



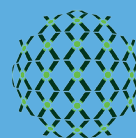
Onderzoek naar betere schatting van de dichtheid van gras- en maiskuilen

R.L.M. Zom, G.W. Abbink en H.A. van Schooten



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN **UR**

BLGG



Onderzoek naar betere schatting van de dichtheid van gras- en maiskuilen

R.L.M. Zom¹, G.W. Abbink², H.A. van Schooten¹

1 Wageningen UR Livestock Research

2 BlggAgroXpertus

Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, juli 2015

Livestock Research Rapport 872



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN **UR**

BLGG



Zom, R.L.M., G.W. Abbink, H.A. van Schooten, 2015. *Onderzoek naar betere schatting van de dichtheid van gras- en maïskuilen*. Lelystad, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 872.

Samenvatting NL

Dit rapport beschrijft de resultaten van een onderzoek naar de mogelijkheden om, voor de berekening van de voervoorraden, de dichtheid van gras- en maïskuilen nauwkeuriger te schatten dan de huidige tabelwaarden. De gewashoeveelheden van 104 graskuilen, 42 maïskuilen en 108 grote balen (54 ronde en 54 rechthoekige) werden tijdens het inkuilen gewogen en vervolgens werden de kuilen opgemeten en geanalyseerd op samenstelling. Met een nieuw afgeleide regressie formule kon de dichtheid van ronde en rechthoekige balen aanzienlijk beter worden voorspeld dan met de huidige tabelwaarde. Het advies is om de dichtheid van ronde en vierkante balen te berekenen op basis van de volgende formule:

Dichtheid (kg/m^3) = $994.8 - 0.5335 \times \text{droge stofgehalte (g/kg)} - 1.196 \times \text{ruwe celstofgehalte (g/kg ds)}$.

Voor gras- en maïskuilen kon geen model gevonden worden waarmee de dichtheid beter voorspeld kon worden dan met de waarden van de huidige dichtheidstabel.

Summary UK

This report describes the results of a study on the possibilities to estimate the density of grass and maize silages for calculation of the fodder stock more accurately than the current table values. During ensiling the amount of crop of 104 grass silage clamps, 42 maize silage clamps and 108 big bales (54 round and 54 square) were weighted and after ensiling the dimensions were measured and the chemical composition was analysed. For round and square bales a new regression formula was derived, which estimates the density more accurate than the current table values. It is recommended to calculate the density of round and square bales with the following formula:

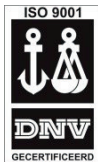
Density (kg/m^3) = $994.81 - 0.5335 \times \text{dry matter content (g/kg)} - 1.196 \times \text{crude fibre content (g/kg ds)}$.

For grass and maize silage in clamps and bunker silo's no new model could be derived which estimated the density more accurately than the current table values.

© 2015 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338, 6700 AH Wageningen, T 0317 483953, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op als onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	8
2 Materiaal en methoden	9
2.1 Onderzochte voerpartijen	9
2.2 Metingen van de kuildichtheid	11
2.2.1 Ingepakte ronde balen met ingekuild gras	11
2.2.2 Ingepakte rechthoekige balen met ingekuild gras	11
2.2.3 Rijkuiten en sleufsilos met ingekuild gras en snijmaïs	12
2.3 Modeleren van de dichtheid	12
2.3.1 Factoren van invloed op de dichtheid van de kuil	12
2.3.2 Modellen voor schatting van de dichtheid	13
3 Resultaten	15
3.1 Dichtheid van ingepakte balen graskuil	15
3.1.1 Lineaire regressiemodellen	15
3.1.2 Gegeneraliseerde multiple lineaire regressie modellen	16
3.1.3 Gegeneraliseerde lineaire mixed regressie modellen	18
3.2 Dichtheid van graskuil in rijkuiten en sleufsilos	20
3.2.1 Lineaire regressiemodellen	20
3.2.2 Gegeneraliseerde multiple lineaire regressiemodellen	21
3.2.3 Gegeneraliseerde lineaire mixed regressie modellen	23
3.3 Dichtheid van snijmaïskuil	24
3.3.1 Lineaire regressie modellen	24
3.3.2 Gegeneraliseerde multiple lineaire regressie modellen	25
3.3.3 Gegeneraliseerde lineaire mixed regressie modellen	26
3.4 Schatting van de voerpartijgrootte	26
3.4.1 Ronde en rechthoekige balen	26
3.4.2 Gras- en snijmaïskuilen	27
4 Discussie	29
4.1 Ronde en rechthoekige balen	29
4.2 Graskuil in rijkuiten en sleufsilos	30
4.3 Dichtheid van snijmaïskuilen	30
5 Conclusies en aanbevelingen	32
5.1 Ronde en rechthoekige balen	32
5.2 Rijkuiten en sleufsilos (gras- en maïs).	32
5.3 Kuilen met afwijkende dichtheden.	33
Literatuur	34
Bijlage 1 Relaties tussen chemische samenstelling en dichtheid	35
Bijlage 2 Relaties tussen hoogte en dichtheid van kuilen	45

Woord vooraf

Vanuit de praktijk kwamen regelmatig geluiden dat de tabelwaarden voor kuildichtheden zoals die vermeld staan in het Handboek Melkveehouderij aanzienlijke afwijkingen kunnen geven. Deze tabelwaarden worden op dit moment gebruikt bij de berekening van de ruwvoervoorraad binnen de Bedrijfsspecifieke Excretie (BEX) en de Bedrijfsspecifieke gebruiksnorm fosfaat (BEP) binnen de Kringloopwijzer. Een betere schatting van de ruwvoervoorraad is daarmee van direct economisch belang voor melkveehouders omdat het van invloed is op de mestafzetkosten. Daarnaast kan een nauwkeurige schatting van de ruwvoervoorraad in de toekomst van belang worden bij het bereiken van evenwichtsbemesting.

Daarom is een onderzoeksproject gestart met als doel het ontwikkelen van een nauwkeuriger methode voor dichtheidsbepaling van gras- en snijmaïskuilen, die bovendien eenvoudig in de praktijk is in te zetten en die geborgd kan worden.

Het onderzoeksproject is opgedeeld in twee fasen. In de eerste fase is een deskstudie uitgevoerd naar beschikbare mogelijkheden om de dichtheid van gras- en maïskuilen nauwkeuriger te schatten. Dit rapport beschrijft de resultaten van de tweede fase. In dit onderzoek zijn gegevens van praktijkkuilen

Het onderzoek is uitgevoerd door Wageningen UR Livestock Research en BLGG en is gefinancierd door het voormalig Productschap Zuivel en BIGG.

Samenvatting

Uit een eerste verkenning van bestaande onderzoeksresultaten is gebleken dat de werkelijke gemeten dichtheid van de individuele kuilen kan afwijken van de schattingen op basis van de huidige tabelwaarden. Tevens werd geconcludeerd dat het wellicht mogelijk is om tot een betere schatting van de kuildichtheden te komen op basis van de chemische samenstelling en verteerbaarheid in combinatie met de afmetingen van de kuil. Het doel van dit onderzoek is om ten behoeve van de voervoorraad berekening voor de Bedrijfsspecifieke Excretie (BEX) en de Bedrijfsspecifieke gebruiksnorm fosfaat (BEP) in de Kringloopwijzer nieuwe rekenmodellen te ontwikkelen en te kalibreren waarmee de dichtheid van ingekuild ruwvoer beter kan worden geschat dan met de huidige tabelmethode. Voorwaarde daarbij is dat er variabelen gebruikt moeten worden die wettelijk geborgd kunnen worden. Daarom is er een onderzoek uitgevoerd door BGG en Wageningen UR Livestock Research, samen met loonwerkers en melkveehouders waarbij de werkelijke ruwvoervorraden van verschillende praktijkkuilen in kaart zijn gebracht door het wegen van het gewas tijdens het inkuilen. In het onderzoek zijn 54 ronde en 54 rechthoekige balen met ingekuild gras, 104 partijen ingekuild gras in rijkuiten en sleufsilos en 42 partijen snijmaïs in sleufsilos meegenomen.

Uit de resultaten van dit onderzoek bleek dat de dichtheid uitgedrukt in kg product per m³ beter te voorspellen is dan de dichtheid uitgedrukt in kg droge stof per m³. Met de nieuw afgeleide regressie formules kon de dichtheid van ronde en rechthoekige balen aanzienlijk beter worden voorspeld dan met de huidige tabelwaarde. Tevens bleek op basis van gegeneraliseerde lineaire mixed regressie model dat het baalttype geen significant effect had op de dichtheid.

Het advies is om de dichtheid van ronde en vierkante balen te berekenen op basis van de volgende formule:

Dichtheid (kg/m³) = 994.81 - 0.5335 x droge stofgehalte (g/kg) - 1.196 x ruwe celstofgehalte (g/kg ds).

Met name de gewichten van de zwaarder/nattere balen worden met het nieuwe model beter ingeschat, dan met de huidige tabel waarden.

De relaties tussen de voorspelde partijgrootte op basis van de huidige dichtheidstabel en de gewogen partijgrootte van graskuil en snijmaïskuil in rijkuiten en sleufsilos, bleken in dit onderzoek al behoorlijk sterk (R² varieerde van 0,96 tot 0,98). Uit de verzamelde kuilgegevens kon geen model gevonden worden waarmee de partijgrootte beter voorspeld kon worden dan met de waarden van het huidige dichtheidstabel.

Het advies is dan ook om de huidige methode van berekenen van de dichtheid en de partijgrootte van gras- en maïskuilen niet aan te passen.

1 Inleiding

De Bedrijfsspecifieke Excretie (BEX) van stikstof en fosfaat en de Bedrijfsspecifieke gebruiksnorm fosfaat (BEP) in de Kringloopwijzer kunnen alleen goed worden berekend met een nauwkeurige en robuuste schatting van de hoeveelheden geproduceerd en verbruikt ruwvoer. De hoeveelheden geproduceerd ruwvoer worden bepaald op basis van het gemeten volume, vermenigvuldigd met tabelwaarden (www.handboekmelkveehouderij.nl) voor de dichtheid uitgedrukt in kg drogestof per m³. Vanuit de praktijk kwamen signalen en uit onderzoek is gebleken dat de werkelijke gemeten dichtheid van de individuele gras- en snijmaïskuilen kan afwijken van deze tabelwaarden (van Schooten en van Dongen, 2007).

Op basis van een literatuur studie (Zom et al., 2013) is geconcludeerd dat bestaande alternatieve rekenmodellen onvoldoende te nauwkeurig zijn om de dichtheid van gras- en snijmaïskuilen te bepalen voor de voorraadbepaling voor BEX en BEP. Dit komt omdat onderliggende datasets van de bestaande modellen niet representatief zijn voor gras- en maïskuilen in Nederland. Daarnaast bevat een aantal modellen invoervariabelen die niet wettelijk geborgd kunnen worden. Voorbeelden van veel toegepaste invoervariabelen die niet wettelijk geborgd kunnen worden zijn onder andere het gewicht van voertuig waarmee de kuil is vast gereden, de duur van het vastrijden, de dikte van de lagen voer die tijdens het inkuilen op de kuil zijn gebracht, en de snelheid waarmee is ingekuuld. Een analyse van een dataset met een beperkt aantal gras en snijmaïskuilen afkomstig uit het onderzoek van Van Schooten en van Dongen (2007) leidde tot de conclusie dat het wellicht mogelijk is om tot een betere schatting van de kuildichtheid te komen op basis van de chemische samenstelling en verteerbaarheid in combinatie met de afmetingen van de kuil. Het voordeel van deze variabelen is dat deze wel wettelijk geborgd kunnen worden.

Het doel van dit onderzoek is om ten behoeve van de voorraad berekening voor de BEX en BEP nieuwe rekenmodellen te ontwikkelen en te kalibreren waarmee de dichtheid van ingekuuld gras en snijmaïs kan worden bepaald. Uitgangspunt daarbij is dat deze modellen worden gebaseerd op de chemische samenstelling, bepaald volgens standaard voederwaarde analyse en de afmetingen van de kuil.

2 Materiaal en methoden

2.1 Onderzochte voerpartijen

In het onderzoek zijn 108 balen (54 ronde balen en 54 rechthoekige balen) met ingekuild gras, 104 partijen ingekuild gras (55 rijkuiten en 49 sleufsilo's) en 42 partijen snijmaïs (41 sleufsilo's 1 rijkuit) meegenomen. In totaal hebben dertien loonbedrijven, samen met hun klanten deelgenomen aan het onderzoek. De ronde en rechthoekige balen zijn per baal gewogen. De hoeveelheid product van de rijkuiten en sleufsilo's is gewogen met behulp van weegwagens en in sommige gevallen met behulp van een weegbrug. Alle balen en kuiten zijn bemonsterd en geanalyseerd op voederwaarde-samenstelling. Verder zijn gegevens over afmetingen, vorm en afmetingen vastgelegd. Informatie omtrent de chemische samenstelling, afmetingen en hoeveelheid ingekuild materiaal van de rechthoekige en ronde balen staan vermeld in Tabel 1.

Tabel 1

Gemiddelde (Gem), minimum (Min), maximum (Max) en standaard deviatie (sd) van de chemische samenstelling, afmetingen en gewichten van gras ingekuild in 54 rechthoekige en 54 ronde balen.

	Rechthoekige balen				Ronde balen			
<i>Chemische samenstelling (g/kg ds, tenzij anders vermeld)</i>								
	Gem	Min	Max	sd	Gem	Min	Max	sd
Droge stof	577	276	866	169	447	280	843	179
pH	6	4	6	0.6	5	4	6.4	1
Azijnzuur	9	1	25	6	12	1	33	10
Melkzuur	16	2	59	15	36	2	83	25
Boterzuur	2	1	8	2	3	0	12	3
Ruw as	107	70	172	22	109	61	166	19
VC-OS (%)	70.6	60.4	80.9	6.1	75.5	49.2	83	7
NH ₃ -fractie	7	1	14	4	9	1	16	4
NO ₃	2.0	0.3	9.0	2	3.1	0.4	31.2	5
Ruw eiwit	135	55	229	41	160	70	215	34
Totaal ruw eiwit	146	58	244	46	178	71	236	42
Ruw vet	31	20	47	7	38	14	49	8
Ruwe celstof	272	190	341	42	250	182	335	35
Suiker	89	15	190	37	83	11	208	49
NDF	543	354	653	83	477	353	672	70
ADF	301	207	375	47	273	201	398	42
ADL	29	15	46	8	23	15	58	9
<i>Afmetingen, partijgewichten, gemeten dichtheden</i>								
	Gem	Min	Max	sd	Gem	Min	Max	sd
Lengte (cm)	173	155	190	10				
Breedte (cm)	115	77	130	15				
Hoogte (cm)	73	60	98	8	116	105	125	4
Diameter (cm)					145	126	166	13
Omtrek (cm)					456	395	523	39
Inhoud (m ³)	1.4	1.1	1.7	0.2	1.9	1.4	2.6	0.4
Product (kg/baal)	510	234	823	130	888	268	1311	258
Drogestof (kg/baal)	276	176	420	59	361	215	530	75
Product (kg/m ³)	363	186	630	114	467	154	794	141
Drogestof (kg/m ³)	193	136	282	34	187	122	284	33

Het drogestof gehalte van de rechthoekige balen was gemiddeld 13% hoger dan van de ronde balen. Daardoor was de NH₃-fractie van de rechthoekige balen wat lager dan van de ronde balen. Verder lijkt op basis van het hogere ruwe celstof en het lagere ruw eiwitgehalte van het gras van de rechthoekige balen wat ouder dan het gras van de ronde balen.

Gegevens over de chemische samenstelling, afmetingen en hoeveelheden van ingekuuld gras in rijkuilen en sleufsilos, staan vermeld in Tabel 2. Het gemiddelde drogestof gehalte en de samenstelling van het gras in de rijkuilen en in de sleufsilos kwamen behoorlijk met elkaar overeen. Op 10 van de 55 rijkuilen was een gronddek aangebracht met een gemiddelde dikte van 9 cm (spreiding 4-22 cm) en op 19 van de 49 sleufsilos was een gronddek aangebracht met een gemiddelde dikte van 12 cm (spreiding 4-24 cm).

Tabel 2

Gemiddelde (Gem), minimum (Min), maximum (Max) en standaard deviatie (sd) van de chemische samenstelling, afmetingen en gewichten van gras ingekuuld in 55 rijkuilen en 49 sleufsilos.

	Rijkuilen				Sleufsilos			
	Gem	Min	Max	sd	Gem	Min	Max	sd
<i>Chemische samenstelling (g/kg ds, tenzij anders vermeld)</i>								
Droge stof	434	214	636	96.0	410	200	606	83
pH	4.8	4.0	5.8	0.4	4.7	3.9	6.1	0.5
Azijnzuur	11	1	29	6.0	12	3	31	6
Melkzuur	36	2	112	24.9	46	2	138	28
Boterzuur	2	0	6	1.2	2	0	3	1.0
Ruw as	117	84	280	32.1	108	71	171	18
VC-OS (%)	76.1	63.2	79.6	2.7	77.0	72.3	80.1	1.8
NH ₃ -fractie	8	5	12	1.9	9	5	13	2
NO ₃	1.9	0.3	5.9	1.3	2.4	0.4	6.7	1.4
Ruw eiwit	156	103	208	23.4	161	117	219	19
Totaal ruw eiwit	171	109	231	26.2	176	126	241	20
Ruw vet	38	23	46	4.8	40	32	50	4
Ruwe celstof	250	186	287	21.3	253	212	290	15
Suiker	78	19	144	32.7	69	11	151	32
NDF	480	368	577	38.6	484	390	556	30
ADF	272	218	322	22.7	275	239	311	16
ADL	23	16	36	4.0	21	16	29	3
<i>Afmetingen, partijgewichten, gemeten dichtheden</i>								
	Gem	Min	Max	sd	Gem	Min	Max	sd
Lengte (m)	27.0	4.8	54.0	10.0	28.1	6.0	53.8	11.5
Breedte (m)	7.2	5.5	13.8	1.4	8.3	6.3	10.1	0.8
Hoogte (m)	1.9	1.0	3.5	0.5	2.1	0.9	4.3	0.7
Zijwandhoogte (m)					1.5	0.8	2.0	0.4
Inhoud (m ³)	392	33	1194	234	477	85	1129	245
Product (ton)	204.9	19.8	733.0	147.1	290.0	24.5	813.7	180.0
Drogestof (ton)	84.1	8.4	235.3	51.7	115.3	12.8	374.3	73.7
Product (kg/m ³)	530	135	966	163	606	259	1278	201
Drogestof (kg/m ³)	221	112	298	42	239	105	493	61

Gegevens over de chemische samenstelling, afmetingen en hoeveelheden van de partijen ingekuilde snijmaïs, staan vermeld in Tabel 3. Op 7 van de 42 partijen snijmaïs was een gronddek aangebracht. De dikte van laag grond was niet geregistreerd. Alle snijmaïs op één partij na, was ingekuuld in sleufsilos. Er was geen informatie vastgelegd met betrekking tot de zijwandhoogte van de sleufsilos met snijmaïs.

Tabel 3

Gemiddelde (Gem), minimum (Min), maximum (Max) en standaard deviatie (sd) van de chemische samenstelling, afmetingen en gewichten van 42 partijen ingekuilde snijmaïs.

	Gem	Min	Max	Sd
<i>Chemische samenstelling</i>				
Droge stof	349	297	408	29
pH	3.9	3.8	4.2	0.1
Azijnzuur	12	8	19	3
Melkzuur	49	39	58	4
Ruw as	35	27	49	4
VC-OS (%)	76.7	73.1	79.1	1.5
NH ₃ -fractie	7.3	6.0	10.0	1.4
NO ₃	69	58	85	6
Ruw eiwit	74	63	89	6
Totaal ruw eiwit	33	27	39	3
Ruw vet	174	148	197	13
Ruwe celstof	14	12	32	6
Zetmeel	365	324	420	22
NDF	349	297	408	29
ADF	199	165	229	15
ADL	16	13	22	2
<i>Afmetingen, partijgewichten, gemeten dichtheden</i>				
	Gem	Min	Max	sd
Lengte (m)	30.8	9.0	97.5	13.7
Breedte (m)	8.5	3.6	39.1	5.1
Hoogte (m)	1.8	0.8	6.9	0.9
Inhoud (m ³)	463	50	2912	453
Product (ton)	339.3	30.0	2234.3	343.5
Drogestof (ton)	119.6	11.2	791.5	123.3
Product (kg/m ³)	732	537	1057	106
Drogestof (kg/m ³)	253	207	346	28

2.2 Metingen van de kuildichtheid

2.2.1 Ingepakte ronde balen met ingekuild gras

In het onderzoek zijn 54 ronde balen betrokken afkomstig van 5 veehouderijbedrijven. De balen waren gemaakt in 2011, 2012 en 2013 door 5 verschillende loonwerkers. Per bedrijf zijn 3 tot 18 balen afkomstig van verschillende voerpartijen bemonsterd, gewogen en opgemeten voor bepaling van samenstelling en berekening van het volume (zie Tabel 1). Balen gemaakt met een oprolpers worden in de praktijk aangeduid als "ronde" balen. In feite zijn ronde balen cilindervormig. Voor het berekenen van het volume is aangenomen dat de ronde balen op het moment van persen perfect cilindervormig zijn. Omdat tijdens de opslag ronde balen enigszins kunnen vervormen, is het volume berekend op basis van de omtrek (O), in plaats van de diameter en de hoogte (H) in meters: $\text{Volume (m}^3\text{)} = (O/n)2 \times n/4 \times H$. Op basis van het gewicht, het drogestof gehalte van het ingekuilde product en het volume van de balen is de referentiedichtheid (kg droge stof/m³ en kg product/m³) berekend.

2.2.2 Ingepakte rechthoekige balen met ingekuild gras

In het onderzoek zijn 54 rechthoekige balen betrokken afkomstig van 8 verschillende veehouderijbedrijven en gemaakt door 10 loonwerkers in 2011, 2012 en 2013. Per bedrijf zijn 3 tot 11 balen afkomstig van verschillende voerpartijen bemonsterd, gewogen en opgemeten voor bepaling

van samenstelling en berekening van het volume (zie Tabel 1). Het volume is berekend op basis van de lengte (L), breedte (B) en hoogte (H) in meters: $\text{Volume (m}^3\text{)} = L \times B \times H$.

Op basis van het gewicht, het drogestof gehalte van het ingekuilde product en het volume van de balen is de referentiedichtheid (kg droge stof/m³ en kg product/m³) berekend.

2.2.3 Rijkuielen en sleufsilos met ingekuild gras en snijmaïs

In 2013 is de dichtheid van gras en snijmaïs ingekuild in rijkuielen en sleufsilos is bepaald met een referentiemethode van weging en volumemeting. Bij deze referentiemethode is bij de oogst alle materiaal dat is ingekuild gewogen met behulp van silagewagens uitgerust met weegapparatuur. Er is een uitzondering voor gegevens van proefbedrijf de Marke en één praktijkbedrijf. Van deze bedrijven is het gewicht van de ingekuilde hoeveelheid voer bepaald met een weegbrug. Van proefbedrijf de Marke werden gegevens gebruikt die verzameld zijn tussen 2006 en 2013.

Ten minste 6 weken na inkuilen, is het volume van de ingekuilde voerpartijen gemeten volgens het protocol van de 'Handreiking bedrijfsspecifiek excretie melkvee' (BEX) en zijn steekmonsters genomen voor bepaling van het drogestof gehalte, chemische samenstelling en voederwaarde. Op basis van het drogestof gehalte van het ingekuilde product en het ingekuilde verse gewicht en het volume van de kuien is de referentiedichtheid (kg droge stof/m³ en kg product/m³) bepaald.

Opgemerkt moet worden dat met deze referentiemethode geen rekening wordt gehouden met de gewichtsverliezen die tijdens het inkuilproces kunnen optreden. De hoeveelheid voer die wordt vervoerd kan daarom wat lager zijn dan de hoeveelheid voer die is ingewogen. Echter, de effecten op totale hoeveelheid stikstof en fosfor in de kuil zullen beperkt zijn omdat er tijdens het inkuilproces nauwelijks tot geen stikstof en fosfor verloren gaat. Alleen bij natte kuien waarbij perssap uittreedt gaat er wat stikstof en fosfor verloren.

2.3 Modeleren van de dichtheid

2.3.1 Factoren van invloed op de dichtheid van de kuil

Met behulp van regressieanalyse is een schatting gemaakt van de effecten van de voersamenstelling en vorm en afmetingen op de dichtheid (kg drogestof per m³ en kg product per m³) van ingekuilde graskuil in ingepakte ronde en rechthoekige balen, rijkuielen en sleufsilos en snijmaïs ingekuild in sleufsilos.

Voor elke methode van inkuilen (ronde en rechthoekige balen, rijkuielen, sleufsilos) en voersoort (graskuil, snijmaïs) is met behulp van een correlatiematrix onderzocht welke factoren van invloed zijn op de dichtheid en naar de onderlinge samenhang tussen de factoren. De factoren die sterk gecorreleerd waren met de dichtheid zijn vervolgens opgenomen in het model. De onderzochte factoren zijn voer gerelateerde factoren en factoren gerelateerd aan de methode van inkuilen. Een belangrijke voorwaarde hierbij was dat deze factoren geborgd moeten kunnen worden. De voergerelateerde factoren die in de modellen zijn meegenomen zijn de chemische samenstelling (drogestof gehalte, ruw eiwit, ruw celstof, as, verteerbaarheid van de organische stof, suikergehalte (alleen graskuien), zetmeelgehalte (alleen snijmaïs) en celwandfracties (NDF, ADF, ADL). In de modellen werden geen voerkenmerken opgenomen die waren afgeleid of waren berekend op basis van de chemische samenstelling en verteerbaarheid (bijv. VEM, DVE, of OEB). De factoren gerelateerd aan de methode van inkuilen zijn de vorm van de baal (rechthoekig of rond), het volume van de balen (rechthoekige balen: hoogte, breedte, lengte; ronde balen: hoogte en omtrek), breedte, hoogte, hoogte: breedte verhouding van de kuil, zijwandhoogte (alleen graskuil). De hoogte : breedte verhouding werd in het model opgenomen omdat verwacht werd dat relatief smalle kuien mogelijk minder goed aan de zijkanten van de kuil kunnen worden vastgereden.

Sterk gecorreleerde factoren (bijvoorbeeld ruwe celstof gehalte, NDF en ADF) zijn beurtelings in het model opgenomen. Wanneer deze kenmerken een significant ($p < 0.1$) effect bleken te hebben op de dichtheid, werd uiteindelijk voor het model gekozen dat het best passend was.

In Bijlagen 1 t/m 7 zijn in de grafieken de relaties weergegeven tussen de belangrijkste voerfactoren en factoren gerelateerd aan de afmetingen op de dichtheid (kg drogestof per m³ en kg product per m³) van graskuil in ingepakte ronde en rechthoekige balen, rijkuielen en sleufsilos en snijmaïs ingekuild in sleufsilos. Onder andere uit de figuren in Bijlage 1 komt naar voren dat het gehalte aan

drogestof, ruwe celstof en NDF een effect op de dichtheid van de ronde balen hebben. Het ruwe celstof gehalte en NDF gehalte zijn sterk gecorreleerd. De effecten van ruwe celstof gehalte en NDF gehalte zijn afzonderlijk onderzocht.

2.3.2 Modellen voor schatting van de dichtheid

Lineaire regressie modellen

In eerste instantie is met behulp van multiple lineaire regressie onderzocht in hoeverre de dichtheid (kg product per m³ en kg drogestof per m³) voorspeld kan worden uit de sterk gecorreleerde factoren. Lineair regressie modellen geven een rechtlijnig verband tussen de verklarende variabelen en de resultante. Het lineaire model had de volgende algemene vorm:

$$\text{Dichtheid} = C + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n$$

Waarin:

Dichtheid wordt uitgedrukt in kg drogestof of uitgedrukt in kg product per m³,

C = constante,

β_1 = coëfficiënt van factor 1

X_1 = factor 1

β_n = coëfficiënt van factor n

X_n = factor n

Niet-lineaire regressie modellen

Verwacht werd dat verschillende factoren mogelijk een niet rechtlijnig verband met de dichtheid hebben. Daarom is met behulp van niet rechtlijnige modellen onderzocht in hoeverre de dichtheid (kg product per m³ en kg drogestof per m³) voorspeld kan worden. Het niet rechtlijnige regressie model dat is gebruikt voor het schatten van de dichtheid van balen, rijkuilen en sleufsilos had de volgende algemene vorm:

$$\text{Dichtheid} = C + \alpha_{1,1}(X_1 - \bar{X}_1) + \alpha_{1,2}(X_1 - \bar{X}_1)^2 + \dots + \alpha_{n,1}(X_n - \bar{X}_n) + \alpha_{n,2}(X_n - \bar{X}_n)^2$$

Waarin:

Dichtheid wordt uitgedrukt in kg drogestof of uitgedrukt in kg product per m³,

C = constante,

$\alpha_{1,1}$ = lineaire parameter van factor 1,

$\alpha_{1,2}$ = de kwadratische parameter van factor 1,

X_1 = de waarde van factor 1,

\bar{X}_1 = de gemiddelde waarde van factor 1 in de dataset,

$\alpha_{n,1}$ = lineaire parameter van factor n ,

$\alpha_{n,2}$ = de kwadratische parameter van factor n ,

X_n = waarde van factor n ,

\bar{X}_n = gemiddelde waarde van factor n .

Tevens zijn varianten van een model onderzocht waarbij de dichtheid is beschreven als:

$$\text{Dichtheid} = e^{(C + \alpha_{1,1}(X_1 - \bar{X}_1) + \alpha_{1,2}(X_1 - \bar{X}_1)^2 + \dots + \alpha_{n,1}(X_n - \bar{X}_n) + \alpha_{n,2}(X_n - \bar{X}_n)^2)}$$

De modelparameters zijn geschat met twee methoden.

- a. Gegeneraliseerde multiple lineaire regressie met de procedure Generalized Linear Models van Genstat. Schatting van de modelparameters voor de kuilkenmerken (chemische samenstellingen, afmetingen) op basis van gegeneraliseerde multiple lineaire regressie modellen heeft als nadeel dat alleen rekening wordt gehouden met random variatie van de restfout. In sommige gevallen is er echter sprake van meerdere bronnen van variatie. Bijvoorbeeld: tussen kuilen kan variatie in dichtheid van kuilvoer het gevolg zijn van het feit dat deze kuilen zijn gemaakt door verschillende loonwerkers. Tussen loonwerkers kan verschil bestaan in de werkwijze of het gebruikte materiaal zoals verschil in aanvoersnelheid, gewicht van de trekker of shovel waarmee de kuil is vast gereden (aangebrachte dikte van de voer op de kuil). Deze factoren kunnen bijdragen aan de random variatie, maar kunnen niet worden opgenomen als fixed factor

-
- b. Gegeneraliseerde lineaire mixed regressie met de procedure Generalized Linear Mixed Models van Genstat. Bij deze methode kunnen factoren die niet als fixed factor kunnen worden opgenomen, maar wel bijdragen aan de random variatie, als random factor worden opgenomen.

3 Resultaten

3.1 Dichtheid van ingepakte balen graskuil

3.1.1 Lineaire regressiemodellen

3.1.1.1 Ronde balen

Alleen drogestof gehalte en het ruwe celstof gehalte bleken van invloed op de dichtheid van ronde ingepakte balen. Het ruwe celstof gehalte is sterk gecorreleerd met het NDF gehalte. Zowel het ruwe celstof gehalte als het NDF gehalte waren significant. Echter, het ruwe celstof gehalte resulteerde in een iets betere schatting van de dichtheid. Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg droge stof per m³, werd deze het best beschreven met het model:

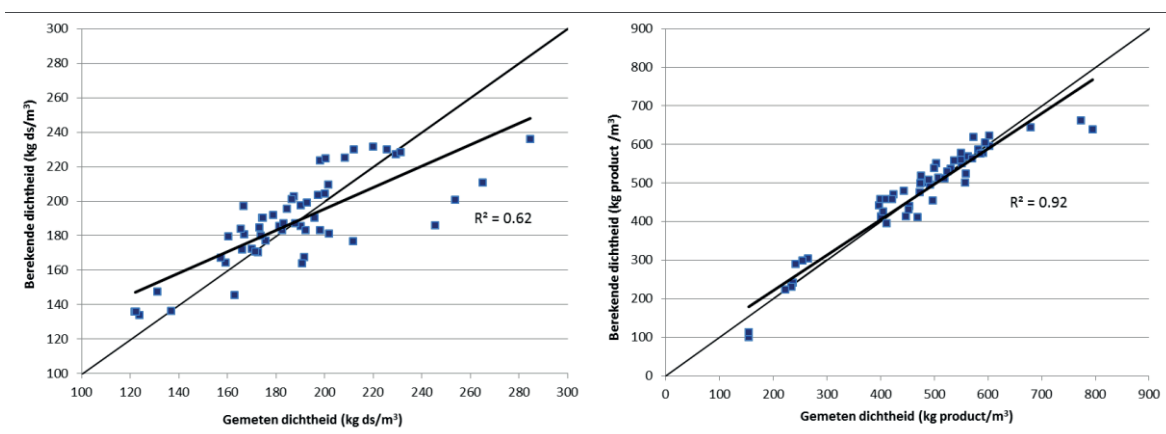
$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 361,662 + 0,027 \times \text{DS} - 0,745 \times \text{RC}$$

Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) en RC het ruwe celstof gehalte (g/kg DS) is. De relatie tussen de gemeten dichtheid en de berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 1. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid vrij sterk is (R^2 0,62).

Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg product per m³, dan werd deze het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid (kg product/m}^3\text{)} = 1172 - 0,629 \times \text{DS} - 1,697 \times \text{RC}$$

Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) en RC het ruwe celstof gehalte (g/kg DS) is. De relatie tussen de gemeten dichtheid en de berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 1. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid sterker is (R^2 0,92) dan de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid uitgedrukt in kg droge stof.



Figuur 1 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van modellen gefit met multiple rechtlijnige lineaire regressie van ingepakte ronde balen (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)

3.1.1.2 Rechthoekige balen

De dichtheid van rechthoekige ingepakte balen werd net als bij de ronde balen geschat op basis van het drogestof gehalte en het ruwe celstof gehalte. Ook hier waren het gehalte aan ruwe celstof en NDF gecorreleerd. Echter ook hier resulteerde de toepassing van het ruwe celstof gehalte in een iets betere schatting van de dichtheid. Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg droge stof per m³, dan werd deze het best beschreven met het model:

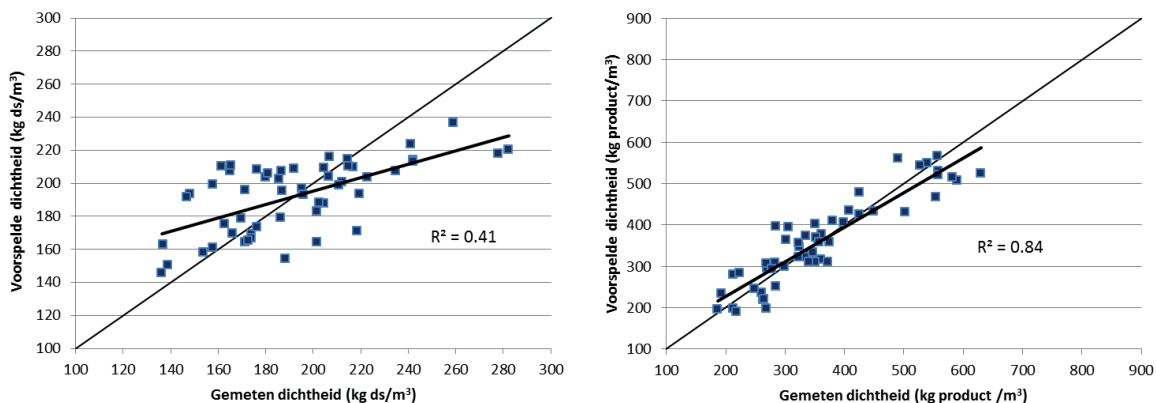
$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 265,277 + 0,107 \times \text{DS} - 0,494 \times \text{RC}$$

Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) en RC het ruwe celstof gehalte (g/kg DS) is. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 2. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid matig is (R² 0,41).

Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg product per m³, dan werd deze het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid (kg product/m}^3\text{)} = 914,559 - 0,477 \times \text{DS} - 1,019 \times \text{RC}$$

Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) en RC het ruwe celstof gehalte (g/kg DS) is. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid is weergegeven in figuur 2. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid behoorlijk sterk is (R² 0,84). Evenals bij de ronde balen geeft het model die de dichtheid in kg product voorspeld dus een betere voorspelling dan het model die de dichtheid in kg droge stof voorspeld.



Figuur 2 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van modellen gefit met multiple rechtlijnige lineaire regressie van ingepakte rechthoekige balen (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)

3.1.2 Gegeneraliseerde multiple lineaire regressie modellen

3.1.2.1 Ronde balen

Alleen het drogestof gehalte (lineair en kwadratisch) en het ruwe celstof gehalte (lineair) bleken van invloed op de dichtheid van ronde ingepakte balen. Het ruwe celstof gehalte is sterk gecorreleerd met het NDF gehalte. Zowel het ruwe celstof gehalte als het NDF gehalte waren significant in het model. Echter, opname van het ruwe celstof gehalte in het model resulteerde in een iets betere schatting van de dichtheid dan opname van het NDF gehalte. Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg drogestof per m³, dan werd deze het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = e^{(5.3231 + 0.000911 \times (\text{DS} - 447) - 0.000003329 \times (\text{DS} - 447)^2 - 0.004276 \times (\text{RC} - 250))}$$

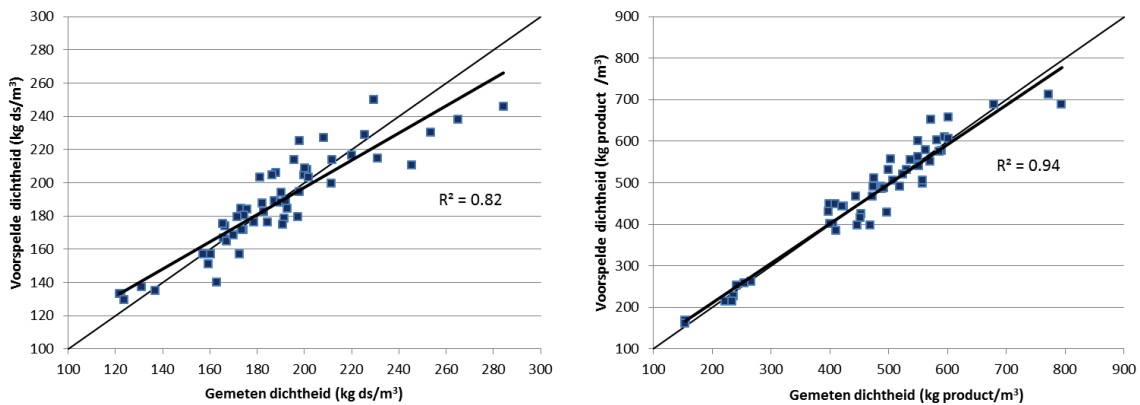
Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) en RC het ruwe celstof gehalte (g/kg DS). De constante is 5.3231, hetgeen betekent dat bij een gemiddelde samenstelling een ronde baal een dichtheid heeft van $e^{5.3231} = 205$ kg DS/m³. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis

van dit model is weergegeven in figuur 3. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid behoorlijk sterk is (R^2 0,82).

Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg product per m^3 , dan werd deze het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid (kg product/m}^3\text{)} = e^{(6.1291 - 0.001458 \times (\text{DS} - 447) - 0.000001339 \times (\text{DS} - 447)^2 - 0.004236 \times (\text{RC} - 250))}$$

Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) en RC het ruwe celstof gehalte (g/kg DS). De constante is 6.1291, hetgeen betekent dat de gemiddelde samenstelling een ronde baal een geschatte dichtheid heeft van 456 kg product/ m^3 ($= e^{6.1291}$). De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid is weergegeven in figuur 3. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten dichtheid en de voorspelde dichtheid nog wat sterker was (R^2 0,94) dan wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg droge stof per m^3 .



Figuur 3 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van modellen gefit met gegeneraliseerde multiple lineaire regressie van ingepakte ronde balen (links: dichtheid in kg droge stof/ m^3 en rechts: dichtheid in kg product/ m^3)

3.1.2.2 Rechthoekige balen

De dichtheid van rechthoekige ingepakte balen werd net als bij de ronde balen geschat op basis van het drogestof gehalte (lineair) en het ruwe celstof gehalte (lineair). Ook hier waren ruwe celstof en NDF gecorreleerd. Echter, het NDF gehalte bleek in het model geen significant effect te hebben op de dichtheid ($p > 0.1$). Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg droge stof per m^3 , dan werd deze het best beschreven met het model:

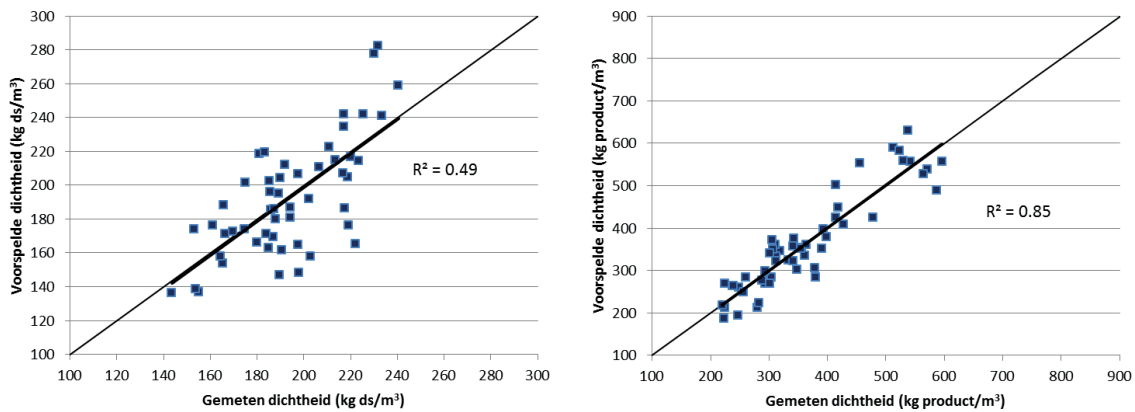
$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = e^{(5.3038 + 0.000511 \times (\text{DS} - 575) - 0.000001770 \times (\text{DS} - 575)^2 - 0.002544 \times (\text{RC} - 272))}$$

Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) en RC het ruwe celstof gehalte (g/kg DS) is. De constante in het model is 5,3038, hetgeen betekent dat de gemiddelde samenstelling een ronde baal een dichtheid heeft van 190 kg DS/ m^3 ($= e^{5.3038}$). De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 4. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid matig is (R^2 0,49).

Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg product per m^3 , dan werd deze het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid (kg product/m}^3\text{)} = 5.855 - 0.001291 \times (\text{DS} - 575) - 0.002585 \times (\text{RC} - 272)$$

Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) en RC het ruwe celstof gehalte (g/kg DS). De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 4. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid sterker is (R^2 0,85) dan de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid uitgedrukt in kg droge stof.



Figuur 4 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van modellen gefit met gegeneraliseerde multiple lineaire regressie van ingepakte rechthoekige balen (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)

3.1.3 Gegeneraliseerde lineaire mixed regressie modellen

In dit onderzoek waren de rechthoekige en ronde balen door verschillende loonwerkers gemaakt. Daarnaast zijn niet alle balen in hetzelfde jaar gemaakt. Zowel de factor loonwerker als jaar kunnen van invloed zijn op het resultaat. Daarom is op basis van de totale dataset van de ingepakte balen (rond en rechthoekig) met behulp van gegeneraliseerde lineaire mixed regressie een model afgeleid voor schatting van de dichtheid van ingepakte balen. Loonwerker en de interactie Loonwerker x Jaar zijn als random factoren in het model opgenomen. Van de chemische samenstelling bleken het drogestof gehalte en het ruwe celstof gehalte een significant effect te hebben. Deze beide factoren zijn in het model als fixed factoren opgenomen. In het model bleek het baaltype geen significant effect te hebben op de dichtheid zodat de eindmodellen voor ronde en rechthoekige balen gelijk waren. De eindmodellen voor de schatting van de dichtheid van graskuil in zowel ronde als rechthoekige balen waren:

$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 188.6 + 0.07558 \times (\text{DS} - 510) - (0.4926 \times (\text{RC} - 261))$$

$$\text{Dichtheid (kg product/m}^3\text{)} = 410.8 - 0.5335 \times (\text{DS} - 510) - (1.196 \times (\text{RC} - 261))$$

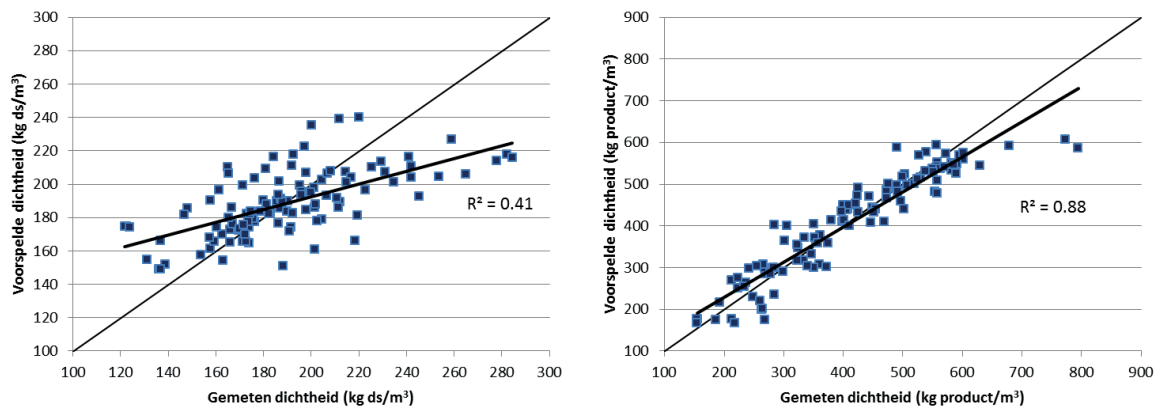
Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) en RC het ruwe celstof gehalte (g/kg DS) is. Omdat er geen kwadratische factoren in de formules zitten kunnen de beide formules vereenvoudigd worden tot:

$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 278.4 + 0.07558 \times \text{DS} - 0.4926 \times \text{RC}$$

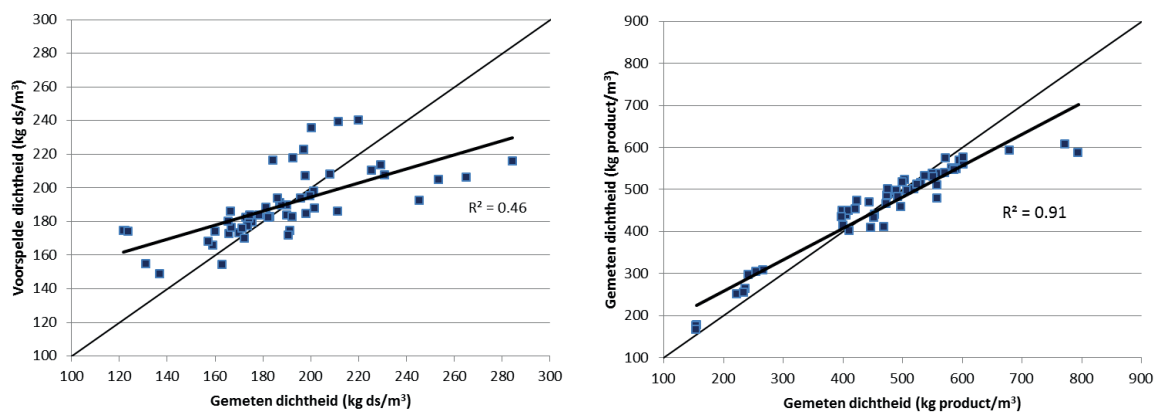
$$\text{Dichtheid (kg product/m}^3\text{)} = 994.81 - 0.5335 \times \text{DS} - 1.196 \times \text{RC}$$

In figuur 5 zijn de relaties tussen de gemeten dichtheid en de voorspelde dichtheid op basis van deze modellen van ronde en rechthoekige balen samen weergegeven. Hieruit blijkt dat het model die de dichtheid uitgedrukt in kg product voorspeld een sterkere relatie met de gemeten dichtheid heeft (R^2 0,88) dan het model die de dichtheid uitgedrukt in kg droge stof voorspeld (R^2 0,41).

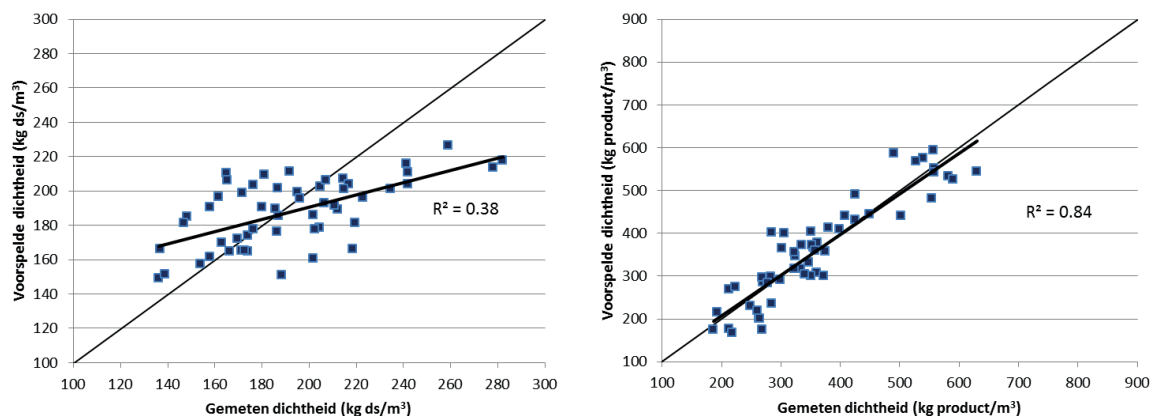
In de figuren 6 en 7 is de relatie tussen de gemeten en de voorspelde dichtheid van de ronde en de rechthoekige balen afzonderlijk weergegeven. Hieruit blijkt dat de dichtheden (kg DS/m³ en kg product/m³) van ronde balen (figuur 6) met bovenstaande modellen wat beter wordt voorspeld dan die van rechthoekige balen (figuur 7).



Figuur 5 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van gegeneraliseerde lineaire mixed regressie modellen van ingepakte (ronde + rechthoekige) balen (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)



Figuur 6 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van gegeneraliseerde lineaire mixed regressie modellen van ingepakte ronde balen (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)



Figuur 7 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van gegeneraliseerde lineaire mixed regressie modellen van ingepakte rechthoekige balen (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)

3.2 Dichtheid van graskuil in rijkuilen en sleuvsilo's

3.2.1 Lineaire regressiemodellen

3.2.1.1 Graskuil in rijkuilen

Alleen het drogestof gehalte bleek van invloed op de dichtheid van graskuil in rijkuilen. Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg droge stof per m³, dan werd deze het best beschreven met het model:

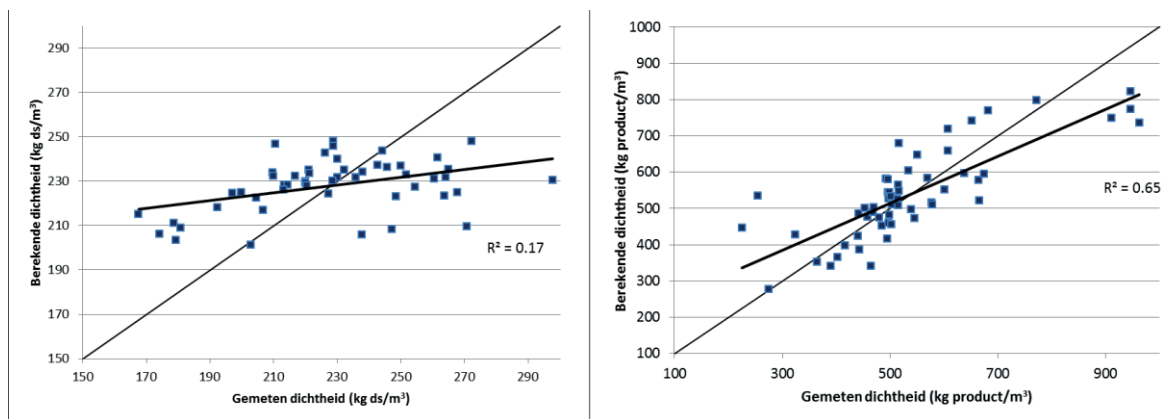
$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 174.1 + 0.1261 \times \text{DS}$$

Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) is. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 8. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid zwak is (R^2 0,17).

Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg product per m³, dan werd deze het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid (kg product/m}^3\text{)} = 1098,389 - 1,292 \times \text{DS}$$

Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) is. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid is weergegeven in figuur 8. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid duidelijk sterker is (R^2 0,65) dan de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid uitgedrukt in kg droge stof.



Figuur 8 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van multiple rechtlijnige lineaire regressie modellen van graskuil in rijkuilen (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)

3.2.1.2 Graskuil in sleuvsilo's

Evenals bij graskuil in rijkuilen, bleek ook bij graskuil in sleuvsilo's dat alleen het drogestof gehalte van invloed was op de dichtheid. Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg droge stof per m³, dan werd deze het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 208.11 + 0.0701 \times \text{DS}$$

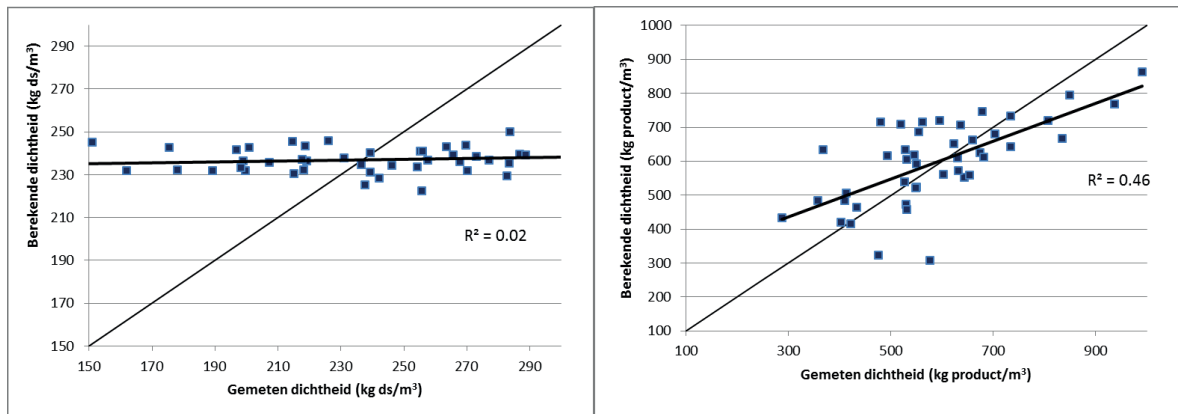
Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) is. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid is weergegeven in figuur 9. Hieruit blijkt dat er nauwelijks een relatie is tussen de gemeten en voorspelde dichtheid zwak is (R^2 0,02).

Wanneer de dichtheid wordt uitgedrukt in kg product per m³, dan werd deze het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid (kg product/m}^3\text{)} = 1225.833 - 1.515 \times \text{DS}$$

Waarin DS het drogestof gehalte (g/kg) is. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid is weergegeven in figuur 9. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde

dichtheid sterker is dan de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid uitgedrukt in kg droge stof, maar nog steeds matig (R^2 0,46).



Figuur 9 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van multiple rechtlijnige lineaire regressie modellen van graskuil in sleufsilos (links: dichtheid in kg droge stof/ m^3 en rechts: dichtheid in kg product/ m^3)

3.2.2 Generaliseerde multiple lineaire regressiemodellen

3.2.2.1 Graskuil in rijkuilen

Wanneer de dichtheid werd gedrukt in kg drogestof per m^3 , bleek bij toepassing van dit model geen van de chemische karakteristieken een significant effect te hebben op de dichtheid van rijkuilen met graskuil. Alleen de hoogte van de rijkuil (lineair en kwadratisch) was significant van invloed op de dichtheid van rijkuilen uitgedrukt in kg droge stof per m^3 . De dichtheid in kg DS/ m^3 van gras ingekuild in rijkuilen werd het best geschat met het model:

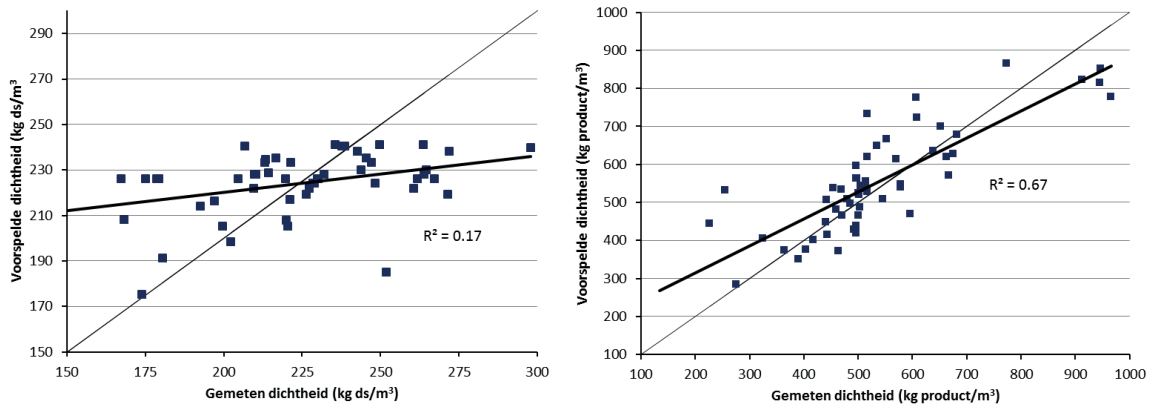
$$\text{Dichtheid rijkuilen (kg DS/m}^3\text{)} = 231.39 + 33.2 \times (H - 1.9) - 28.2 \times (H - 1.9)^2$$

Waarin H de hoogte van de kuil in meters is. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid is weergegeven in figuur 10. Hieruit blijkt dat de relatie een R^2 heeft van maar 0,17.

Wanneer de dichtheid werd gedrukt in kg product per m^3 , had alleen het drogestof gehalte een significant effect op de dichtheid van rijkuilen met graskuil. Daarnaast was de hoogte van de rijkuil (lineair en kwadratisch) significant van invloed op de dichtheid van rijkuilen uitgedrukt in kg DS/ m^3 . De dichtheid uitgedrukt in kg/ m^3 van gras ingekuild in rijkuilen werd het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid rijkuilen (kg/m}^3\text{)} = 585.5 - 1.44 \times (DS - 434) + 56.6 \times (H - 1.9) - 125.6 \times (H - 1.9)^2$$

Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg en H de hoogte van de kuil in meters. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid is weergegeven in figuur 10. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid veel sterker is dan de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid uitgedrukt in kg droge stof (R^2 0,67).



Figuur 10 Relatie tussen gemeten dichtheid en dichtheid voorspeld op basis van gegeneraliseerde multiple lineaire regressiemodellen van gras ingekuuld in rijkuilen (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)

3.2.2.2 Graskuil in sleufsilos

Wanneer de dichtheid werd gedrukt in kg drogestof per m³ bleek alleen het drogestof gehalte een significant effect te hebben op de dichtheid van sleufsilos met graskuil. De afmetingen van de sleufsilos (zijwandhoogte, hoogte, breedte) bleken geen significant effect te hebben op de dichtheid. De dichtheid in kg droge stof/m³ van gras ingekuuld in sleufsilos werd het best geschat met het model:

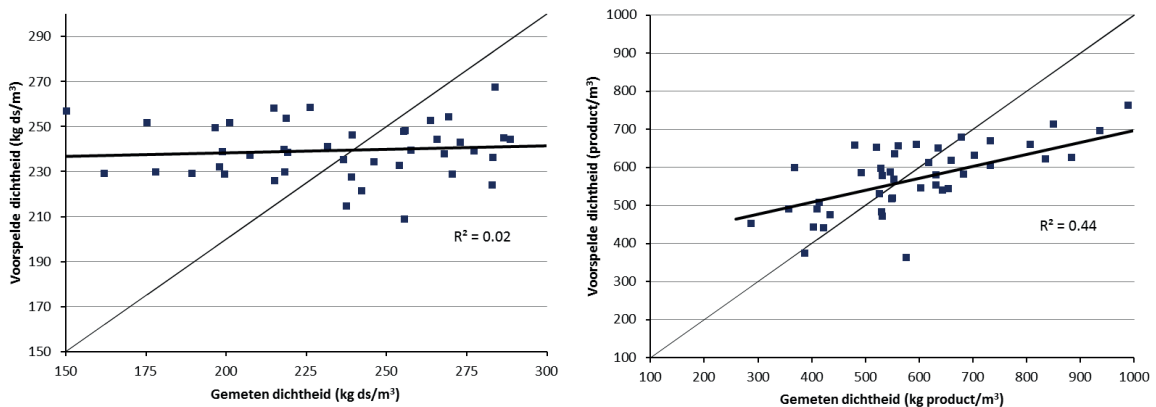
$$\text{Dichtheid rijkuilen (kg DS/m}^3\text{)} = 236.62 + 0.148 \times (\text{DS} - 410)$$

Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 11. Hier blijkt dat er nauwelijks een relatie is tussen de berekende en de gemeten dichtheid ($R^2 = 0,02$).

De dichtheid uitgedrukt in kg/m³ van gras ingekuuld in sleufsilos werd op basis van multiple lineaire regressie het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid rijkuilen (kg product/m}^3\text{)} = 577.5 - 1.092 \times (\text{DS} - 410)$$

Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 11. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid sterker is dan de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid uitgedrukt in kg droge stof, maar nog steeds matig ($R^2 = 0,44$).



Figuur 11 Relatie tussen gemeten dichtheid en dichtheid voorspeld op basis van gegeneraliseerde multiple lineaire regressiemodellen van graskuil in sleufsilos (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)

3.2.3 Gegeneraliseerde lineaire mixed regressie modellen

Binnen veehouderijbedrijven worden vaak zowel sleufsilos als rijkuien toegepast voor het inkuilen van graskuil. Het is daarbij niet ondenkbaar dat in sleufsilos ander materiaal wordt ingekuild dan in rijkuien. Bijvoorbeeld: dat eerste en tweede snede gras dat wordt ingekuild in sleufsilos en latere sneden in rijkuien. Daarom zijn bij het fitten van modellen voor de dichtheid van grassilage de chemische samenstelling en kuiltipe (rijkuil of sleufsilos), als fixed factoren opgenomen en loonwerker en veehouder en de interacties met kuiltipe als random factoren. Behalve het drogestof gehalte had geen van de samenstellingsparameters een significante invloed op de dichtheid van graskuil.

Het eindmodel op basis van gegeneraliseerde lineaire mixed regressie model voor dichtheid uitgedrukt in kg drogestof per m³ voor graskuil in rijkuien is:

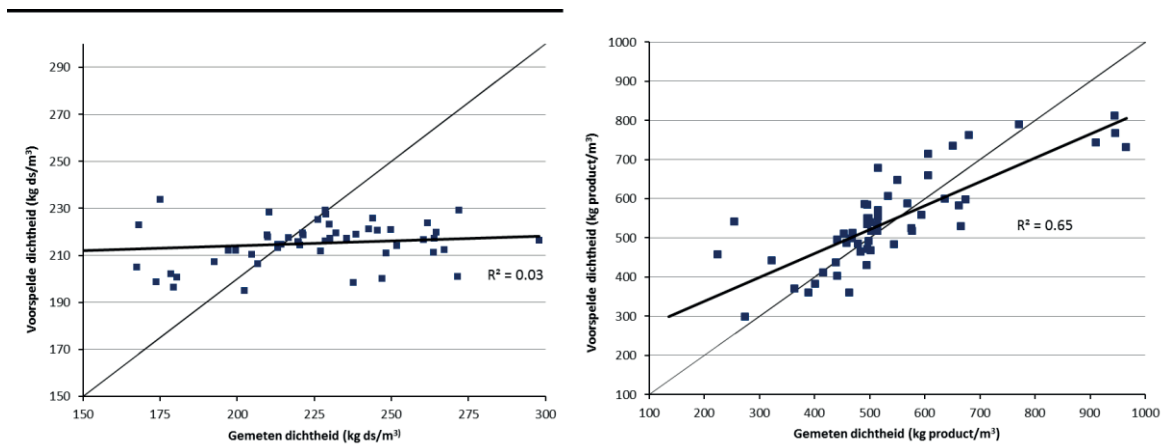
$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 214.0 + 0.09203 \times (\text{DS}-423)$$

Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 12. Hier blijkt dat er nauwelijks een relatie is tussen de berekende en de gemeten dichtheid (R^2 0,03).

Het eindmodel voor dichtheid uitgedrukt in kg product per m³ voor graskuil in rijkuien is

$$\text{Dichtheid (kg product/m}^3\text{)} = 546.6 - 1.216 \times (\text{DS}-423)$$

Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 12. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid veel sterker is dan de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid uitgedrukt in kg droge stof (R^2 0,65).



Figuur 12 Relatie tussen gemeten dichtheid en dichtheid voorspeld op basis van gegeneraliseerde multiple lineaire mixed regressiemodellen van gras ingekuild in rijkuien (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)

Het eindmodel op basis van gegeneraliseerde lineaire mixed regressie model voor dichtheid uitgedrukt in kg drogestof per m³ voor graskuil in sleufsilos is:

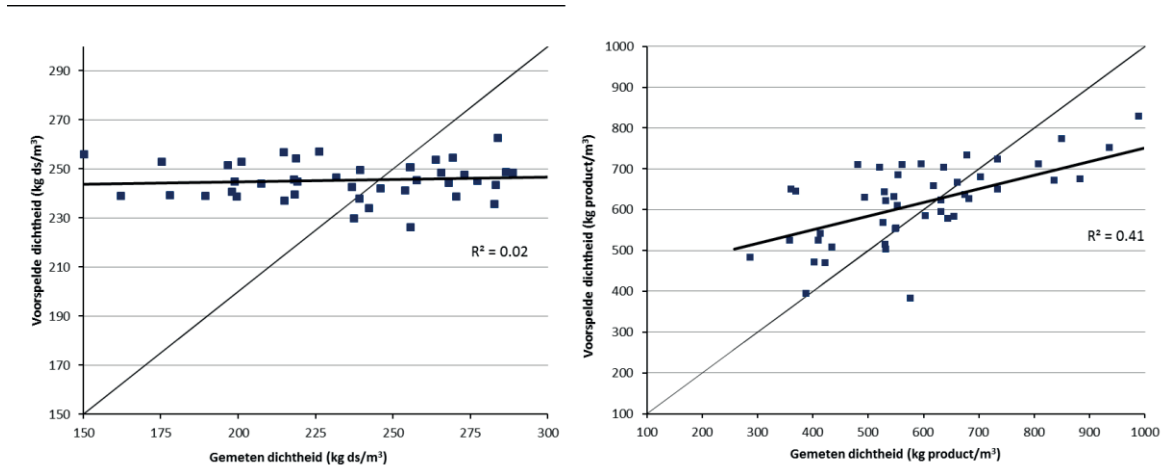
$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 246.7 + 0.09203 \times (\text{DS}-423)$$

Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 13. Hier blijkt dat er nauwelijks een relatie is tussen de berekende en de gemeten dichtheid (R^2 0,02).

Het eindmodel op basis van gegeneraliseerde lineaire mixed regressie model voor dichtheid uitgedrukt in kg product per m³ voor graskuil in sleufsilo's is:

$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 594.2 - 1.216 \times (\text{DS} - 423)$$

Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 13. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid sterker is dan de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid uitgedrukt in kg droge stof, maar nog steeds matig (R^2 0,41).



Figuur 13 Relatie tussen gemeten dichtheid en dichtheid voorspeld op basis van gegeneraliseerde multiple lineaire mixed regressiemodellen van gras ingekuuld in sleufsilo's (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)

3.3 Dichtheid van snijmaiskuil

De dataset voor het schatten van de dichtheid van snijmaiskuil had enige beperkingen. Alle partijen (op één na) waren ingekuuld in sleufsilo's. De resultaten gelden dan ook alleen voor snijmais ingekuuld in sleufsilo's.

3.3.1 Lineaire regressie modellen

Zowel het drogestof gehalte als het zetmeelgehalte, bleken van invloed op de dichtheid van snijmaiskuil. Het drogestof gehalte was echter sterk gecorreleerd met het zetmeelgehalte. Uitwisseling van drogestof tegen zetmeel in het model, resulteerde niet in een betere schatting van de dichtheid. Wanneer de dichtheid van snijmaiskuil wordt uitgedrukt in kg droge stof per m³, dan werd deze op basis van multiële lineaire regressie het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 301.0 - 0.263 \times \text{DS} + 25.04 \times \text{H}$$

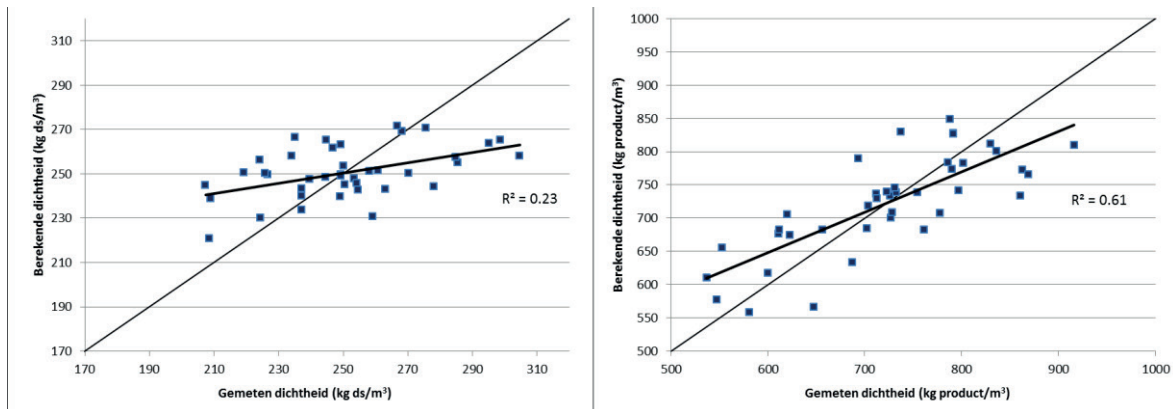
Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg en H de hoogte van de kuil in meters. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid op basis van dit model is weergegeven in figuur 14. Hier blijkt dat de relatie is tussen de berekende en de gemeten dichtheid zwak is (R^2 0,23).

De dichtheid uitgedrukt in kg/m³ van snijmaiskuil werd het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid (kg product/m}^3\text{)} = 1566.0 - 2.737 \times \text{DS} + 68.1 \times \text{H}$$

Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg en H de hoogte van de kuil in meters. In figuur 14 is de relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid van op basis van dit model

weergegeven. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid veel sterker is dan de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid uitgedrukt in $\text{kg droge stof per m}^3$, maar nog niet heel sterk (R^2 0,61).



Figuur 14 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van multiple rechtlijnige lineaire regressiemodellen van ingekuilde snijmaïs (links: dichtheid in kg droge stof/m^3 en rechts: dichtheid in kg product/m^3)

3.3.2 Gegeneraliseerde multiple lineaire regressie modellen

Het drogestof gehalte (lineair) en de hoogte van de kuil (lineair en kwadratisch) waren van invloed op de dichtheid van snijmaiskuil. Het drogestof gehalte was sterk gecorreleerd met het zetmeelgehalte. Echter, uitwisseling van drogestof tegen zetmeel in het model resulteerde niet in een betere schatting van de dichtheid. Wanneer de dichtheid van snijmaiskuil wordt uitgedrukt in $\text{kg drogestof per m}^3$, dan werd deze het best beschreven met het model:

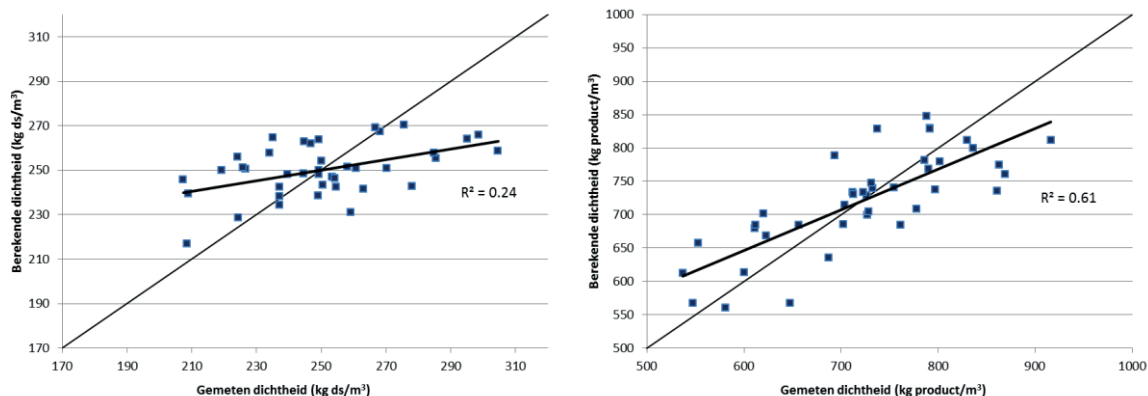
$$\text{Dichtheid (kg DS/m}^3\text{)} = 255.01 - 0.26 \times (\text{DS} - 349) + 25.39 \times (\text{H} - 1.8) - 4.28 \times (\text{H} - 1.8)^2$$

Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg en H de hoogte van de kuil in meters. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid is weergegeven in figuur 15. Hier blijkt dat de relatie is tussen de berekende en de gemeten dichtheid evenals bij de lineaire regressie model zwak is (R^2 0,24).

De dichtheid uitgedrukt in kg/m^3 van snijmaïs werd op basis van multiële lineaire regressie het best beschreven met het model:

$$\text{Dichtheid rijkuilen (kg product /m}^3\text{)} = 735.6 - 2.729 \times (\text{DS} - 349) + 69 \times (\text{H} - 1.8) - 11.77 \times (\text{H} - 1.8)^2$$

Waarin DS het drogestof gehalte is uitgedrukt in gram/kg en H de hoogte van de kuil in meters. De relatie tussen de gemeten dichtheid en berekende dichtheid is weergegeven in figuur 15. Hieruit blijkt dat de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid veel sterker is dan de relatie tussen de gemeten en voorspelde dichtheid uitgedrukt in $\text{kg droge stof per m}^3$, maar nog niet heel sterk (R^2 0,61).



Figuur 15 Relatie tussen gemeten dichtheid en de dichtheid voorspeld op basis van gegeneraliseerde multiple lineaire regressie modellen van ingekuilde snijmais (links: dichtheid in kg droge stof/m³ en rechts: dichtheid in kg product/m³)

3.3.3 Gegeneraliseerde lineaire mixed regressie modellen

Bij snijmaïskuiten is het niet zinvol om generaliseerde lineaire mixed regressie modellen toe te passen omdat er praktisch maar één kuil per boer en per loonwerker is aangelegd. Per random factor is daarom nauwelijks of geen variatie aanwezig.

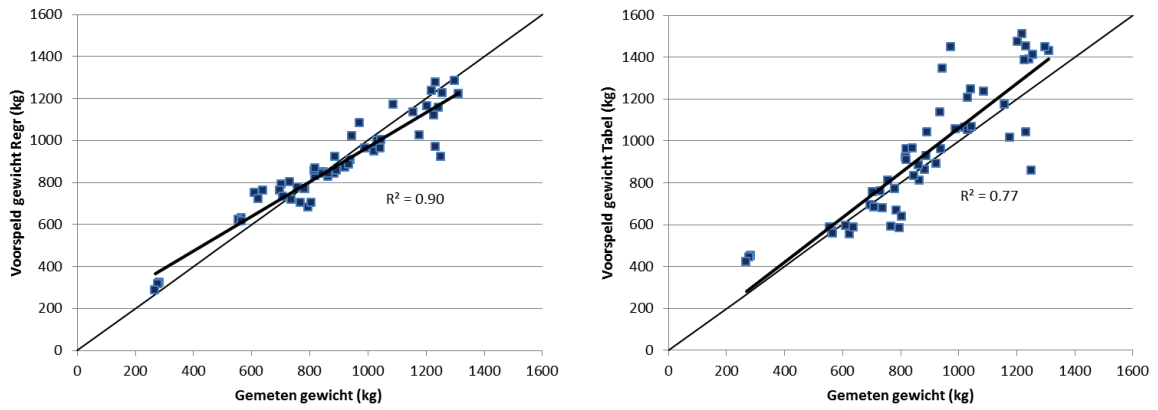
3.4 Schatting van de voerpartijgrootte

De uiteindelijke doelstelling is om te komen tot een schatting van de grootte van voerpartijen om de voervorraden voor de BEX en BEP te berekenen. In dit hoofdstuk zijn daarom de relaties tussen enerzijds de geschatte partijgroottes op basis van de regressiemodellen en de gemeten partijgroottes en anderzijds de relaties tussen de geschatte partijgroottes op basis van de huidige tabelwaarden en de gemeten partijgroottes naast elkaar gezet.

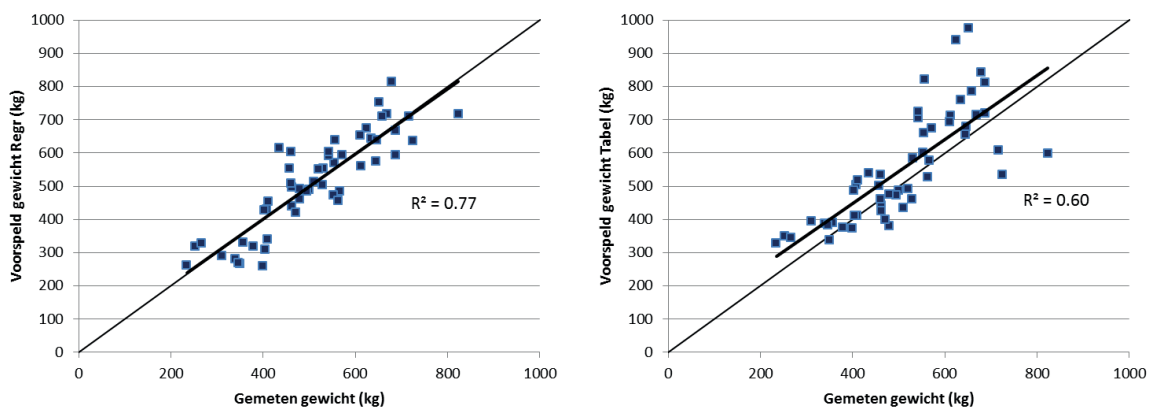
3.4.1 Ronde en rechthoekige balen

Bij ronde en rechthoekige balen waren er nauwelijks verschillen tussen de verschillende regressiemodellen wat betreft de nauwkeurigheid van de voorspelling van de dichtheid. In deze paragraaf zijn de relaties tussen enerzijds de geschatte partijgroottes op basis van het gegeneraliseerde lineaire mixed regressiemodel en de gemeten partijgroottes en anderzijds de relaties tussen de geschatte partijgroottes op basis van de huidige tabelwaarden en de gemeten partijgroottes naast elkaar gezet (figuur 16 en 17).

Hieruit blijkt dat de schattingen van de partijgrootte (gewicht) op basis van het nieuwe regressiemodel een duidelijke verbeteringen geven, ten opzichte van de schattingen op basis van de huidige tabelwaarde. Met name het gewicht van de zwaardere (nattere) wordt beter voorspeld.



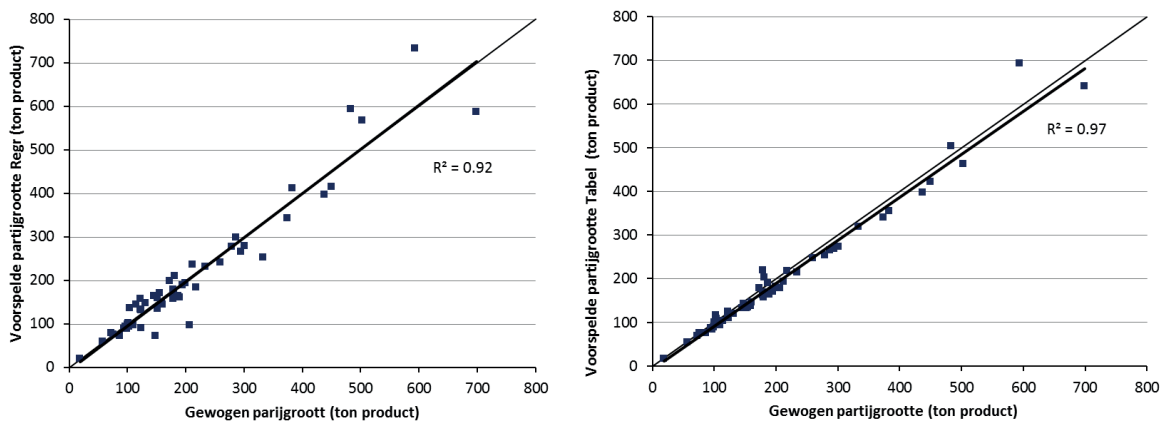
Figuur 16 Relatie tussen geschatte gewichten op basis van het regressiemodel en gemeten gewichten (links) en relatie tussen geschatte gewichten op basis van huidige tabelwaarden en gemeten gewichten(rechts) bij graskuil in ronde balen



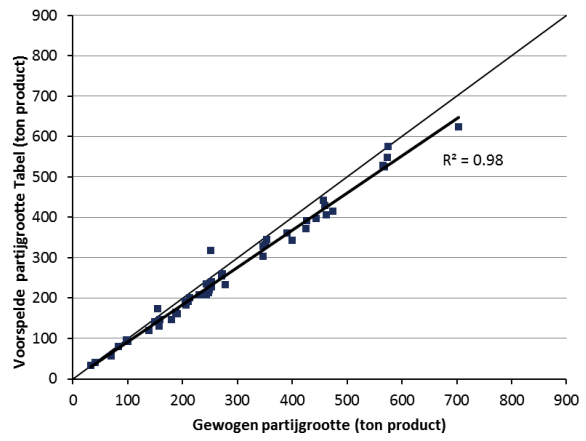
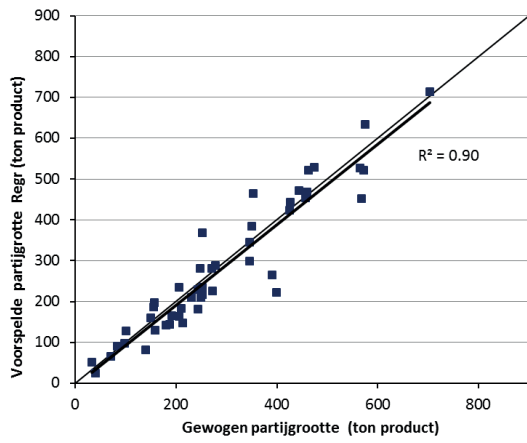
Figuur 17 Relatie tussen geschatte gewichten op basis van het regressiemodel en gemeten gewichten (links) en relatie tussen geschatte gewichten op basis van huidige tabelwaarden en gemeten gewichten(rechts) bij graskuil in rechthoekige balen

3.4.2 Gras- en snijmaïskuilen

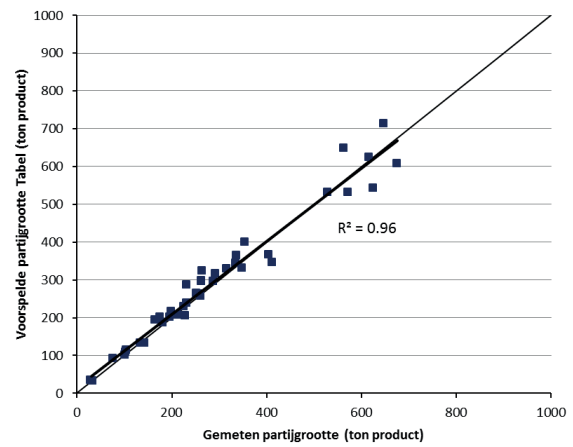
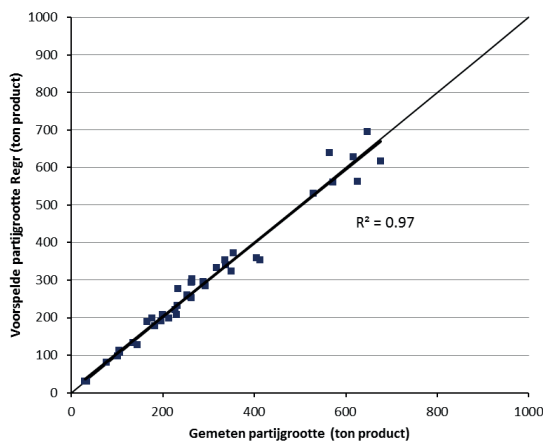
Bij de gras- en snijmaïskuilen (figuren 18 t/m 20) bleken de relaties tussen de geschatte partijgroottes op basis van de huidige tabelwaarden en de gewogen partijgroottes al vrij sterk te zijn ($R^2 > 0,96$). De schattingen van de partijgroottes op basis van nieuwe regressiemodellen geven bij deze kuilen dan ook geen verbetering ten opzichte van de huidige tabelwaarden.



Figuur 18 Relatie tussen geschatte partijgroottes op basis van het regressiemodel en gemeten partijgroottes (links) en relatie tussen geschatte partijgroottes op basis van huidige tabelwaarden en gemeten partijgroottes (rechts) bij graskuil in rijkuilen



Figuur 19 Relatie tussen geschatte partijgroottes op basis van het regressiemodel en gemeten partijgroottes (links) en relatie tussen geschatte partijgroottes op basis van huidige tabelwaarden en gemeten partijgroottes (rechts) bij graskuil in sleufsilos



Figuur 20 Relatie tussen geschatte partijgroottes op basis van het regressiemodel en gemeten partijgroottes (links) en relatie tussen geschatte partijgroottes op basis van huidige tabelwaarden en gemeten partijgroottes (rechts) bij snijmaiskuil in sleufsilos

4 Discussie

In dit onderzoek zijn de volumes van de kuilen gemeten volgens de huidige voorschriften van de "Handreiking bedrijfsspecifieke excretie". Voor kuilen betekent dit dat de inhoud volgens de formule lengte x breedte x hoogte moet worden bepaald. Aangezien kuilen geen mooi rechthoekige balkvorm hebben, kunnen de afmetingen niet precies worden gemeten en moet de gemiddelde lengte, breedte en hoogte zo goed mogelijk moet ingeschat door de monsternemer. Deze methode kan leiden tot wat afwijkingen van de "gemeten" volume ten opzichte van de werkelijke volume van de kuilen. Daarnaast is in dit onderzoek de hoeveelheid product van de rijkuilen en sleufsilos gewogen met behulp van silagewagens, plus een weeginrichting en in sommige gevallen met behulp van een weegbrug. De weeginrichtingen van de silagewagens zijn niet structureel bij elke oogst geijkt, dit is voor een groot deel overgelaten aan de loonwerkers. Mogelijk kunnen eventuele lichte afwijkingen van de weeginrichtingen voor wat extra variatie in de dataset met weeggegevens hebben gezorgd.

4.1 Ronde en rechthoekige balen

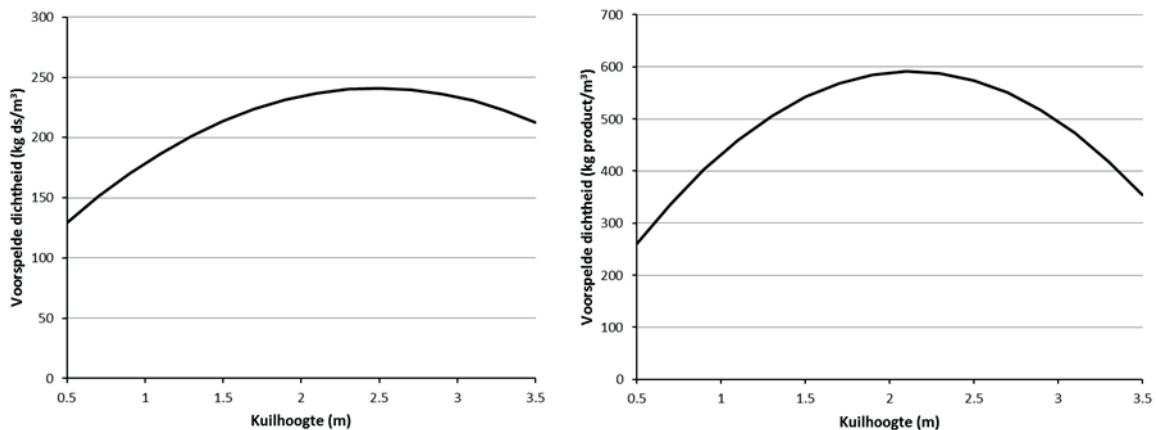
Uit de analyse van beschikbare dataset geeft aan dat er geen significant verschil was tussen de gemiddelde dichtheid uitgedrukt in kg droge stof per m³ en kg product per m³ van rechthoekige balen gemiddeld en van ronde balen. De waargenomen gemiddelde dichtheden vallen binnen de range aan dichtheden die worden gerapporteerd in onderzoek elders (Resch, 2008, O'Kiely et al. 1999). Echter, in de praktijk wordt vaak aangenomen dat de dichtheid van rechthoekige balen groter is dan van ronde balen. Thans wordt door het Handboek Melkveehouderij een gemiddelde dichtheid van 175 en 185 (±10) kg DS/m³ voor respectievelijk ronde en rechthoekige balen gehanteerd (www.handboekmelkveehouderij.nl). De Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein hanteert als richtlijn een dichtheid tussen 150 en 180 kg DS/m³ voor ronde balen en een dichtheid tussen de 170 en 230 kg DS/m³ voor rechthoekige balen (Thaysen, www.lwsh.de). In de gebruikte dataset was er geen verschil in dichtheid tussen ronde en rechthoekige balen. Dat in de praktijk soms wel een verschil in dichtheid bestaat tussen rechthoekige en ronde balen, wordt mogelijk verklaard doordat rechthoekige balen meestal worden geperst in loonwerk en ronde balen soms door de veehouder zelf. Het vermogen aan de aftakas is een belangrijke factor bepalend voor de dichtheid van de balen (Thaysen, www.lwsh.de). Balenpersen voor rechthoekige balen vragen in het algemeen een groter vermogen aan de aftakas en worden daarom relatief vaker door loonwerkers ingezet die doorgaans beschikken over trekkers met een groter motorvermogen. Ronde balenpersen zijn relatief vaker "boerenmachines" die worden aangedreven door lichtere trekkers met een geringer vermogen. Binnen het type oprolpersen bestaat ook een grote variatie aan persdichtheid. Uit Oostenrijks onderzoek blijkt dat oprolpersen met een vaste perskamer een gemiddeld lagere dichtheid (147 kg DS/m³) wordt bereikt dan bij persen met een variabele perskamer (168 kg DS/m³) (Resch, 2008). Binnen één type pers kan grote variatie in dichtheid bestaan die wordt veroorzaakt door variatie in rijsnelheid, zwaddikte en intensiteit van snijden (O'Keily, et al. 1999). In alle modellen had het drogestof gehalte een significant effect op de dichtheid van balen. Een hoger drogestof gehalte resulteerde in een toename van het aantal kg droge stof per m³. Dit is in overeenstemming met de resultaten van onderzoek O'Kiely et al. (1999) en Resch (2008). Een toename van het drogestof gehalte resulteert in afname van de dichtheid uitgedrukt in kg product per m³. Toename van het ruwe celstof gehalte resulteerde in een afname van de dichtheid uitgedrukt in zowel kg droge stof per m³ en kg product per m³. Een negatief verband tussen het ruwe celstof gehalte en dichtheid uitgedrukt in kg droge stof per m³ werd ook waargenomen door Resch (2008). Alle toegepaste modellen geven een onderschatting van de dichtheid (kg droge stof/m³ en kg product/m³) bij een hoge gemeten dichtheid en een overschatting bij een lage gemeten dichtheid. Bij rechthoekige balen is deze onder- en overschatting wat sterker dan bij ronde balen.

4.2 Graskuil in rijkuilen en sleuvsilo's

De modellen voor het voorspellen van de dichtheid uitgedrukt in kg droge stof per m³ hadden allen een geringe verklaarde variantie. Het is niet mogelijk gebleken om op basis van uitsluitend objectiveerbare kenmerken modellen te creëren die een betere voorspelling van de dichtheid in kg droge stof per m³ geven dan de huidige tabelwaarden. De modellen die de dichtheid in kg product voorspelden lieten een betere fit zien dan de modellen die de dichtheid in kg drogestof voorspelden. De hoeveelheid kg product per m³ wordt uiteraard sterk bepaald door de hoeveelheid water in het product.

Het type kuil (rijkuil of sleuvsilo) en de gebruikte apparatuur van de veehouder en loonwerker bij het inkuilen van gras kunnen een extra bron van variatie zijn. Het gebruik van gegeneraliseerde lineaire mixed regressie modellen met veehouder en loonwerker als random factoren is daarvoor bekeken of dit een betere voorspelling van de dichtheid gaf. Dit leverde echter geen noemenswaardige verbetering op. Mogelijk was het aantal kuilen voor de toepassing van dergelijke modellen te klein.

Het kwadratisch effect van de hoogte op de dichtheid van graskuil in rijkuilen heeft tot gevolg dat de voorspelde dichtheid maximaal is bij een hoogte van ca. 2,6 m. Boven en onder een hoogte van 2,6 meter neemt de voorspelde dichtheid af (zie Figuur 21). Dat de dichtheid afneemt boven een hoogte van 2,6 m is niet logisch verklaarbaar. In de dataset waren maar vier kuilen aanwezig die hoger waren dan 2,6 m. Wanneer deze niet werden meegenomen, bleek de dichtheid rechtlijnig toe te nemen naarmate de hoogte toeneemt. Deze vier kuilen hebben dus een relatief groot effect op het effect van de hoogte boven de 2,6 m. Het is dus aannemelijker om te veronderstellen dat dichtheid minimaal gelijk blijft bij een hoogte boven de 2,6 m.



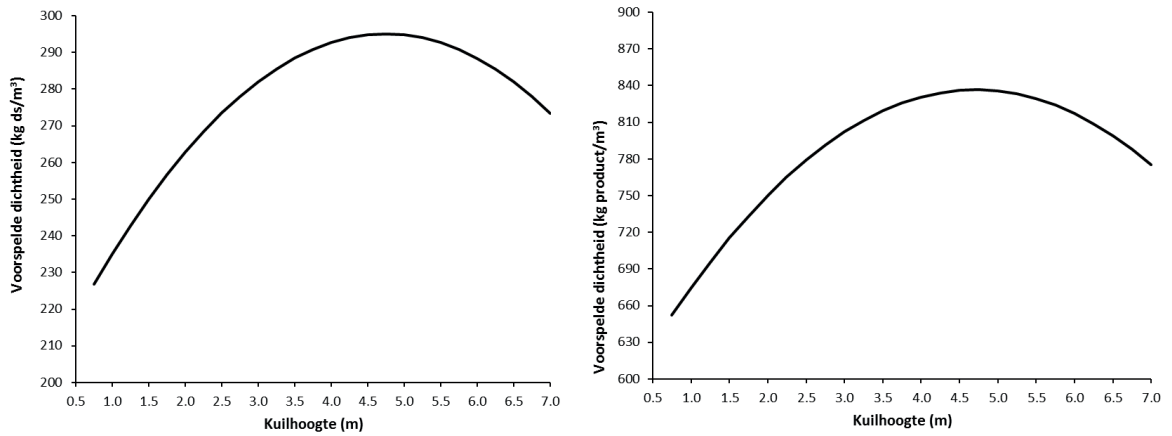
Figuur 21 Relatie tussen hoogte en voorspelde dichtheid van graskuil opgeslagen in rijkuilen (links kg DS/m³ en rechts kg/m³) bij een vast drogestof gehalte

4.3 Dichtheid van snijmaïskuilen

De chemische samenstelling van snijmaïs is veel minder variabel. De grootste variatie bestaat in drogestof gehalte en zetmeelgehalte, welke gerelateerd zijn aan het oogsttijdstip. De gemeten dichtheden bij de snijmaïskuilen zijn duidelijk hoger dan gevonden door Bernier-Roy et al. (2001) en Messer and Hawkins (1977). De gemiddelde dichtheid lag binnen de range die werden gerapporteerd door D'Amours and Savoie (2005) en Muck and Holmes (2000). Bij deze studies was de spreiding in dichtheid groter dan in de dataset gebruikt voor deze studie. In het model waren het drogestof gehalte en hoogte van de kuil significante verklarende variabelen van de dichtheid. Dit komt overeen met bevindingen van van Schooten and van Dongen (2007).

Het kwadratisch effect van de hoogte op de dichtheid van snijmaïskuilen heeft tot gevolg dat de voorspelde dichtheid maximaal is bij een hoogte van ca. 4,7 m. Boven en onder een hoogte van 4,7 meter neemt de voorspelde dichtheid af (zie Figuur 22). Dat de dichtheid boven een hoogte van 4,7 meter niet verder toeneemt is aannemelijk, maar dat die afneemt kan niet goed worden verklaard. In

de dataset waren er echter ook geen kuilen die hoger waren dan 4.7 m. Mede in verband met het effect van de kwadratische term lijkt de formule dan ook niet geschikt te extrapoleren naar hoogten boven de 4.7 m.



Figuur 22 Relatie tussen hoogte en voorspelde dichtheid van snijmaïs ($kg DS/m^3$ en kg/m^3) bij een vast drogestof gehalte

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Ronde en rechthoekige balen

Uit de resultaten van dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat de nieuw afgeleide regressie formules voor het voorspellen van de dichtheid van de ronde en rechthoekige balen een aanzienlijke verbetering geven t.o.v. de huidige gehanteerde tabelwaarden. Uit de regressieanalyses bleek dat de dichtheid uitgedrukt in kg product per m³, beter te voorspellen is dan de dichtheid uitgedrukt in kg droge stof per m³. Tevens bleek op basis van gegeneraliseerde lineaire mixed regressie model dat het baalttype geen significant effect had op de dichtheid.

Het advies is om de dichtheid van ronde en vierkante balen te berekenen op basis van de volgende formule:

Dichtheid (kg/m³) = 994.81 - 0.5335 x droge stofgehalte (g/kg) - 1.196 x ruwe celstofgehalte (g/kg ds).

Door toepassing van deze formule steeg de R² van de relatie tussen de voorspelde gewicht en het gewogen gewicht bij de ronde balen van 0,77 bij gebruik van de huidige tabelwaarde naar 0,90 bij gebruik van het nieuwe regressiemodel en bij de rechthoekige balen van 0,60 naar 0,77.

Met name de gewichten van de zwaarder/nattere balen worden met het nieuwe model beter ingeschat dan met de huidige tabelwaarden.

5.2 Rijkuielen en sleufsilos (gras- en maïs)

Evenals bij de ronde en rechthoekige balen, bleek uit resultaten van de regressieanalyses dat de dichtheid uitgedrukt in kg product per m³, ook bij graskuil in rijkuielen en sleufsilos en snijmaïskuil in sleufsilos beter te voorspellen is dan de dichtheid uitgedrukt in kg droge stof per m³.

Verder bleek dat de relaties tussen voorspelde partijgroottes op basis van de huidige tabelwaarden en de gewogen partijgroottes al behoorlijk sterk waren. De toepassing van nieuwe afgeleide regressie formules liet dan ook geen beter, maar een vergelijkbaar resultaat zien van de voorspelling van de partijgroottes ten opzichte van de toepassing van de huidige tabelwaarden.

Eventuele voordelen van het gebruiken van de nieuwe modellen kunnen zijn:

- De dichtheid wordt alleen nog gebaseerd op een gemeten parameter waardoor het geheel beter te controleren is.
- Minder administratie omdat er geen aanvullende gegevens vastgelegd en verwerkt hoeven te worden over bijvoorbeeld gronddek en inkuilmethode.

Mogelijke nadelen zijn:

- Modellen zijn nog maar op beperkte schaal getest.
- Mogelijke effecten van hoogte en gronddek worden niet meer meegenomen. Het is de vraag of deze in werkelijkheid niet toch nog invloed hebben en slechts in deze data geen effect hebben vanwege het relatief kleine aantal kuilen.

Verder wordt in de praktijk vaak opgemerkt dat de partijgrootte van natte graskuilen overschat worden en van grote graskuilen onderschat. Uit de data van dit onderzoek konden echter geen grotere of structurele afwijkingen bij de natte kuilen of bij de grote partijen ontdekt worden.

Het advies is dan ook om de huidige modellen voor berekening van de dichtheid en partijgrootte van de gras- en maïskuilen niet aan te passen.

5.3 Kuilen met afwijkende dichtheden

Uit de resultaten van het onderzoek bleek dat enkele kuilen erg afwijkende dichtheden hadden t.o.v. de huidige de tabelwaarden. Hiervoor waren de volgende oorzaken voor aan te wijzen:

- Bij twee kuilen die tegen elkaar aan waren gekuild was de scheiding tussen de beide gewogen kuilen niet goed aangegeven. Daardoor paste de opgemeten inhoud (m^3) niet bij de gewichten en kon de dichtheid van beide kuilen op basis van de gewichten niet goed worden berekend. Dit kan in de praktijk ook regelmatig voorkomen en dit leidt dan tot afwijkende partijgroottes en discussies over gewasopbrengsten omdat dan de afwijkende inhoud wordt vermenigvuldigd met een dichtheidsnorm. De oorzaak ligt dan niet bij de gehanteerde dichtheidsnorm, maar bij de niet goed aangegeven scheidingsgrens tussen de beide kuilen.
- Bij twee graspartijen die over elkaar heen waren gekuild (zogenaamde lasagne kuil), werden beide partijen (lagen) apart opgemeten en bemonsterd. De dichtheid van de onderste laag was hoger dan gemiddeld, waardoor die partij werd onderschat door de tabelwaarden. Ook in de praktijk kan dit bij lasagnekuilen leiden tot (sterk) afwijkende berekende partijgroottes. Dit kan voorkomen worden door deze kuilen in zijn geheel van boven tot onder te bemonsteren en op te meten.

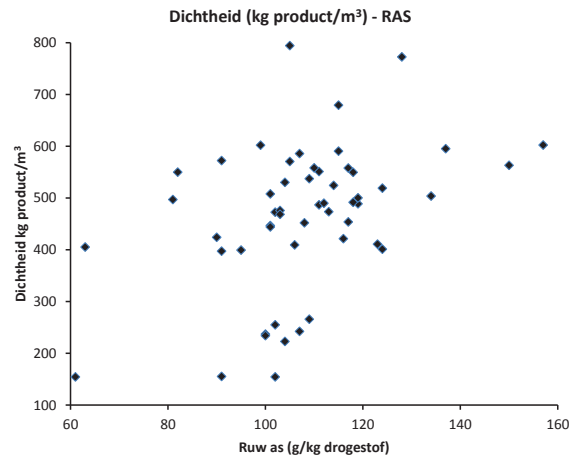
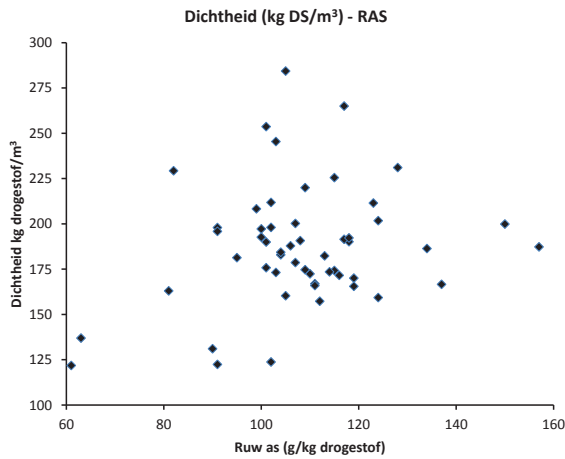
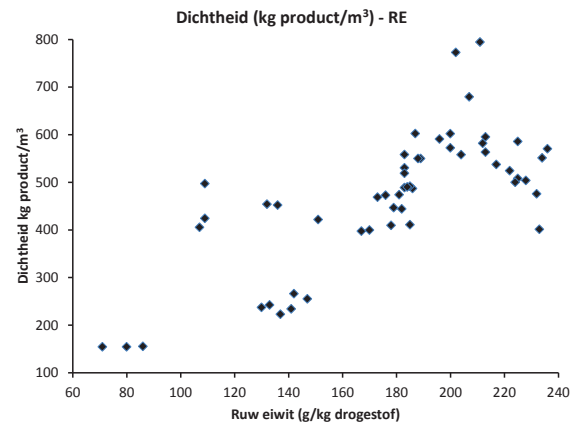
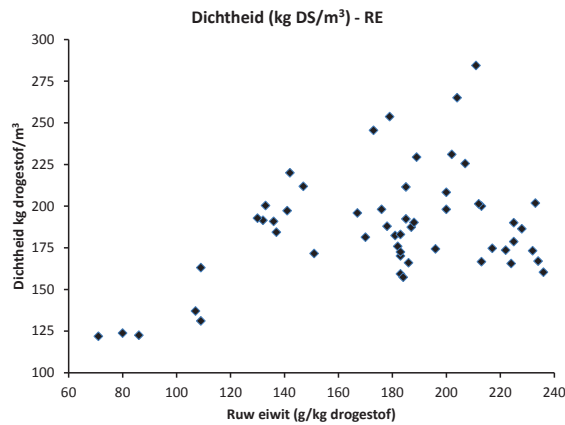
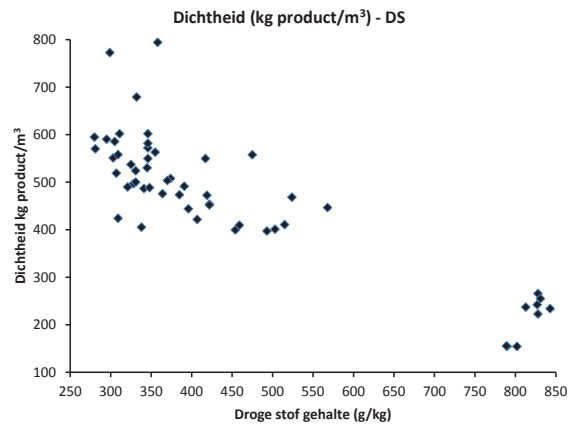
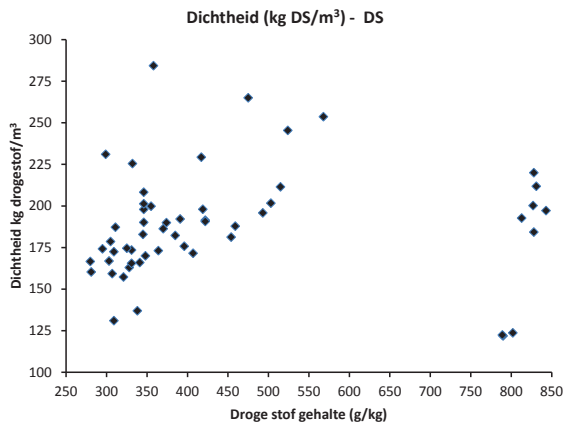
Voor kuilen met vermeende afwijkende dichtheden wordt geadviseerd om een bezwaarprocedure / alternatieve methode voor de bepaling van de dichtheid mogelijk te maken. Hiervoor wordt aanbevolen om een vaste werkwijze vast te leggen en deze uit te laten voeren door een onafhankelijke partij. In geval van discussie of aantoonbare afwijkingen van de dichtheid ten opzichte van de gehanteerde norm, zou men dan via die procedure een andere dichtheid kunnen opvoeren. Dit geeft dan ook mogelijkheden voor bedrijven met mengkuilen, waarvoor op dit moment geen specifieke normen zijn.

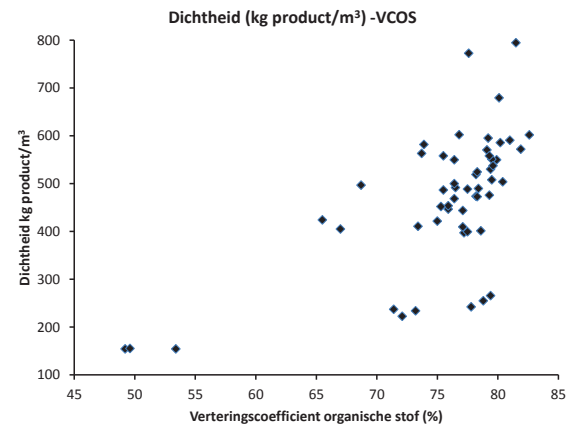
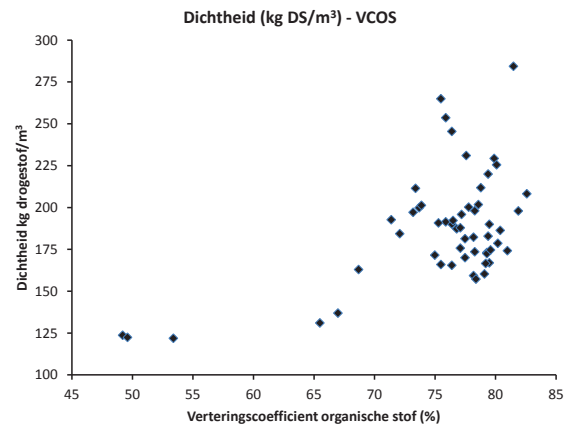
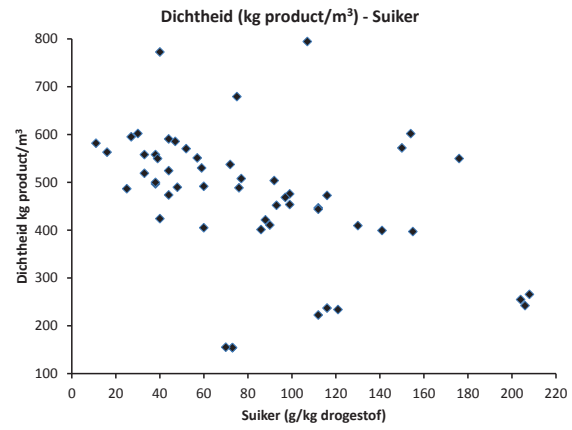
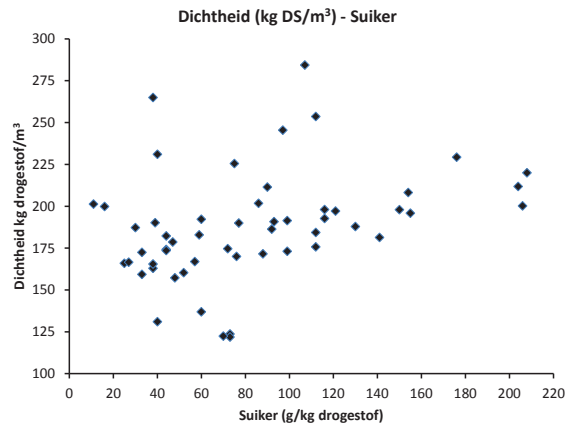
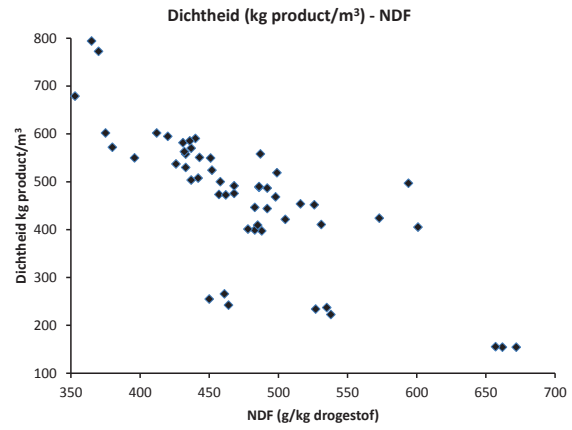
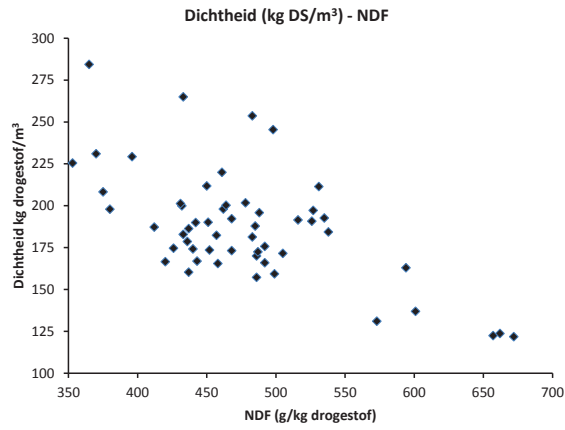
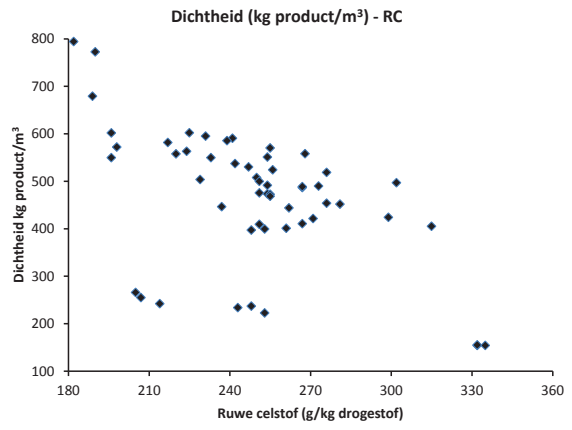
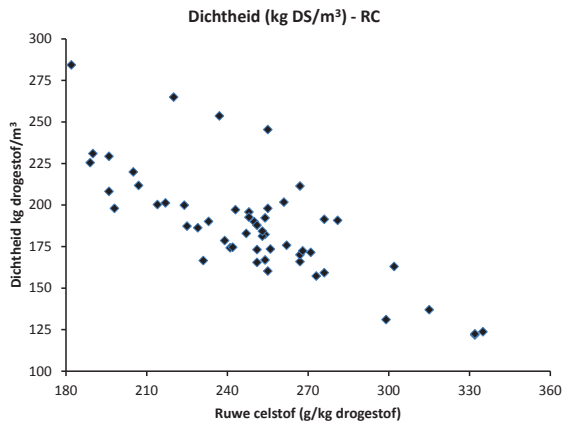
Literatuur

- Bernier-Roy, M., Tremblay, Y., Pomerleau, P., Savoie, P., 2001. Compaction and Density of Forage in Bunker Silos. 2001 ASAE Annual International Meeting, Sacramento USA.
- D'Amours, L., Savoie, P., 2005. Density profile of corn silage in bunker silos. Canadian Biosystems engineering 47, 2.21-22.28.
- Messer, H.J.M., Hawkins, J.C., 1977. Influence of moisture content and chop length of forage maize on silage bulk density and pressure on bunker silo walls. J. Agr. Eng. Res. 22, 175-182.
- Muck, R.E., Holmes, B.J., 2000. Factors affecting bunker silo densities. Appl. Eng. Agric. 16, 613-619.
- O'Kiely P., Forristal D. and Lenehan J.J., 1999, Baled Silage - Development Of Reliable Baled Silage Systems. Teagasc End of project reports MAY 1999. Beef Production Series No. 11
- Resch, R., 2008. Ergebnisse Silageprojekt 2003/2005/2007. 35. Viehwirtschaftliche Fachtagung, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Raumberg-Gumpenstein, pp. 35-45.
- Van Schooten, H.A., van Dongen, C.A., 2007. Dichtheidsbepaling maïs- en graskuilen met boormonsters. Rapport 64. Wageningen-UR Animal Sciences Group, Lelystad, Nederland.
- Wageningen UR Livestock Research, 2014. Handboek Melkveehouderij, www.handboekmelkveehouderij.nl.
- Zom, R.L.M., H.A. van Schooten en G.W. Abbink, 2013. Juiste bepaling van de dichtheid van ingekuuld ruwvoer voor de voorraadberekening van BEX en BEP, Deskstudie naar verbeteringen van huidige tabelmethode. Rapport 677. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, Nederland.

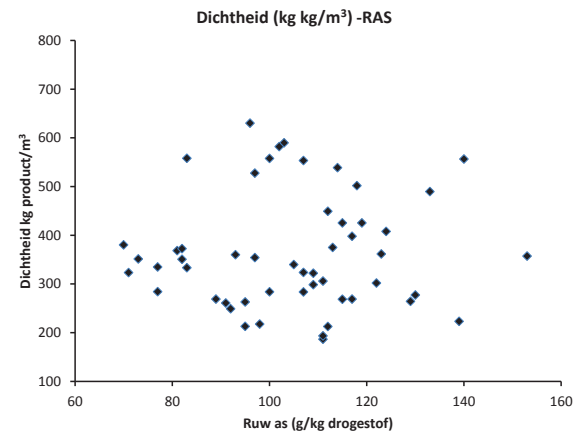
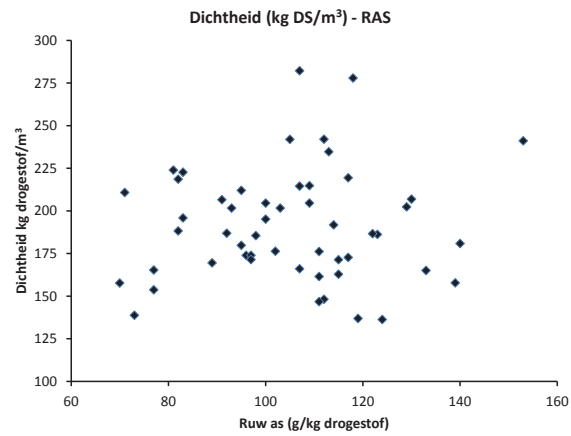
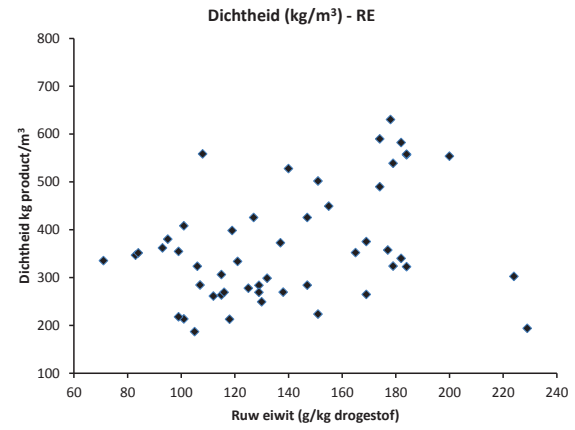
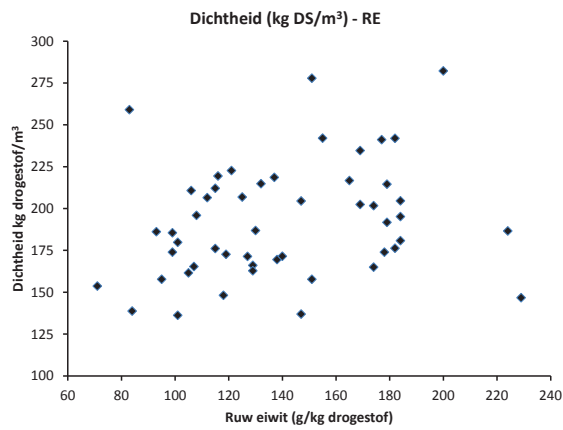
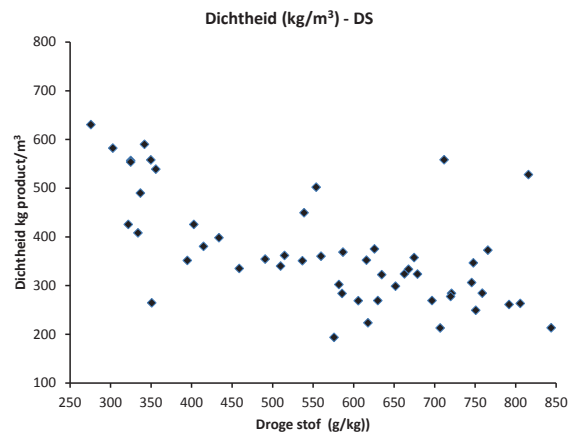
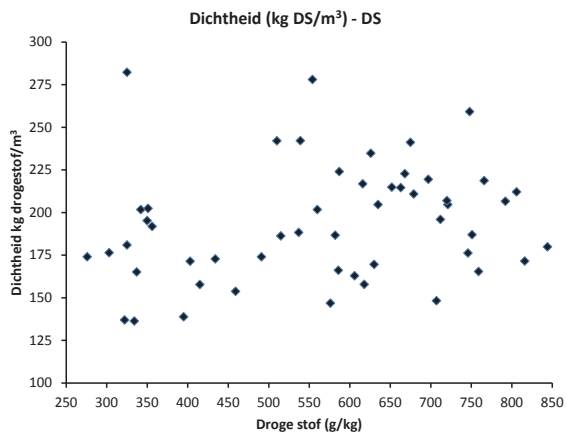
Bijlage 1 Relaties tussen chemische samenstelling en dichtheid

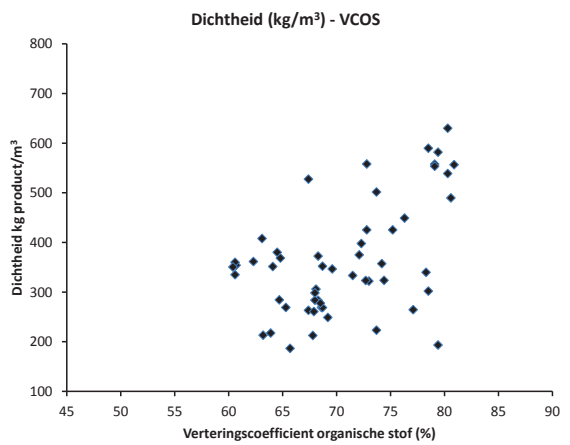
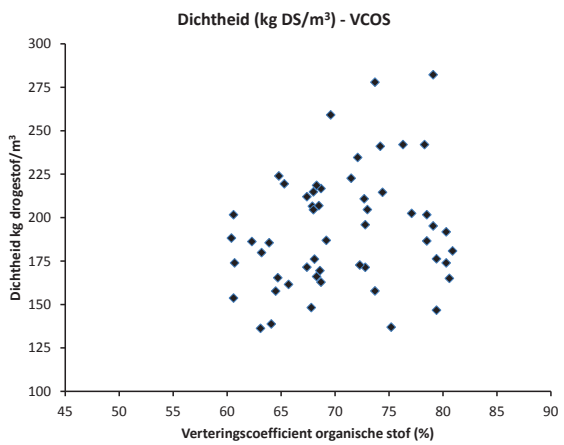
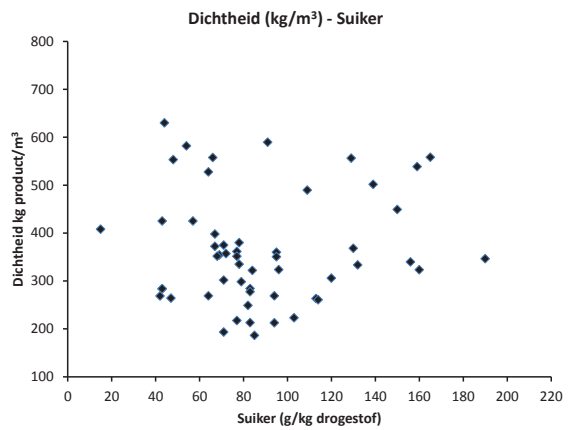
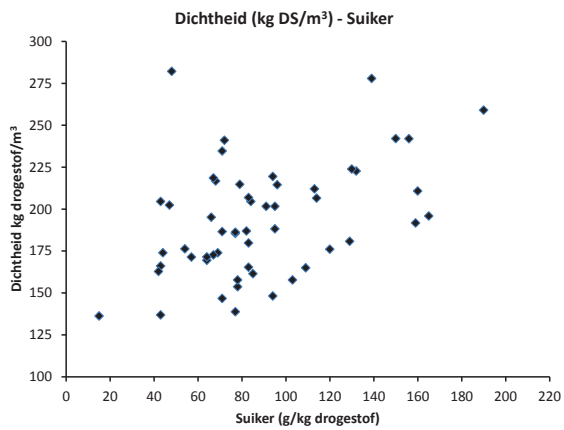
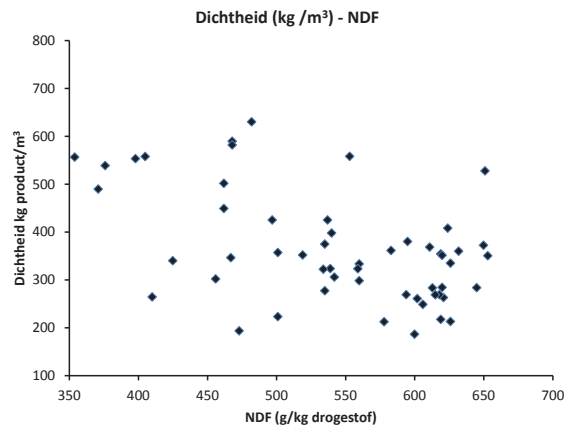
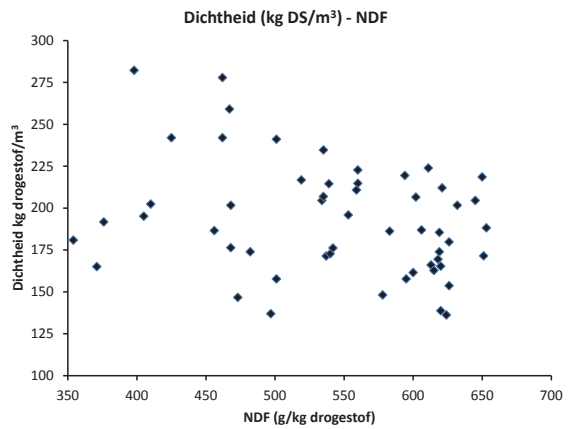
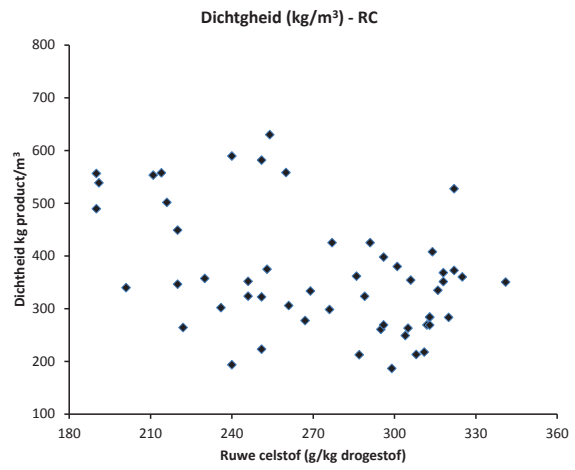
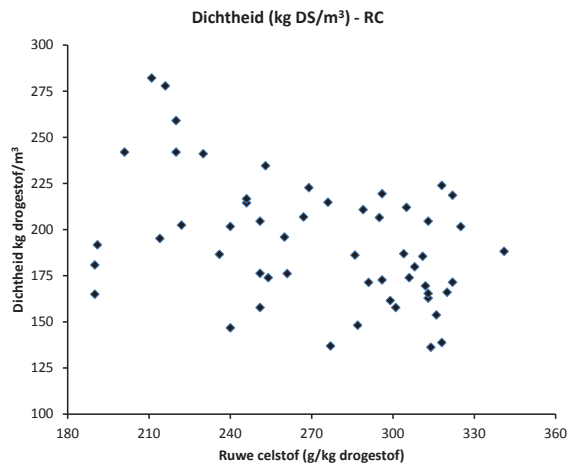
Bijlage 1A Ronde balen met graskuil



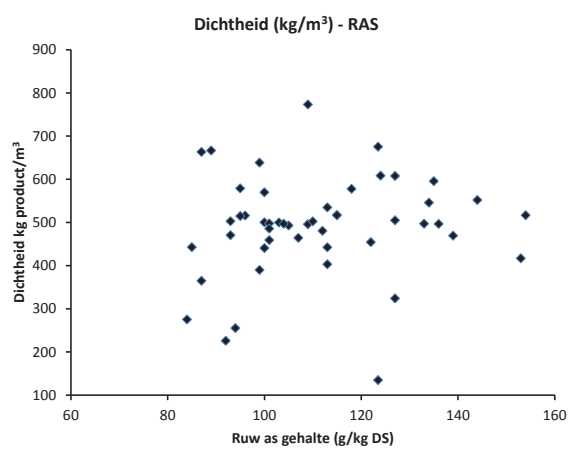
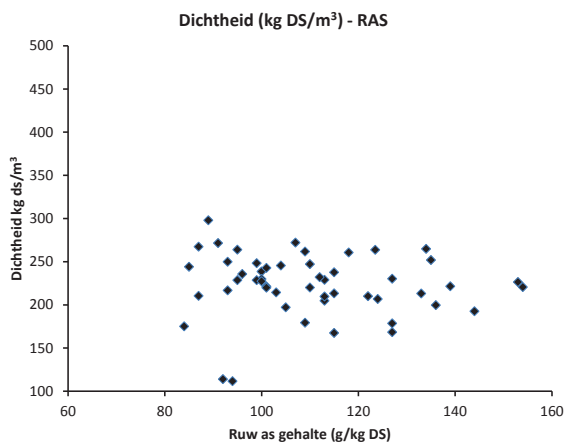
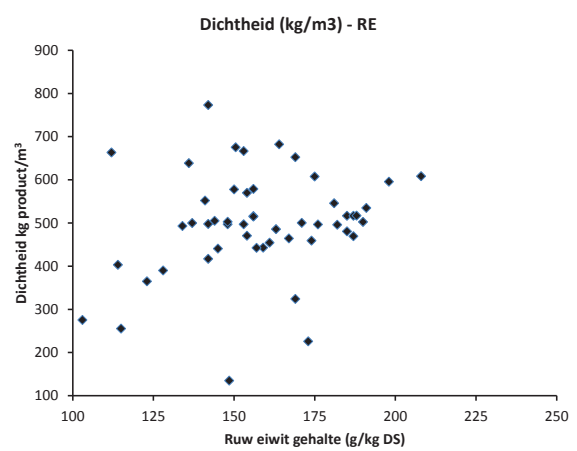
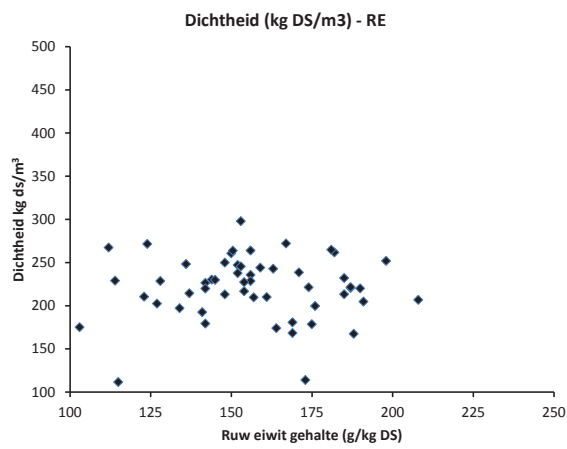
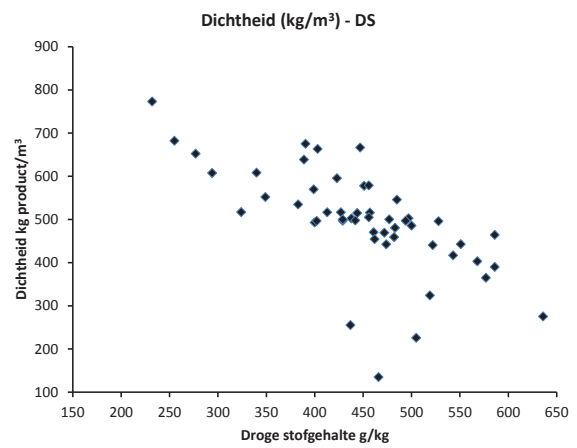
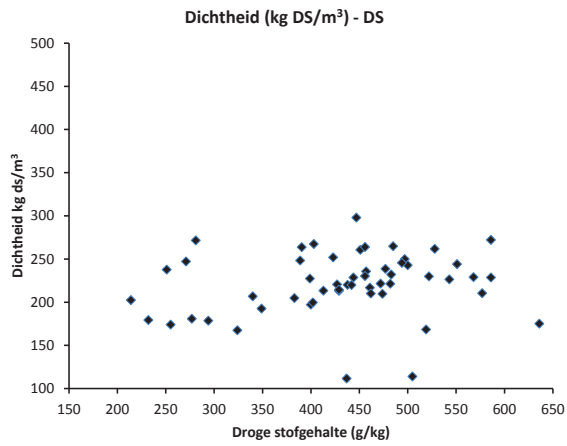


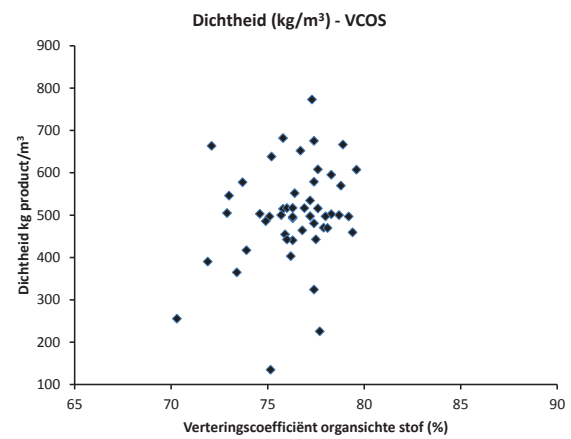
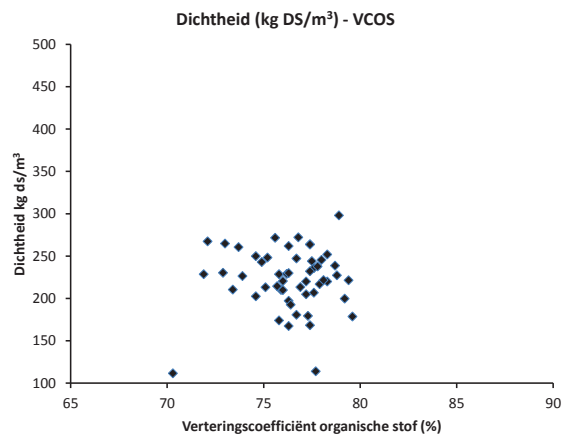
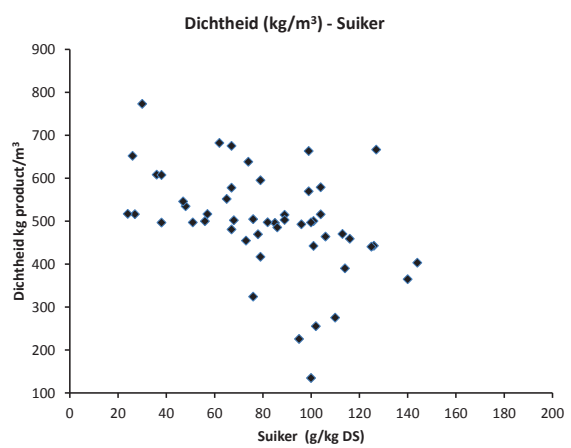
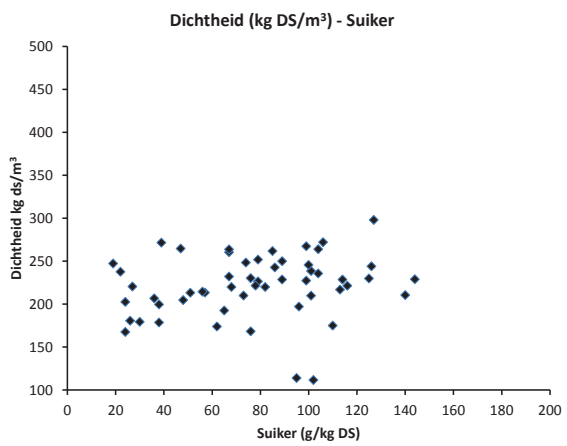
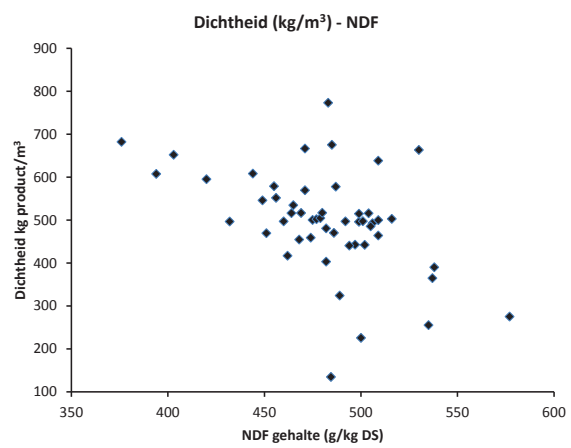
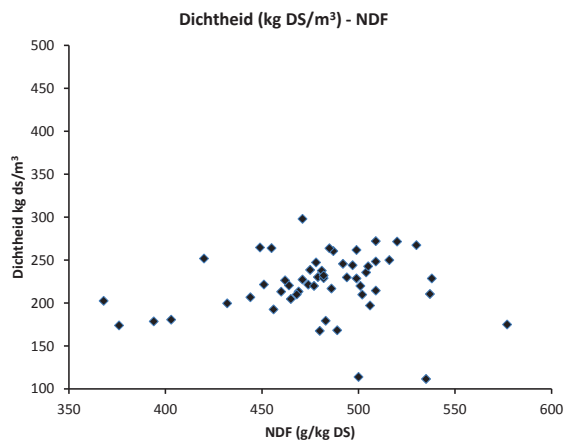
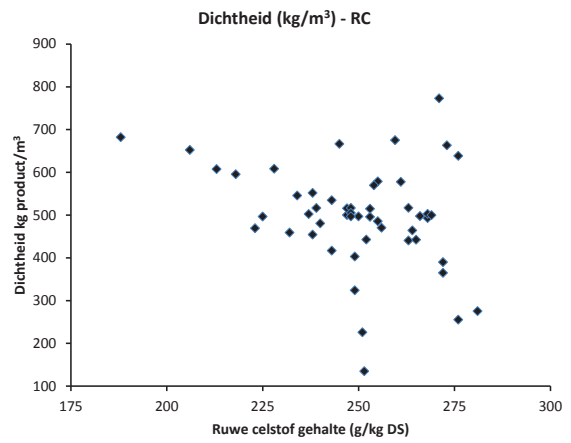
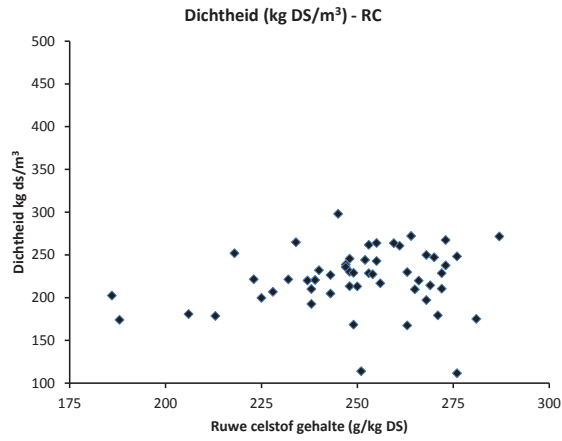
Bijlage 1B Rechthoekige balen met graskuul



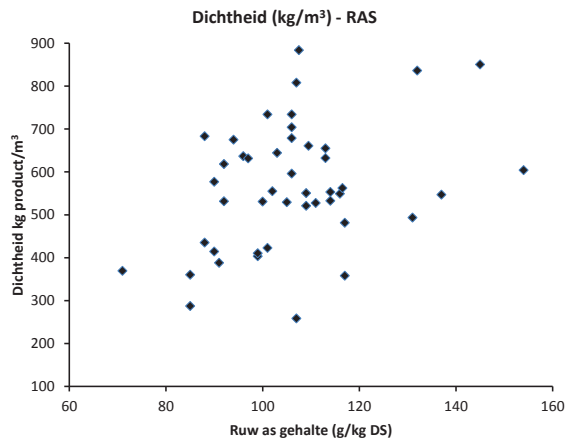
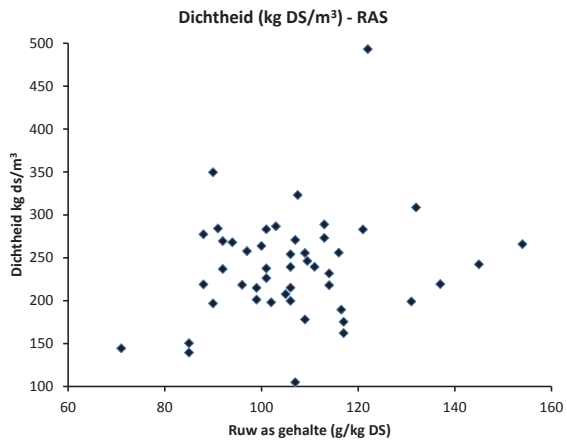
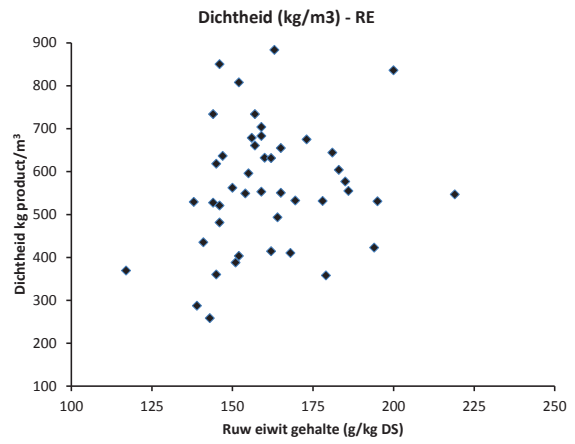
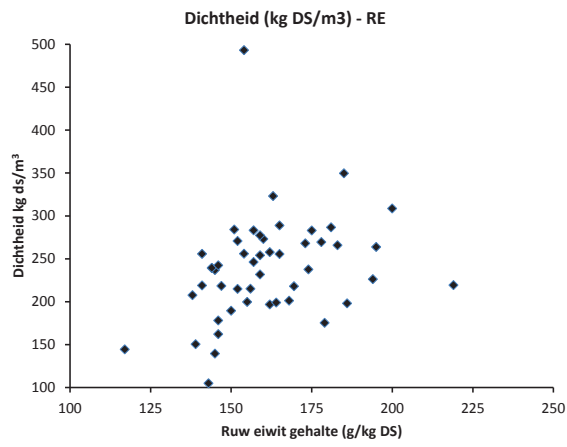
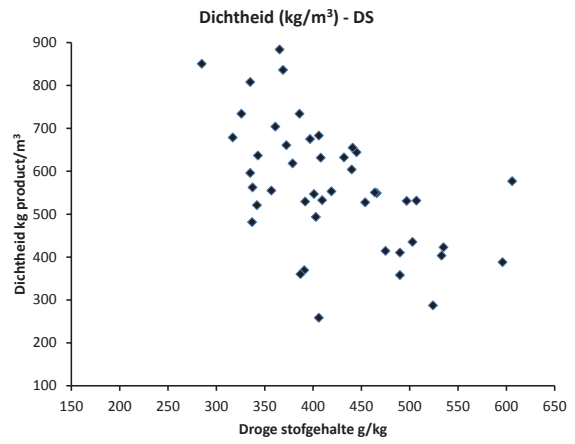
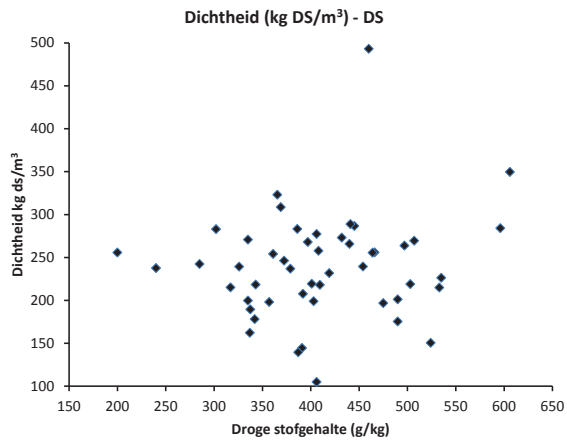


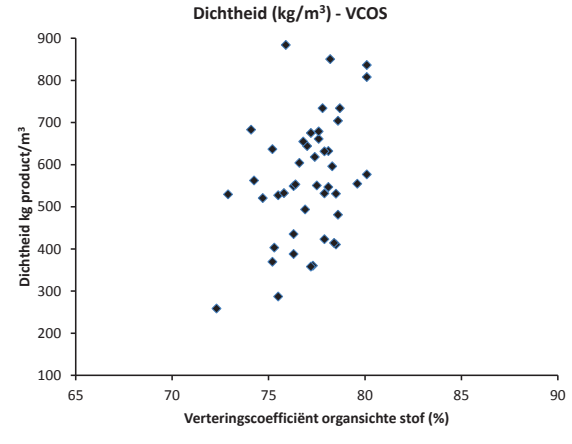
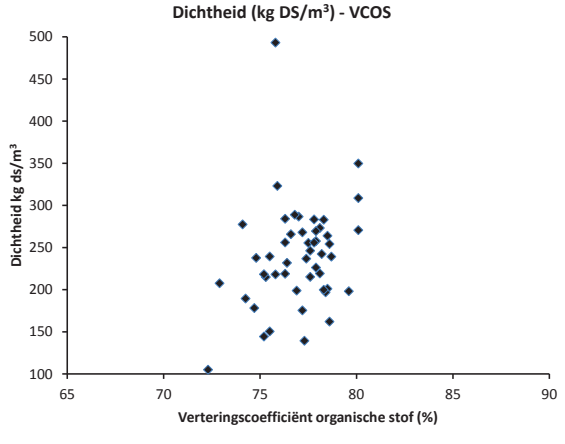
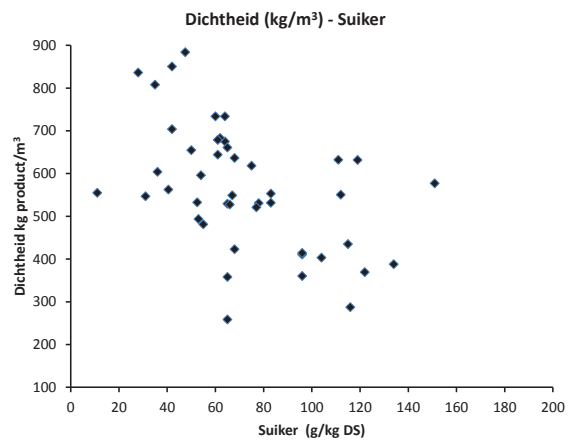
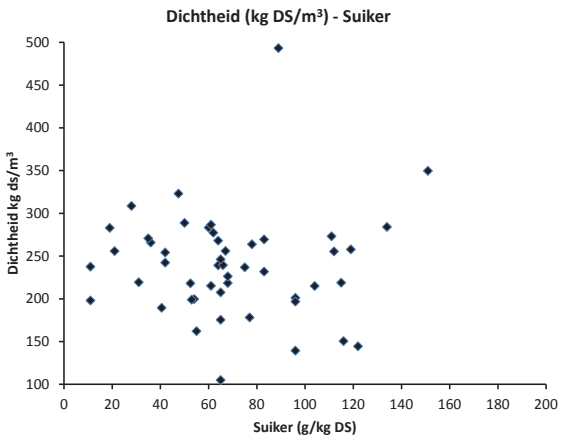
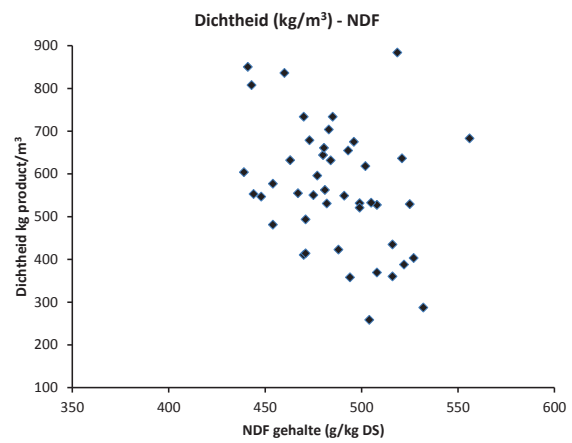
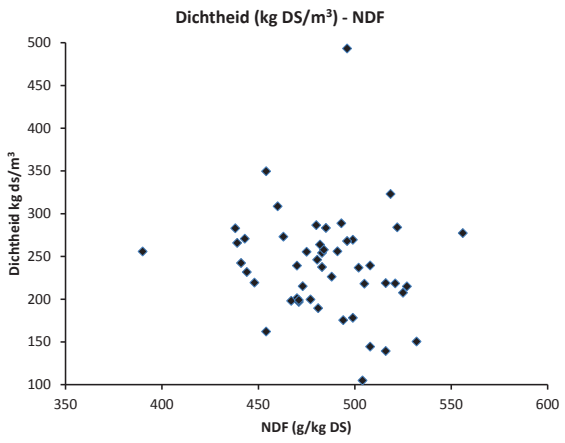
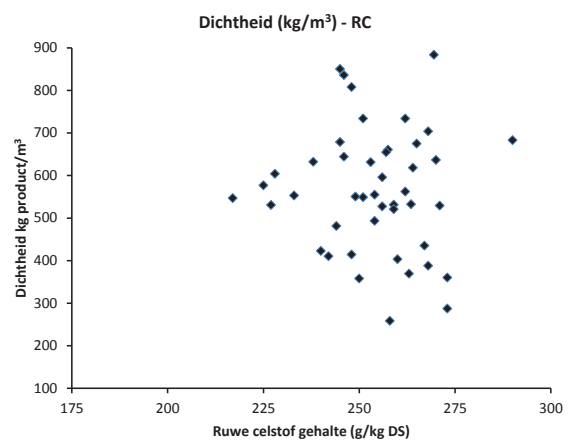
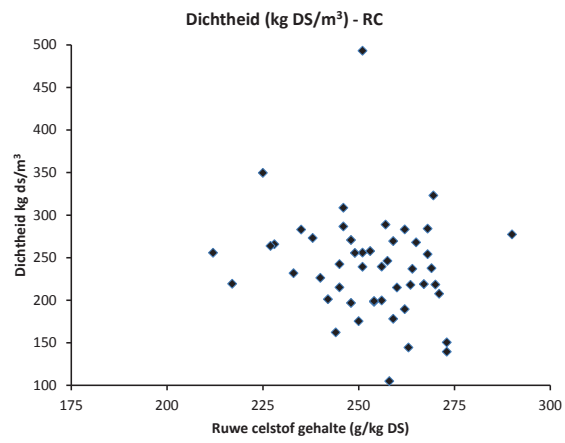
Bijlage 1C Graskuil in rijkullen



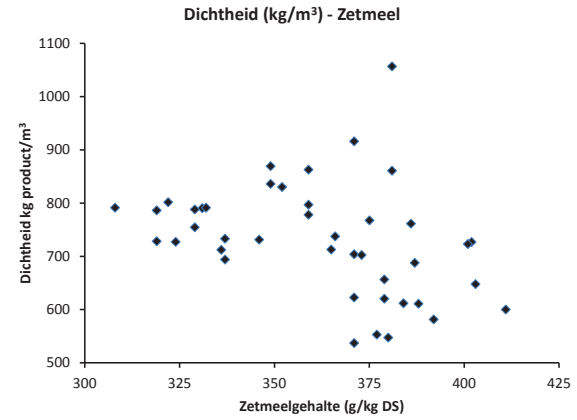
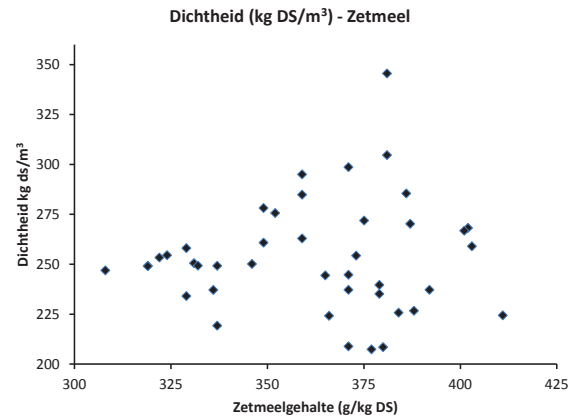
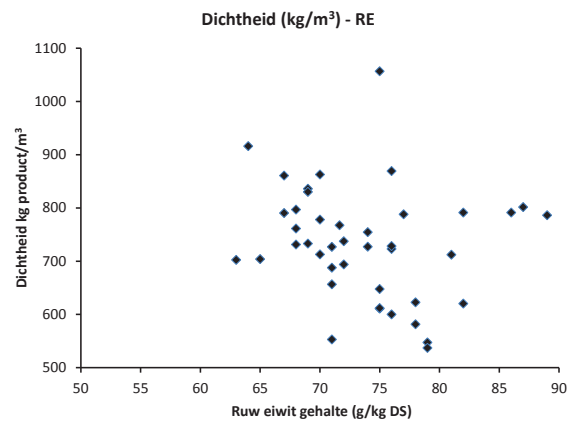
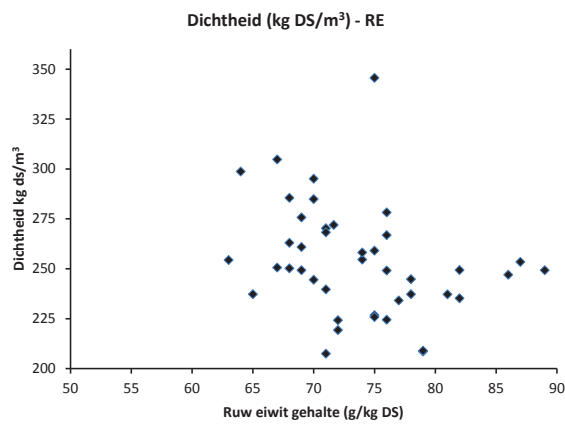
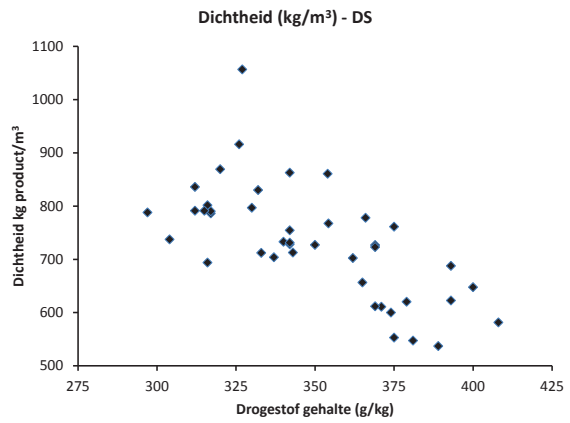
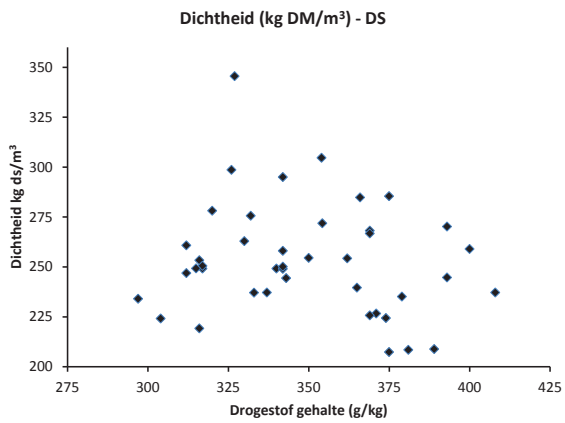


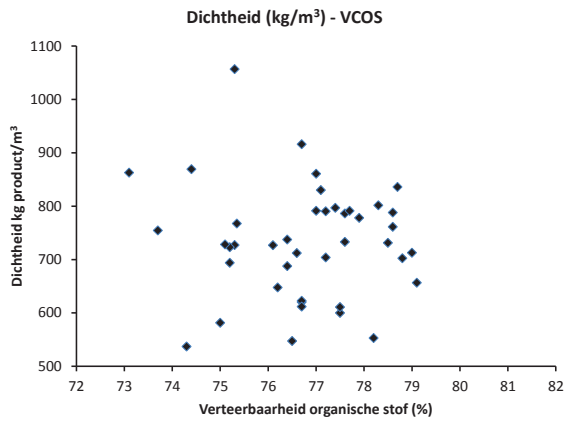
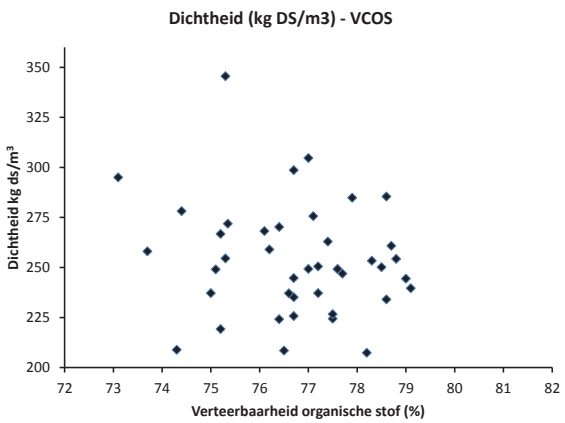
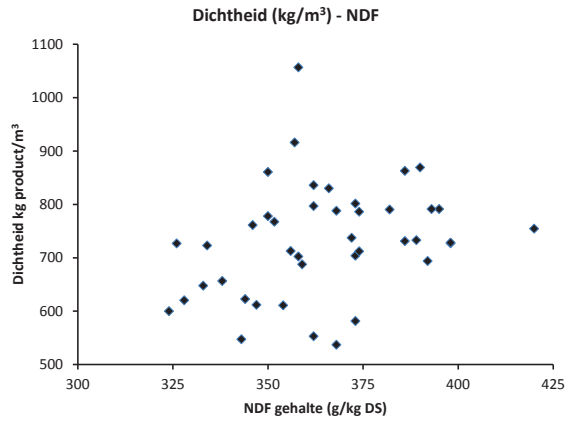
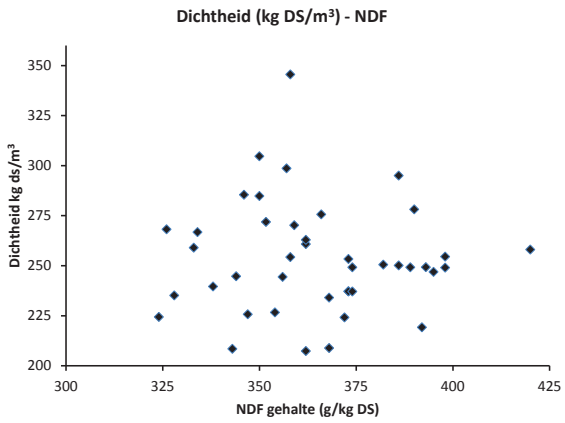
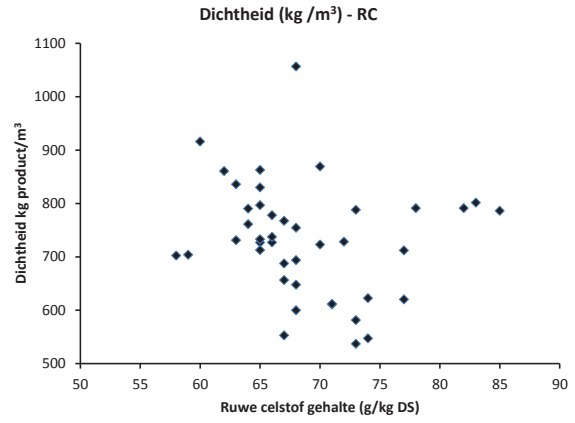
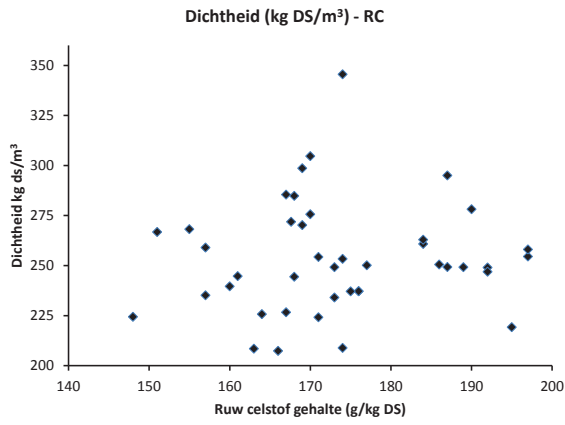
Bijlage 1 D Graskuil in sleufsilos





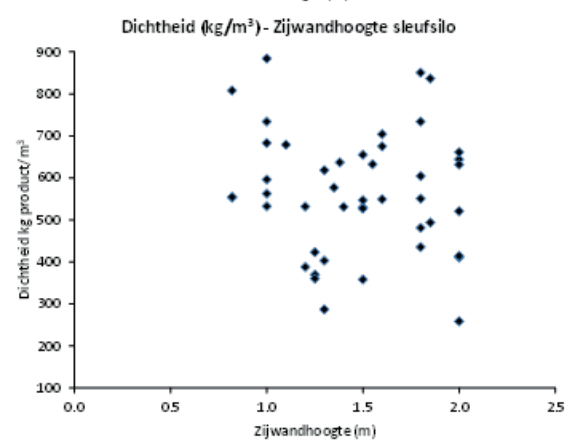
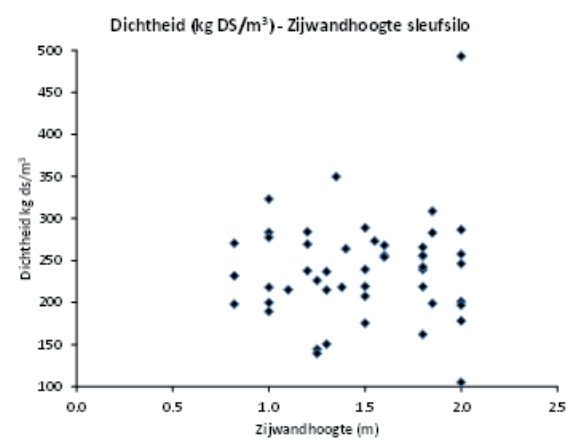
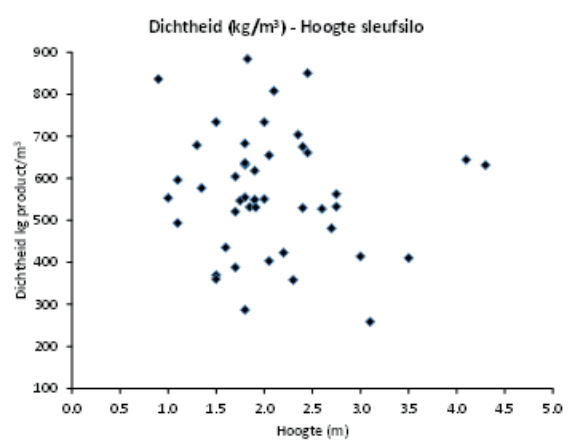
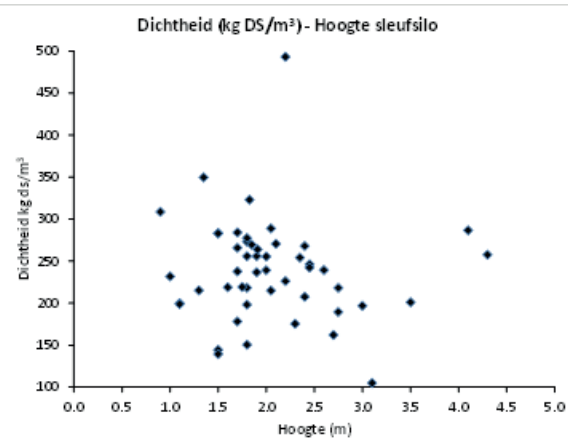
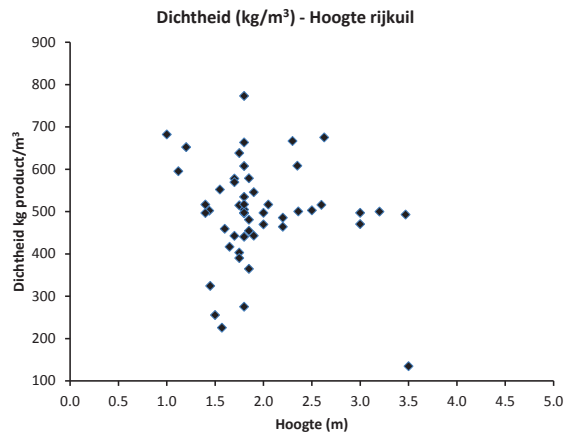
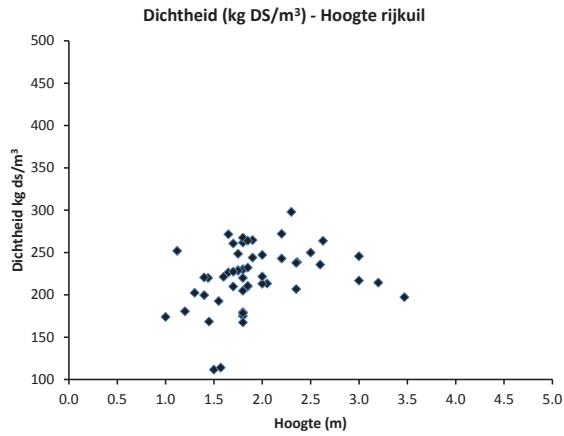
Bijlage 1E Snijmaïskuil



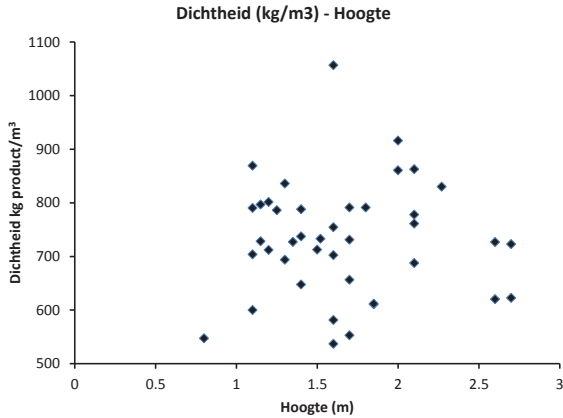
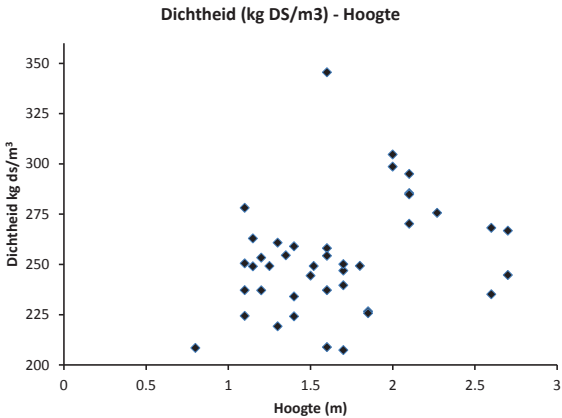


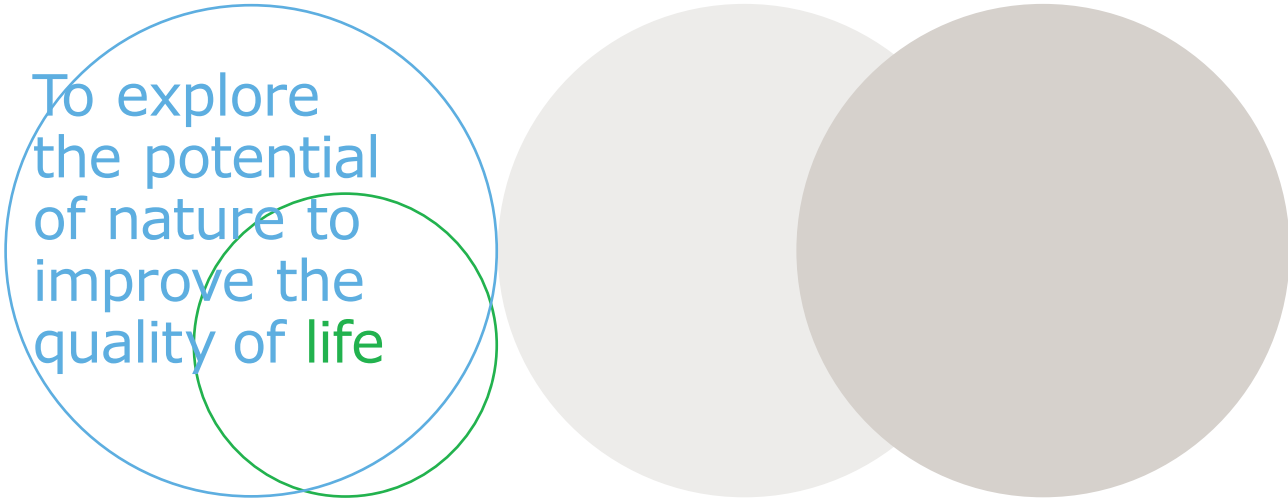
Bijlage 2 Relaties tussen hoogte en dichtheid van kuilen

Bijlage 2A Graskuil in rijkuilen en sleuvsilo's



Bijlage 2B Snijmaïskuil





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

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 480 10 77
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Livestock Research Rapport 872



Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR 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.