

RAV factoren van melkveestallen

Lely data

5.1.2.e

18 september 2023

1 Introductie

In 2022 heeft 5.1.2.e (Biometris, WUR) een analyse uitgevoerd voor 5.1.2.e en 5.1.2.e (Wageningen Livestock Research) waarbij emissiemetingen voor verschillende staltypen werden vergeleken. Voor elk staltype waren data van verschillende bedrijven beschikbaar. Dat leidde tot schattingen van gemiddelde NH₃ emissies voor ieder staltype, inclusief schattingen van betrouwbaarheidsintervallen, zowel voor de populatie van bedrijven die een bepaald staltype hanteren, als voor individuele bedrijven.

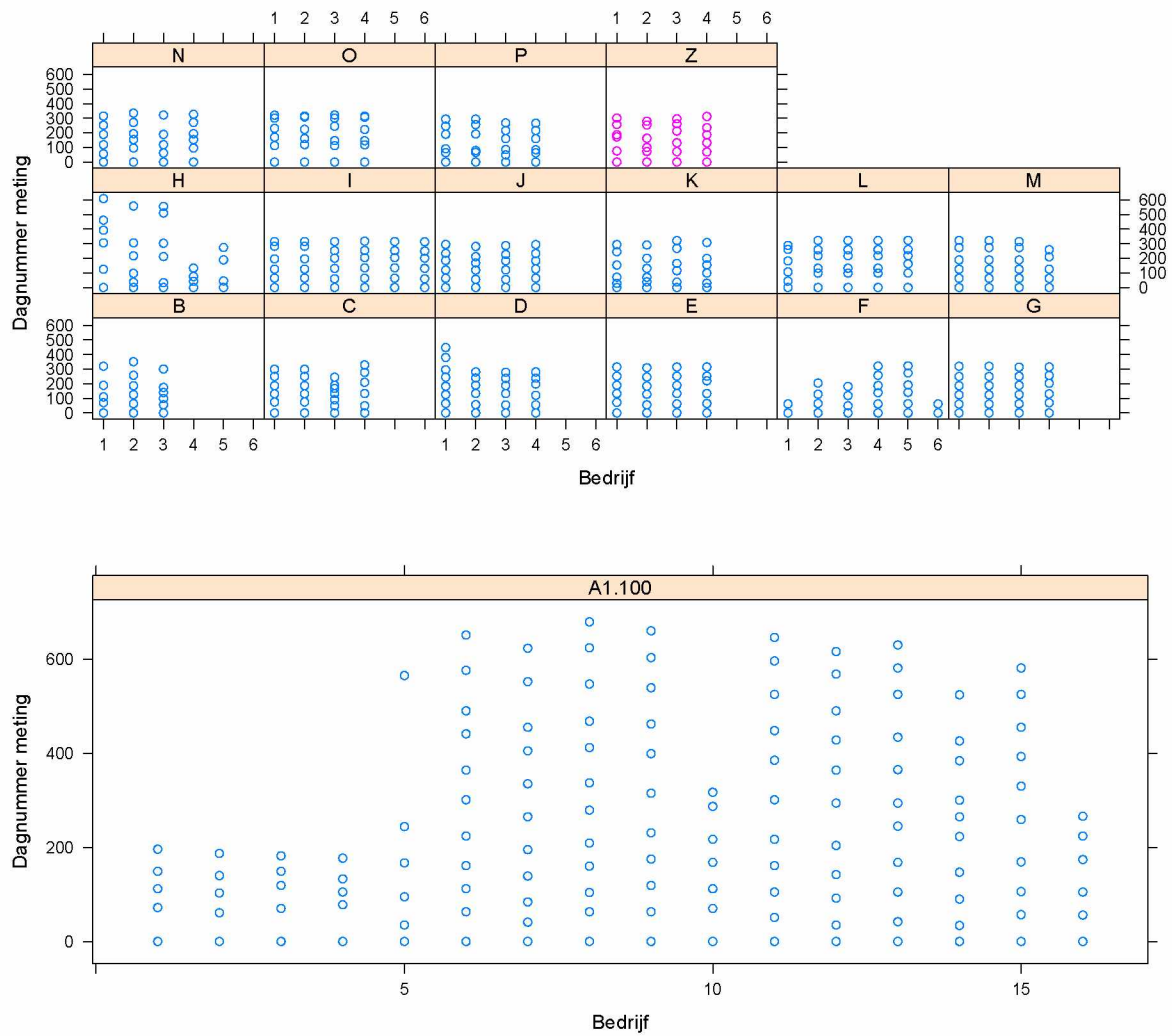
Recentelijk heeft Lely met WUR contact opgenomen met het verzoek deze analyse te herhalen, met medeneming van data die door Lely zelf zijn gemeten voor hun eigen systeem. Dit rapport presenteert de resultaten, waarbij de opbouw van het oorspronkelijke rapport van Goedhart is gehandhaafd, en waarbij de resultaten voor de Lely data (ontvangen op 13 september) zijn opgenomen. Uiteraard is een gecombineerde analyse alleen zinvol als de data op dezelfde manier verkregen zijn en volstrekt vergelijkbaar zijn – dat is door ons niet vast te stellen, maar is wel een aanname in het volgende.

De oorspronkelijke data bestaan uit 511 records van 76 bedrijven, waarbij 16 staltypen worden vergeleken (waaronder de standaard, A1.100). De Lely data voegen hier nog 24 records, afkomstig van vier bedrijven, aan toe. Hieronder wordt het aantal bedrijven per staltype samengevat (waarbij staltype “Z” het toegevoegde systeem van Lely betreft):

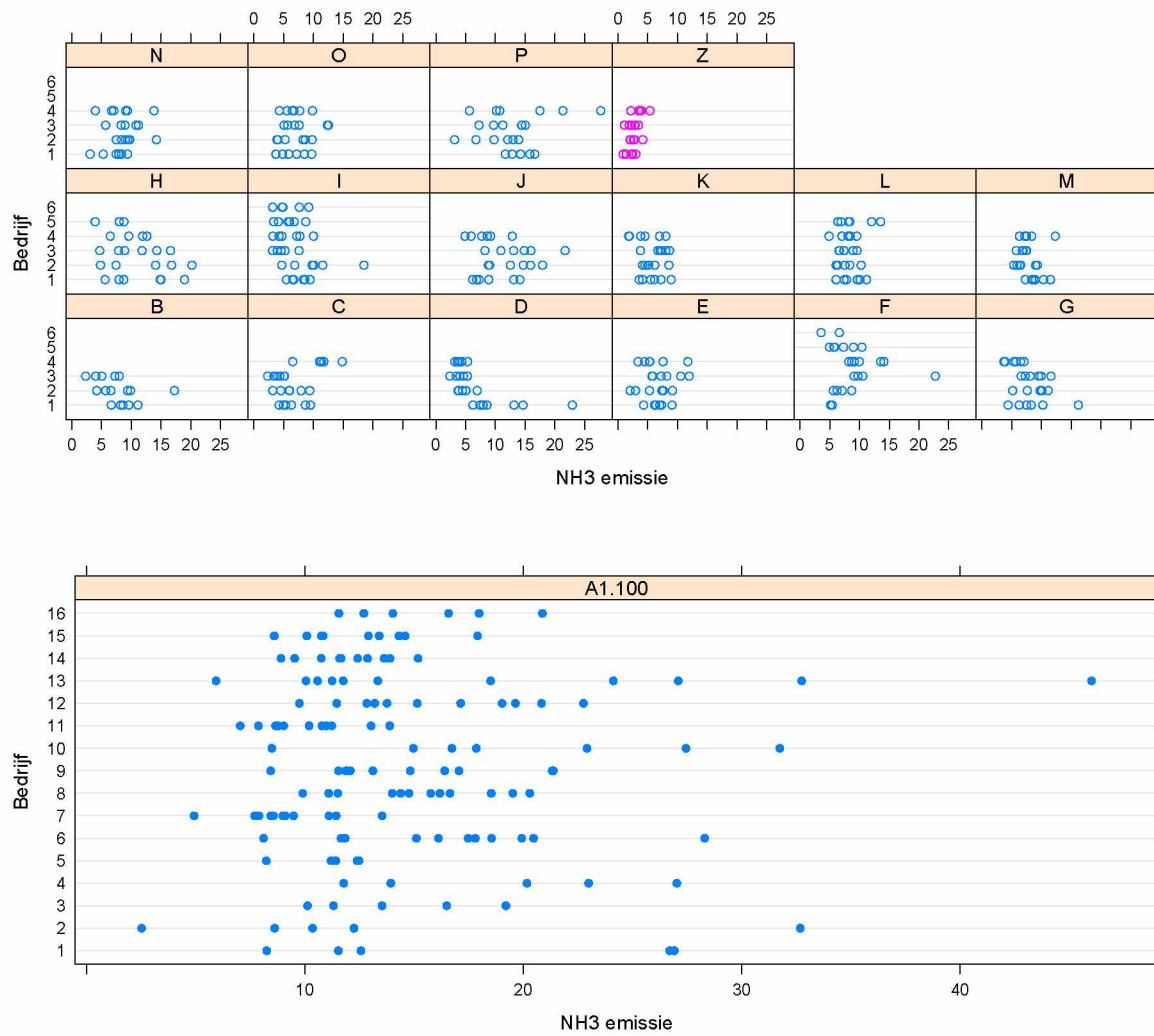
| | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1.100 | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
| 16 | 3 | 4 | 4 | 4 | 6 | 4 | 5 | 6 | 3 | 4 |
| L | M | N | O | P | Z | | | | | |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | |

In de oorspronkelijke data is informatie aanwezig over de meetinstantie – er is aangenomen dat er geen systematische verschillen tussen meetinstanties zijn. Deze informatie is bij de Lely data afwezig, maar is dus ook niet nodig in de analyse.

Figuur 1 laat zien dat de metingen van de Lely data met een vergelijkbare spreiding over het jaar zijn genomen als die van de eerdere data: ook daarin waren in de meeste gevallen gegevens verzameld over de periode van ongeveer een jaar. Figuur 2 geeft voor alle data de (ongecorrigeerde) NH₃ emissies weer.



Figuur 1: Dagnummers waarop de metingen voor de Lely-data zijn gedaan – de eerste dag van de meting is op nul gezet.



Figuur 2: NH3 emissies, in kg/dierplaats/jaar.

2 Statistische analyse

Net zoals in de oorspronkelijke analyse modelleren we de logaritme van de emissiewaarden als functie van het staltype (Rav), waarbij de factor `bedrijf` als random effect wordt meegenomen:

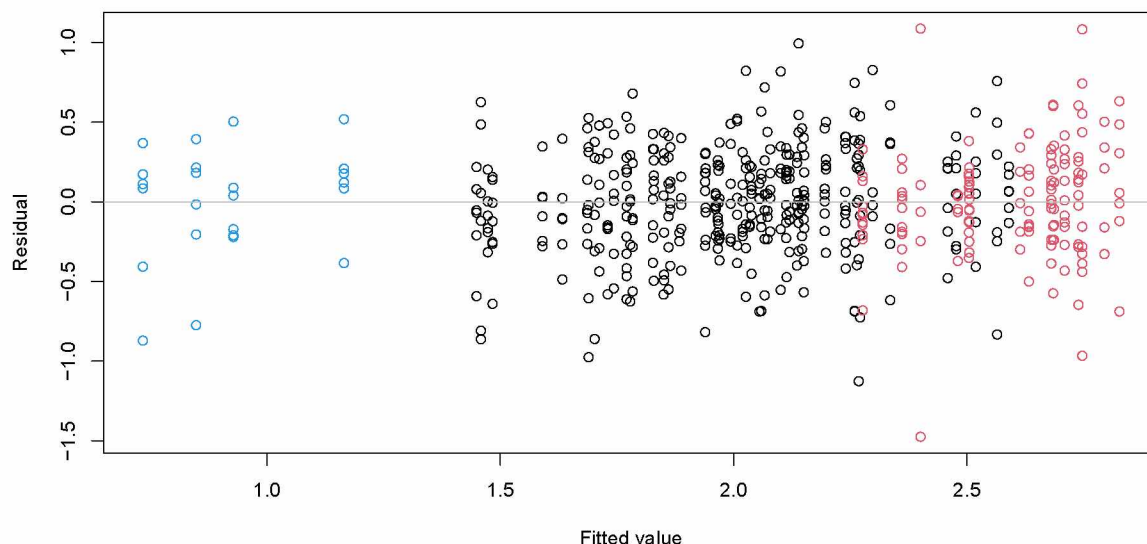
```
> log(emissie) ~ staltype + (1 | bedrijf)
```

Twee bedrijven die hetzelfde staltype gebruiken kunnen toch systematische verschillen te zien geven – dat is wat met de tweede term aan de rechterkant van de vergelijking wordt gemodelleerd. Deze spreiding wordt aangegeven met variantiecomponent σ_B^2 . De invloed van omgevingsfactoren zoals weersomstandigheden, of de preciese stalbezetting, zal ertoe leiden dat ook binnen een bedrijf variatie optreedt; verschillende metingen zullen verschillende resultaten opleveren. Deze variantiecomponent wordt σ_M^2 genoemd.

Schattingen en betrouwbaarheidsintervallen. Op deze manier worden schattingen gekregen voor de populatiegemiddelden (op log schaal) met de bijbehorende standaardafwijkingen. Hiermee kunnen dan ook betrouwbaarheidsintervallen worden berekend (ook weer op log schaal) – zowel gemiddelden als betrouwbaarheidsintervallen kunnen weer teruggetransformeerd worden naar de oorspronkelijke schaal.

Predictie-intervallen. Omdat we de variantiebijdragen van bedrijven en metingen afzonderlijk schatten kunnen we ook uitspraken doen over de spreiding die verwacht wordt binnen een individueel bedrijf. Die spreiding is (natuurlijk) groter dan de gemiddelden over de bedrijven, en de bijbehorende intervallen zullen in het vervolg predictie-intervallen worden genoemd.

Vergunningsverlening. Staltypen kunnen worden vergeleken met de referentie, A1.100, door bijvoorbeeld naar de verhouding te kijken. Wanneer deze kleiner is dan 1, dan lijkt het erop dat het geteste staltype lagere emissiewaarden geeft. Dit moet echter getoetst worden door ook de onzekerheid in de verwachte emissie mee te nemen, en vandaar dat een mogelijk aanpak is de bovengrens van de verwachte emissie (gegeven een bepaald, van te voren te kiezen betrouwbaarheidsniveau) te vergelijken met de referentiewaarde. Wanneer die bovengrens onder de 100% ligt kan men aannemen dat een overgang van de referentie naar het geteste staltype tot een emissiereductie leidt.



Figuur 3: Gefitte waarden uitgezet tegen de residuen voor het mixed model. Referentie-data (A1.100) zijn weergegeven in rood; de nieuwe Lelydata (Z) in blauw.

3 Resultaten

Het bovenstaande model is gefit aan de nieuwe, uitgebreide data set. Figuur 3 geeft de grootte van de residuen weer als functie van de gefitte waarden; in deze figuur is te zien dat de spreiding redelijk constant is over het hele bereik, een belangrijke aanname waaraan dus lijkt te zijn voldaan.

De tweede aanname is dat we er van uit gaan dat er verschillen tussen bedrijfsgemiddelden kunnen zijn, maar dat de spreiding van die gemiddelden niet afhangt van het staltype: bij alle staltypen verwachten we min of meer dezelfde variatie. Dat kunnen we testen door varianties van bedrijfsgemiddelden per staltype te berekenen, en vervolgens te vergelijken met de variantie die gezien wordt in het referentie-staltype. Dit kan door middel van een F-toets. De resultaten staan in onderstaande tabel, en laten zien dat er geen redenen zijn om de aanname van gelijke varianties te verwerpen: vrijwel alle p-waarden (laatste kolom) zijn groter dan 0.05 (zelfs zonder de correctie die eigenlijk nodig is omdat er meerdere toetsen worden uitgevoerd. Ook aan deze aanname is dus voldaan.

| Staltype | N | Var | F | p |
|----------|----|--------|------|-------|
| A1.100 | 16 | 0.0502 | NA | NA |
| B | 3 | 0.0953 | 1.90 | 0.368 |
| C | 4 | 0.1827 | 3.64 | 0.075 |
| D | 4 | 0.2055 | 4.10 | 0.052 |
| E | 4 | 0.0369 | 1.36 | 0.587 |
| F | 6 | 0.1316 | 2.62 | 0.135 |
| G | 4 | 0.0603 | 1.20 | 0.685 |
| H | 5 | 0.0316 | 1.59 | 0.458 |
| I | 6 | 0.0642 | 1.28 | 0.646 |
| J | 3 | 0.0624 | 1.24 | 0.633 |
| K | 4 | 0.0533 | 1.06 | 0.788 |
| L | 5 | 0.0073 | 6.87 | 0.005 |
| M | 4 | 0.0186 | 2.69 | 0.167 |
| N | 4 | 0.0274 | 1.83 | 0.369 |
| O | 4 | 0.0116 | 4.32 | 0.044 |
| P | 4 | 0.0475 | 1.06 | 0.793 |
| Z | 4 | 0.0738 | 1.47 | 0.524 |

De variantiecomponenten genoemd in Tabel 3 in het rapport van Goedhart zijn na toevoeging van de Lely-data onveranderd, en worden hier niet opnieuw weergegeven.

Vervolgens kunnen per staltype verwachte waarden worden uitgerekend voor het gemiddelde (zowel op log-schaal als de oorspronkelijke schaal), en de bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen. Deze laatste betreffen zowel de betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelden (aangegeven met CI in onderstaande tabel) als de predictie-intervallen (PI):

Loading required package: emmeans

| | Staltype | Schatting.L | Schatting | CI.l | CI.u | PI.l | PI.u |
|----|----------|-------------|-----------|-------|-------|------|-------|
| 1 | A1.100 | 2.603 | 13.50 | 12.19 | 14.95 | 9.40 | 19.39 |
| 2 | B | 1.936 | 6.93 | 5.41 | 8.87 | 4.53 | 10.60 |
| 3 | C | 1.822 | 6.18 | 5.01 | 7.63 | 4.12 | 9.27 |
| 4 | D | 1.663 | 5.27 | 4.28 | 6.50 | 3.52 | 7.91 |
| 5 | E | 1.833 | 6.25 | 5.06 | 7.72 | 4.16 | 9.38 |
| 6 | F | 2.035 | 7.65 | 6.33 | 9.25 | 5.16 | 11.35 |
| 7 | G | 2.016 | 7.51 | 6.08 | 9.27 | 5.00 | 11.27 |
| 8 | H | 2.237 | 9.37 | 7.71 | 11.38 | 6.30 | 13.93 |
| 9 | I | 1.820 | 6.17 | 5.19 | 7.33 | 4.19 | 9.09 |
| 10 | J | 2.347 | 10.45 | 8.46 | 12.91 | 6.96 | 15.68 |
| 11 | K | 1.672 | 5.32 | 4.31 | 6.57 | 3.54 | 7.99 |
| 12 | L | 2.072 | 7.94 | 6.57 | 9.59 | 5.35 | 11.78 |
| 13 | M | 2.038 | 7.67 | 6.20 | 9.50 | 5.11 | 11.53 |
| 14 | N | 2.082 | 8.02 | 6.48 | 9.93 | 5.34 | 12.05 |
| 15 | O | 1.902 | 6.70 | 5.42 | 8.27 | 4.46 | 10.05 |
| 16 | P | 2.470 | 11.83 | 9.57 | 14.61 | 7.88 | 17.75 |
| 17 | Z | 0.919 | 2.51 | 2.03 | 3.10 | 1.67 | 3.76 |

Deze schattingen en de betrouwbaarheidsintervallen zijn grafisch weergegeven in 5.1.2.e
 Omdat hier eigenlijk alleen de bovengrenzen van belang zijn is, om de gebruikelijke overschrijdingskans van 5% te behouden, gebruik gemaakt van 90% intervallen, waarbij 5% van de verdeling boven de bovengrens zit (het relevante deel), en 5% van de verdeling onder de ondergrens (dat kunnen we helemaal negeren).

We kunnen staltypen niet alleen met de referentie vergelijken, maar ook met elkaar. In een zogenaamd compact-letter display kunnen de staltypen dan geordend weergegeven worden, waarbij opeenvolgende staltypen op elkaar lijken, en de eerste en laatste staltypen juist het meest van elkaar verschillen. Staltypen die hetzelfde cijfer in hun “group” kolom hebben verschillen niet significant van elkaar (op grond van een tweezijdige toets met een significantieniveau van 10%) – je zou kunnen zeggen dat ze tot die groep “behoren”.

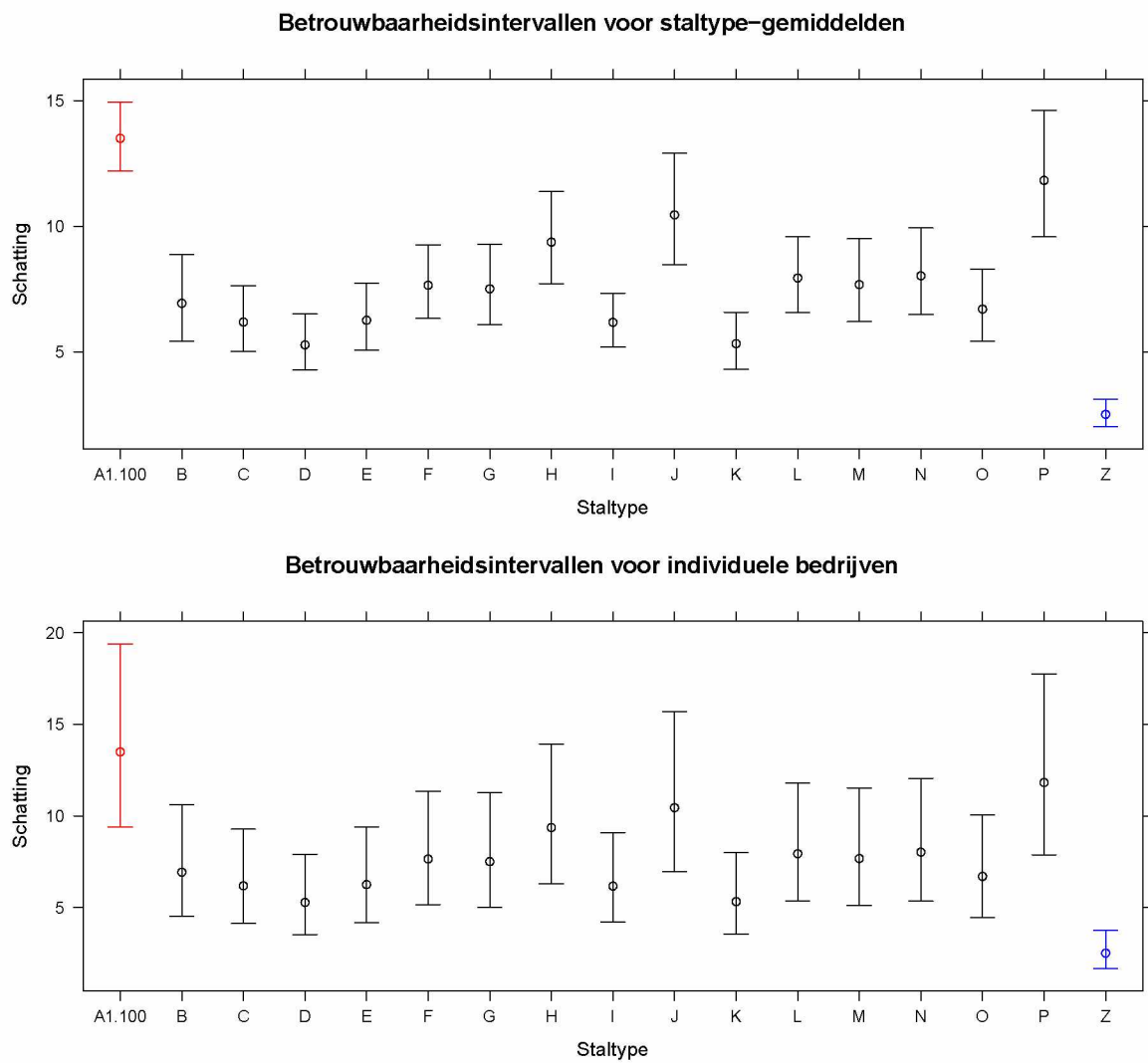
Attaching package: 'TH.data'
The following object is masked from 'package:MASS':
geyser

| rav | prediction | .group | Ratio | CI.l | CI.u | PI.l | PI.u |
|--------|------------|--------|-------|------|-------|------|-------|
| A1.100 | 2.603 | 1 | 100.0 | NA | NA | NA | NA |
| P | 2.470 | 12 | 87.6 | 69.5 | 110.5 | 51.2 | 150.0 |
| J | 2.347 | 123 | 77.4 | 61.4 | 97.6 | 45.2 | 132.5 |
| H | 2.237 | 1234 | 69.4 | 55.8 | 86.2 | 40.8 | 118.1 |
| N | 2.082 | 2345 | 59.4 | 47.0 | 75.1 | 34.7 | 101.8 |
| L | 2.072 | 2345 | 58.8 | 47.5 | 72.7 | 34.6 | 99.9 |
| M | 2.038 | 2345 | 56.8 | 45.0 | 71.8 | 33.2 | 97.4 |
| F | 2.035 | 2345 | 56.7 | 45.8 | 70.2 | 33.3 | 96.3 |
| G | 2.016 | 2345 | 55.6 | 44.1 | 70.1 | 32.5 | 95.2 |
| B | 1.936 | 2345 | 51.3 | 39.4 | 66.8 | 29.5 | 89.2 |
| O | 1.902 | 2345 | 49.6 | 39.3 | 62.6 | 29.0 | 84.9 |
| E | 1.833 | 345 | 46.3 | 36.7 | 58.4 | 27.0 | 79.3 |
| C | 1.822 | 345 | 45.8 | 36.3 | 57.7 | 26.8 | 78.4 |
| I | 1.820 | 345 | 45.7 | 37.5 | 55.7 | 27.1 | 77.2 |
| K | 1.672 | 45 | 39.4 | 31.2 | 49.7 | 23.0 | 67.5 |
| D | 1.663 | 5 | 39.1 | 31.0 | 49.2 | 22.8 | 66.8 |
| Z | 0.919 | 6 | 18.6 | 14.7 | 23.4 | 10.8 | 31.8 |

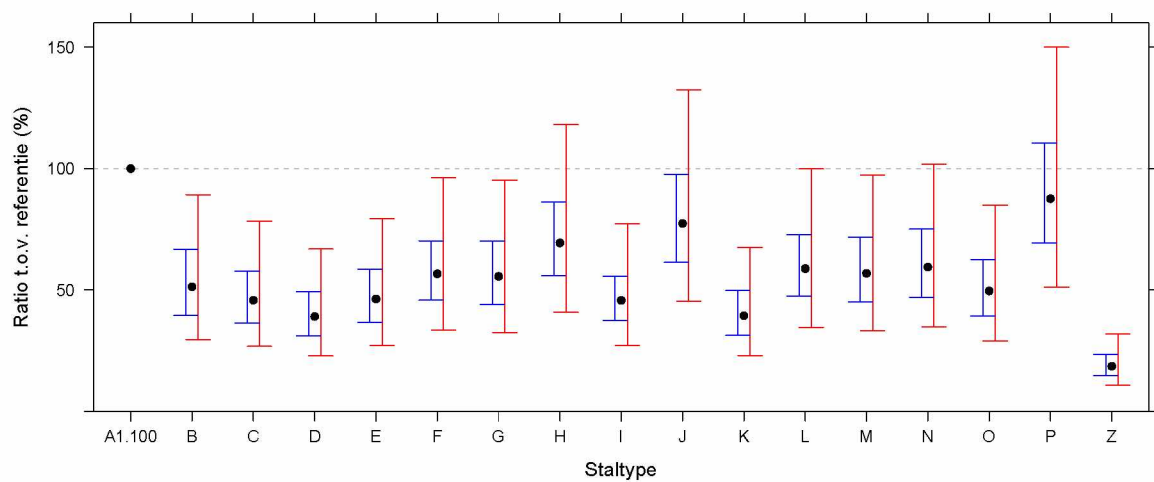
Merk op dat staltypen in de meeste gevallen tot meerdere groepen behoren. In bovenstaande tabel zijn bovendien de betrouwbaarheidsintervallen zien van de verhouding van de emissies van elk staltype met betrekking tot de emissie van het referentie-staltype. Ook hier weer geeft “CI” het betrouwbaarheidsinterval van de geschatte populatiewaarde aan, en “PI” het interval dat geldt voor individuele bedrijven. Wanneer de bovengrens van de laatste interval (“PI.u”) dus lager is dan 100, kan gezegd worden dat een bedrijf met dat staltype significant minder NH3 zullen uitstoten dan bedrijf dat het referentie-staltype heeft. Deze betrouwbaarheidsintervallen zijn grafisch weergegeven in Figuren 5.

Tot slot: door de inclusie van de nieuwe data wijken de voorspellingen op bedrijfsniveau ietwat af van de resultaten in het eerdere rapport 5.1.2.e Het gebruikte

statistische model “mengt” immers de informatie van de afzonderlijke bedrijven. De verschillen zijn echter in dit geval klein en veranderen de conclusies voor wat betreft bijvoorbeeld significanties niet.



Figuur 4: Betrouwbaarheidsintervallen (boven) en predictieintervallen (beneden) voor de NH3 emissies per staltype. Intervallen zijn 90% intervallen.



Figuur 5: Verhoudingen van RAV factoren ten opzichte van de referentie, A1.100. Betrouwbaarheidsintervallen (90%) zijn weergegeven in blauw, predictieintervallen (ook 90%) in rood.