

Afstudeeronderzoek

Verspreiding van mest door grote grazers in het Drents-Friese
Wold:
Situatie Prinsenbos



Verschuur, 2014



Verschuur, 2014

Louisan Verschuur

Afstudeeronderzoek

Verspreiding van mest door grote grazers in het Drents-
Friese Wold:
Situatie Prinsenbos

Student:
Louisan Verschuur 910118001

Opleiding Diermanagement
Major Wildlife Management
Projectnummer 59400

Begeleiders:
Arjen Strijkstra
Marcel Rekers

Hogeschool VHL
Leeuwarden, augustus 2014

Bron foto's voorkant: L.G Verschuur



Disclaimer

In dit afstudeerrapport is gestreefd naar juistheid en volledigheid van de aangeboden informatie. De schrijver noch de opleiding zijn in geen geval aansprakelijk voor enige directe of indirecte schade welke ontstaat door gebruikmaking van dit rapport.

Voorwoord

Deze scriptie '*Verspreiding van mest door grote grazers in het Drents-Friese Wold*' is geschreven in het kader van het afstuderen voor de opleiding Diermanagement, major 'Wildlife Management' aan Hogeschool van Hall Larenstein te Leeuwarden.

Tijdens het volgen van mijn opleiding ben ik er steeds meer achter gekomen dat ik een grote interesse heb voor (grote) zoogdieren en veldwerk mij erg aanspreekt. Hiermee ben ik naar de afstudeercoördinator gegaan. Deze heeft mij doorverwezen naar Jelmer van Belle die met het voorstel van dit onderzoek kwam met betrekking tot zoogdieren in combinatie met veldwerk.

Het onderzoeksrapport beschrijft of er sprake is van eutrofiering door grote grazers op verschillende Natura2000 habitattypen. Ook worden er in het rapport adviezen gegeven voor mogelijke vervolgonderzoeken en aanbevelingen voor de huidige/toekomstige situatie.

Op deze manier wil ik mijn begeleiders Arjen Strijkstra en Marcel Rekers in het bijzonder danken voor hun waardevolle ondersteuning tijdens mijn afstudeertraject. Dankzij hun hulp en feedback ben ik in staat geweest om met veel motivatie mijn onderzoek te voltooien. Ook wil ik Saskia van de Gronde bedanken voor haar hulp en ondersteuning tijdens het veldwerk. En ik wil ook mijn familie en vrienden bedanken voor al hun steun gedurende deze periode.

Louisan Verschuur
Leeuwarden, 25 augustus 2014

Summary

It is known that eutrophication (an increase of nitrogen that is released into nature) reduces biodiversity. There are several causes that lead to eutrophication; agriculture and car emissions play a role. In the Prinsenvos, Drents-Friese Wold (DFW), there is another factor that plays a potential role in the eutrophication of the area: which is the dung of large herbivores. The Prinsenvos is an enclosed grazing area of about 251 acres where seven N2000 habitat types exist and Scottish Cattle (13), horses (20), sheep (50) and goats (5) are grazing. The purpose of this study is to get an insight in the influence of large herbivores on the eutrophication of Natura 2000 habitat types in the Prinsenvos. To determine the influence of dung of large herbivores on Natura 2000 habitat type's different populations of faeces in the Prinsenvos were studied. In the study of the distribution of faeces of Scottish Cattle and horses in the Prinsenvos the faeces were counted on transects (n=161). A limited study population is weighted for research on the decomposition rates of faeces in the Prinsenvos (n=73). The average amount of faeces of Scottish Cattle in the habitat grass per hectare is 552 kg, in heather is 780 kg, in fen is 337 kg and in forest is 321 kg per hectare. The faeces densities of Scottish Cattle in the four habitats differ significantly and the faeces in all habitats are not uniformly distributed across the habitats which could lead to increased eutrophic level within the Prinsenvos. The average density of faeces of horses varies in the four habitats with 1095 kg of faeces per hectare in grass, 635 kg in the heathland, 265 kg in the fen and 150 kg faeces per hectare in the forest. Factors day, species, habitat, time, temperature and humidity all have a significant impact on the decrease of the dry weight of faeces and are important factors determining the reduction based on the top model of Linear Mixed Model. The decomposition rate of faeces of Scottish Cattle in grass in early spring is 7.9% decrease per day. The decomposition rate of faeces of Scottish Cattle in the heathland habitat is 5.3% decrease per day. The decomposition rate of faeces of Scottish Cattle in fen is 3.6% decrease per day. The decomposition rate of faeces of Scottish Cattle in the forest is 2.0% decrease per day. The decomposition rates of feces of Scottish Cattle in the end of the spring is 21.0%, 13.2%, 10.7%, and 7.5% decrease per day for the habitats grass, heather, fen and forest respectively. The decomposition rate of horse faeces in the early spring in grass is 4.1% decrease per day. In the heathland is a decrease of 4.4% per day. In the heathland the decomposition rates are lower. The decomposition rate of faeces of Scottish Cattle in the habitat fen is 2.2% decrease per day. The decomposition rate of faeces of Scottish Cattle in the forest is 1.3% decrease per day. Data from Planbureau voor de Leefomgeving shows that 69 grams of nitrogen per hectare per day on the Dutch soil in nature enters through the air. It appears that the amount of nitrogen that disappeared in the soil through the faeces of Scottish Cattle and horses is between 0.1 and 8.7 times large compared with the nitrogen which enters the soil through the air. Compared to the upper limit of the 'sensitive' class, the problem is even greater. This shows that the faeces of Scottish Cattle and horses are even up to 11 times as large as the 55 grams of nitrogen per hectare per day. From this study can be concluded that the amount of nitrogen in the soil disappears through the feces of Scottish Cattle and horses in the habitats grass habitats, heathland, fen and forest and is worryingly high (≤ 600 grams of nitrogen per hectare). So the influence of faeces as a eutrophic factor for N2000 habitat types is very large since most of these habitat types can only tolerate much less nitrogen.

Samenvatting

Het is bekend dat door eutrofiëring, een toename van onder ander stikstof die vrijkomt in de natuur, de biodiversiteit vermindert (Brink, 2006). Er zijn verschillende oorzaken die tot eutrofiëring leiden; de landbouw en de uitlaatgassen van auto's spelen een rol in de eutrofiëring. In het Prinsenvbos, Drents-Friese Wold (DFW), is er nog een andere factor die een rol speelt bij de eutrofiëring van het gebied, namelijk de mest van de grote grazers. Het Prinsenvbos is een afgesloten begrazingsgebied van ongeveer 251 hectare waarin zeven N2000 habitattypen voor komen. En er leven in het Prinsenvbos op dit moment Schotse Hooglanders (13), paarden (20), schapen (50) en geiten (5). Het doel van dit onderzoek is een uiteenzetting van de invloed door grote grazers op de eutrofiëring van Natura 2000 habitattypen in het Prinsenvbos. Om de invloed van mest van grote grazers op Natura 2000 habitattypen in het Prinsenvbos te achterhalen, zijn verschillende populaties feces onderzocht. In het onderzoek naar de feces distributie van Schotse hooglanders en paarden in het Prinsenvbos zijn feces op transecten (n=161) van 50x2 meter geteld. Voor het onderzoek naar de decompositiesnelheid van feces is een beperkte onderzoekspopulatie van feces in het Prinsenvbos gewogen (n=73). De gemiddelde hoeveelheid feces van Schotse hooglanders in het habitat gras per hectare is 552 kg, heide is 780 kg, ven is 337 kg en bos is 321 kg per hectare. De feces dichtheid van Schotse hooglanders in de vier habitats verschilt significant van elkaar en de feces in alle habitats zijn niet evenredig verdeeld over de habitats. Dat kan leiden tot verhoogd eutrofie niveau op verschillende plaatsen binnen het Prinsenvbos. Ook de gemiddelde feces dichtheid van paarden varieert in de vier habitats met 1095 kg feces per hectare in het habitat gras, 635 kg in het habitat heide, 265 kg in ven en 150 kg feces per hectare in het habitat bos. De factoren dag, diersoort, habitat, periode, temperatuur en luchtvochtigheid hebben allemaal een significante invloed op de afname van het drooggewicht van feces en zijn belangrijke factoren die de afname bepalen gebaseerd op het top model van Linear Mixed Model. De decompositiesnelheid van feces van Schotse hooglanders in het habitat gras in het begin van het voorjaar is 7,9% afname per dag. De decompositiesnelheid van feces van Schotse hooglanders in het habitat heide is 5,3% afname per dag. De decompositiesnelheid van feces van Schotse hooglanders in het habitat ven is 3,6% afname per dag. De decompositiesnelheid van feces van Schotse hooglanders in het habitat bos is 2,0% afname per dag. De decompositiesnelheid van feces van Schotse hooglanders in het einde van het voorjaar is respectievelijk 21,0%, 13,2%, 10,7%, en 7,5% voor de habitats gras, heide, ven en bos. De decompositiesnelheid van feces van paard in het begin van het voorjaar in het habitat gras is 4,1% afname per dag. In het habitat heide is de afname 4,4% per dag. De decompositiesnelheid van feces van paarden in het habitat ven is 2,2% afname per dag en de decompositiesnelheid van feces van paarden in het habitat bos is 1,3% afname per dag. Uit gegevens van Planbureau voor de Leefomgeving (2009) blijkt dat er 69 gram stikstof per hectare per dag op de Nederlandse bodem in de natuur terecht komt via de lucht. Het blijkt dat de hoeveelheid stikstof die in de grond verdwijnt door de feces van Schotse hooglanders en paarden tussen 0,1x en 8,7x zo groot is in vergelijking tot de stikstof die in de grond komt via de lucht. Ten opzichte van de bovengrens van de 'gevoelige' klasse is het probleem nog veel groter. Daaruit blijkt dat de feces van Schotse hooglanders en paarden tot wel 11x zo groot is dan de 55 gram N/ha/d. Uit dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat de hoeveelheid stikstof die in de grond verdwijnt door de feces van Schotse hooglanders en paarden in de habitats gras, heide, ven en bos verontrustend hoog is (≤ 600 gram stikstof per hectare). Dus de invloed van feces als eutrofiërende factor op N2000 habitattypen is zeer groot aangezien de meeste van deze habitattypen nog veel minder stikstof kunnen verdragen.

Inhoudsopgave

1. Inleiding	8
2. Methode.....	11
2.1 Onderzoekseenheden.....	11
2.2 Dataverzamelingmethoden	11
2.3 Data analyse	12
3. Resultaten	13
3.1 feces distributie	13
3.1.1 Ruimtelijke verspreiding & verdeling feces	13
3.1.2 Dichtheid feces	14
3.2 Decompositie feces.....	18
3.2.1 Gewicht feces	18
3.2.2 Hoeveelheid feces per habitat	19
3.2.3 Statistische verbanden drooggewicht feces	20
3.2.4 Invloeden decompositie	22
3.2.5 Decompositiesnelheid feces	23
3.2.6 Afname feces	24
3.3 Vermesting.....	25
4. Discussie	27
4.1 Methodisch.....	27
4.2 Feces distributie	27
4.3 Decompositie feces.....	28
4.4 Stikstof gehalte	28
4.5 Gevoeligheden N2000-habitattypen.....	29
5. Conclusie	30
6. Aanbevelingen.....	31
6.1 Korte termijn.....	31
6.2 Lange termijn	31
Literatuurlijst	32

Bijlagen

Bijlage I Natura2000 habitattypen, Prinsenbos

Bijlagen II Stappenplan random transecten kiezen

Bijlage III Veldformulier feces dichtheid

Bijlage IV Veldformulier wegen in het veld

Bijlage V Veldformulier wegen in het lab

Bijlage VI Dichtheidskaart feces Schotse hooglander

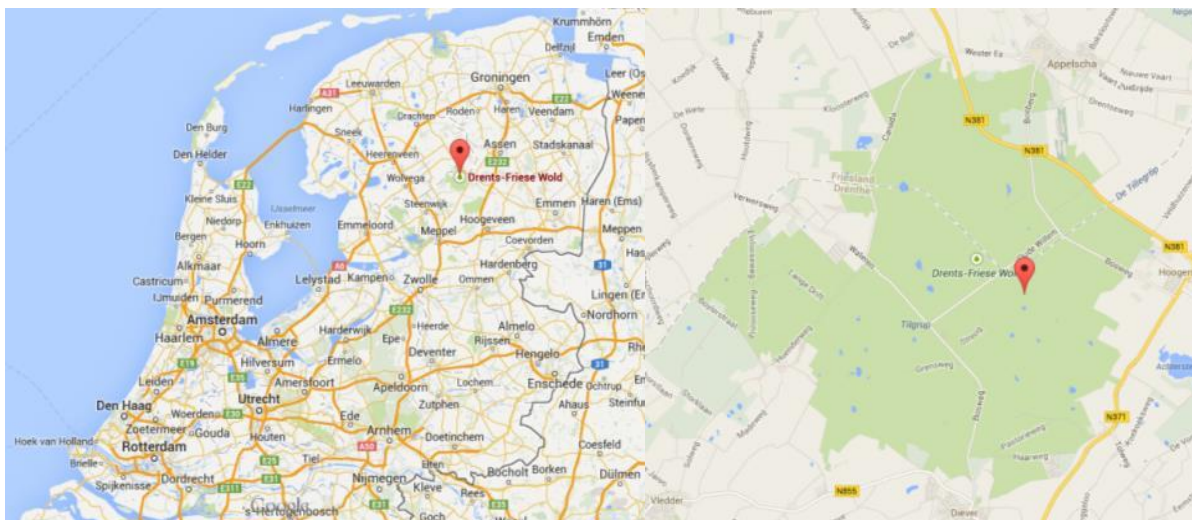
Bijlage VII Dichtheidskaart feces paarden

Bijlage VIII Lineair Mixed Model

1. INLEIDING

De biodiversiteit gaat nog steeds achteruit en om een verdere achteruitgang van biodiversiteit te voorkomen is het Europees samenhangend netwerk Natura 2000 (N2000) opgesteld om de biodiversiteit aan planten en diersoorten te beschermen en te behouden. (Schouten, 2011) Het Europees samenhangend netwerk Natura 2000 beschermt ruim 160 gebieden in Nederland met verschillende habitattypen en vogelsoorten (Regiegroep Natura 2000, 2014). Eén gebied hiervan is het Drents-Friese Wold (DFW, zie figuur 1) dat naast een N2000 gebied ook een Nationaal Park is.

Het DFW ligt in Noord-Nederland op de grens van Drenthe en Friesland en heeft een grootte van 6.000 hectare (zie figuur 2). Binnen de grenzen van het DFW zijn de gronden grotendeels in eigendom van Staatsbosbeheer (4150 ha), Stichting Het Drentse Landschap (450 ha) Vereniging Natuurmonumenten (950 ha), Stichting Maatschappij van Weldadigheid (200 ha) en een aantal kleinere particuliere eigenaren (400 ha) (Nationaal Park Drents-Friese Woud, 1998). Het gebied bestaat uit bosgebied, jeneverbesstruwelen, schrale graslanden, zwak gebufferde vennen, stuifzand, heide en beekdalen (Staatsbosbeheer, 2014). De organisatie van het Nationale Park (NP) DFW, bestaande uit een groep personen van bovengenoemde partijen, heeft een nieuw beheer- en inrichtingsplan geschreven waarin de visie wordt omschreven dat grote grazers de komende 10 jaar een belangrijk onderdeel van het beheerplan zijn. Door de grote grazers op termijn weer in grote aantallen in het DFW te plaatsen wil het NP een hoge mate van natuurlijkheid terug laten komen. (Elzinga e.a., 2012)



Figuur 1 Ligging van het Drents-Friese Wold in Nederland (Google Maps, 2014^a)

Figuur 2 Ligging van Prinsenbos in het Drents-Friese Wold (Google Maps, 2014^b)

Het is bekend dat door eutrofiëring, een toename van onder andere stikstof, de biodiversiteit vermindert (Brink, 2006). Er zijn verschillende oorzaken die tot eutrofiëring leiden; de landbouw en de uitlaatgassen van auto's spelen een rol in de eutrofiëring in het DFW (Nationaal park Drents-Friese Wold, 2014). 61% van de natuur heeft een zodanig hoge toevoer van stikstof dat kwetsbare plantensoorten worden verdrongen door grassen en brandnetels. Uit onderzoek van het Planbureau voor de Leefomgeving en de Universiteit van Wageningen blijkt er 69 gram per hectare per dag (25 kg N/ha/jaar) aan stikstof neer te slaan op natuurgebieden vanuit de lucht. (Planbureau voor de Leefomgeving, 2014 (i)).

Sinds begin 2009 is de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) van start gegaan. De PAS is onderdeel van N2000 dat tot doel heeft om de hoeveelheid stikstof die in de afgelopen jaren is opgebouwd in de beschermde natuurgebieden terug te brengen. Er zijn in Nederland 133 van de 160 beschermde gebieden die gevoelig zijn voor een te hoge stikstof depositie, waaronder N2000 gebied DFW & Leggelderveld. Dit heeft een negatieve invloed op stikstof gevoelige leefgebieden, planten en dieren. (Buro Bakker, 2011; Ministerie van Economische Zaken, 2014^a)

Gevoeligheden habitattypen

In het Prinsenbos is er nog een andere factor die een rol speelt bij de stikstof depositie van het gebied, namelijk de feces van de grote grazers. Het Prinsenbos is een afgesloten begrazingsgebied van ongeveer 251 hectare waarin de volgende zeven N2000 habitattypen voor komen: stuifzandheiden met struikheide (H2310), zandverstuivingen (H2330), zwak gebufferde vennen (H3130), zure vennen (H3160), droge heide (H4030), vochtige heide op hogere zandgronden (H4010A) en pioniersvegetatie met snavelbiezen (H7150) (Buro Bakker, 2011). In de 'Wet Ammoniak en Veehouderij' is een vertaling van kritische depositiewaarden (KDW) vertaald naar gevoeligheidsklassen. Dit houdt in dat onder de 20 kg stikstof per hectare per jaar een habitat zeer gevoelig is en boven de 34 kg stikstof per hectare per jaar is een habitat niet gevoelig. In tabel 1 zijn de KDW van de zeven habitattypen in het Prinsenbos weergegeven. Gebaseerd op de gevoeligheidsklasse blijkt dat alleen het gebied pioniersvegetatie met snavelbiezen tot de klasse 'gevoelig' behoort wat betreft de stikstofdepositie. De overige zes habitattypen zijn volgens deze klassering 'zeer gevoelig' voor stikstofdepositie. (Dobben & Hinsberg, 2008) Andere gevoeligheden voor deze habitatgebieden zijn verdroging, verontreiniging, oppervlakte verlies, verstoring door mensen, barrièrewerking, versnippering en verzuring (Ministerie van Economische Zaken, 2014^b).

De 25 kg stikstof per hectare per jaar die uit de lucht komt, is daarmee een probleem voor de habitattypen in het Prinsenbos. Deze hoeveelheid behoort tot de gevoeligheidsklasse 'gevoelig' en is al hoger dan de KDW die de N2000 habitattypen in het Prinsenbos kunnen verdragen.

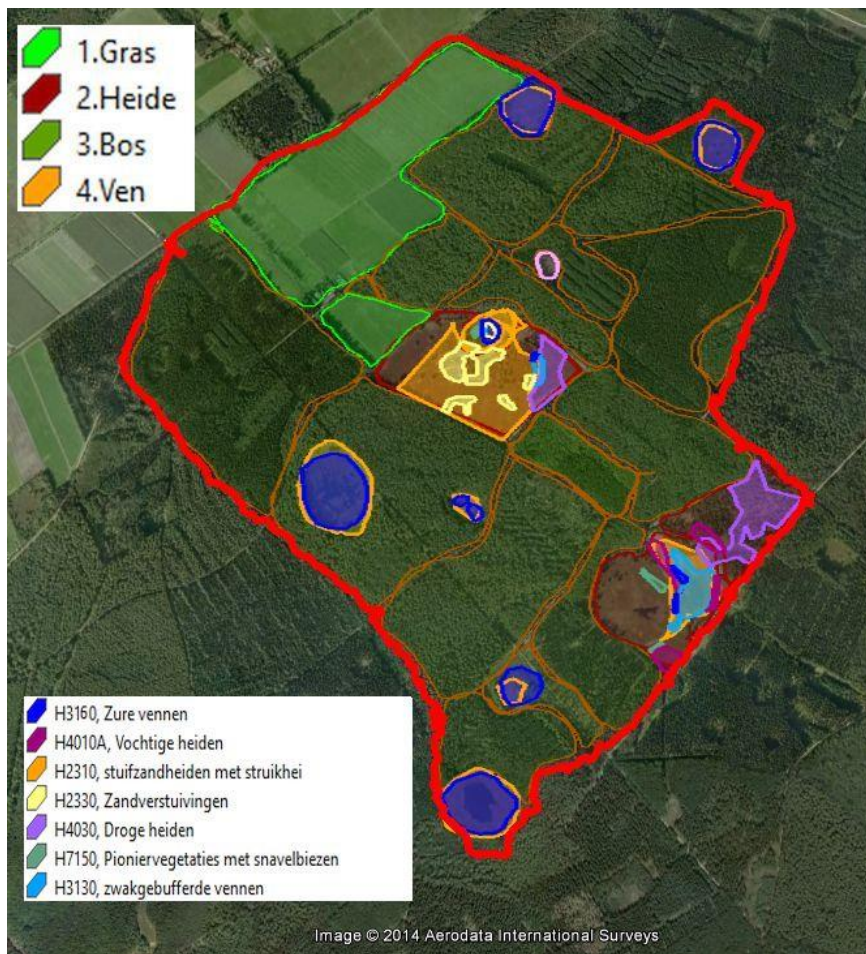
Tabel 1 Kritische depositiewaarden van de verschillende habitattypen in het Prinsenbos, Drents-Friese Wold

	Habitatype	KDW (kg N/ha/j)
H2310	Stuifzandheiden met struikheide	15
H2330	Zandverstuivingen	10
H3130	Zwak gebufferde vennen	5,8
H3160	Zure vennen	10
H4010A	Vochtige heide (hogere zandgronden)	18
H4030	Droge heide	15
H7150	Pioniersvegetatie met snavelbiezen	22

De zeven hier boven genoemde habitattypen van N2000 worden in het onderzoek samengevoegd in vier verschillende habitatgebieden (gras, heide, ven en bos) (zie figuur 3). De classificering van de habitatgebieden is als volgt:

1. Gras = Natura2000 habitatype H000^a.
2. Heide = Natura2000 habitatype H2310, H2330, H4010A, H4030 en H7150.
3. Ven = Natura2000 habitatype H3130 en H3160.
4. Bos = Natura2000 habitatype H000^b.

Een uitleg van de N2000 habitattypen wordt gegeven in bijlage I.



Figuur 3 Habitattypen gelegen in de verschillende habitat gebieden in het Prinsenvos, DFW

Op dit moment leven er in het Prinsenvos Schotse Hooglanders (13), paarden (20), schapen (50) en geiten (5). Om meer te weten te komen over de verspreiding van feces door grote grazers in het Prinsenvos en de mogelijke eutrofiëring in de diverse habitats, zijn verschillende deelonderzoeken uitgevoerd:

1. Feces distributie
2. Decompositiesnelheid

Het doel van dit onderzoek is het leveren van een adviesrapport voor de organisatie Nationaal Park Drents-Friese Wold met daarin een uiteenzetting van de invloed van grote grazers op de eutrofiëring van Natura 2000 habitattypen in het Prinsenvos. De onderzoeksvragen zijn daarbij als volgt:

Hoofdvraag: Is er sprake van eutrofiëring door grote grazers op de verschillende Natura 2000 habitattypen in het Prinsenvos in het Drents-Friese Wold?

Subvragen:

1. Wat is de gemiddelde hoeveelheid feces per dag van Schotse hooglanders en paarden in de verschillende habitats in het Prinsenvos, Drents-Friese Wold?
2. Wat is de decompositiesnelheid van de feces van Schotse hooglanders en paarden in de vier verschillende habitatgebieden in het Prinsenvos, Drents-Friese Wold?

2. METHODE

2.1 ONDERZOEKSEENHEDEN

Om de invloed van mest van grote grazers op Natura 2000 habitattypen in het Prinsenvbos te achterhalen, zijn verschillende populaties feces onderzocht. In deze paragraaf wordt beschreven welke populaties dit zijn.

Eigenschappen begrazers

In het Prinsenvbos vindt begrazing plaats door Schotse hooglanders, paarden, schapen en geiten. Het gewicht van een Schotse hooglander is gemiddeld 650 kg (Vitens natuurlijk, 2014) en een paard weegt gemiddeld 600 kg (Dierkenner, 2014 (i)). De Drentse heideschapen en de geiten wegen ongeveer 45 kg (Diergeneeskundig centrum Paterswoldseweg, 2010; Levende Have, 2013) waardoor deze relatief klein zijn ten opzichte van de Schotse hooglanders en paarden en daarom worden de feces van schapen en geiten niet meegenomen in dit onderzoek. In dit onderzoek wordt ingegaan op de effecten die de mest van deze twee grote grazers kunnen hebben. Er wordt onderscheid gemaakt in twee verschillende deelonderwerpen: 1. Feces distributie; 2. Decompositiesnelheid feces.

Feces distributie

In het onderzoek naar de feces distributie zijn de feces van Schotse hooglanders en paarden in het Prinsenvbos bestudeerd tussen 17 april 2014 en 28 mei 2014. De distributie van de feces in het Prinsenvbos is bepaald door de onderzoekspopulatie, de feces van Schotse hooglanders en paarden, aan een aselechte steekproef te onderwerpen. De locatie van de transecten van 50 meter lang en 2 meter breed zijn random gekozen. In het habitat gras en bos zijn 42 transecten gelopen, in het habitat ven 41 transecten en in het habitat heide 36 transecten. Bij de vennen zijn ongeveer 5 transecten (afhankelijk van ven grootte) gelopen parallel rondom de vennen.

Decompositiesnelheid feces

Voor het onderzoek naar de decompositiesnelheid van feces, is een beperkte onderzoekspopulatie van feces in het Prinsenvbos gebruikt gedurende de periode van 13 april 2014 tot 27 mei 2014. In het begin van het voorjaar zijn er 2 series van 6-7 monsters genomen vanuit elk habitat (gras, heide, ven en bos), één serie van feces van Schotse hooglanders en één serie van feces van paarden. In totaal zijn er 49 (6/7 feces eenheden * 4 habitats * 2 diersoorten) monsters genomen aan het begin van het voorjaar. Daarna zijn aan het einde van het voorjaar nogmaals zes feces eenheden van de Schotse hooglanders genomen in alle vier de habitats.

2.2 DATAVERZAMELINGSMETHODEN

Feces distributie

Bij het onderzoek naar de feces distributie is gebruik gemaakt van tellingen van feces door het hele Prinsenvbos heen door middel van transecten. Aan iedere kant van een transect lijn is één meter bemonsterd. De lengte van de transecten was 50 meter. Door middel van stratified systematic unaligned sampling zijn de transecten in de verschillende habitatgebieden verdeeld en random gekozen. In bijlage II staat het stappenplan dat is gevolgd om de transecten random te kiezen en door het hele gebied heen aselechte te nemen. De richting waarin de transecten zijn gelopen is door de onderzoekers random bepaald. Eén van de onderzoekers heeft met behulp van een kompas ervoor gezorgd dat er een rechte lijn werd gelopen en het aantal feces per diersoort (Schotse hooglander en paard) geteld en genoteerd (veldformulier in bijlage III). De tweede onderzoeker heeft met de GPS van alle gevonden feces een waypoint gemaakt, zodat een dichtheidskaart kon worden gemaakt.

Decompositiesnelheid feces

Uit onderzoek van Omaliko (1981) blijkt dat een wekelijks interval van wegen een goede maat is om het verloop van de afname van feces door de tijd heen te onderzoeken. Deze methode is daarom ook voor dit onderzoek toegepast. Als eerste is de volledige feces gewogen met een digitale weegschaal. De weegschaal geeft het gewicht op 1 gram nauwkeurig aan. Na het wegen van de feces is er een monster van ongeveer 10 gram genomen. Daarna is opnieuw het gewicht van de feces gewogen (veldformulier in bijlage IV). De monsters zijn vervolgens in de droogstoof gedroogd bij 100°C en ongeveer 24 uur later opnieuw gewogen om het drooggewicht te bepalen (veldformulier in bijlage V).

2.3 DATA ANALYSE

Feces distributie

De verwerkte gegevens van dit onderzoek zijn in het statistische programma IBM SPSS versie 21 geanalyseerd (IBM Corporation 1989, 2012). De Kruskal Wallis Test is uitgevoerd om te onderzoeken of er een verschil in feces dichtheid is tussen de verschillende habitatgebieden.

Met behulp van het programma Arcmap versie 10.2 (2014) is er een map gemaakt met een vector laag van de habitatgebieden in het Prinsenbos en een vector laag met de waypoints die elk een feces aangeven. Daarmee is met behulp van de tool 'density' per diersoort apart een dichtheidskaart gemaakt. Daarna is met behulp van de Kolmogorov-Smirnov test gekeken of de feces in de verschillende habitatgebieden uniform verdeeld zijn.

Decompositiesnelheid feces

Met Lineair Mixed Model (LMM) is bepaald welke effecten als dag, diersoort, habitat, periode, temperatuur, neerslag en luchtvochtigheid een invloed hebben op de decompositiesnelheid. De significantie is daarbij vastgesteld op 5%. De procedure van LMM met R versie 3.1.0 is weergegeven in bijlage VIII. Vervolgens zijn de richtingscoëfficiënten bepaald met lineaire regressie en met de Spearman rangcorrelatie is er inzicht verkregen of er een samenhang is tussen de afname in drooggewicht en het aantal dagen dat de feces in een habitat ligt.

Gedurende het lente seizoen zijn herhaalde metingen genomen van alle feces. LMM is gebruikt omdat er variantie ontstaan door vier verschillende niveaus:

Ten eerste zijn er vier verschillende habitats (gras, heide, ven en bos). Daarnaast is er een verschil in de verschillende feces (diersoort, habitat, periode) en verschillende kenmerken van de dag (neerslag, luchtvochtigheid, temperatuur). Er zijn ook interacties tussen dag en habitat en dag en periode (begin/einde voorjaar) meegenomen, omdat de verwachting is dat de afname af zal hangen van de periode maar ook van een habitat waar de feces zich bevindt. Daarnaast is ook dag als intercept meegenomen, omdat zichtbaar is dat de afname van een feces afhangt van de individuele feces. En als laatste is er een variatie ontstaan, omdat tussen de 6-8 dagen monsters zijn genomen in het veld. Metingen van verschillende feces eenheden zijn verricht in de verschillende habitats (gras n=18, heide n=18, ven n=17 en bos n=17) en van verschillende diersoorten (Schotse hooglander n=49, paard n=24).

3. RESULTATEN

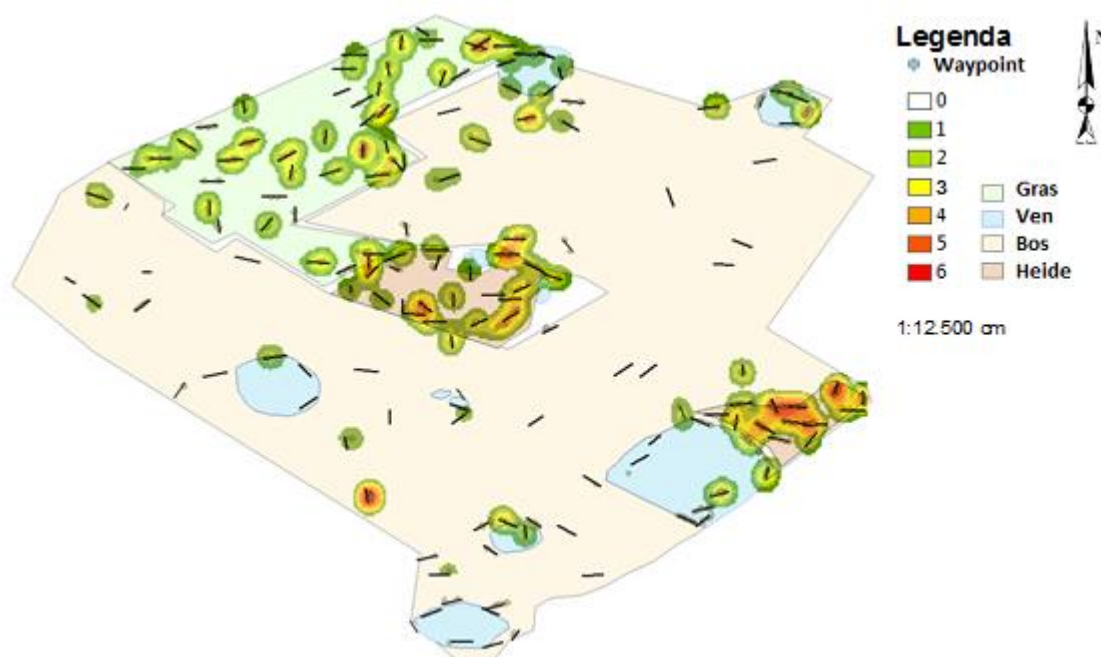
3.1 FECES DISTRIBUTIE

Voor het onderzoek naar de feces distributie zijn gedurende de onderzoeksperiode 42 transecten van 50 meter lang met een breedte van 2 meter (oppervlakte: 100m²) gelopen in de habitats gras en bos. In het habitat heide zijn 36 transecten gelopen en in het habitat ven zijn 41 transecten gelopen. Het percentage per habitat dat onderzocht is op de aanwezigheid van feces van Schotse hooglanders en paarden is in het habitat gras 1,4% van de totale oppervlakte (29,1 hectare) van het gebied en in het habitat ven is in totaal 2,3% van het gebied (17,6 hectare) bemonsterd. In het habitat heide is het grootste percentage (3,1%) aan oppervlakte (11,6 hectare) bemonsterd en in het habitat bos het laagste percentage (0,3%) met een totale oppervlakte van 158,3 hectare.

3.1.1 Ruimtelijke verspreiding & verdeling feces

Schotse hooglander

De verspreiding van de feces van Schotse hooglanders is weergegeven in figuur 4 (voor de grotere weergave zie bijlage VI). Hierin is het aantal gelopen transecten (n=161) zichtbaar en ook het verschil in feces distributie per habitat.



Figuur 4 Map feces distributie van Schotse hooglander gebaseerd op transecten (n=161) van 50*2 meter in het Prinsbos, DFW. De kleurindicatie geeft iets weer over de hoeveelheid feces rond een transect. Groen geeft een lage dichtheid weer en rood geeft een hoge dichtheid weer.

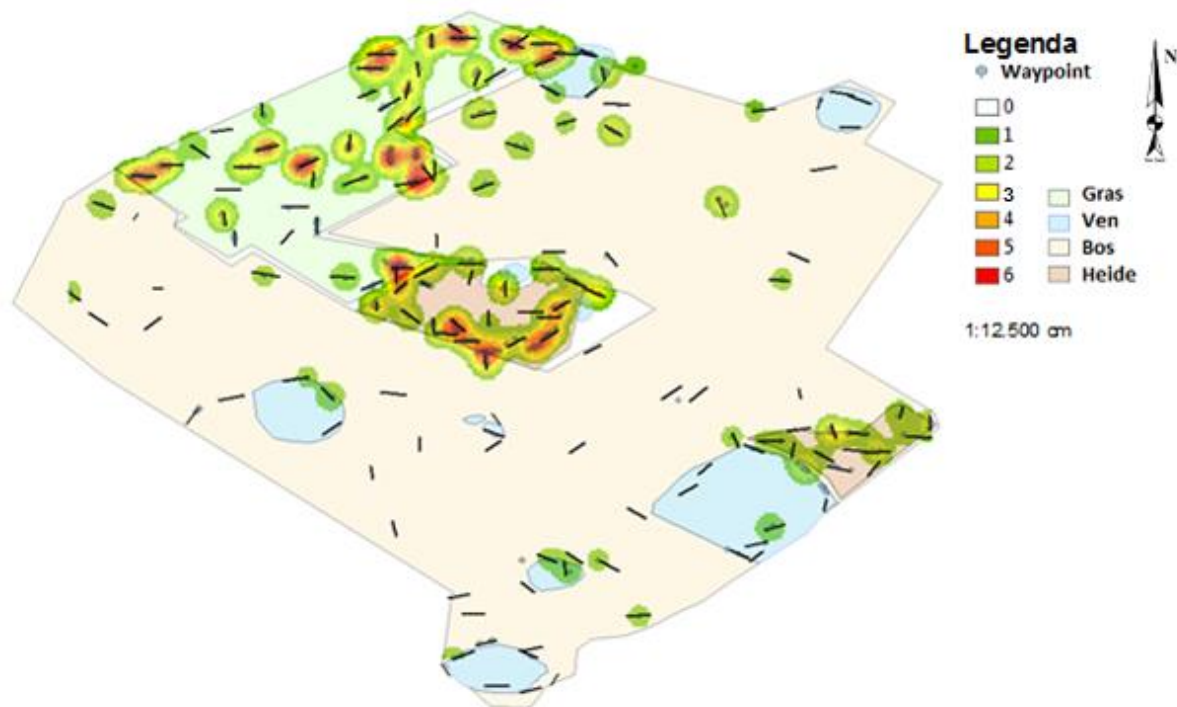
In figuur 4 is zichtbaar dat er een hoge dichtheid is van feces van Schotse hooglanders in het habitat heide, omdat er daar verschillende oranje/rood kleurige plekken zijn te vinden. Ook rondom een aantal vennen is er een hogere dichtheid waar te nemen (groen/geel). In het habitat gras lijken de Schotse hooglanders overall wel hun feces achter te laten en in het habitat bos zijn transecten gelopen waar op een enkele plek wel feces is te vinden, maar de dichtheid daarvan niet hoog was (groene plekken).

In figuur 4 is zichtbaar dat er verschillen zijn in de verdeling van feces van Schotse hooglanders in de vier habitats. Om de willekeurige verdeling in de habitats te testen, is een Kolmogorov-Smirnov test gebruikt. De resultaten van deze test toonde aan dat de feces

dichtheid binnen de vier habitats niet evenredig verdeeld is ($p \leq 0,002$). Omdat de uitkomst significant is, zijn in alle vier de habitats de feces van Schotse hooglanders niet evenredig verdeeld en bestaan er dus plekken met een hogere concentratie die een hoger risico vormen voor eutrofiëring in vergelijking tot de andere plaatsen.

Paard

In figuur 5 (grotere weergave in bijlage VII) is een kaart met de weergave van de verspreiding van feces van paarden met de gelopen transecten ($n=161$). Hieruit blijkt dat er verschillen zijn in de feces distributie van paarden.



Figuur 5 Map feces distributie van paarden gebaseerd op transecten ($n=161$) in het Prinsbos, DFW. De kleuren geven de dichtheid van feces aan. Groen geeft een lage dichtheid weer en rood geeft een hoge dichtheid weer.

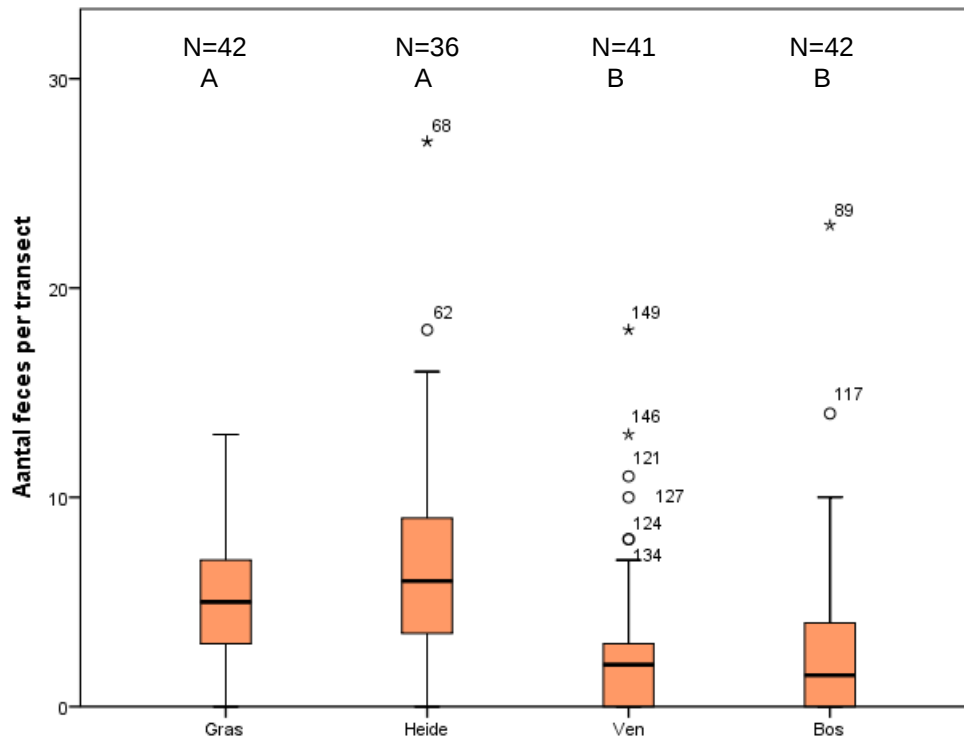
In figuur 5 is zichtbaar dat er een hoge feces dichtheid (oranje/rode gebieden) van de feces van paarden was in het habitat gras en in het aangrenzende heide gebied. In het habitat bos lijkt de feces van paarden zich vooral te bevinden in de buurt van het grasland en er is ook bij sommige vennen een lage dichtheid van feces van paarden (groene gebieden).

Ook bij de feces van paard in figuur 5 lijkt zichtbaar een verschil te zijn in de verdeling in de vier verschillende habitats. Om de willekeurige verdeling te testen, is een Kolmogorov-Smirnov test gebruikt. De resultaten van deze test toonde aan dat de feces dichtheid in alle vier de habitats niet gelijk verdeeld is ($p \leq 0,001$). In alle vier de habitats zijn de feces dus ongelijk verdeeld wat inhoudt dat er plekken zijn met een hogere feces dichtheid in vergelijking tot andere plaatsen in een habitat.

3.1.2 Dichtheid feces

Schotse hooglander

In grafiek 1 is het aantal feces per transect van Schotse hooglanders per habitat weergegeven. In de grafiek is zichtbaar dat het aantal feces van Schotse hooglanders per transect in het habitat heide het hoogst is en in het habitat ven het laagst. Ook is zichtbaar dat het in alle habitats voorkomt dat er geen feces van Schotse hooglanders op een transect geteld is.



Grafiek 1 Het aantal feces van Schotse hooglanders per transect weergegeven per habitat. De populatiegrootte is aangegeven met N boven de boxplot. Habitats met dezelfde letter boven de boxplot verschillen niet significant van elkaar, dus de habitats gras en heide (A) verschillen niet significant van elkaar maar wel van de habitats ven en bos (B). De zwakke uitschieters van een feces in de verschillende habitats zijn weergegeven met een rondje en de extreme uitschieters van een feces zijn weergegeven met een sterretje.

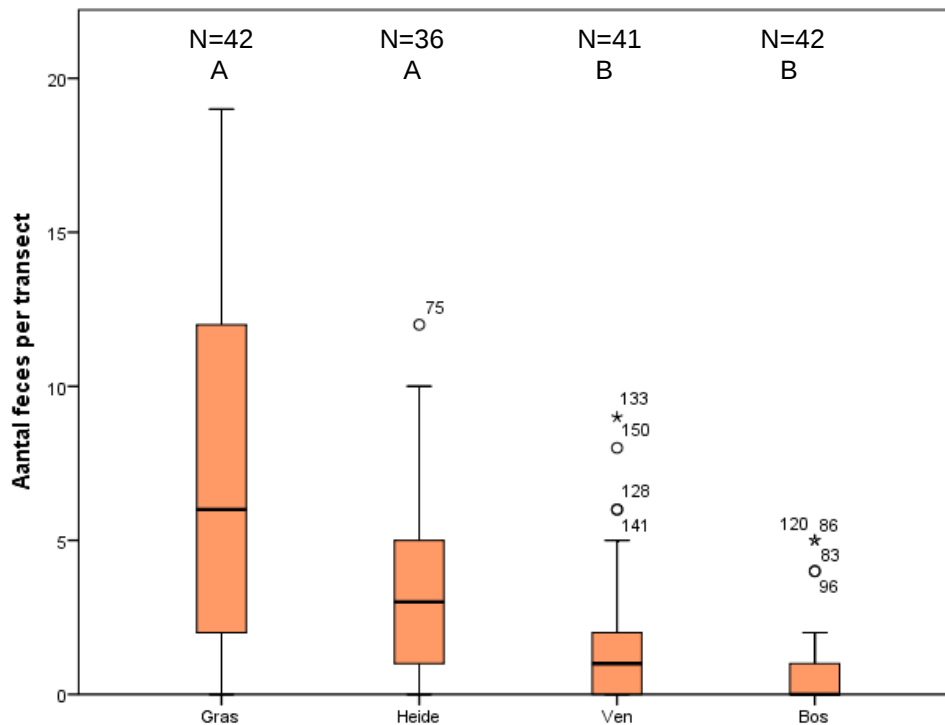
Het aantal feces van Schotse hooglanders per transect (50*2m; 100 m²) in het habitat gras is gemiddeld $5,07 \pm \text{SD } 0,44$; habitat heide is $7,17 \pm \text{SD } 0,96$; habitat ven is $3,10 \pm \text{SD } 0,65$ en in het habitat bos is $2,95 \pm \text{SD } 0,70$. Het gemiddeld aantal feces van Schotse hooglanders per hectare is daarmee in het habitat gras $507 \pm \text{SD } 44$, habitat heide $717 \pm \text{SD } 96$, habitat ven $310 \pm \text{SD } 65$ en in het habitat bos $295 \pm \text{SD } 70$.

Uit grafiek 1 blijkt dat er een verschil is in het aantal feces van Schotse hooglanders per transect in de verschillende habitats. Het aantal feces per transect in het habitat heide is het grootste en in het habitat ven het laagst. Om de feces dichtheid in de vier verschillende habitats te vergelijken is er een Kruskal Wallis Test uitgevoerd. Hieruit blijkt dat er een significant verschil is in feces dichtheid van Schotse hooglanders tussen de verschillende habitats (Kruskal Wallis Test: $\chi^2(3, N= 161) = 32,4$; $p < 0,001$).

Met de Pairwise Comparison van de Kruskal Wallis is getest of er een verschil is in het aantal feces van Schotse hooglanders in de vier verschillende habitatgebieden. Het blijkt dat de feces dichtheid in het habitat gras ($n=42$) niet significant verschillend is van het habitat heide ($n=36$) ($p=0,37$), maar deze habitats wel van ven ($n=41$) en bos ($n=42$) ($p \leq 0,001$) significant verschillen. En de feces dichtheid in het habitat bos ($n=42$) is niet significant verschillend van het habitat ven ($n=42$) ($p=0,76$). Dit houdt in dat de habitats gras en heide (groep A) niet significant van elkaar verschillen maar wel van de habitats ven en bos (groep B; zie grafiek 1) die ook niet significant van elkaar verschillen, maar minder feces per transect hebben dan de habitats gras en heide.

Paard

In grafiek 2 is het aantal feces per transect van paarden per habitat weergegeven. In de grafiek is te zien dat het aantal feces van paarden per transect in het habitat gras het hoogst is en het laagst in het habitat bos. Ook hier is het geval dat er in alle vier de habitats metingen van het aantal feces per transect van paarden 0 is en er dus niet altijd op een transect feces van paarden is waargenomen.



Grafiek 2 Het aantal feces van paarden per transect weergegeven per habitat. De populatiegrootte is aangegeven met N boven de boxplot. Habitats met dezelfde letter boven de boxplot verschillen niet significant van elkaar, dus de habitats gras en heide (A) verschillen niet significant van elkaar maar wel van de habitats ven en bos (B). De zwakke uitschieters van een feces in de verschillende habitats zijn weergegeven met een rondje en de extreme uitschieters van een feces zijn weergegeven met een sterretje.

Het gemiddelde aantal feces van paarden per transect (50*2m; 100 m²) in het habitat gras is $6,57 \pm \text{SD } 0,81$; habitat heide is $3,81 \pm \text{SD } 0,55$; habitat ven is $1,59 \pm \text{SD } 0,36$ en in het habitat bos is $0,90 \pm \text{SD } 0,21$. Het gemiddelde aantal feces van paarden per hectare is daarmee in het habitat gras $657 \pm \text{SD } 81$, habitat heide $381 \pm \text{SD } 55$, habitat ven $159 \pm \text{SD } 36$ en in het habitat bos $90 \pm \text{SD } 21$.

In grafiek 2 is zichtbaar dat er een verschil is van het aantal feces van paarden per transect in de vier habitats waarbij het in het habitat gras het meeste is en in het habitat bos het minste. Er is een Kruskal Wallis Test uitgevoerd voor de feces dichtheid van paarden om te onderzoeken of dit verschil significant is. Uit deze test blijkt dat er een significant verschil is tussen de verschillende habitats (Kruskal Wallis Test: $\chi^2(3, N= 161) = 50,7$; $p < 0,001$).

Ook voor de feces van paard is er met Pairwise Comparison van de Kruskal Wallis getest of er een verschil is in het aantal feces van paarden in de vier verschillende habitatgebieden. Het blijkt dat de feces dichtheid in het habitat ven ($n=41$) niet significant verschillend is van het habitat bos ($n=42$) ($p=0,31$), maar deze habitats verschillen wel significant van gras ($n=42$) en heide ($n=36$) ($p \leq 0,001$). En de feces dichtheid in het habitat gras ($n=42$) is niet significant verschillend van het habitat heide ($n=41$) ($p=0,08$). Dit betekent dat de feces

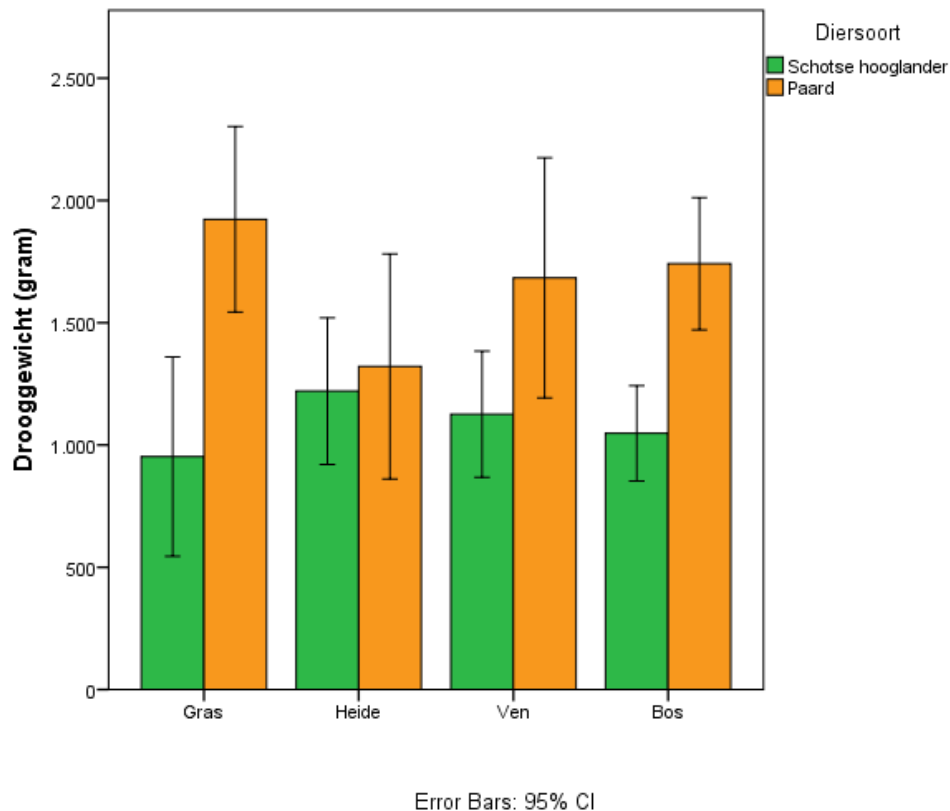
dichtheid in het habitat gras (groep A) niet significant verschillend is van heide (groep A) en wel significant groter is dan ven en bos (groep B). Ven en bos (groep B) verschillen dus niet significant van elkaar maar wel van gras en heide (groep A) waar meer feces van paard per transect ligt dan in de habitats ven en bos (zie grafiek 2).

Dus de meeste feces van Schotse hooglanders bevindt zich in het habitat heide en de meeste feces van paarden in het habitat gras. Zowel voor Schotse hooglanders als voor paarden bleek ook dat op de transecten in de habitats gras en heide significant meer feces ligt dan in de habitats ven en bos. De minste feces van zowel Schotse hooglanders als paarden bevindt zich in het habitat bos. De feces zijn dus niet gelijk verdeeld over de vier habitats. Ook is gebleken dat er een significant verschil is in de verdeling van feces door het Prinsenvbos. Dit betekent dat er plekken zijn met een hogere concentratie feces van Schotse hooglanders en paarden die een extra groot probleem kunnen vormen voor de eutrofiëring.

3.2 DECOMPOSITIE FECES

3.2.1 Gewicht feces

In paragraaf 3.1.2 is de dichtheid van feces per transect per habitat weergegeven. Daarna is het gemiddelde drooggewicht berekend zodat vervolgens de hoeveelheid feces in kilogram van Schotse hooglanders en paarden bepaald kon worden. In grafiek 3 is zichtbaar dat het verschil in de begingewichten van feces van Schotse hooglanders en paarden in de verschillende habitatten op dag 0 niet veel van elkaar lijken te verschillen.



Grafiek 3 Het drooggewicht van de feces van Schotse hooglanders en paarden in de vier verschillende habitats bij de start van het onderzoek (dag 0; verse feces).

Schotse hooglander

Met de variantie analyse is getoetst of er een significant verschil is in het drooggewicht van de feces van Schotse hooglanders bij de start (dag 0) van het onderzoek. Hieruit blijkt dat het drooggewicht van de feces van Schotse hooglanders op dag 0 tussen de vier habitats niet significant van elkaar verschillen (Anova: $F(3,45) = 0,70$; $p=0,55$).

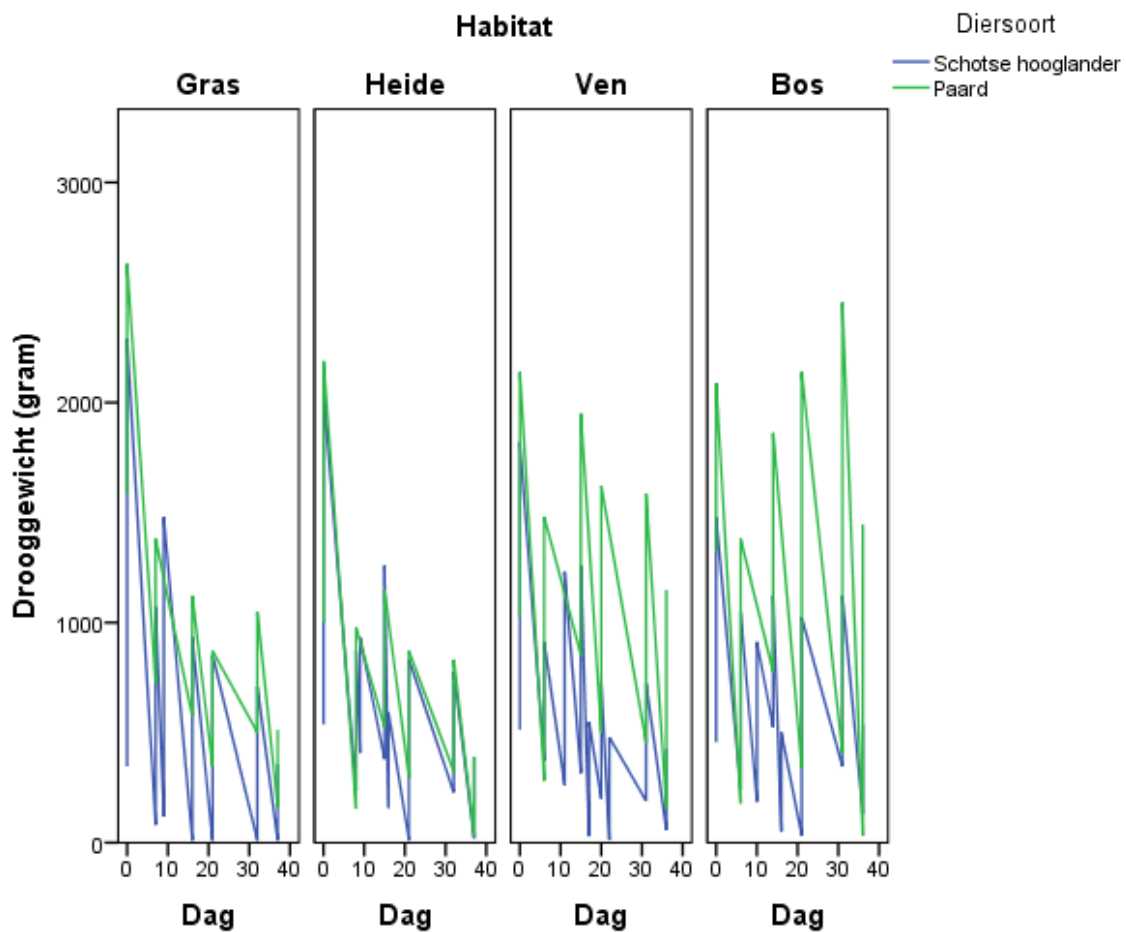
Paard

Ook voor het drooggewicht van de feces van paarden is een variantie analyse uitgevoerd om te toetsen of er een significant verschil is in het drooggewicht op dag 0. Uit deze test blijkt dat er geen significant verschil is van het drooggewicht van paarden op dag 0 tussen de vier habitats (Anova: $F(3,20) = 2,51$; $p=0,08$).

De variantie analyse bevestigt dus wat te zien is in grafiek 3 dat de drooggewichten van de feces van Schotse hooglanders aan het begin van het onderzoek niet significant van elkaar verschillen. Het drooggewicht van feces van paarden bij dag 0 is tussen de vier habitats ook niet significant van elkaar verschillend net als bij de feces van Schotse hooglanders.

Ook het verschil in de afname van het drooggewicht van Schotse hooglanders en paarden lijkt in de habitats gras en heide niet veel van elkaar te verschillen (grafiek 4). In de habitats

ven en bos lijkt er wel een verschil in de afname van het drooggewicht van de feces van Schotse hooglanders en paarden plaats te vinden.



Grafiek 4 Het drooggewicht van Schotse hooglanders en paarden gedurende de onderzoeksperiode in de vier verschillende habitats.

3.2.2 Hoeveelheid feces per habitat

Op basis van bovenstaande informatie is het gemiddelde drooggewicht van een feces bepaald bij de start van het onderzoek (verse feces, dag 0). Het gemiddelde drooggewicht van een feces van een Schotse hooglander is $1,088 \text{ kg} \pm \text{SD } 0,470 \text{ kg}$ en van een feces van een paard is $1,666 \text{ kg} \pm \text{SD } 0,421 \text{ kg}$.

Schotse hooglander

Aan de hand van het aantal feces en het drooggewicht van feces kan de hoeveelheid feces van Schotse hooglanders per habitat worden berekend. Een feces van een Schotse hooglander weegt gemiddeld $1,088 \text{ kg} \pm \text{SD } 0,470 \text{ kg}$. Dus dat betekent dat er in het habitat gras $552 \text{ kg} \pm \text{SD } 48 \text{ kg}$ feces aan drooggewicht per hectare ligt, $780 \text{ kg} \pm \text{SD } 104 \text{ kg}$ in het habitat heide, $337 \text{ kg} \pm \text{SD } 71 \text{ kg}$ in het habitat ven en $321 \text{ kg} \pm \text{SD } 76 \text{ kg}$ feces per hectare per dag in bos.

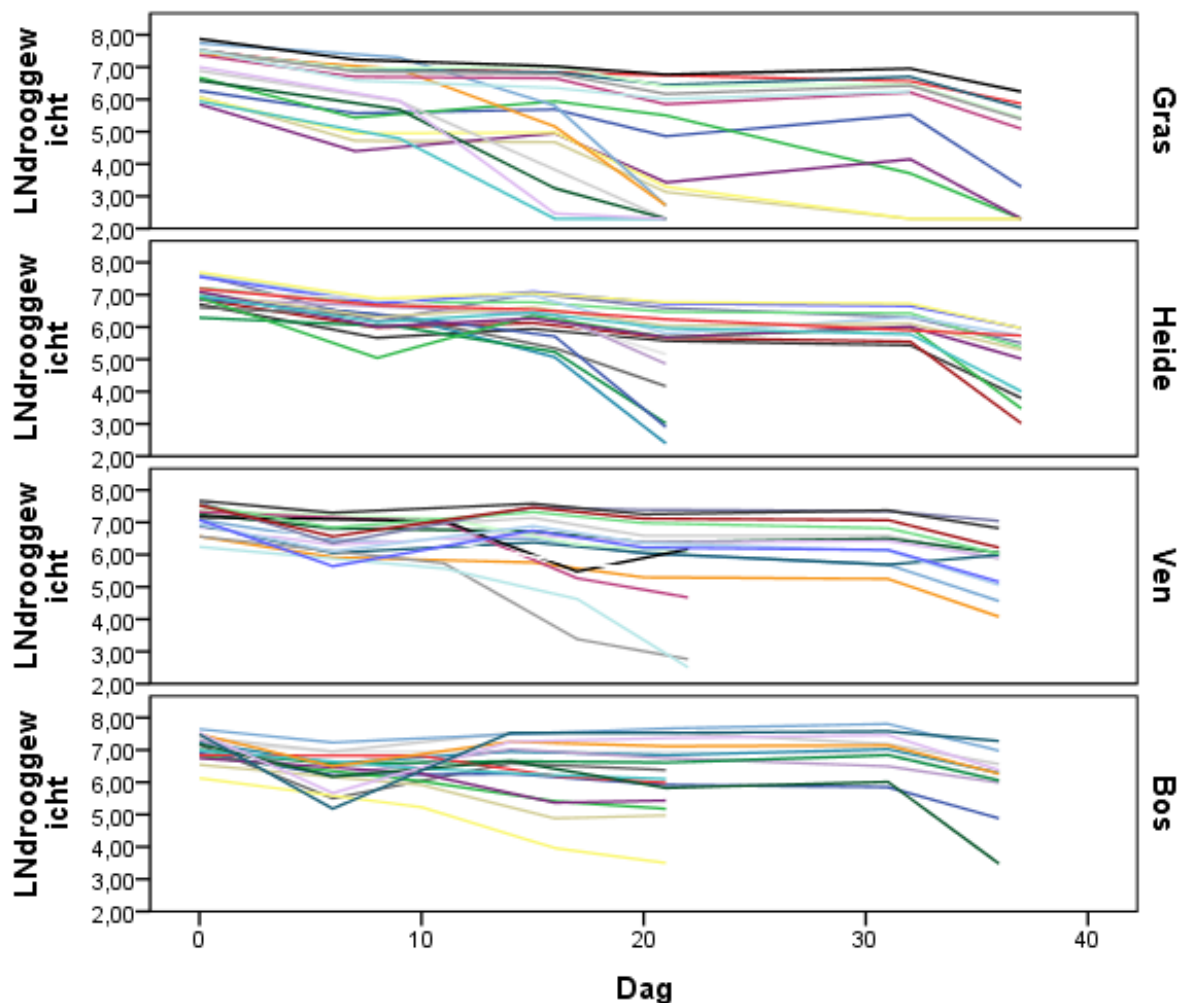
Paard

Ook voor de feces van paard kan de hoeveelheid per habitat berekend worden. Een feces van een paard weegt gemiddeld $1,666 \text{ kg} \pm \text{SD } 0,421 \text{ kg}$. Dat betekent dat er in het habitat gras $1095 \text{ kg} \pm \text{SD } 135 \text{ kg}$ feces aan drooggewicht per hectare ligt, $635 \text{ kg} \pm \text{SD } 92 \text{ kg}$ in het habitat heide, $265 \text{ kg} \pm \text{SD } 60 \text{ kg}$ in het habitat ven en $150 \text{ kg} \pm \text{SD } 35 \text{ kg}$ feces per hectare per dag in bos.

3.2.3 Statistische verbanden drooggewicht feces

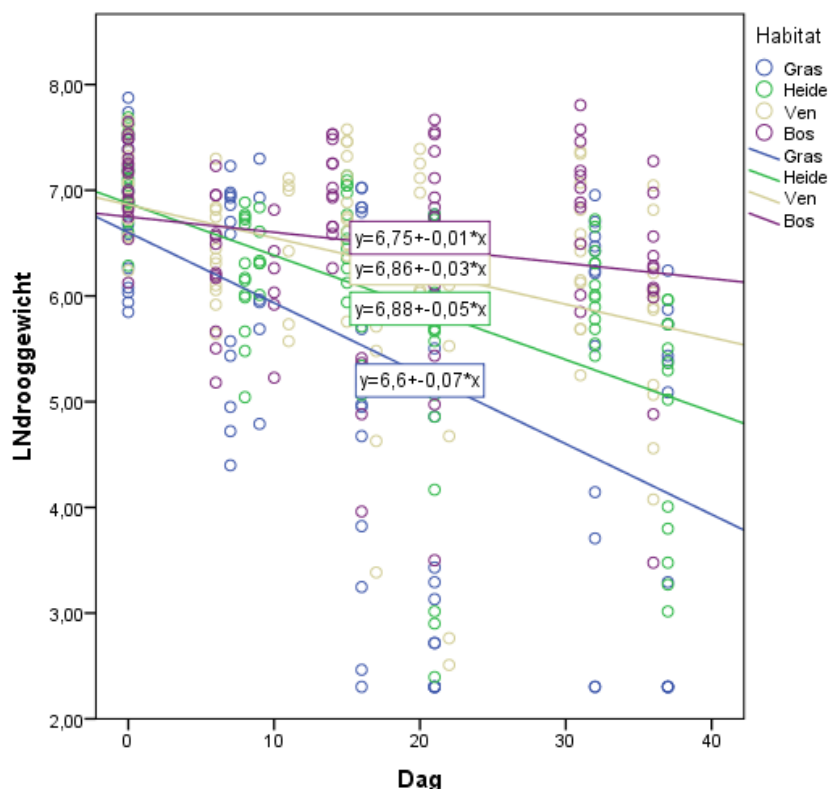
In grafiek 5 is het verloop van het drooggewicht van feces gedurende de onderzoeksperiode weergegeven per habitat (totaal: n=73). Iedere lijn is een afzonderlijke feces waarbij de feces die doorlopen tot ongeveer 38 dagen het onderzoek van drooggewicht van feces in het begin van het voorjaar (13 april - 20 mei) weergeeft en de feces die doorlopen tot ongeveer 22 dagen is het onderzoek in het einde van het voorjaar (4 mei – 26 mei). De feces die tot het onderzoek aan het einde van het voorjaar behoren, zijn alleen feces van Schotse hooglanders.

In de grafiek lijkt zichtbaar dat de afname van het drooggewicht aan het einde van het voorjaar sneller gaat dan in het begin van het voorjaar. Daarnaast is ook zichtbaar dat de afname van het drooggewicht van de feces op het habitat gras en heide een grotere richtingscoëfficiënt lijkt te hebben dan in de habitats ven en bos, waardoor er in de eerst genoemde habitats een snellere afname van het drooggewicht lijkt te zijn.



Grafiek 5 De afname van het drooggewicht in ^elog weergegeven door de tijd heen per habitat. Hierbij zijn alle feces zowel van Schotse hooglander als van paard weergegeven. Habitat gras (n=18), habitat heide (n=18), habitat ven (n=17) en habitat bos (n=17).

Het is duidelijk zichtbaar in grafiek 6 dat het drooggewicht van feces van Schotse hooglanders en paarden een negatief verband heeft met de tijdsduur, omdat het drooggewicht afneemt bij een toename van het aantal dagen. Daarnaast is zichtbaar dat de afname van het drooggewicht van feces in de habitats gras en heide sneller lijkt te gaan dan in de habitats ven en bos.



Grafiek 6 Het drooggewicht van feces van Schotse hooglanders en paarden gedurende de gehele onderzoeksperiode in de vier verschillende habitats.

Om te onderzoeken of er een correlatie is tussen de tijdsduur in dagen en het drooggewicht zoals te zien is in grafiek 5 in de verschillende habitats, is er een correlatie toets uitgevoerd.

Schotse hooglander

Uit de Spearman rangcorrelatie test blijkt dat er een significante rangcorrelatie ($r_s = -0,64$; $p < 0,001$) tussen het drooggewicht van feces van een Schotse hooglander is in het begin van het voorjaar in het habitat gras en de tijdsduur. Dit geldt ook voor het habitat heide ($r_s = -0,70$; $p < 0,001$), habitat ven ($r_s = -0,70$; $p < 0,001$) en habitat bos ($r_s = -0,53$; $p = 0,001$). Er is ook een significante rangcorrelatie ($r_s = -0,88$; $p < 0,001$) tussen het drooggewicht van feces van een Schotse hooglander in het einde van het voorjaar in het habitat gras en het aantal dagen dat de feces daar ligt. Dit geldt ook voor het habitat heide ($r_s = -0,89$; $p < 0,001$), habitat ven ($r_s = -0,76$; $p < 0,001$) en habitat bos ($r_s = -0,72$; $p < 0,001$). Dus alle onderzochte verbanden tussen het drooggewicht van de feces van Schotse hooglanders en het aantal dagen dat deze in het veld ligt, is in alle habitats zowel aan het begin als aan het einde van het voorjaar sterk en negatief: feces die langer liggen, wegen dus minder.

Paard

Er is een significante rangcorrelatie ($r_s = -0,83$; $p < 0,001$) tussen het drooggewicht van feces van paarden in het begin van het voorjaar in het habitat gras en de tijdsduur. Dit geldt ook voor het habitat heide ($r_s = -0,76$; $p < 0,001$), en habitat ven ($r_s = -0,44$; $p = 0,007$). Er is geen significante rangcorrelatie ($r_s = -0,18$; $p = 0,282$) tussen het drooggewicht van feces van paarden in het begin van het voorjaar in het habitat bos en het aantal dagen dat de feces daar ligt. In het habitat gras en heide is het verband tussen het drooggewicht van de feces van paarden en het aantal dagen dat deze in het veld ligt sterk en negatief. In het habitat ven en bos is het verband tussen het drooggewicht van de feces van paarden en het aantal dagen dat deze in het veld ligt zwak en negatief.

Dus zoals de grafiek laat zien blijkt uit de rangcorrelatietest dat er in alle vier de habitats een afname van het drooggewicht is gedurende de onderzoeksperiode voor de feces van Schotse hooglanders en paarden en dat dit verband in het habitat gras het sterkst is en in het habitat bos het zwakst. Om de decompositiesnelheid vast te stellen is eerst Linear Mixed Model uitgevoerd.

3.2.4 Invloeden decompositie

Voordat de regressie van de afname van het drooggewicht van feces van Schotse hooglanders en paarden wordt bepaald, is er gekeken welke factoren een mogelijke invloed kunnen hebben op deze decompositiesnelheid. Met Linear Mixed Model in het programma R is er gekeken naar deze mogelijke invloeden. Van de variabelen dag, diersoort, habitat, periode, cumulatieve temperatuur, neerslag en luchtvochtigheid bleken de variabelen dag, diersoort, periode, temperatuur en luchtvochtigheid een significante invloed te hebben op het drooggewicht van feces. Ook de tweeweg interacties tussen dag en habitat en dag en periode levert een significante bijdrage aan het verklaren van het drooggewicht van feces (zie tabel 2). De variabelen habitat en neerslag zijn niet significant van invloed op de afname in drooggewicht.

Model selectie suggereerde dat een set van drie kandidaat modellen met vijf van de eerste zeven voorspellers met een betrouwbaarheidsinterval van 99% (bijlage IX) kunnen worden beschouwd. Het beste model in de set had een Akaike gewicht van $w_i = 0,972$ met vijf voorspellers: dag, diersoort (Drs), habitat (Hbt), luchtvochtigheid (Lch) en periode (Prd; bijlage IX). Beoordeling van de goodness-of-fit voor het beste model resulteerde in een $R^2_{LR} = 0,640$.

Tabel 2 Top-model met een Akaike gewicht van 0,972 van de kandidaat modellen. De afhankelijke variabele is LNdrooggewicht. Als factoren zijn de variabelen habitat, diersoort en periode meegenomen en de covariaten zijn cumulatieve temperatuur, neerslag en luchtvochtigheid. De herhaalde factor is dag waarbij gecorrigeerd wordt voor de verschillen in tijdsintervallen.

	IC	cT	Dag	Drs2	Hbt2	Hbt3	Hbt4	Lch	Prd2
β	3,4133	0,0162	-0,1667	0,6510	0,2484	0,2054	0,0813	0,0413	-1,6383
$\hat{SE}(\beta)$	0,7184	0,0037	0,0234	0,2066	0,2490	0,2526	0,2525	0,0088	0,5096
P	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,27	0,42	0,74	<0,01	<0,01
W_p	-	0,99	1	0,98	1	-	-	1	1
	Dag*Hbt2	Dag*Hbt3	Dag*Hbt4	Dag*Prd2					
β	0,0202	0,0411	0,0540	-0,1159					
$\hat{SE}(\beta)$	0,0074	0,0075	0,0077	0,0104					
P	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01					
W_p	1	-	-	1					

Dag is tijd in aantal dagen, Drs2 paard als diersoort (referentie Schotse hooglander als diersoort), Hbt habitat (referentie: 1 = gras, 2 = heide, 3 = Ven, 4 = Bos), Lch luchtvochtigheid, prd (referentie: 1 = begin voorjaar, 2 = einde voorjaar, β top-model gemiddelde parameter schatting, $\hat{SE}(\beta)$ onvoorwaardelijke standaardfout van de parameter schatting, P significantie, W_p Akaike model gewicht.

Het middelen van het full-model leverde een gemiddeld model met acht voorspellers op (tabel 2). Het effect van temperatuur op het drooggewicht is belangrijk, omdat deze variabele in 2 van de 3 modellen voorkomt (cT; $w_p = 0,99$). Het drooggewicht neemt toe bij een toename van de temperatuur en het effect is significant (tabel 2). De meest belangrijke voorspellers van drooggewicht zijn dag, habitat, luchtvochtigheid, periode, dag*habitat en dag*periode ($W_p = 1$), waarvan de variabelen habitat, periode en de twee interacties in alle modellen in de set aanwezig zijn.

Met de uitkomsten van het model met de beste verklaring blijkt dat dag, habitat, diersoort, periode, temperatuur en luchtvochtigheid allen een effect hebben op de afname van het drooggewicht.

3.2.5 Decompositiesnelheid feces

Vervolgens is er per diersoort en per periode één richtingscoëfficiënt bepaald voor de habitats gras, heide, ven en bos. Met het model met de beste verklaring was het niet mogelijk om de decompositiesnelheid te bepalen, waardoor gekozen is om dit met een lineaire regressie te doen. De resultaten daarvan zijn weergegeven in tabel 2. Deze geven de afnamesnelheid in procenten van het drooggewicht per dag weer.

Schotse hooglander

Het regressiemodel met het drooggewicht van de feces van Schotse hooglanders als afhankelijke variabele en de tijd in dagen als onafhankelijke variabelen bij alle habitats is significant, $p=0,05$. De regressiemodellen per habitat zijn dus bruikbaar om het drooggewicht van de feces in de tijd te verklaren, maar de verklaring is qua sterkte zeer afwisselend per habitat. In tabel 3 is weergegeven dat tussen 23,4% en 77,2% van de verschillen in drooggewicht voorspeld worden op grond van de tijd in dagen. Per dag neemt het drooggewicht af met maximaal 21,0% per dag. Zowel aan het begin als aan het einde van het voorjaar neemt het drooggewicht van de feces van Schotse hooglanders het snelste af in het habitat gras, gevolgd door het habitat heide, daarna ven en bos neemt het minst snel af in drooggewicht van de feces.

Tabel 3 Regressiemodel om het drooggewicht van de feces van Schotse hooglanders en paarden te verklaren met als afhankelijke variabele LNdrooggewicht, als factor habitat en periode en de covariaat dag.

Rund	Begin voorjaar				Einde voorjaar			
	Gras	Heide	Ven	Bos	Gras	Heide	Ven	Bos
SD±SE	-0,079± 0,015	-0,053± 0,009	-0,036± 0,007	0,020± 0,007	-0,210± 0,025	-0,132± 0,022	-0,107± 0,026	-0,075± 0,018
R ²	0,439	0,441	0,430	0,234	0,772	0,628	0,435	0,445
P	<0,01	<0,01	<0,01	0,004	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Paard								
	Gras	Heide	Ven	Bos				
SD±SE	-0,041± 0,005	-0,044± 0,008	0,022± 0,008	0,013± 0,011				
R ²	0,667	0,466	0,169	0,037				
P	<0,01	<0,01	0,013	0,259				

Paard

Het regressiemodel met het drooggewicht van de feces van paard als afhankelijke variabele en de tijd in dagen als onafhankelijke variabele is significant in de habitats gras, heide en ven ($p<0,05$). De regressiemodellen zijn in deze habitats bruikbaar om het drooggewicht van de feces in de tijd te verklaren, maar de verklaring is qua sterkte zeer afwisselend per habitat. Tussen 16,9% en 66,7% (zie tabel 3) van de verschillen in drooggewicht kunnen voorspeld worden op grond van de tijd in dagen. Het regressiemodel in het habitat bos is niet significant ($p=0,259$). Het regressiemodel in het habitat bos is eigenlijk niet bruikbaar om het drooggewicht van de feces in de tijd te verklaren. Er is echter geen andere data beschikbaar en daarom zal deze decompositiesnelheid van 1,3% per dag toch worden gebruikt om de afname te berekenen.

Door aan te nemen dat de hoeveelheid feces van Schotse hooglanders en paarden het gehele jaar hetzelfde blijft, kan worden bepaald wat het verlies aan biomassa is als de decompositiesnelheid bekend is. Hierbij wordt er ook van uit gegaan dat de decompositiesnelheid in de verschillende habitats het hele jaar door gelijk is.

3.2.6 Afname feces

In de laatste sub paragraaf van deze paragraaf wordt op basis van het aantal gram feces per hectare per dag dat per habitat aanwezig is en de berekende decompositiesnelheid uitgerekend hoeveel gram feces per hectare per dag verdwijnt.

Schotse hooglander

Begin voorjaar: Op basis van 552 kg/ha/d aan feces met een decompositiesnelheid van 7,9% per dag, verdwijnt er 44 kg/ha/d aan feces in het habitat gras. In het habitat heide ligt 780 kg/ha/d aan feces en een decompositiesnelheid van 5,3% per dag, verdwijnt er 41 kg/ha/d aan feces in het habitat heide. Op basis van 337 kg/ha/d aan feces in het habitat ven en een decompositiesnelheid van 3,6% per dag, verdwijnt er 12 kg/ha/d aan feces. En in het habitat bos ligt er 321 kg/ha/d aan feces en een decompositiesnelheid van 2,0% per dag waarmee er 6 kg/ha/d aan feces verdwijnt in het habitat bos.

Einde voorjaar: Het aantal kilogram feces in de habitats blijft gelijk, maar met een veranderde decompositiesnelheid van 21,0% per dag in het habitat gras, 13,2% per dag in heide, 10,7% per dag in ven en 7,5% per dag in bos, verdwijnt er 115 kg/ha/d aan feces in het habitat gras, 102 kg/h/d in heide, 36 kg/ha/d in ven en 24 kg/ha/d in het habitat bos.

Paard

Ook met de dichtheid van de feces van paard per hectare per dag in de vier habitats en de decompositiesnelheid per dag per habitat is de hoeveelheid feces die per dag verdwijnt berekend. Op basis van 1095 kg/ha/d aan feces met een decompositiesnelheid van 4,1% per dag, verdwijnt er 45 kg/ha/d aan feces in het habitat gras. In het habitat heide ligt 635 kg/ha/d aan feces en een decompositiesnelheid van 4,4% per dag, verdwijnt er 28 kg/ha/d aan feces in het habitat heide. Op basis van 265 kg/ha/d aan feces in het habitat ven en een decompositiesnelheid van 2,2% per dag, verdwijnt er 6 kg/ha/d aan feces. En in het habitat bos ligt er 150 kg/ha/d aan feces en een decompositiesnelheid van 1,3% per dag waarmee er 2 kg/ha/d aan feces verdwijnt in het habitat bos.

Dus de meeste hoeveelheid feces die in de grond verdwijnt, is afkomstig van Schotse hooglanders. Daarnaast blijkt dat deze hoeveelheid hoger is aan het einde van het voorjaar in vergelijking tot het begin van het voorjaar. Zowel voor de feces van Schotse hooglanders als de feces van paarden blijkt dat in het habitat gras de grootste hoeveelheid feces verdwijnt en in het habitat bos het minste.

3.3 VERMESTING

Gebaseerd op onderzoek gegevens van Koch Eurolab (2014) blijkt dat er in vaste rundveemest 5,2 kg N per ton mest zit. Voor vaste paardenmest is dit 4,0 kg N per ton mest. In tabel 4 is de hoeveelheid feces per habitat weergegeven dat in de grond verdwijnt en de hoeveelheid stikstof die daarmee in de feces zit en ook in de grond terecht komt.

Tabel 4 Per diersoort en per habitat de hoeveelheid feces in kilogram per hectare per dag dat in de grond verdwijnt in het begin van het voorjaar en in het einde van het voorjaar (Schotse hooglander) en de hoeveelheid stikstof in kilogram per hectare per dag in het begin van het voorjaar en in het einde van het voorjaar (Schotse hooglander) gebaseerd op de gegevens van Koch Eurolab (2014).

Schotse hooglander		Gras	Heide	Ven	Bos
Begin voorjaar	Feces (kg)	44	41	12	6
	Stikstof (kg)	0,227	0,215	0,063	0,033
Einde voorjaar	Feces (kg)	115	102	36	24
	Stikstof (kg)	0,603	0,535	0,188	0,125
Paard					
	Feces (kg)	45	28	6	2
	Stikstof (kg)	0,180	0,112	0,023	0,008

In tabel 4 is zichtbaar dat behalve in het habitat gras de meeste stikstof die zich in de habitatgebieden in het Prinsenbos bevinden van de feces van Schotse hooglanders komt. De hoeveelheid stikstof die de bodem in verdwijnt van de feces van Schotse hooglanders is ook nog 3x zo groot in het einde van het voorjaar in vergelijking tot het begin van het voorjaar.

Vervolgens is het stikstofgehalte van de feces dat in de bodem verdwijnt per hectare per dag van Schotse hooglanders en paarden vergeleken met de hoeveelheid stikstof die uit de lucht komt, de bovengrens van de 'gevoelige' klasse en de ondergrens van de 'niet gevoelige' klasse waarvan een overzicht is gemaakt in tabel 5.

Tabel 5 Het stikstofgehalte van feces dat de bodem in verdwijnt per hectare per dag ten opzichte van het stikstofgehalte uit de lucht per hectare per dag, de bovengrens van de 'gevoelige' klasse en de ondergrens van de 'niet gevoelige' klasse per hectare per dag.

Diersoort	Habitat	N-gehalte	Lucht (69 gr)	Niet gevoelig (93 gr)	Gevoelig (55 gr)
Schotse hooglander Begin voorjaar	Gras	227	3,3x	2,4x	4,1x
	Heide	215	3,1x	2,3x	3,9x
	Ven	63	0,9x	0,7x	1,2x
	Bos	33	0,5x	0,4x	0,6x
Schotse hooglander Einde voorjaar	Gras	602	8,7x	6,5x	11,0x
	Heide	535	7,8x	5,7x	9,8x
	Ven	187	2,7x	2,0x	3,4x
	Bos	125	1,8x	1,3x	2,3x
Paard Begin voorjaar	Gras	180	2,6x	1,9x	3,3x
	Heide	112	1,6x	1,2x	2,0x
	Ven	23	0,3x	0,3x	0,4x
	Bos	8	0,1x	0,08x	0,14x

Uit gegevens van Planbureau voor de Leefomgeving (2009) blijkt dat er 69 gram stikstof per hectare per dag op de Nederlandse bodem in de natuur terecht komt via de lucht. Het blijkt dat de hoeveelheid stikstof die in de grond verdwijnt door de feces van Schotse hooglanders en paarden tussen 0,1x en 8,7x zo groot is in vergelijking tot de stikstof die in de grond komt via de lucht. Ten opzichte van de bovengrens van de 'gevoelige' klasse is het probleem nog veel groter. Daaruit blijkt dat de feces van Schotse hooglanders en paarden tot wel 11x zo groot is dan de 55 gram N/ha/d.

Vervolgens is er ook een tabel gemaakt met de stikstofgehalte van feces van Schotse hooglanders en paarden in totaal, omdat dat de huidige situatie is in het Prinsenbos.

Tabel 6 Het stikstofgehalte van feces van Schotse hooglanders en paarden dat de bodem in verdwijnt per hectare per dag ten opzichte van het stikstofgehalte uit de lucht per hectare per dag, de bovengrens van de 'gevoelige' klasse

klasse en de ondergrens van de 'niet gevoelige' klasse per hectare per dag.

Diersoort	Habitat	N-gehalte	Lucht (69 gr)	Niet gevoelig (93 gr)	Gevoelig (55 gr)
Schotse hooglander & paard	Gras	406	5,9x	4,4x	7,4x
	Heide	327	4,7x	3,5x	6,0x
	Ven	86	1,3x	0,9x	1,6x
	Bos	41	0,6x	0,4x	0,8x

In tabel 6 is zichtbaar dat het huidige stikstofgehalte dat de bodem in verdwijnt per hectare per dag op dit moment minimaal 6x zo groot is als wat het habitat heide in het Prinsbos kan verdragen.

Tabel 7 Het stikstofgehalte van feces van Schotse hooglanders en paarden dat de bodem in verdwijnt per hectare per dag ten opzichte van het maximale KDW dat de N2000-habitattypen kunnen verdragen.

	Habitatype	KDW (gr N/ha/d)	Factor
H2310	Stuifzandheide met struikhei	41	8,0x
H2330	Zandverstuivingen	27	12,1x
H3130	Zwak gebufferde vennen	16	5,4x
H3160	Zure vennen	27	3,2x
H4010A	Vochtige heide (hogere zandgronden)	49	6,7x
H4030	Droge heide	41	8,0x
H7150	Pioniersvegetatie met snavelbiezen	60	5,5x

In tabel 7 is weergegeven hoeveel stikstof de N2000 habitattypen maximaal kunnen verdragen en de factor van wat er op dit moment in het Prinsbos ligt. Het is zo erg dat voor het habitatype zwak gebufferd ven, dat maar 16 gram stikstof per hectare per dag kan verdragen, op dit moment 5,4x zoveel stikstof bevat. Van Schotse hooglanders en paarden samen ligt er in het habitat ven op dit moment namelijk 86 gram stikstof per hectare per dag. Binnen het habitat heide is het N2000 habitatype zandverstuiving het grootste probleem. Daar is op dit moment het stikstofgehalte 12,1x zo hoog per hectare per dag als wat het gebied kan verdragen (41 gram N/ha/d).

4. DISCUSSIE

4.1 METHODISCH

Door middel van meerdere pilots is geprobeerd om zoveel mogelijk ervaring op te doen met het herkennen van feces van Schotse hooglanders en paarden. Uit ervaring blijkt dat hier echter soms toch persoonlijke verschillen in zijn en het daarom belangrijk is om met twee personen dit veldwerk te verrichten zodat het niet op een persoonlijke observatie gebaseerd wordt en dus subjectief is. Hetzelfde geldt voor de feces op de transecten die vrijwel helemaal verdwenen waren, maar uiteindelijk is er besloten dat de feces waarbij een deel van de feces nog los gepakt kon worden mee telde. Een pilot voor het onderzoek naar de feces dichtheid is dan ook zeer aan te raden om de betrouwbaarheid van de data te vergroten. Voor ieder transect zijn twee punten gekozen, dat wanneer het eerste punt problemen op zou leveren (bijv. op grensgebied of doorkruist een pad), kon het tweede punt gekozen worden. Deze methode is echter niet gebruikt wanneer er op het transect nulwaarden ontstonden doordat er geen feces van een Schotse hooglander of paard aanwezig waren. Ter verbetering is het aan te raden dit bij een herhaling van het onderzoek wel te doen, aangezien minder nulwaarden een betere schatting van de feces dichtheid geeft.

Een aantal methodische technieken rondom het onderzoek naar de decompositiesnelheid van de feces levert problemen op die moeilijk te verhelpen zijn. Zo verandert de structuur van de feces waardoor mogelijke effecten van buitenaf (neerslag, temperatuur, vergroot oppervlak) kan zorgen voor een mogelijke verandering in de decompositiesnelheid. Voor het wegen van de feces is gebruik gemaakt van een keukenweegschaal waarbij tot 5 kg gewogen kan worden. Een nadeel hiervan is dat deze zeer gevoelig zijn en bij regen en wind soms een afwijking weergeven, waardoor een kleine afwijking in de data kan ontstaan. De weer data die voor dit onderzoek gebruikt is, is van het KNMI weerstation uit Hoogeveen. Dit is de dichtstbijzijnde accurate data, maar kan wel degelijk verschillen met de daadwerkelijke temperatuur en neerslag van het Drents-Friese Wold.

4.2 FECES DISTRIBUTIE

Schotse hooglanders moeten in de natuur hun voedsel bij elkaar zoeken in arme begroeiingen, die in Nederland vooral op de heide te vinden is. Voedsel (grassen) met een hoge voedingswaarde, zoals in bemeste weilanden, kunnen Schotse hooglanders niet verdragen. Daar krijgen ze dikwijls diarree van. (Ecoplan, 2007) Het is ook bekend dat Schotse hooglanders enorme browsers zijn en vanwege hun snelheid en efficiëntie kunnen zij veel kleine boompjes ruimen (NWHCA, 2013). De verwachting was daarom dat de feces van Schotse hooglanders voornamelijk op de heide te vinden zou zijn, gevolgd door bos in verband met de vegetatie en de plaats waar de Schotse hooglanders zich zullen ophouden. De resultaten waren dat de feces van Schotse hooglanders inderdaad het hoogste is in het habitat bos, maar werd gevolgd door gras. De minste feces werd juist in het habitat bos gevonden. Het is in overeenstemming met onderzoek dat is uitgevoerd door de Jong (2010) dat Schotse hooglanders zit weinig in het bos ophouden en daar dus ook weinig feces achterlaten. Uit haar onderzoek blijkt namelijk dat Schotse hooglanders zich voor 46,60% op grasland bevinden, gevolgd door ruigte/struweel (16,75%) en bos (16,10%).

Verder zou gediscussieerd kunnen worden of de feces distributie, gevonden in dit onderzoek, representatief is voor het gehele jaar of dat het gebruik van de habitatgebieden met de seizoenen verandert. Toekomstige studies moeten worden uitgevoerd gedurende verschillende seizoenen om verschillen te kunnen detecteren in het gebruik van de habitats, met betrekking tot de verblijftijd van Schotse hooglanders en paarden.

4.3 DECOMPOSITIE FECES

Een vergelijkbaar onderzoek is uitgevoerd door Aulak & Babińska-Werka (1990) naar de decompositie snelheid van feces van reeën (*Capreolus capreolus*). Uit dit onderzoek blijkt dat de verdwijnsnelheid in de lente (gemiddeld 70 dagen) en in de zomer (gemiddeld 28 dagen) snel is. Feces in de herfst bleef het langst liggen (gemiddeld 118 dagen). In het huidige onderzoek uitgevoerd in het Prinsenvbos blijkt dat de verdwijningssnelheid aan het einde van de lente al significant sneller gaat dan aan het begin van de lente en daarmee enigszins vergelijkbaar met de resultaten uit het onderzoek van Aulak & Babińska-Werka (1990). Uit het onderzoek van Aulak & Babińska-Werka (1990) blijkt dat in de meeste gevallen het voortbestaan van de feces in een voedselarmere habitat significant langer was dat klopt met de gevonden resultaten in het Prinsenvbos.

Het verschil van een langere decompositie in een armer habitat kan veroorzaakt worden door een aantal factoren. De volgende factoren kunnen dit verklaren: hogere dichtheden van dieren die ontlasting eten in rijke habitats (Borowski, 1960), enigszins verschillende weersomstandigheden in de buurt van de grondlaag en waarschijnlijk een rijker, kwantitatief en kwalitatief, niveau van reducers. (Aulak & Babińska-Werka, 1990) Er zijn daarnaast ook testen uitgevoerd om de relatie tussen de verdwijning van feces en weersomstandigheden te checken. Ondanks een kleine onderzoekspopulatie ($n=19$) bleek dat in 6 gevallen een significante relatie bestond tussen neerslag en temperatuur op de verdwijningssnelheid van feces van reeën. (Aulak & Babińska-Werka, 1990) Het is aannemelijk dat dit ook geldt voor de feces van Schotse hooglanders en paarden, waarbij uit dit onderzoek blijkt dat luchtvochtigheid en temperatuur een significante invloed hebben op de decompositie van de feces. Neerslag had in dit onderzoek geen significante invloed op de decompositie.

4.4 STIKSTOF GEHALTE

Een aantal andere factoren zorgen ervoor dat de hoeveelheid stikstof nog hoger uit zal vallen dan hoe die nu berekend is. In dit onderzoek is geen rekening gehouden met de tientallen schapen en geiten die zich ook nog binnen het Prinsenvbos bevinden. Deze komen qua gewicht overeen met nog eens 4 Schotse hooglanders/paarden wat opgeteld zou moeten worden bij de hoeveelheid feces en stikstof die nu de grond in verdwijnt.

Een andere factor die in dit onderzoek niet is meegerekend, maar wel zeer belangrijk is, is de hoeveelheid stikstof die uit de urine komt. Uit onderzoek van Dijkstra et al. (2013) blijkt zelfs dat de uitscheiding van urine kwetsbaarder is voor het verlies van stikstof dan feces.

Onderzoek op een grasland in Nieuw-Zeeland door Vanderholm naar de productie van feces en urine van koeien blijkt er een totaal van 65 kg per dag geproduceerd te worden. Hiervan is 30 kg per dag urine. De stikstof die daarmee samenhangt, is 290 gram per dag. (Stevens, 2009) Uit het onderzoek uitgevoerd in het Prinsenvbos blijkt dat de hoeveelheid feces in het grasland aan het begin van het voorjaar 44 kg per dag is waarbij 230 gram stikstof per dag verdwijnt. Dit lijkt dan ook met elkaar overeen te komen gezien het feit dat in het onderzoek in het Prinsenvbos de hoeveelheid urine en de daarmee samenhangende stikstofdepositie niet is onderzocht en dit er nog bij opgeteld moet worden. Uit onderzoek van Hoogendoorn et al. (2010) blijkt dat de stikstof concentratie in urine gemiddeld 4.4 g stikstof per kg is met een range van 0.9 tot 13.2 gram stikstof per kg. Dit komt overeen met de gegevens van Vanderholm uit de database van Stevens (2009). Wanneer een koe 30 kg per dag aan urine produceert, resulteert dat in 132 gram stikstof per dag per koe (30×4.4). Voor het Drents-Friese Wold zou dit dan neer komen op 1716 gram stikstof per dag ($13 \text{ koeien} \times 132 \text{ gram N}$) dat moet worden opgeteld bij de 230 gram stikstof per dag van de feces van de Schotse hooglanders dat een totaal maakt van bijna 2 kg stikstof per dag.

4.5 GEVOELIGHEDEN N2000-HABITATTYPEN

Zoals al eerder is vermeld is de hoeveelheid stikstof die in de habitats in het Prinsbos ligt hoger dan wat de N2000 habitattypen maximaal kunnen verdragen. Het is zo erg dat voor het habitatype zwak gebufferd ven, dat maar 16 gram stikstof per hectare per dag kan verdragen, op dit moment een factor 5,4x zoveel stikstof bevat. Van Schotse hooglanders en paarden samen ligt er in het habitat ven op dit moment namelijk 86 gram stikstof per hectare per dag. Binnen het habitat heide is het N2000 habitatype zandverstuiving het grootste probleem. Daar is op dit moment het stikstofgehalte 12,1x zo hoog per hectare per dag als wat het gebied kan verdragen (41 gram stikstof per hectare per dag).

Er is een verschil in de stikstof die neerslaat op de natuur vanuit de lucht en de stikstof die van feces de bodem in komt. Uit onderzoek van Planbureau voor de Leefomgeving (2008) blijkt namelijk dat luchtverontreinigende stoffen, waaronder ammoniak, na ongeveer 1000 meter met slechts 20% van de uitstoot de bodem bereikt. De feces van grote grazers is een puntbron op de bodem die daardoor in verhouding voor geconcentreerdere uitstoot van stikstof zal zorgen dan de hoeveelheid die uit de lucht verspreid op het natuurgebied neerdaalt. Voor de intensieve veehouderij zijn al extra maatregelen getroffen waaronder een zonering van 250 meter rond natuurgebieden wat er voor zorgt dat de ammoniakemissie in de buurt van natuurgebieden niet verder zal toenemen en dit betekent niet automatisch dat de depositie ook afneemt (Planbureau voor de Leefomgeving, 2008). Begin augustus 2014 is er bovendien door de Raad van State een uitspraak gedaan dat veehouderijen van de gemeente Westerveld geen ontwikkelruimte mogen krijgen, omdat het onvoldoende zekerheid biedt dat door het plan geen nadelige gevolgen voor Natura 2000 gebieden in het Drents Friese Wold optreden (Dodde, 2014).

5. CONCLUSIE

Feces distributie

Wat is de gemiddelde hoeveelheid feces per dag van Schotse hooglanders en paarden in de verschillende habitats in het Prinsbos, Drents-Friese Wold?

De gemiddelde hoeveelheid feces van Schotse hooglanders in het habitat gras per hectare per dag is 552 kg, in heide is 780 kg, in ven is 337 kg en in bos is 321 kg per hectare per dag. De feces dichtheid van Schotse hooglanders in de vier habitats verschilt significant van elkaar en de feces in alle habitats zijn niet uniform verdeeld over de habitats. Dat kan leiden tot een verhoogd eutrofie niveau op verschillende plaatsen binnen het Prinsbos. Ook de gemiddelde feces dichtheid van paarden varieert in de vier habitats met 1095 kg feces per hectare per dag in het habitat gras, 635 kg in het habitat heide, 265 kg in ven en 150 kg feces per hectare per dag in het habitat bos. Ook hier is er een significant verschil in de feces dichtheid tussen de habitats gras en heide met ven en bos. In dit geval zijn de feces in de verschillende habitats niet uniform verdeeld en bestaan er plaatsen met een hogere feces dichtheid die een groter risico vormen voor eutrofiëring.

Decompositie feces

Wat is de decompositiesnelheid van de feces van Schotse hooglanders en paarden in de vier verschillende habitatgebieden in het Prinsbos, Drents-Friese Wold?

De factoren dag, diersoort, habitat, periode, temperatuur en luchtvochtigheid hebben allemaal een significante invloed op de afname van het drooggewicht van feces en zijn belangrijke factoren die de afname bepalen gebaseerd op het model met de beste verklaring van Linear Mixed Model.

De decompositiesnelheid van feces van Schotse hooglanders in het habitat gras in het begin van het voorjaar is 7,9% afname per dag. De decompositiesnelheid van feces van Schotse hooglanders in het habitat heide is 5,3% afname per dag. De decompositiesnelheid van feces van Schotse hooglanders in het habitat ven is 3,6% afname per dag. De decompositiesnelheid van feces van Schotse hooglanders in het habitat bos is 2,0% afname per dag. De decompositiesnelheid van feces van Schotse hooglanders in het einde van het voorjaar is respectievelijk 21,0%, 13,2%, 10,7%, en 7,5% voor de habitats gras, heide, ven en bos. De decompositiesnelheid van feces van paard in het begin van het voorjaar in het habitat gras is 4,1% afname per dag. In het habitat heide is de afname 4,4% per dag. De decompositiesnelheid van feces van paarden in het habitat ven is 2,2% afname per dag en de decompositiesnelheid van feces van paarden in het habitat bos is 1,3% afname per dag.

Hoofdvraag: Is er sprake van eutrofiëring door grote grazers op de verschillende Natura 2000 habitattypen in het Prinsbos in het Drents-Friese Wold?

Op basis van de huidige informatie kan geconcludeerd worden dat de hoeveelheid stikstof die in de grond verdwijnt door de feces van Schotse hooglanders en paarden in de habitats gras, heide, ven en bos verontrustend hoog is (≤ 600 gram stikstof per hectare per dag). Dat is tot factor 8,7x zo groot ten opzichte van de hoeveelheid stikstof die uit de lucht komt (69 gram stikstof per hectare per dag). Ook is de stikstof waarde van 600 gram stikstof per hectare per dag zelfs met een factor 11x zo groot ten opzichte van de bovengrens 'gevoelig' van de wet Ammoniak en veehouderij (54 gram stikstof per hectare per dag). Dus de invloed van mest als eutrofiërende factor op N2000 habitattypen is zeer groot aangezien de meeste van deze habitattypen nog veel minder stikstof kunnen verdragen.

6. AANBEVELINGEN

Er zijn verschillende vervolg onderzoeken nodig om een beter inzicht te krijgen in de externe factoren op de decompositiesnelheid, zoals:

- i. Meer inzicht moet worden verkregen in de hoeveelheid feces die een Schotse hooglander en een paard per dag poept en of dit seizoens-afhankelijk is.
- ii. Onderzoek naar de feces samenstelling is belangrijk, omdat dit een mogelijke invloed heeft op de decompositiesnelheid. (Dickinson, Underhay & Ross, 1981)
- iii. Een onderzoek naar het effect van insecten op de decompositie van feces, omdat deze mogelijk een grote rol spelen in de decompositie en de omzetting van de hoeveelheid nutriënten in de grond. (Aulak & Babińska-Werka, 1990; Bertone et al., 2004; Yamada et al., 2007)
- iv. Een vervolg onderzoek uitvoeren naar de effecten van het jaargetijde op de decompositiesnelheid aangezien temperatuur en luchtvochtigheid beide significant van invloed zijn op de decompositiesnelheid en deze factoren jaargetijde afhankelijk zijn.
- v. Een onderzoek naar de effecten van urine op de stikstof depositie is nodig, omdat uit de literatuur blijkt dat dit een groter effect heeft ten opzichte van de hoeveelheid stikstof in feces. (Laubach et al., 2013; Dijkstra et al., 2013) Het is belangrijk om daarom meer informatie te verkrijgen over het effect van urine op N2000 habitattypen.

6.1 KORTE TERMIJN

Om het probleem van stikstof van de feces van Schotse hooglanders en paarden zo snel mogelijk terug te dringen in de gevoelige N2000 habitattypen zijn er een aantal mogelijkheden.

1. Met vrijwilligers eenmalig feces rond de vennen en in de heide gebieden weg halen en halveren met wat er nu ligt. Hierdoor zal een gedeelte van de stikstof die nog in de feces zit, niet in de grond terecht komen. Niet alles kan worden weggehaald, omdat de feces van Schotse hooglanders en paarden ook een functie heeft voor verschillende soorten insecten die daarvan leven.
2. De feces van Schotse hooglanders bevat de meeste stikstof. Om deze hoeveelheid te verminderen is het een mogelijkheid om de Schotse hooglanders 's nachts op stal te zetten, zodat de helft van de tijd de feces niet in het gebied word gedeponeerd. Daarnaast vervullen zij dan overdag gewoon hun functie als natuurlijke begrazer in het Prinsbos.

6.2 LANGE TERMIJN

Op de lange termijn lijkt het verstandig om van bos meer heide te maken. Dan kan de feces van schotse hooglanders en paarden over een groter oppervlakte verspreid worden, waardoor de impact op het habitat per hectare verkleind zal worden. Ondanks dit moet er wel rekening mee gehouden worden dat er altijd plaatsen zullen blijven met een grotere concentratie feces waardoor dit risico plekken blijven voor de gevoelige N2000 habitattypen.

LITERATUURLIJST

ArcMap desktop versie 10.2. (2014).

Aulak, W. & Babińska-Werka, J. (1990). Estimation of roe deer density based on the abundance and rate of disappearance of their faeces from the forest. *Acta Theriologica* 35 (1-2): 111-120

Bertone, M., Watson, W., Stringham, M., Green, J., Washburn, S., Poore, M. & Hucks, M. (2004), Dung beetles of central and Eastern North Carolina cattle pastures. NC State University.

Borowski (1960). *Geotrupes stercorosus* (Sc.) (Coleopteran, Scarabaeidae) in Bialowieza National Park. *Fragm. Faun.* 8: 337-365

Brink (2006). *Cross-roads of Planet Earth's Life Exploring means to meet the 2010-biodiversity target*. Gevonden op 3 april 2014. www.hoesnel.nl

Buro Bakker (2011). *Passende beoordeling in verband met de omvorming van de N381 ter hoogte van Natura 2000-gebied Drents-Friese wold & Leggelderveld.*, Assen: s.n.

Dickinson, C.H., Underhay, V.S.H. & Ross, V. (1981). Effect of season, soil fauna and water content on the decomposition of cattle dung pats. *New phytol.* 88, 129-141

Diergeneeskundig centrum Paterswoldseweg (2010). *Schaap algemeen*. Gevonden op 22 maart, 2014, op www.diergeneeskundigcentrum.nl

Dierkenner (2014 (i)). Paarden info. Gevonden op 22 maart, 2014, op www.dierkenner.nl

Dijkstra, J., Oenema, O., Groenigen van, J.W., Spek, J.W., Vuuren van, A.M. & Bannink, A. (2013). Diet effects on urine composition of cattle and N₂O emissions. *Animal*, 7 Suppl 2:292-302, June 2013.

Dobben, van H. & Hinsber, van A. (2008). Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en Natura 2000-gebieden. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1654.

Dodde, H. (2014). Milieudefensie blij met uitspraak Westerveld. Gevonden op 23 augustus, 2014, op www.nieuweoogst.nu

Ecoplan (2007). De Schotse hooglander. Gevonden op 28 juli, 2014, op www.ecoplan.nl

Elzinga, G., Werkman W., Jzerman, Y. Driessen, N. Schipper, C. Schuur, R. Molanus, A. (2012). *BIP Drents-Friesse Wold woud zonder grenzen.*, Rewilding, Stikstof. gevonden op 4 april 2014

Google Earth versie 7.1.2. (2014). Prinsenbos.

Google Maps (2014^a). Map Nederland met ligging DFW. Gevonden op 11 maart, 2014, op www.maps.google.nl

Google Maps (2014^b). Map Drents Friese Wold. Gevonden op 11 maart, 2014, op www.maps.google.nl

Hennekens, S.M., Smits, N.A.C. & Schaminée, J.H.J. (2010). *SynBioSys Nederland versie 2*. Alterra, Wageningen UR.

Hoogendoorn, C.J., Betteridge, K., Costall, D.A. & Ledgard, S.F. (2010). Nitrogen concentration in the urine of cattle, sheep and deer grazing a common ryegrass/cocksfoot/white clover pasture. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. Volum 53, Issue 3, pages 235-243, 2010.

IBM Corporation 1989 (2012). IBM SPSS Statistics Version 21.

Jong, H. de (2010). Habitat use & interacties Schotse hooglanders en Konikpaarden

Koch Eurolab (2014). Tabel samenstelling organische meststoffen. Gevonden op 4 juli, 2014, op www.eurolab.nl

Laubach, J., Taghizadeh-Toosi, A., Gibbs, S.J., Sherlock, R.R., Kelliher, F.M. & Grover, S.P.P. (2013). Ammonia emissions from cattle urine and dung excreted on pasture. *Biogeosciences*, 10, 327–338, 2013.

Levende Have (2013). *Geit*. Gevonden op 22 maart, 2014, op www.levendehave.nl

Ministerie van Economische Zaken (2014^a). *Programmatisch Aanpak Stikstof*. Gevonden op 12 maart, 2014, op pas.natura2000.nl

Ministerie van Economische Zaken (2014^b). Drents-Friese Wold & Leggelderveld – gevoeligheid. Gevonden op 23 augustus, 2014, op www.synbiosys.alterra.nl

Nationaal Park Drents-Friese Woud (1998). *Beheer- en Inrichtingsplan Nationaal Park Drents-Friese Woud*, Assen: Oranjewoud. Ammoniakdepositie.PDF. Gevonden op 4 april, 2014

Nationaal Park Drents-Friese Wold (2014). *Drents-Friese Wold*. Gevonden op 11 maart, 2014, op www.np-drentsfriesevold.nl

NWHCA (2013). Highland cattle. Gevonden op 28 juli, 2014, op www.nwhca.org

Omaliko, C.P.E. (1981). Dung deposition, breakdown and grazing behavior of beef cattle at two seasons in a tropical grassland ecosystem. *Journal of range management* 34 (5), September 1981

Planbureau voor de Leefomgeving (2008). Ammoniak in Nederland. Gevonden op 24 augustus, 2014, op www.pbl.nl

Planbureau voor de Leefomgeving (2014 (i)). Minder neerslag van stikstof dan eerder gedacht. Gevonden op 14 juli, 2014, op www.pbl.nl

Regiegroep Natura 2000 (2014). *De natuur beleven, gebruiken en beschermen*. Gevonden op 12 maart, 2014, op www.natura2000.nl

Schouten, Prof. Dr. M. (2011). *Het hoe en waarom van Natura 2000*. Natura 2000, Filmbeeld.

Staatsbosbeheer (2014). *Drents-Friese Wold*. Gevonden op 11 Maart, 2014, op www.staatsbosbeheer.nl

Stevens, M (2009). Effluent and manure management database for the Australian dairy industry. Gevonden op 23 augustus, 2014, op www.dairyingfortomorrow.com

Vitens natuurlijk (2014). *Grazers uit Schotland*. Gevonden op 22 maart, 2014, op vitensnatuurlijk.crossavenue.nl

Yamada, D., Imura, O., Shi, K. & Shibuya, T. (2007), Effect of tunneler dung beetles on cattle dung decomposition, soil nutrients and herbage growth. *Grassland Science* (2007) 53: 121-129

Afstudeeronderzoek
Major Wildlife management

**Verspreiding van mest van grote grazers in het Drents-
Friese Wold:
Situatie Prinsenbos**

Hogeschool VHL, Leeuwarden
Geschreven door: Louisan Verschuur

BIJLAGE I NATURA2000 HABITATTYPEN, PRINSENBOS

In het Prinsenbos liggen de volgende N2000 habitattypen:

1. H2310 stuifzandheiden met struikhei: Stuifzandheiden met struikhei omvat begroeiingen met dwergstruiken op droge zandgrond. De bodems zijn droog, zuur en zeer voedsel- en kalkarm. (Ministerie van Economische Zaken, 2008)
2. H2330 zandverstuivingen: het habitatype betreft pionier begroeiingen in afwisseling met onbegroeid zand op droge, zeer voedselarme zandgrond in binnenlandse stuifzandgebieden. Op kleine schaal komt het meestal voor op plekken die zijn omgeven door het habitatype Stuifzandheiden met struikhei (H2310). Zonder periodiek actief herstel van de pionier omstandigheden zullen deze kleine plekken dichtgroeien. (Ministerie van Economische Zaken, 2008)
3. H3130 zwak gebufferde vennen: Dit habitatype heeft betrekking op zeer voedsel- en mineraalarme vennen (Ministerie van Economische Zaken, 2008)
4. H3160 zure vennen: Dit type habitat omvat natuurlijke poelen en meren met zuur voedselarm water en veenmodder. Hierdoor kan het water erg bruin worden. (Ministerie van Economische Zaken, 2008)
5. H4030 droge heide: Dit habitatype betreft de struikheibegroeiingen soms in combinatie met andere dwergstruiken, grassen en mossen. Het belang van dit type in Europa is groot. En omdat Nederland ten opzichte van andere landen in Europa in bezit is van stuwwallen, die een goede ondergrond bieden voor dit habitatype is het extra van belang dit habitatype in stand te houden. (Ministerie van Economische Zaken, 2008)
6. H7150 pioniersvegetatie met snavelbiezen: Dit habitatype vormt zich met pioniersgemeenschappen op kale zandgrond in natte heide. In Europa komt deze vrij veel voor, maar het zwaarte punt van dit habitatype ligt in het laagland van de Atlantische kustzone. Daarom heeft Nederland een grote verantwoordelijkheid om deze te behouden. Echter komt dit habitatype en zijn natuurlijke voorkomen weinig voor in Nederland. (Ministerie van Economische Zaken, 2008)
7. H000^a: geen doelgebied, de grasvelden in het Prinsenbos.
8. H000^b: geen doelgebied, de verschillende bosgebieden in het prinsenbos.

BIJLAGEN II STAPPENPLAN RANDOM TRANSECTEN KIEZEN

Stap 1: Bij het maken van de verschillende habitats is er gebruik gemaakt van Google Earth versie 7.1.2. (2014). Het onderzoeksgebied, het Prinsenbos, is opgezocht in de satelliet weergave. Hierin zijn goed de verschillende habitats te onderscheiden. Elke habitat is met een polygon getrokken en opgeslagen als een .kmz file. Bij de vennen zijn meerdere polygonen gebruikt, al deze polygonen zijn in één groep/map gezet en deze groep/map is opgeslagen als een .kmz file.

Stap 2: Er is daarna gebruik gemaakt van ArcMap desktop versie 10.2. Binnen dit GIS programma zijn via de tool 'KML to layer' alle habitats omgezet van kmz naar een bruikbare laag voor dit programma.

Stap 3: Voordat er met de tool "Random Points" willekeurige punten konden worden gekozen voor de transecten, is er eerst een grid gemaakt die op elk habitat past. Hiervoor is gebruik gemaakt van de tool: Grid index polygon.

Stap 4: In elke grid zijn twee willekeurige punten gemaakt door twee lagen te creëren via de tool: Random Points. Laag 1 zijn de eerste punten die voor de transecten zijn gebruikt. Wanneer het eerste punt echt niet gebruikt kon worden in het veld is het reserve punt uit de tweede laag gebruikt.

Stap 5: Elke week zijn steeds zeven grid cellen per habitat gelopen. Om te zorgen dat bij het random punten kiezen, de computer niet uit de al gelopen grid cellen kon kiezen, moesten deze gelopen grid cellen uit de polygon verwijderd worden.

Stap 6: De random points zijn elke week dus weer gekozen uit een grid van het habitat zonder de al gelopen gridcellen.

Stap 7: Er is in elke grid cel twee random points gezet elke week, maar er zijn maar zeven transecten gelopen. Om uit alle random point zeven te kiezen zijn er random getallen geroepen door mensen om je heen en die zijn dan geselecteerd via de tool: select. Hieruit zijn de punten in een nieuwe laag gezet en zijn er zeven punten voor die week.

Stap 8: Om deze zeven punten te kunnen gebruiken in het veld, moeten ze ingeladen worden op de GPS. De geselecteerde punten worden opgeslagen in kmz/kml formaat via de tool "layer to kmz".

Stap 9: Deze .kmz file is geopend in het programma "Basecamp" van Garmin versie 4.3.3. Eerst is laag 1 ingeladen en daarna is het icoon van de naam veranderd. Daarna komt laag 2 waarmee dezelfde handelingen zijn verricht.

Stap 10: Als deze punten gemaakt zijn kunnen ze op de GPS gezet worden. Sluit de GPS aan de computer. Als het goed is maakt de GPS vanzelf verbinding met de computer. En in het programma Basecamp verschijnt de GPS in een boomstructuur van mappen. Sleep de gemaakte punten naar de GPS. Of klik in de menu balk op device→ send to device. Zorg ervoor dat de gemaakte punten die je over wilt brengen, geselecteerd zijn.

Stap 11: Controleer of de punten op de GPS staan.

Gras random points

Input	Proces	Output
1. Polygon laag gras	Tool: grid index polygon width, 100 meter. Polygon height, 100 meter. Number of rows, -. number of columns, 10.	Gridindexfeatures11
2. Gridindexfeatures11	Tool Clip: clip features, polygon laag gras.	Gridgras_Clip
3. Gridgras_Clip / of de laag waarvan de vorige cellen zijn verwijderd.	Tool create random points: number of points, long 1. Minimum allowed distance [value or field], Field, Shape_Area	Week16graslaag1 (elke week een laag 1 en een laag 2)
4. Week16graslaag1	Tool: Add XY coordinates (hier maakt hij een nieuwe velden aan in de attributes table in dezelfde laag)	Week16graslaag1*
5. Week16graslaag1*	Tool Select: Expression, (per week verschillend) OID= 1 and or OID= 23 (meestal 7 punten)	Week16graslaag1_Selected

Heide random points

Input	Proces	Output
1. Polygon laag heide	Tool: grid index polygon width, 100 meter. Polygon height, 100 meter. Number of rows, -. number of columns, 10.	Gridheide100new
2. Gridheide100new	Tool Clip: clip features, polygon laag heide.	Gridheide100_Clipnew
3. Gridheide100_Clipnew / of de laag waarvan de vorige cellen zijn verwijderd.	Tool create random points: number of points, long 1. Minimum allowed distance [value or field], Field, Shape_Area	Week16laag1 (elke week een laag 1 en een laag 2)
4. Week16laag1	Tool: Add XY coordinates (hier maakt hij een nieuwe velden aan in de attributes table in dezelfde laag)	Week16laag1*
5. Week16laag1*	Tool Select: Expression, (per week verschillend) OID= 1 and or OID= 23 (meestal 7 punten)	Week16laag1_Selected

Vennen random points

Stap 4 – 11, 10 x uitgevoerd voor alle ven gebieden apart.

Input	Proces	Output
1. Polygon laag vennen	Tool Grid index: polygon width, 88,5 meters. Polygon height, 88,5 meters. Number of rows, 10. Number of columns, 10.	GridIndexFeatures17
2. GridIndexFeatures17	Tool Clip: clip features Polygon_union1allvennen	Clipgridven
3. Clipgridven	Tool Buffer: distance, linear unit, -25 meters. Side type, FULL. End type, Round. Dissolve type, NONE.	Buffervenall
4. Buffervenall	Tool select layer by attribute: selection type, NEW_SELECTION. Expression: OBJECTID = 1 (variable)	Buffervennen2 (zie volgend input)
5. Buffervennen (2) Buffervennen (6) Buffervennen (3) Buffervennen (5) Buffervennen (8) Buffervennen (4) Buffervennen (7) Buffervennen (11) Buffervennen (9)	Tool Grid index: polygon width, 88,5 meters. Polygon height, 88,5 meters. Number of rows, 10. Number of columns, 10.	GridindexFeatures0b1 GridindexFeatures160b3 GridindexFeatures160b4 GridindexFeatures160b5 GridindexFeatures160b11 GridindexFeatures160b2 GridindexFeatures0b6x7 GridindexFeatures0b5x10 GridindexFeatures0b12x14
6. GridindexFeatures0b1 GridindexFeatures160b3 GridindexFeatures160b4 GridindexFeatures160b5 GridindexFeatures160b11 GridindexFeatures160b2 GridindexFeatures0b6x7 GridindexFeatures0b5x10 GridindexFeatures0b12x14	Tool Buffer: distance, linear unit, -25 meters. Side type, FULL. End type, Round. Dissolve type, LIST. Dissolve fields, PageName.	GridindexFeaturesbuffer0b1 GridindexFeaturesbuffer0b3 GridindexFeaturesbuffer0b4 GridindexFeaturesbuffer0b5 GridindexFeaturesbuffer0b11 GridindexFeaturesbuffer0b2x8x9x13 GridindexFeaturesbuffer0b6x7 GridindexFeaturesbuffer0b5x10 GridindexFeaturesbuffer0b12x14
7. GridindexFeaturesbuffer0b1 GridindexFeaturesbuff	Tool Merge.	GridindexFeaturesob1_merge

er0b3 GridindexFeaturesbuff er0b4 GridindexFeaturesbuff er0b5 GridindexFeaturesbuff er0b11 GridindexFeaturesbuff er0b2x8x9x13 GridindexFeaturesbuff er0b6x7 GridindexFeaturesbuff er0b5x10 GridindexFeaturesbuff er0b12x14		
8. GridindexFeatures ob1_merge	Tool select layer by attributes: Expression, PageNumber = 0	De laag met alleen de overgebleven buffer strepjes in het midden. Grids.
9. Grids / of de laag waarvan de vorige cellen zijn verwijderd.	Tool create random points: number of points, long 1. Minimum allowed distance [value or field], Field, Shape_Area	Week16venlaag1 (elke week een laag 1 en een laag 2)
10. Week16venlaag1	Tool: Add XY coordinates (hier maakt hij een nieuwe velden aan in de attributes table in dezelfde laag)	Week16venlaag1*
11. Week16venlaag1 *	Tool Select: Expression, (per week verschillend) OID= 1 and or OID= 23 (meestal 7 punten)	Week16venlaag1_Select ed

Bos random points

Input	Proces	Output
1. Polygon laag bos	Tool: grid index polygon width, 300 meter. Polygon height, 300 meter. Number of rows, 10. number of columns, 10.	Gridbos300new12mei
2. Gridbos300new12mei	Tool Clip: clip features, polygon laag bos.	Gridbos300_Clipnew12mei
3. Gridbos300_Clipnew12mei / of de laag waarvan de vorige cellen zijn verwijderd.	Tool create random points: number of points, long 1. Minimum allowed distance [value or field], Field, Shape_Area	Week16laag1 (elke week een laag 1 en een laag 2)
4. Week16boslaag1	Tool: Add XY coordinates (hier maakt hij een nieuwe velden aan in de attributes table in dezelfde laag)	Week16boslaag1*
5. Week16boslaag1*	Tool Select: Expression, (per week verschillend) OID= 1 and or OID= 23 (7 punten)	Week16boslaag1_Selected

BIJLAGE III VELDFORMULIER FECES DICHTHEID

Veld formulier voor dataverzameling van feces verspreiding van Schotse hooglanders en paarden in verschillende habitatgebieden in het Prinsenbos, Drents-Friese Wold.

Naam onderzoeker(s)								
Datum								
Habitat (omcirkelen)			Gras / Heide / Bos / Ven					
Lijn transect nr.	X START	Y START	Paard aantal feces	Rund aantal feces	X END	Y END	Richting	Opmerking
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								

Naam onderzoeker								
Datum								
Habitat (omcirkelen)			Gras / Heide / Bos / Ven					
Lijn transect nr.	X START	Y START	Paard aantal feces	Rund aantal feces	X END	Y END	Richting	Opmerking
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								

BIJLAGE IV VELDFORMULIER WEGEN IN HET VELD

Naam onderzoeker(s)	
Datum	
Diersoort	Schotse hooglander / Paard

Habitat	Gras / Heide / Bos / Ven	
Nr.	Hele feces voor (gr.)	Hele feces na (gr.)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		

Habitat	Gras / Heide / Bos / Ven	
Nr.	Hele feces voor (gr.)	Hele feces na (gr.)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		

Habitat	Gras / Heide / Bos / Ven	
Nr.	Hele feces voor (gr.)	Hele feces na (gr.)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		

Habitat	Gras / Heide / Bos / Ven	
Nr.	Hele feces voor (gr.)	Hele feces na (gr.)
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		

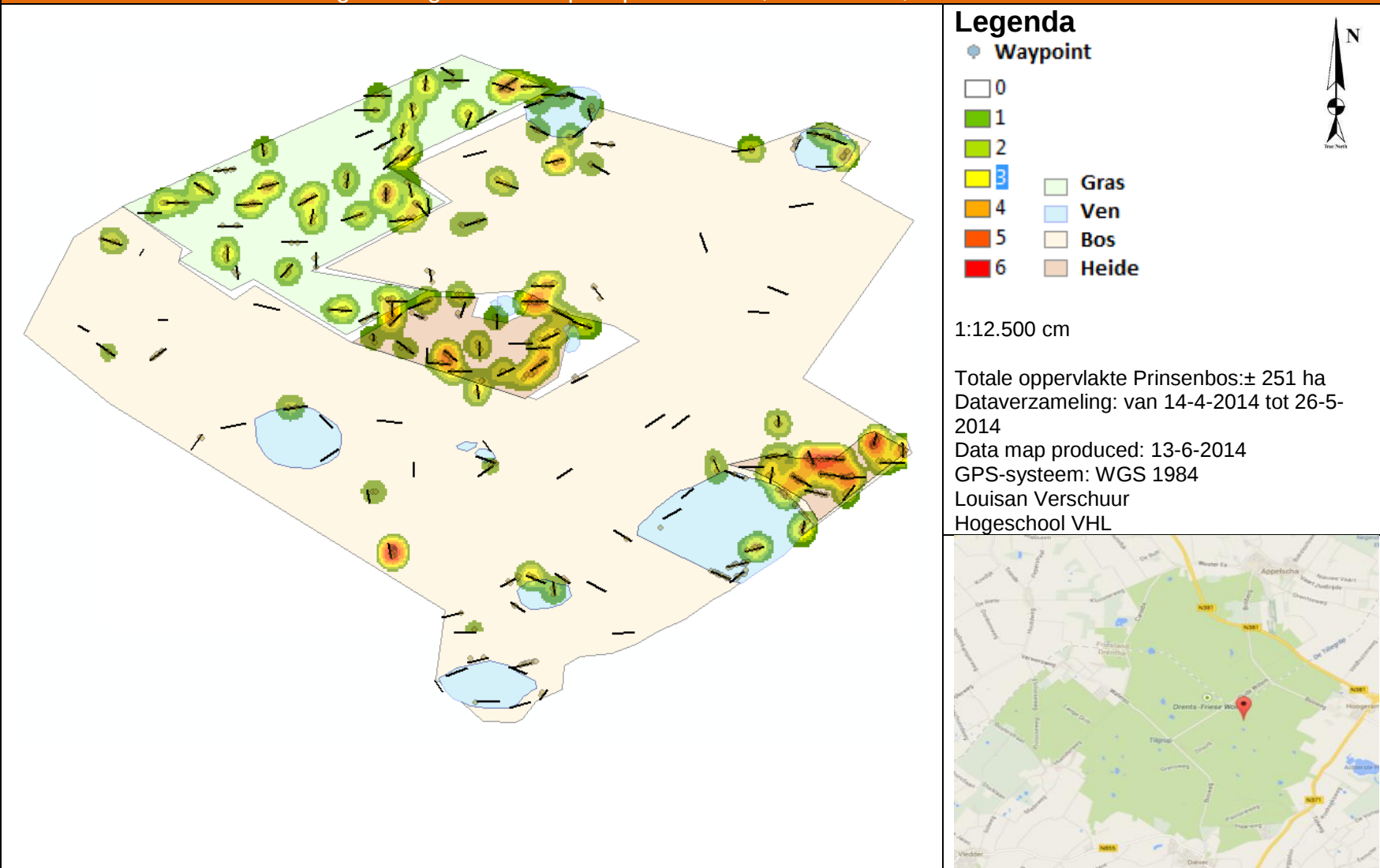
Naam onderzoeker(s)	
Datum 'voor drogen'	
Datum 'na drogen'	

[illegible]

Tijdsduur in de oven	
----------------------	--

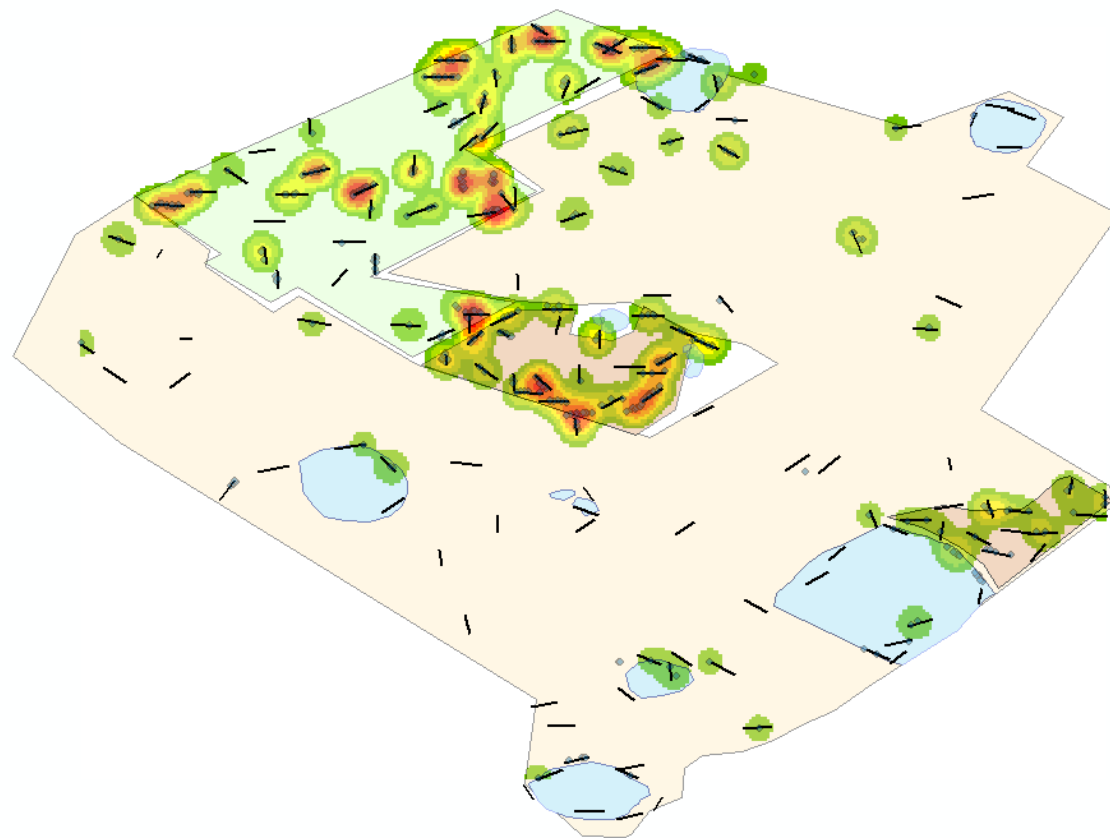
BIJLAGE VI DICHTHEIDSKAART FECES SCHOTSE HOGLANDER

Feces dichtheid Schotse hooglander gebaseerd op strip transecten, Prinsenbos, Drents-Friese Wold



BIJLAGE VII DICHTHEIDSKAART FECES PAARDEN

Feces dichtheid paard gebaseerd op strip transecten, Prinsenbos, Drents-Friese Wold



Legenda

Waypoint

0

1

2

3

4

5

6

Gras

Ven

Bos

Heide

1:12.500 cm

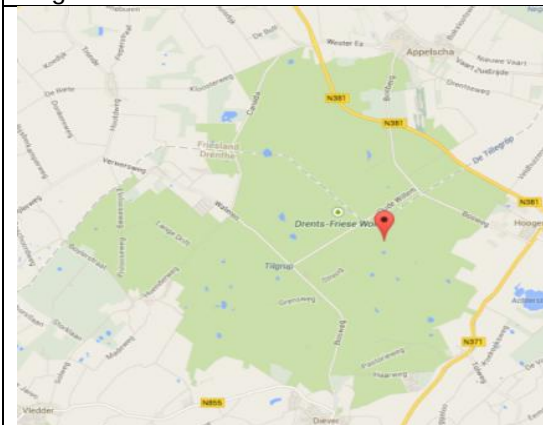
Totale oppervlakte Prinsenbos: ± 251 ha
Dataverzameling: van 14-4-2014 tot 26-5-2014

Data map produced: 13-6-2014

GPS-systeem: WGS 1984

Louisan Verschuur

Hogeschool VHL



BIJLAGE VIII LINEAIR MIXED MODEL

A. Procedure Linear Mixed Model

```
library(foreign)
dataSPSS<-read.spss(file.choose(),to.data.frame=TRUE)
View(dataSPSS)

library(nlme)
library(lmmfit)
library(MuMIn)

global.model <- lme(DrooggewichtLOGgr ~
Dag*Habitat+Dag*Periode+Diersoort+cT+Neerslaginmm+Luchtvochtigheid, random = ~ 1 |
Fecesnummer, correlation = corCAR1(form = ~ Dag | Fecesnummer), data = dataSPSS)

summary(global.model)

lmmR2LR(global.model)

model.set <- dredge(global.model)
summary(model.set)

top.models <- get.models(model.set,cumsum(weight)<=0.99)
summary(top.models)

subset(model.set, cumsum(weight)<=0.99)

avgmod.95p <- model.avg(top.models)
summary(avgmod.95p)

residuals(global.model)
lres <- residuals(global.model)
View(lres)

qqnorm(lres, main = "Normal Q-Q Plot", plot.it = TRUE, datax = FALSE)
```

B. Uitkomsten Linear mixed models

99% betrouwbaarheidsinterval set van kandidaat modellen voor decompositiesnelheid gebaseerd op aantal dagen. De afhankelijke variabele is LN getransformeerd. AICc waarde zijn gegeven voor alle kandidaat modellen samen met de Δ AICc van de beste modellen in de set en de relatieve Akaike gewicht van elk model. Voor de betekenis van de afkortingen zie onder de tabel.

Kandidaat modellen	DF	Log likelihood	K	AICc	Δ AICc	Wi
Decompositiesnelheid						
1 cT+Dag+Drs+Hbt+Lch+prd+Dag*Hbt+ Dag*Prd	16	-432,19	10	897,9	0,0	0,972
2 cT+Dag+Hbt+Lch+Prd+Dag*Hbt+Dag*Prd	15	-437,23	9	905,8	7,9	0,019
3 Dag+Drs+Hbt+Lch+Prd+Dag*Hbt+Dag*Prd	15	-437,96	9	907,2	9,3	0,009

cT cumulatieve temperatuur, *Dag* tijd in Dagen, *Drs* Diersoort, *Hbt* Habitat, *Lch* Luchtvochtigheid, *Prd* Periode van het voorjaar; *DF* vrijheidsgraden, *k* aantal ingebouwde parameters in het model (inclusief intercept en willekeurige effect), *w_i* Akaike model gewicht