rekenregel voor het vermenigvuldigen van variabelen met een constante (formule 2) en de rekenregel voor het optellen van standaardfouten (formule 4) volgt dat wanneer de 10000 dieren en het gewicht per dier gelijk verdeeld is over vier vrachten, de standaardfout gelijk wordt aan:

$$s.f.(H) = \sqrt{n * s.f.^2(G_i)} = \sqrt{n * \frac{s.f.^2(G)}{n^2}} = \frac{s.f.(G)}{\sqrt{n}}$$

waarin H , het totale gewicht van de dieren, verdeeld is over gelijke vrachten, G_i het gewicht in één van de n gelijke vrachten is ($n = 4$). Dus in dit voorbeeld is de standaardfout van het totale gewicht H :

$$s.f.(H) = \frac{110000}{\sqrt{4}} = 1650,9 \text{ kilogram.}$$

- De totale hoeveelheid stikstof die met de dieren is afgevoerd is gelijk aan $H * F = 110000 * 0,033 = 3630$ kilogram stikstof.
- Uit de rekenregel voor het vermenigvuldigen van twee variabelen volgt dat de standaardfout van het totale gewicht, $s.f.(M)$, gelijk wordt aan:

$$\begin{aligned} & \sqrt{s.f.^2(H) * s.f.^2(F) + H^2 * s.f.^2(F) + F^2 * s.f.^2(H)} \\ & = \sqrt{1650,9^2 * 0,00099^2 + 110000^2 * 0,00099^2 + 0,033^2 * 1650,9^2} = 122 \\ & \text{kilogram.} \end{aligned}$$

Bij de aan- of afvoer van meerdere staldiercategorieën waarbij de vrachten gewogen zijn, gelden dezelfde berekeningen als in voorbeeld 2, de aan- of afvoer van meerdere bemonsterde dierlijke mest. Zijn de vrachten niet gewogen dan worden die hoeveelheden aan- of afgevoerde stikstof en fosfaat niet bijgesteld.

Bij het bepalen van de beboetbare kilogrammen stikstof berekent RVO.nl dus dat dit bedrijf via staldieren $3630 + 122 = 3752$ kilogram stikstof heeft afgevoerd.

Voorbeeld 6 Hoeveelheid stikstof in ruw- en krachtvoer

Bij ruw- en krachtvoer voor staldieren worden de hoeveelheden stikstof en fosfaat onderscheiden per staldiercategorie waarvoor het voer bestemd is. Net als bij voorbeeld 1 sommeert RVO.nl de hoeveelheid stikstof en fosfaat en nu per staldiercategorie waarvoor het voer bestemd is. Het bedrijf uit voorbeeld 5 heeft in 2015 voor zijn kalkoenen vier vrachten ruwvoer aangevoerd.

- Het gewicht van de vier vrachten sommeert tot 100 ton en de hoeveelheid stikstof, K , sommeert tot 2000 kilogram stikstof. Bij de berekening van de standaardfout wordt aangenomen dat de hoeveelheid voer in gelijke hoeveelheden is aangevoerd, in dit voorbeeld dus in vier vrachten met elk 500 kilogram stikstof.
- De relatieve standaardfout, $s.f._{rel}$ voor 2015, voor de hoeveelheid stikstof, is volgens de tabel van RVO.nl gelijk aan 0,01. De standaardfout, $s.f.(K)$ is dus gelijk aan 200 kilogram stikstof. Uit formule 2 en 4 volgt dat wanneer 2000 kilogram stikstof gelijk verdeeld is over vier vrachten, de standaardfout gelijk wordt aan:

$$s.f.(M) = \sqrt{n * s.f.^2(K_i)} = \sqrt{n * \frac{s.f.^2(K)}{n^2}} = \frac{s.f.(K)}{\sqrt{n}}$$

waarin K_i de hoeveelheid stikstof in één van de n gelijke vrachten is ($n = 4$) en K de totale hoeveelheid stikstof verdeeld over gelijke vrachten is. Dus in dit voorbeeld is de standaardfout van de aangevoerde hoeveelheid stikstof via ruwvoer:

$$s.f.(M) = \frac{200}{\sqrt{4}} = 100 \text{ kilogram stikstof.}$$

Bij de aan- of afvoer van ruwvoer bestemd voor meerdere staldiercategorieën waarbij de vrachten gewogen zijn, gelden dezelfde berekeningen als in voorbeeld 2.

Bij het bepalen van de beboetbare kilogrammen stikstof berekent RVO.nl dus dat dit bedrijf via ruwvoer $2000 - 100 = 1900$ kilogram stikstof heeft aangevoerd.

Voorbeeld 7 Hoeveelheid stikstof in het door en op het bedrijf geproduceerd ruwvoer.

Bijstelling van de hoeveelheid stikstof en fosfaat in het, door en op het bedrijf geproduceerd voer gebeurt alleen als het gewicht door weging is vastgesteld, hetgeen volgens RVO.nl meestal niet het geval is. Het volgende voorbeeld illustreert die uitzonderingsgevallen. Het bedrijf uit voorbeeld 5 en 6 heeft in 2015 op het eigen bedrijf voor de kalkoenen 100 ton ruwvoer geproduceerd. Bij het oogsten zijn de vier vrachten gewogen. De procedure is nu als volgt:

- Het gewicht van de vier vrachten sommeert tot 100 ton en de hoeveelheid stikstof, K , sommeert tot 500 kilogram stikstof. Bij de berekening van de standaardfout wordt aangenomen dat de hoeveelheid voer in gelijke hoeveelheden is aangevoerd, in dit voorbeeld dus in vier vrachten van 25 ton, met elk 125 kilogram stikstof.
- De relatieve standaardfout, $s.f._{rel}$ voor 2015, voor de hoeveelheid stikstof, is volgens de tabel van RVO.nl gelijk aan 0,15. De standaardfout, $s.f.(K)$ is dus gelijk aan 75 kilogram stikstof. Uit formule 2 en 4 volgt dat wanneer 500 kilogram stikstof gelijk verdeeld is over vier vrachten, de standaardfout gelijk wordt aan:

$$s.f.(M) = \sqrt{n * s.f.^2(K_i)} = \sqrt{n * \frac{s.f.^2(K)}{n^2}} = \frac{s.f.(K)}{\sqrt{n}}$$

waarin K_i de hoeveelheid stikstof in één van de n gelijke vrachten is ($n = 4$) en K de totale hoeveelheid stikstof verdeeld over gelijke vrachten is. Dus in dit voorbeeld is de standaardfout van de hoeveelheid stikstof van op het bedrijf geproduceerde ruwvoer:

$$s.f.(M) = \frac{75}{\sqrt{4}} = 37,5 \text{ kilogram stikstof.}$$

Als ruwvoer is geproduceerd en bestemd is voor meerdere staldiercategorieën, waarbij de vrachten gewogen zijn, dan gelden dezelfde berekeningen als in voorbeeld 3.

Bij het bepalen van de beboetbare kilogrammen stikstof rekent RVO.nl dus bij de post 'ruwvoer productie' met $500 - 37,5 = 462,5$ kilogram stikstof.

Voorbeeld 8 Hoeveelheid stikstof in afgevoerde eieren.

Bij eieren worden de hoeveelheid stikstof en fosfaat onderscheiden per type ei en per pluimvee staldiercategorie. Het bedrijf uit voorbeeld 6 de eieren van de kalkoenen afgevoerd in meerdere vrachten. De vrachten zijn gewogen.

- Het gewicht, G , van de vrachten sommeert tot een hoeveelheid van 100.000 kilogram.
- Voor het bepalen van de hoeveelheid stikstof en fosfaat in de hoeveelheid eieren hanteert RVO.nl een forfaitair gehalte, F , van 0,0194 kilogram stikstof per kilogram ei.
- De hoeveelheid stikstof, M , is dan gelijk aan $G * F = 100000 * 0,0194 = 1940$ kilogram stikstof.
- De relatieve standaardfout, $s.f._{rel}$ voor 2015, voor het gewicht dat door weging is bepaald, is volgens de tabel van RVO.nl gelijk aan 0,001. Voor 100.000 kilogram eieren is de standaardfout, $s.f.(G)$, volgens formule 1 dus gelijk aan 100 kilogram.
- De relatieve standaardfout, $s.f._{rel}$ voor 2015, voor het forfaitaire gehalte stikstof in dit type ei is volgens de tabel van RVO.nl gelijk aan 0,02. De standaardfout van het forfaitaire gehalte, $s.f.(F)$, is dus gelijk aan $0,0194 * 0,02 = 0,000388$ kilogram stikstof per kilogram ei (formule 1).
- Om de standaardfout van de hoeveelheid stikstof, $s.f.(M)$, te berekenen past RVO.nl vervolgens de rekenregel voor de variantie bij het vermenigvuldigen van twee variabelen (formule 3) toe:

$$s.f.(M) = \sqrt{s.f.^2(G) * s.f.^2(F) + G^2 * s.f.^2(F) + F^2 * s.f.^2(G)}$$

Dus in dit voorbeeld is de standaardfout van de afgevoerde hoeveelheid stikstof via eieren:

$$s.f.(M) = \sqrt{100^2 * 0,000388^2 + 100000^2 * 0,000388^2 + 0,0194^2 * 100^2} = 39$$

kilogram stikstof.

De bijstelling wordt 39 kilogram stikstof. Bij het bepalen van de beboetbare kilogrammen stikstof rekent RVO.nl dus bij de post 'afvoer eieren' met $1940 + 39 = 1979$ kilogram stikstof.