

Voedselkwaliteit voor de kommavlinder in Drenthe



Voedselkwaliteit voor de kommavlinder in Drenthe

Tekst

Michiel Wallis de Vries

Met medewerking van

Stefan van Schaik en Wouter Oe

Rapportnummer

VS2024.022

Projectnummer

P-2023.021

Productie

De Vlinderstichting
Mennonietenweg 10
Postbus 506
6700 AM Wageningen
T 0317 46 73 46
E info@vlinderstichting.nl
www.vlinderstichting.nl

Subsidieverstrekker

Provincie Drenthe

Deze publicatie kan worden geciteerd als

Wallis de Vries, M.F., Oe, W. & van Schaik, S. (2024) *Voedselkwaliteit voor de kommavlinder in Drenthe*. Rapport VS2024.022, De Vlinderstichting, Wageningen.

Trefwoorden

dagvlinders, stikstofdepositie, natuurbeheer, kommavlinder, heivlinder

Oktober 2024



Niets uit deze uitgave mag worden veeelvoudigden/of openbaar gemaakt d.m.v. druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van De Vlinderstichting, noch mag het zonder een dergelijke toestemming gebruikt worden voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Inhoud

Inhoud	3
Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Aanleiding	5
1.2 Voedselkwaliteit	6
1.3 Doelstelling	6
1.4 Dankwoord.....	7
2 Methode	8
2.1 Onderzoekslocaties.....	8
2.2 Veldwerk	9
2.3 Gegevensverwerking	10
3 Resultaten.....	11
3.1 Habitatkwaliteit	11
3.2 Voedselkwaliteit op verschillende vindplaatsen.....	12
3.3 Voedselkwaliteit op plekken met en zonder eiafzet.....	14
4 Discussie	17
4.1 Is de voedselkwaliteit voor de kommavlinder beperkend?	17
4.2 Overige effecten van stikstofdepositie	18
4.3 Verklaring voor het recente verdwijnen van de kommavlinder	19
4.4 Aangrijpingspunten voor inrichting en beheer	22
5 Conclusie en aanbevelingen	24
Literatuur	25
Bijlage 1: Terreinen met populaties van kommavlinder sinds 1990	27
Bijlage 2: Habitatprotocollen kommavlinder	28

Samenvatting

De kommavlinder is een landelijk bedreigde soort en een van de kenmerkende ‘heide- en veenvlinders’ waarvoor de provincie Drenthe een belangrijke verantwoordelijkheid heeft. Stikstofdepositie vormt een van de bedreigingen voor het behoud van de kommavlinder. De doorwerking van stikstofdepositie op de voedselkwaliteit van de waardplant is echter nog onbekend. In deze studie is deze nader onderzocht, teneinde een effectievere inzet van maatregelen voor habitattherstel te bewerkstelligen.

In 2024 zijn vijf actuele en vijf voormalige Drentse populaties van de kommavlinder onderzocht op bodemchemie en voedselkwaliteit, samen met een typering van overige habitatkenmerken. Als referentie zijn ook drie kustlocaties uit de duinen meegenomen. De status van de heivlinder is eveneens beschouwd. Aanvullend is binnen het Drents-Friese Wold eenzelfde vergelijking gemaakt tussen plekken met en zonder eiafzet door kommavlinder. Omdat de heivlinder in Noord-Nederland eveneens sterk achteruit gaat – nog maar 11 vindplaatsen in de laatste 5 jaar – en grotendeels dezelfde biotopen en waardplanten benut, is ook aandacht aan deze soort besteed.

Bij de algemene habitatkenmerken waren er weinig verschillen tussen gebieden waar de kommavlinder nog wel of niet meer voorkomt, al was het nectaraanbod gering. De bodem liet een hogere pH en mineralengehalten in de duinen zien, maar geen verschillen tussen actuele of voormalige vindplaatsen in Drenthe. De voedselplanten kenmerkten zich door lage gehalten aan fosfor, calcium en magnesium, maar er was geen duidelijke overmaat van stikstof. In het Drents-Friese Wold waren plekken met eiafzet van kommavlinder relatief vochtig en zuur, met meer korte vegetatie en konijnenactiviteit, maar de voedselkwaliteit was er niet beter dan op plekken waar de kommavlinder was verdwenen.

Stikstofdepositie tast de habitatkwaliteit van natuurgebieden op verschillende manieren aan. Verslechtering van de voedselkwaliteit voor plantenetende insecten is één van de mogelijke aantastingen die ook de voor heidegebieden kenmerkende Rode Lijst-soorten kommavlinder en heivlinder een bedreiging zouden kunnen vormen. Voor kommavlinder en heivlinder lijken twee andere doorwerkingen van de hoge stikstofdepositie van groter belang dan die op de voedselkwaliteit: ten eerste de afname van het nectaraanbod uit bloeiende kruiden en ten tweede het versneld dichtgroeien van open vegetatie. De afname van het nectaraanbod wordt versterkt door klimaatextremen van droogte.

De belangrijkste aanbevelingen om de achteruitgang van de kommavlinder en ook de heivlinder te keren zijn:

- reductie van stikstofuitstoot om herstel mogelijk te maken
- het versterken van een robuust natuurnetwerk met grote heidegebieden waarin vochtgradiënten waar mogelijk worden hersteld
- het koppelen van heidegebieden aan aangrenzende grazige terreinen, bermen en overhoekjes met nectarplanten als distels, jakobskruid en boerenwormkruid
- het sparen van het nectaraanbod in de zomer, vooral in droge jaren, door het instellen van een lage begrazingsintensiteit of ruimtelijk gespreide (gescheperde) begrazing en fasering in het maaien
- voor de heivlinder is bovendien extra aandacht nodig om binnen het leefgebied een (kleinschalig) mozaïek met stukken kaal zand te herstellen of te behouden.

De kennis over de doorwerking van stikstof op de voedselkwaliteit zou moeten worden uitgebreid via kweekexperimenten met rupsen bij verschillende verhoudingen tussen stikstof en fosfor om vast te stellen bij welke gehalten en verhoudingen stikstof een goede groei en overleving van kommavlinder en heivlinder belemmeren.

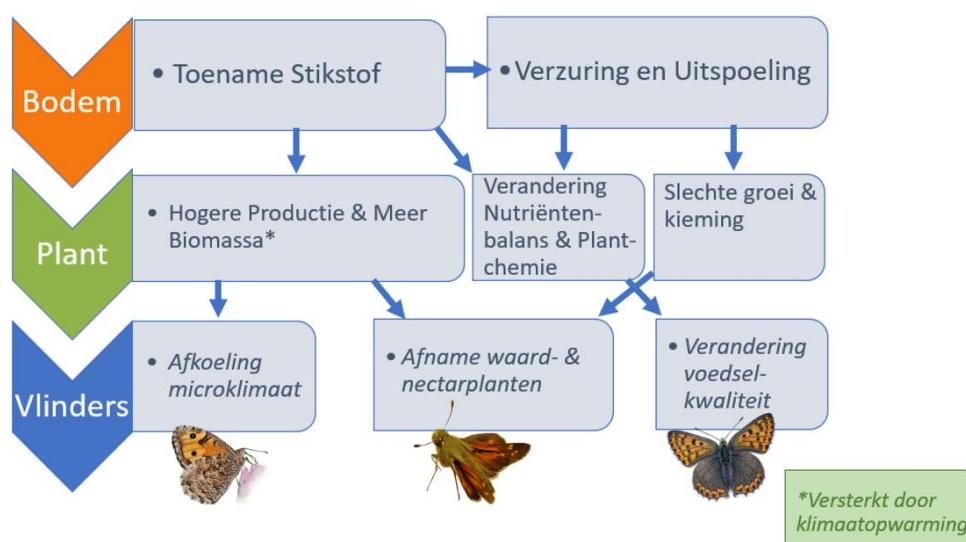
1 Inleiding

De kommavlinder is een landelijk bedreigde soort en een van de kenmerkende ‘heide- en veenvlinders’ waarvoor de provincie Drenthe een belangrijke verantwoordelijkheid heeft. Stikstofdepositie vormt een van de bedreigingen voor het behoud van de kommavlinder. De doorwerking van stikstofdepositie op de voedselkwaliteit van de waardplant is echter nog onbekend. In deze studie is deze nader onderzocht, teneinde een effectievere inzet van maatregelen voor habitattherstel te bewerkstelligen.

1.1 Aanleiding

De kommavlinder (*Hesperia comma*) is één van de bedreigde soorten heide- en veenvlinders waarvoor de provincie Drenthe zich inzet. De vlinder is in het binnenland te vinden op droge heiden en stuifzandheide met een heischraal karakter en een vaak enigszins gebufferde bodem; voor deze Natura 2000-habitattypen (respectievelijk H2310 en H4030) geldt de kommavlinder als ‘typische soort’ oftewel als kwaliteitsindicator.

De populatiegrootte van de kommavlinder is op de zandgronden van Noordoost-Nederland sinds 1992 met meer dan 95% afgenomen (NEM Meetnet Vlinders). In Drenthe zijn er van de 34 gebieden met populaties 20 verdwenen (59%; laatste waarneming vóór 2020; Bijlage 1). In 2024 zijn er uit slechts 7 gebieden kommavliners gemeld. Een van de belangrijke bedreigingen voor de kommavlinder vormt de aanhoudend hoge stikstofdepositie (Wallis de Vries & Van Swaay, 2017).



Figuur 1.1: Doorwerking van stikstofdepositie op de habitatkwaliteit voor dagvlinders (naar Nijssen et al., 2017).

Stikstofdepositie kan langs verschillende wegen van invloed zijn op de habitatkwaliteit voor dagvlinders: via verzuuring van de vegetatie door afkoeling van het microklimaat en het verdwijnen van waardplanten voor de rupsen en nectarplanten voor de vlinders en via verandering van de voedselkwaliteit door een overmaat van stikstof ten opzichte van andere voedingsstoffen (Nijssen et al., 2017).

Het mogelijke belang van de doorwerking op de voedselkwaliteit is pas onlangs duidelijk geworden (Kurze et al., 2018), maar nog slecht onderzocht (zie Vogels et al., 2020). Ook voor de kommavlinder is de invloed van stikstofdepositie op de kwaliteit van de waardplanten (buntgras en schapengras) tot op heden niet bekend. Het is daarom van belang om dit te onderzoeken: mocht de voedselkwaliteit als beperkende factor naar voren komen, dan kunnen maatregelen als toevoegen van steenmeel, belemen of andere

maatregelen om de voedselkwaliteit te herstellen effectiever worden geprioriteerd en gericht worden uitgevoerd.

1.2 Voedselkwaliteit

Voedselkwaliteit wordt door veel aspecten bepaald en is dus niet simpel samen te vatten. In relatie tot overmatige stikstofdepositie gaat het bij herbivoren, in het geval van de komnavlinder dus rupsen, vooral om (zie Vogels *et al.*, 2020, 2022 en 2023):

- een verstoorde balans tussen de concentratie van stikstof (N) ten opzichte van andere voedingsstoffen:
 - macro-nutriënten als koolstof (C), fosfor (P) kalium (K) en mineralen als calcium (Ca) en magnesium (Mg)
 - micro-nutriënten of sporenelementen als koper (Cu), mangaan (Mn), zink (Zn) en selenium (Se)
- verhoogde gehalten aan stikstof-gebaseerde vraatwerende stoffen, zoals alkaloiden – in grassen worden zulke stoffen echter niet of nauwelijks aangetroffen.
- tekorten aan essentiële aminozuren door verandering in de aanmaak daarvan in voedselplanten.

Dit onderzoek richt zich op de balans tussen stikstof en de macro-nutriënten als meest waarschijnlijke – want vooralsnog het meest door gegevens onderbouwde – verklaring voor verandering van voedselkwaliteit onder invloed van stikstofdepositie. Daarbij wordt koolstof niet apart behandeld omdat dit het belangrijkste bestanddeel van planten vormt, dus de stikstofconcentratie is meteen een indicator voor de C/N-verhouding.

Vanuit de beperking aan de groei voor planten zijn de volgende grenswaarden vastgesteld voor de verhouding tussen N, P en K op basis van gewichtspercentages in de droge stof (Güsewell, 2004):

- N/P – waarden >20 wijzen op P-tekort, bij waarden <10 is N beperkend
- N/K – waarden <2,1 wijzen op K-tekort
- K/P – waarden >3,4 wijzen op P-tekort

Dit zijn grenswaarden voor de groei van planten. Voor planteneters kunnen die waarden anders liggen, maar dat lijkt maar beperkt zo te zijn. Vogels *et al.* (2023) geven een overzicht van experimenten met herbivore insecten die wijzen op een N/P-verhouding van 17,2 als grenswaarde waarboven P-tekort optreedt, dus een wat lagere waarde dan voor planten (op mol/mol-basis is dat een waarde van 38); Voor N-tekort wordt wel net als bij planten een N/P-waarde <10 afgeleid.

Voor de C/N-verhouding wijzen experimenten van Kurze *et al.* (2018) met rupsen van verschillende soorten dagvlinders op een waarde van <12 waarbij N-overmaat leidt tot verhoogde sterfte. Dit komt overeen met een N-concentratie van >3,5% in de droge stof. Minimale gehalten van de macro-nutriënten in de voedselplanten voor herbivoren zijn geschat op 0,25% P, 0,8% K, 0,22% Ca en 0,10 %Mg (Mattson & Scriber, 1987 voor insecten; de norm voor Ca is voor insecten niet bekend en is daarom afgeleid van die voor de veehouderij (Little, 1982; Underwood & Suttie, 2001).

1.3 Doelstelling

Doel van het uitgevoerde onderzoek is om in actuele en voormalige leefgebieden van de komnavlinder in Drenthe te bepalen in hoeverre de voedselkwaliteit een beperkende factor is in het voorkomen en op basis daarvan te adviseren over herstelmaatregelen. Omdat de heivlinder (*Hipparchia semele*) in Noord-Nederland eveneens sterk achteruitgaat – nog maar 11 vindplaatsen in de laatste 5 jaar (Bijlage 1) – en grotendeels dezelfde biotopen en waardplanten benut, is ook aandacht aan deze soort besteed.

1.4 Dankwoord

Onze dank gaat uit naar de provincie Drenthe voor het verlenen van de subsidie om dit onderzoek uit te kunnen voeren. De terreinbeheerders van Drents Landschap, Natuurmonumenten, Staatsbosbeheer in Drenthe en van PWN in Noord-Holland worden hartelijk bedankt voor het geven van toestemming om hun terreinen open te stellen voor het onderzoek. Bram Omon was zo vriendelijk om de locaties met eiafzet van de kommavlinder voor het onderzoek te delen.

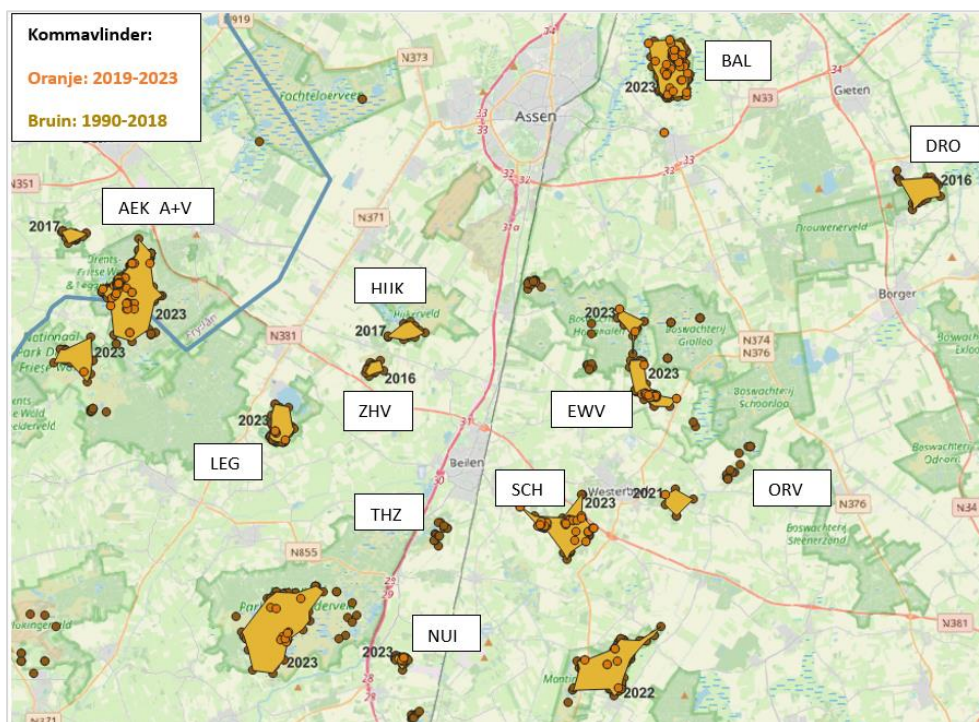
2 Methode

In 2024 zijn vijf actuele en vijf voormalige Drentse populaties van de kommavlinder onderzocht op bodemchemie en voedselkwaliteit, samen met een typering van overige habitatkenmerken. Als referentie zijn ook drie kustlocaties uit de duinen meegenomen. De status van de heivlinder is eveneens beschouwd. Aanvullend is binnen het Drents-Friese Wold eenzelfde vergelijking gemaakt tussen plekken met en zonder eiafzet door kommavlinder.

2.1 Onderzoeklocaties

Gebiedskeuze

In Figuur 2.1 zijn de recente populaties van de kommavlinder in Drenthe en het Drents-Friese Wold aangegeven. Op gebiedsniveau is een vergelijking gemaakt tussen vijf actuele Drentse vindplaatsen van de kommavlinder en vijf voormalige vindplaatsen in Drenthe. Het onderscheid tussen actuele en voormalige vindplaatsen is daarbij gebaseerd op de vraag of er wel of geen waarnemingen uit de jaren 2019-2023 in de NDFF waren opgenomen. Ook zijn bij wijze van referentie drie locaties in de kalkrijke duinen van het Noord-Hollands Duinreservaat onderzocht (bij Wimmenum, Bakkum en ten ZW van Castricum). De stikstofdepositie is daar lager, de bodem is er beter tegen verzuring gebufferd en de kommavlinder heeft daar nog een sterke populatie, evenals de heivlinder.



Figuur 2.1: Populaties van kommavlinder in Drenthe sinds 1990 (oranje vlakken) met waarnemingen van 2019 t/m 2023 in oranje; per populatie staat het laatste jaar van waarneming aangegeven t/m 2023 (bron: NDFF).

De gekozen onderzoekslocaties zijn opgenomen in Tabel 2.1. De populaties van het Dwingelderveld en Mantingerzand zijn buiten de selectie gebleven: de eerste omdat de waarnemingen geen duidelijk beeld gaven van de voortplantingslocaties en de tweede omdat er zo weinig waarnemingen van de laatste paar jaar waren, dat de status van de populatie te ongunstig leek om de groep 'aanwezig' te vertegenwoordigen.

In drie terreinen waren dus zowel kommavlinder als heivlinder aanwezig, in twee terreinen was alleen de heivlinder verdwenen en in twee andere terreinen alleen de kommavlinder en in drie terreinen waren beide soorten verdwenen.

Tabel 2.1: Onderzoeklocaties met actuele en voormalige vindplaatsen van de kommavlinder in Drenthe (respectievelijk aangeduid als 'aanwezig' en 'verdwenen').

Gebied	CODE	Kommavlinder	Heivlinder
Balloërveld	BAL	aanwezig	aanwezig
Nuilerveld	NUI	aanwezig	aanwezig
Leggelderveld	LEG	aanwezig	aanwezig
Elper Westerveld	EWV	aanwezig	verdwenen (2014)
Holtherzand*	SCH	aanwezig	verdwenen (1994)
Hijkerzand	HIJK	verdwenen (2017)	verdwenen (2016)
Zuid-Hijkerveld	ZHV	verdwenen (2016)	aanwezig
Terhorsterzand	THZ	verdwenen (2017)	verdwenen (2002)
Orvelterzand	ORV	verdwenen (2017)	verdwenen (2001)
Drouwenerzand	DRO	verdwenen (1997)	aanwezig

*tot zelfde populatie gerekend als Scharreveld

Drents-Friese Wold

In aanvulling hierop is in het Drents-Friese Wold rond het Aekingerzand een vergelijking gemaakt tussen plekken met en zonder eiafzet van kommavlinder. De plekken met eiafzet zijn in de zomer van 2022 door ecooloog Bram Omon gemarkeerd. Het betrof 69 plekken met 110 eitjes van de kommavlinder. Dit bood een uitgelezen kans om de kwaliteit van voedselplanten te onderzoeken. Hiertoe zijn acht plekken met eiafzet vergeleken met acht plekken elders in het gebied waar al sinds 2019 geen kommavliners zijn waargenomen.

2.2 Veldwerk

Het veldwerk was gepland om in 2023 te worden uitgevoerd. Het voorjaar verliep toen echter dermate droog dat er onvoldoende groen blad van schapengras verzameld kon worden. Toen is besloten om het veldwerk tot 2024 uit te stellen. De terreinen werden tussen 8 en 13 mei onderzocht (zie Bijlage).

Op elke locatie wordt een mengmonster verzameld van zowel de voedselplanten als van de bodem. Dat betrof plantenmateriaal van minimaal vijf pollen op onderlinge afstand van minimaal enige meters van elkaar. Bij elke bemonsterde plant werd met een guls bodemmateriaal van de bovenste laag van 10 cm verzameld, zonder de strooisellaag mee te nemen.

De plantenmonsters worden droog bewaard, gesorteerd op groen blad (dus zonder dood blad en bloestengels) en vervolgens in het lab van WU Plantenecologie en Natuurbeheer geanalyseerd op de gehalten N, P, K, Ca en Mg (als percentage van de droge stof). De bodemmonsters werden totdat ze werden geanalyseerd bewaard in de diepvries bij -18 °C. Ze werden na te zijn gedroogd geanalyseerd op pH-H₂O, pH-KCl en gehalten aan organische stof, nitraat, ammonium, fosfaat, K, Ca en Mg (in ppm van de droge stof).

Voorts zijn van de bezochte locaties protocollen voor habitatkwaliteit opgenomen, naar Wallis de Vries (2008). Op het Gasselerveld, ten noorden van het aangrenzende Drouwenerzand, is ook een habitatprotocol opgenomen, omdat hier nog in 2016 een kommavlinder is gezien, terwijl ze op Drouwenerzand al na 1997 niet meer zijn gezien.

Via het habitatprotocol (zie Bijlage voor de resultaten) zijn de volgende aspecten van elke locatie beschreven (op een schaal van ca. 50x50 m):

- Beschutting door hoge vegetatie (>1 m): geen (of nauwelijks), matig, veel
- Beschutting door reliëf: ja / nee
- Aanwezigheid van reliëf (>1m hoogteverschil): geen, matig, veel
- Aanwezigheid van zonnige Zuidhellingen: ja / nee
- Bedekking kale plekken (%): 0, 1-10, 10-50, >50
- Bedekking lage vegetatie <15 cm (%): 0, 1-10, 10-50, >50
- Bedekking hoge vegetatie >50 cm (%): 0, 1-10, 10-50, >50
- Bedekking Schapengras (*Festuca filiformis*) (%): 0, 1-10, 10-25, 25-50, >50
- Bedekking Buntgras (*Corynephorus canescens*) (%): 0, 1-10, 10-25, 25-50, >50
- Losse polletjes Schapen- of Buntgras omgeven door open zand: 0, enkele (1-10), veel (>10)
- Talrijkheid potentiële nectarplanten (vanwege veldbezoek in het voorjaar vooral vegetatief beoordeeld!): 0 / x1 / x10 / x100 / x1000 bloeiwijzen: jakobskruid, biggenkruid, akker / speerdistel, struikhei, overig zoals boerenwormkruid, andere gele composieten, slangenkruis, zandblauwtje, dophei)
- Dichtheid konijnenkeutels (gemiddeld per m²): geen, weinig (1-5), matig (6-20), veel (>20)
- Konijnengraafjes: geen, enkele, (vrij) veel

2.3 Gegevensverwerking

De gegevens van de variabelen voor bodemchemie en voedselkwaliteit zijn geanalyseerd op verschillen tussen de categorieën onderzoeksgebieden: duinen met kommavolier, Drentse terreinen met kommavolier en Drentse terreinen waar de kommavolier is verdwenen (ANOVA indien nodig rekening houdend met ongelijke varianties; voor de N/P-verhouding werd voor analyse een log₁₀-transformatie doorgevoerd voor normalisatie van een scheve verdeling). Voor de habitatkwaliteit was de vergelijking meer kwalitatief van aard omdat de variabelen in klassen waren ingedeeld en de steekproef te klein was voor een statistische toetsing op frequenties; alleen het verschil in nectaraanbod kon wel kwantitatief worden geanalyseerd (met een niet-parametrische Kruskal-Wallis test).

In de grafieken zijn de locaties ter informatie verder opgesplitst voor de combinatie van kommavolier met aan- of afwezigheid van heivolier, maar dit bood een te kleine steekproef om statistische toetsing op verschillen mogelijk te maken.

Voor de locaties met of zonder eiafzet van kommavolier in het Drents-Friese Wold is een vergelijkbare toetsing uitgevoerd, maar dan via een t-test. De habitatkwaliteit is in de bijlage wel opgenomen, maar kon hier niet goed worden geanalyseerd omdat vooral de locaties met eiafzet daarvoor te dicht bij elkaar lagen.

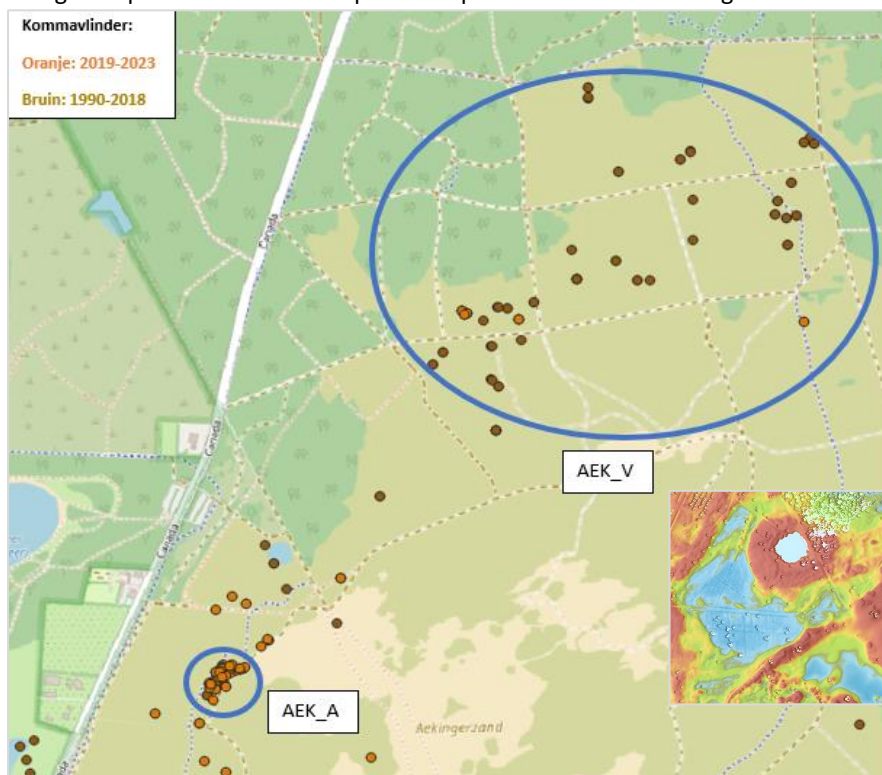
3 Resultaten

Bij de algemene habitatkenmerken waren er weinig verschillen tussen gebieden waar de kommavlinder nog wel of niet meer voorkomt, al was het nectaraanbod gering. De bodem liet een hogere pH en mineralengehalten in de duinen zien, maar geen verschillen tussen actuele of voormalige vindplaatsen in Drenthe. De voedselplanten kenmerkten zich door lage gehalten aan fosfor, calcium en magnesium, maar er was geen duidelijke overmaat van stikstof. In het Drents-Friese Wold waren plekken met eiafzet van kommavlinder relatief vochtig en zuur, met meer korte vegetatie en konijnenactiviteit, maar de voedselkwaliteit was er niet beter dan op plekken waar de kommavlinder was verdwenen.

3.1 Habitatkwaliteit

De habitatkenmerken verschilden niet duidelijk tussen de Drentse locaties waar de kommavlinder nog wel of niet meer voorkomt. In de duinen was het nectaraanbod van vooral de gele composieten (inclusief jakobskruiskruid en boerenwormkruid) wel hoger dan in Drenthe ($p=0,042$); struikhei ontbrak op de onderzochte locaties in de duinen (op Texel staat overigens wel veel struikhei op de vindplaats van kommavlinder).

In het Drents-Friese Wold waren er wel verschillen tussen de plekken met en zonder eiafzet (Figuur 3.1). Op plekken met eiafzet bedekte lage vegetatie (<15 cm hoog) steeds meer dan de helft van de oppervlakte, terwijl dit op de verlaten plekken minder was. Eiafzet vond vooral plaats op polletjes die op mierenbulten groeiden. Ook was er meer konijnenactiviteit op locaties met eiafzet: op alle acht plekken waren er >5 keutels per m², terwijl dit op de verlaten plekken op zes van de acht plekken minder was. Het nectaraanbod was echter wat beter op de verlaten plekken, met meer (ook vegetatieve planten van) jakobskruiskruid en zandblauwtje (en een enkele speerdistel), wat deels werd gecompenseerd door de dophei die op de locatie met eiafzet groeide.



Figuur 3.1: Het Aekingerzand in het Drents-Friese Wold met de onderzochte eiafzetplekken van de kommavlinder (AEK_A) en de verlaten plekken (AEK_V). De inzet toont de AHN4-kaart van de omgeving van de eiafzetplekken (kleuring van hoog naar laag – roodbruin naar blauw).

De locatie met eiafzet staat als stuifzandheide (H2310) op de habitattypekaart, maar is toch om meerdere redenen atypisch voor een soort die kenmerkend is voor stuifzandheide als het gaat om voortplantingshabitat. De hierboven vermelde dophei indiceert evenwel een voor de kommavlinder ongewoon vochtige omgeving. Dit klopt ook, aangezien het een laagte betreft, afgegrensd door hogere zandruggen en de hogere pingoruïne aan de noordkant (zie AHN-inzet in figuur 3.1). Bovendien staat de locatie vanaf 1933 tot en met 1995 nog als (aangeplant) bos op de topografische kaart (zie topotijdreis.nl), waardoor ook de bodemontwikkeling zal zijn beïnvloed. Toch hebben ook de verlaten plekken rond het Aekingerzand een verleden als bos gehad. Tot 1926 was er in het geheel geen bos in de wijde omtrek te bekennen. Daarna staan de door de kommavlinder verlaten locaties tot 1981 als onderdeel van grootschalige bosaanplant op de kaart. Vanaf 1981 is het onder invloed van beheermaatregelen een steeds opener heidegebied geworden.



Eiafzet van kommavlinder vond vooral plaats in open vegetatie op mierenbulten of rond boomstronken.

3.2 Voedselkwaliteit op verschillende vindplaatsen

Bodemchemie

Het belangrijkste verschil in bodemchemie tussen de verschillende vindplaatsen van de kommavlinder – duinen, actuele en voormalige populaties in Drenthe – was de hogere pH in de duinen ($p < 0,0001$ voor zowel pH-water als pH-KCl), met ook hogere gehalten aan de basische kationen calcium en magnesium (beide $p < 0,0001$) en eveneens voor kalium ($p = 0,035$) (Figuur 3.2). Voor nitraat, ammonium, fosfaat en organische stof waren er geen significante verschillen in relatie tot de status van de kommavlinder, al waren de drie plekken met de hoogste nitraatwaarden wel uit actuele vindplaatsen afkomstig. Wanneer een vergelijking werd gemaakt tussen gebieden waar kommavlinder en heivlinder wel of niet allebei voorkomen, dan was de bodem in gebieden met beide soorten rijker aan kalium ($p = 0,0242$) en armer aan organische stof ($p = 0,0255$).

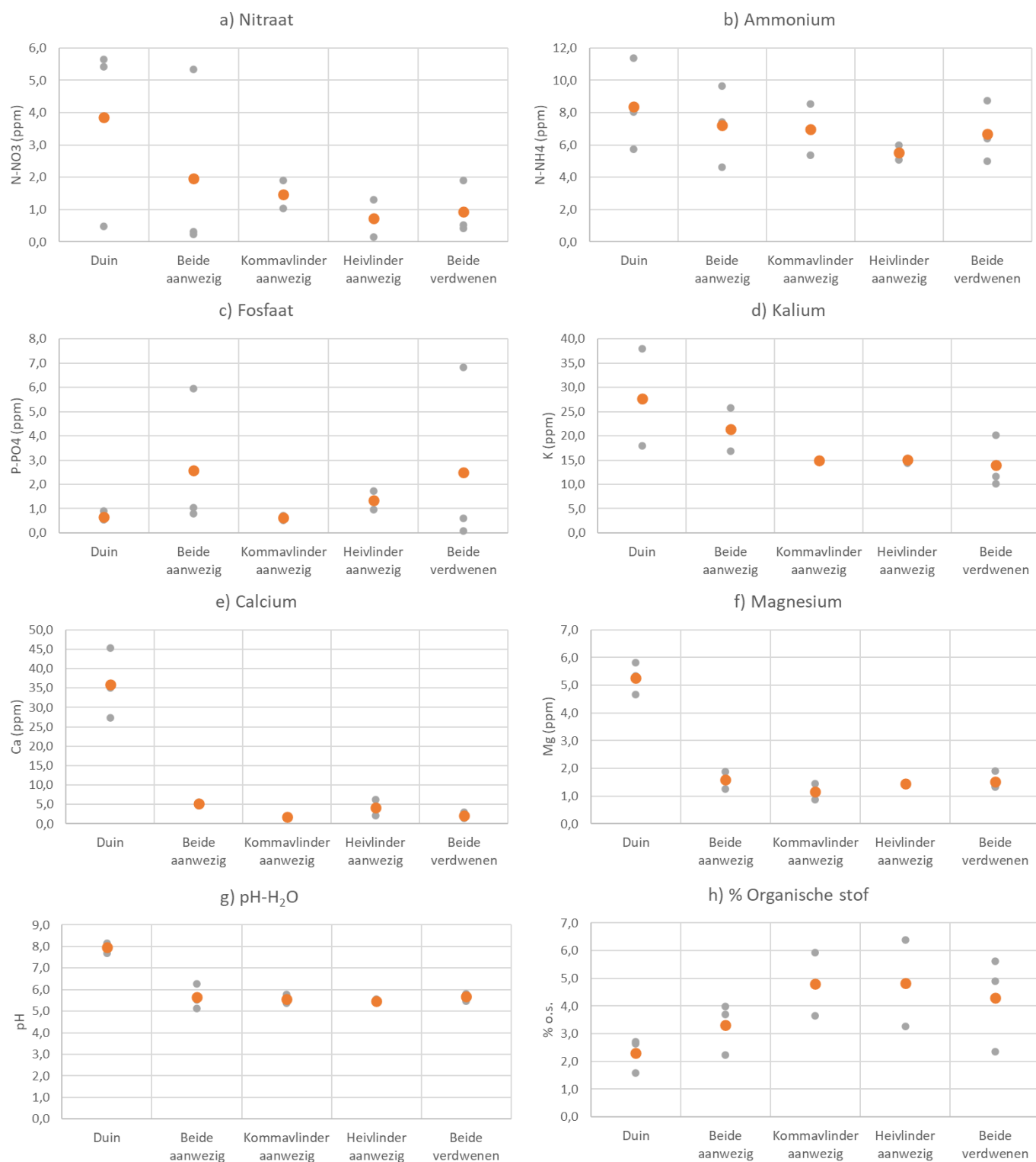
Plantchemie

De chemische samenstelling van de planten verschilde niet significant tussen de verschillende actuele en voormalige vindplaatsen van de kommavlinder, met uitzondering van het hogere calciumgehalte in de kalkrijke duinen ($p = 0,0086$), wat gezien de bodem daar ook mocht worden verwacht (Figuur 3.3). In het Nuilerveld werd met 2,7% N een relatief hoge N-concentratie in het schapengras gevonden. Opvallend was dat hier van de Drentse locaties ook het hoogste nitraat- en fosfaatgehalte in de bodem werd gevonden, wat indicatief is voor een hogere productiviteit.

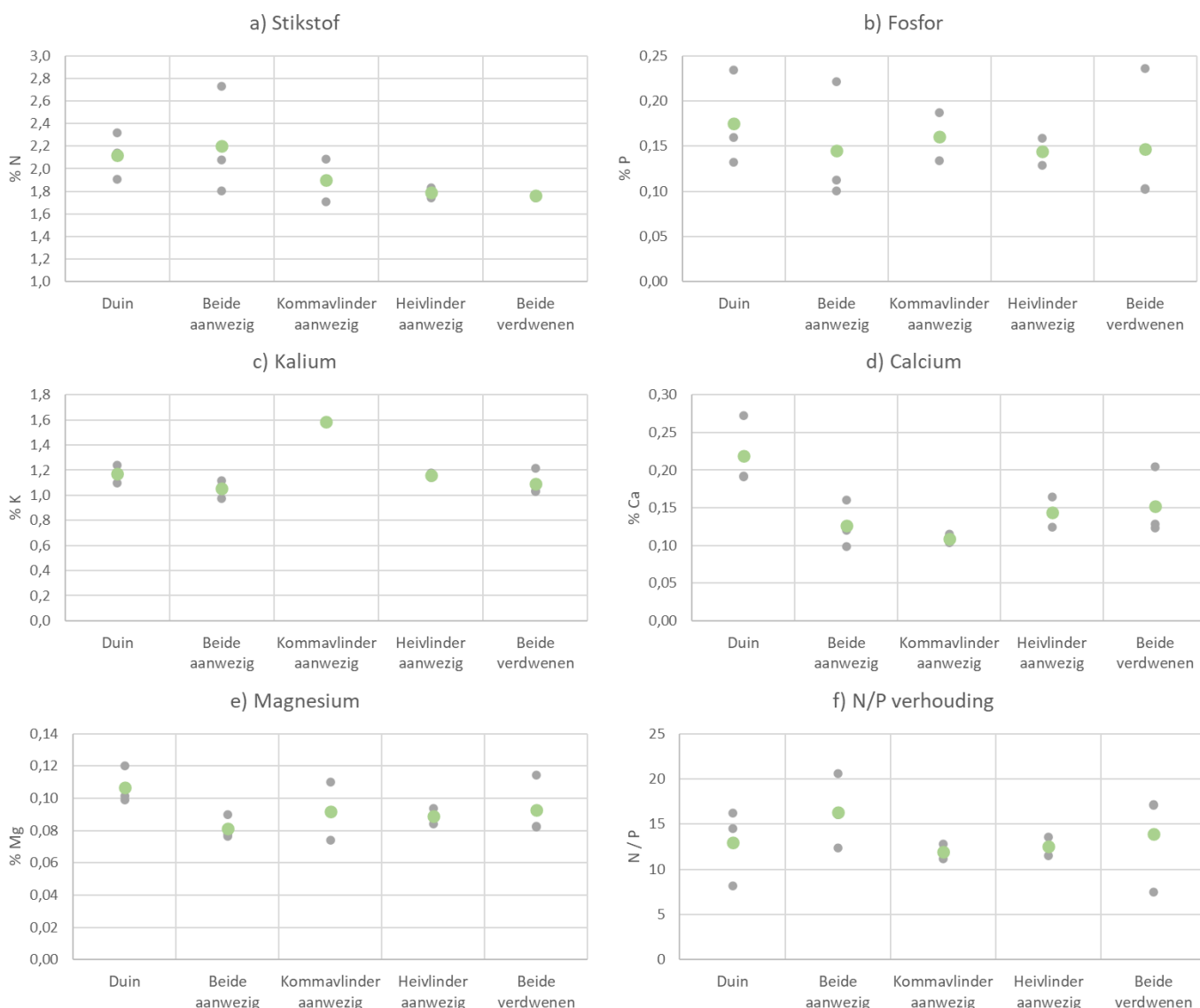
De stikstofconcentratie in de voedselplanten was wat hoger op plekken waar zowel kommavlinder als heivlinder voorkomen dan op locaties waar één of beide soorten waren verdwenen (2,16% vs. 1,80% N; $p = 0,0467$).

De P-concentraties in het schapengras waren overal lager dan de grenswaarde van 0,25% die minimaal nodig is voor goede groei van insecten (zie par. 1.2). Ook de concentraties calcium en magnesium waren meestal lager dan de grenswaarde, al was dit in de duinen minder het geval. De waarden voor kalium lagen wel in alle monsters boven de grenswaarde en de N/K- en K/P-verhoudingen wezen ook niet op een tekort aan kalium in de plant.

De N-concentraties overschreden in Drenthe nergens de bovengrens van 3,5%, waarboven verhoogde rupsensterfte plaatsvindt (zie par. 1.2). De N/P-verhouding lag overwegend binnen de grenzen van co-limitatie voor N en P. In twee monsters (Bakkum en Hijkerzand) wees de lage waarde op stikstofbeperking, terwijl alleen in het Balloërveld een N/P-verhouding van 20,6 wees op een tekort aan fosfor en de waarde van 17,2 in het Ter Horsterzand op de grens van P-tekort lag.



Figuur 3.2: Bodemchemie van actuele vindplaatsen van kommavlinder en heivlinder in de duinen en in Drenthe en van Drentse vindplaatsen waar één van beide vlinders of allebei sinds 2018 of eerder zijn verdwenen. Oranje stippen geven de gemiddelden en grijze stippen de waarden van afzonderlijke locaties.



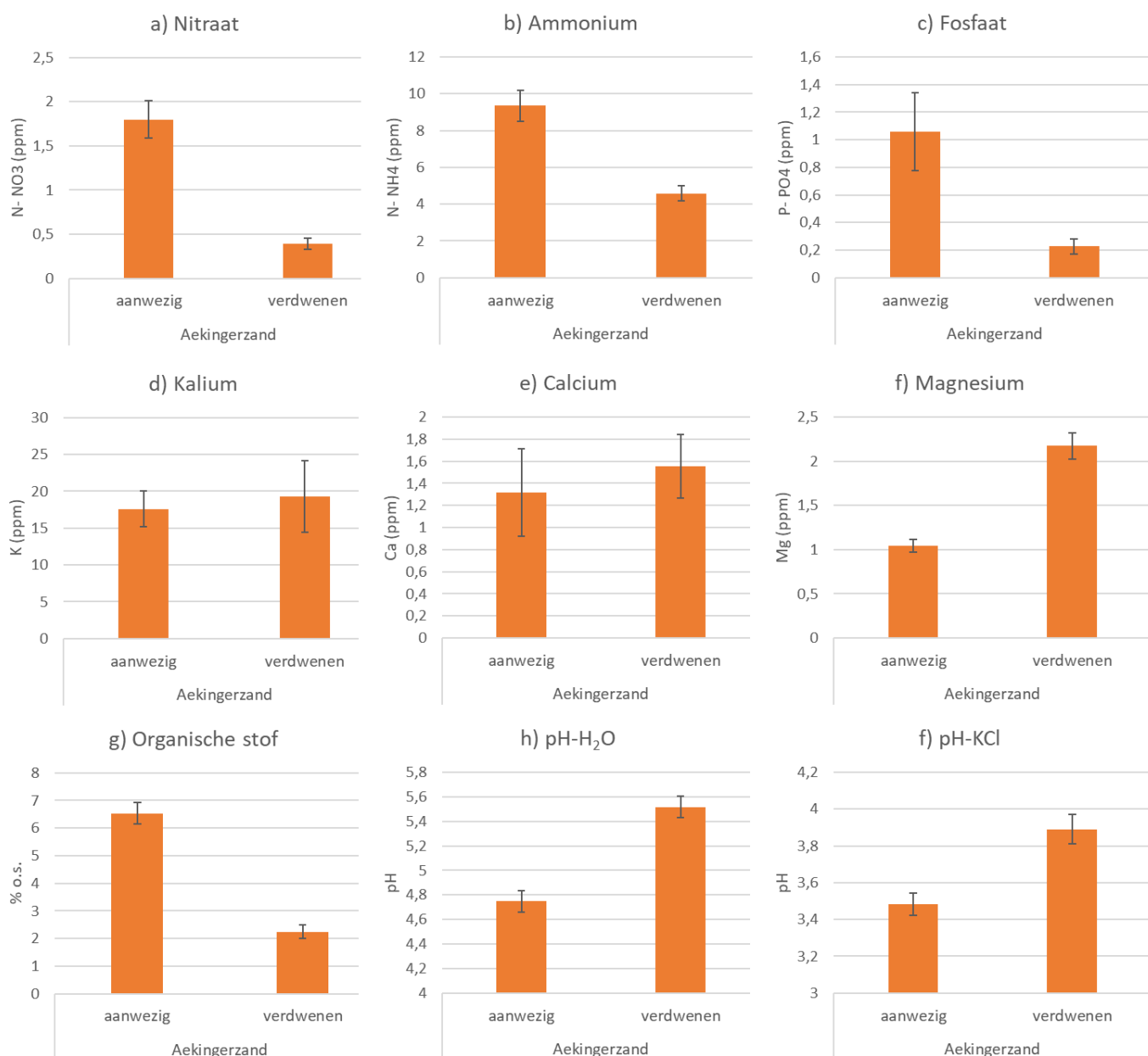
Figuur 3.3: Plantchemie van actuele vindplaatsen van kommavlinder en heivlinder in de duinen en in Drenthe en van Drentse vindplaatsen waar één van beide vlinders of allebei sinds 2018 of eerder zijn verdwenen. Groene stippen geven de gemiddelden en grijze stippen de waarden van afzonderlijke locaties.

3.3 Voedselkwaliteit op plekken met en zonder eiafzet

Bodemchemie

Er waren significante verschillen in bodemchemie tussen plekken met en zonder eiafzet van kommavlinder (Figuur 3.4). Beide vormen van stikstof, nitraat en ammonium, waren in veel grotere concentraties aanwezig op plekken met eiafzet (resp. $p=0,0002$ en $p=0,0004$), evenals fosfaat ($p=0,0217$). De pH was juist significant lager op de plekken met eiafzet: 4,7 vs. 5,5 voor pH-water ($p<0,0001$) en 3,5 vs. 3,9 voor pH-KCl ($p=0,0012$). Ook de concentratie van het basische kation magnesium was daar significant lager ($p<0,0001$), maar dat gold niet voor calcium en evenmin voor kalium.

De zuurdere omstandigheden op de eiafzetplekken hingen samen met een hoger gehalte aan organische stof in de bovengrond (6,6 vs. 2,2% van de droge stof; $p<0,0001$). En dit betekende ook een vochtiger bodem: er was een sterke positieve correlatie tussen vochtgehalte en organische stof ($r=+0,865$; $p<0,0001$ over alle monsters gerekend).



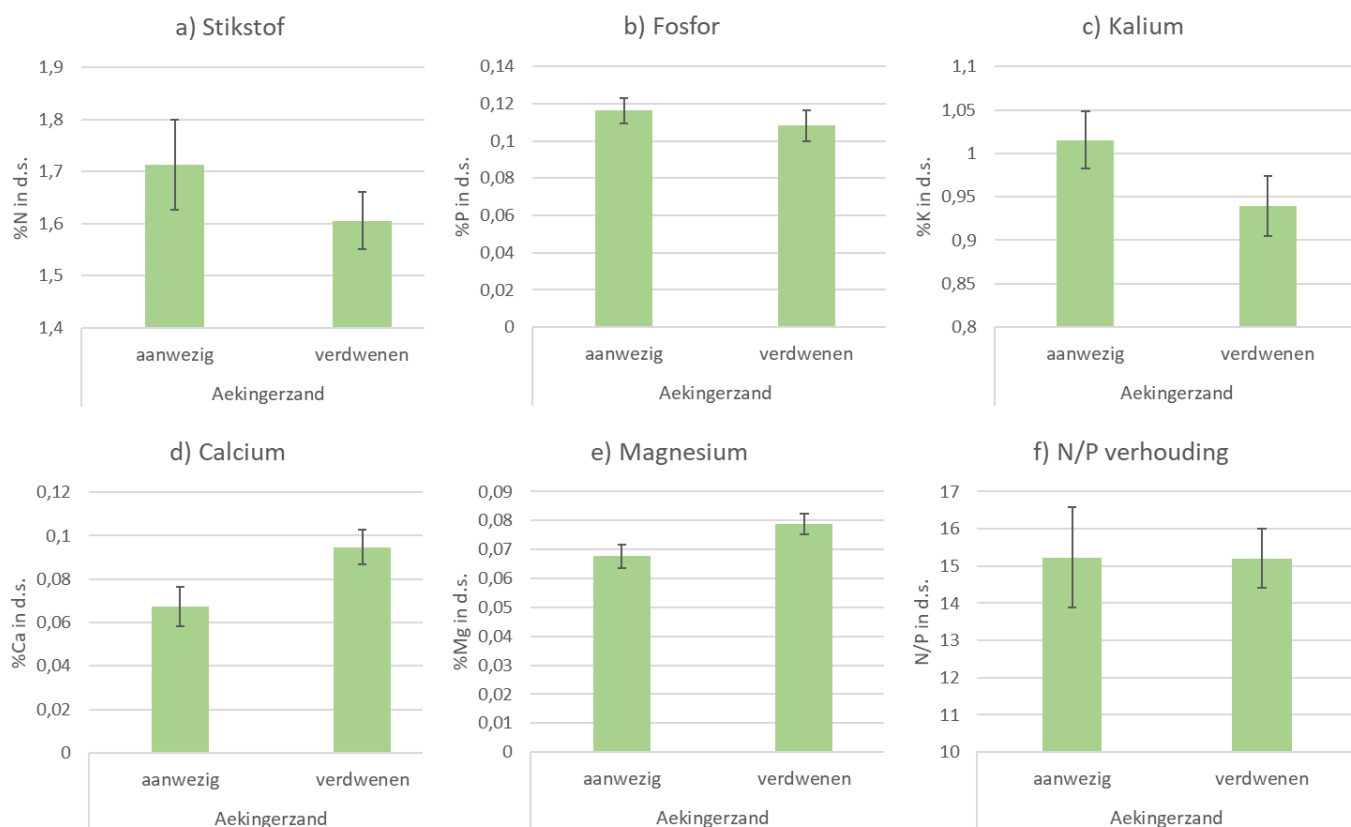
Figuur 3.4: Bodemchemie van plekken met en zonder eiafzet van kommaavlinder rond het Aekingerzand (resp. aanwezig en verdwenen). De staven geven de gemiddelden met balkjes voor de standaardfout

Plantchemie

De verschillen in bodemchemie werkten maar zeer ten dele door in de plantchemie (Figuur 3.5). Alleen de gehalten aan basische mineralen waren wat lager op plekken met eiafzet, net significant voor calcium ($p=0,04$) en slechts marginaal voor magnesium ($p=0,06$). De N/P-verhouding was met gemiddeld 15,2 identiek voor beide locaties.

Ook bij het Aekingerzand waren de concentraties van fosfor, calcium en magnesium in het schapengras laag ten opzichte de grenswaarde voor een goede groei van insecten (zie par. 1.2) en dus mogelijk deficiënt voor rupsen. Kalium was met waarden van slechts bij één monster met 0,76% iets beneden de grenswaarde en de balans ten opzichte van N en P was alleen voor dat geval wat scheef ten opzichte van stikstof. Met gemiddeld 1,7 en 1,6% stikstof op plekken met en zonder eiafzet was het N-gehalte ver beneden de bovengrens

voor N-overmaat, maar door de lage P-gehalten was er in drie monsters met en één monster zonder eiafzet wel een overmaat aan stikstof ten opzichte van fosfor ($N/P > 17,1$). Daar stond één monster tegenover met een iets hoger P- en lager N-gehalte waarin fosfor eerder beperkend was dan stikstof ($N/P < 10$).



Figuur 3.5: Plantchemie van plekken met en zonder eiafzet van kommavlinder rond het Aekingerzand (resp. aanwezig en aanwezig). De staven geven de gemiddelden met balkjes voor de standaardfout.

4 Discussie

De voedselkwaliteit van schapengras als waardplant voor de rupsen van kommavlinder en heivlinder bleek in Drenthe niet te verschillen tussen plekken met en zonder kommavlinder. In deze discussie wordt besproken in hoeverre de voedselkwaliteit een beperkende factor is en door stikstofdepositie wordt ondermijnd. Vervolgens worden andere doorwerkingen van stikstofdepositie kort belicht en wordt een beeld geschetst van de oorzaken voor de achteruitgang van de kommavlinder (met aandacht voor die van de heivlinder). Tenslotte worden aangrijpingspunten voor inrichting en beheer besproken om de achteruitgang te keren.

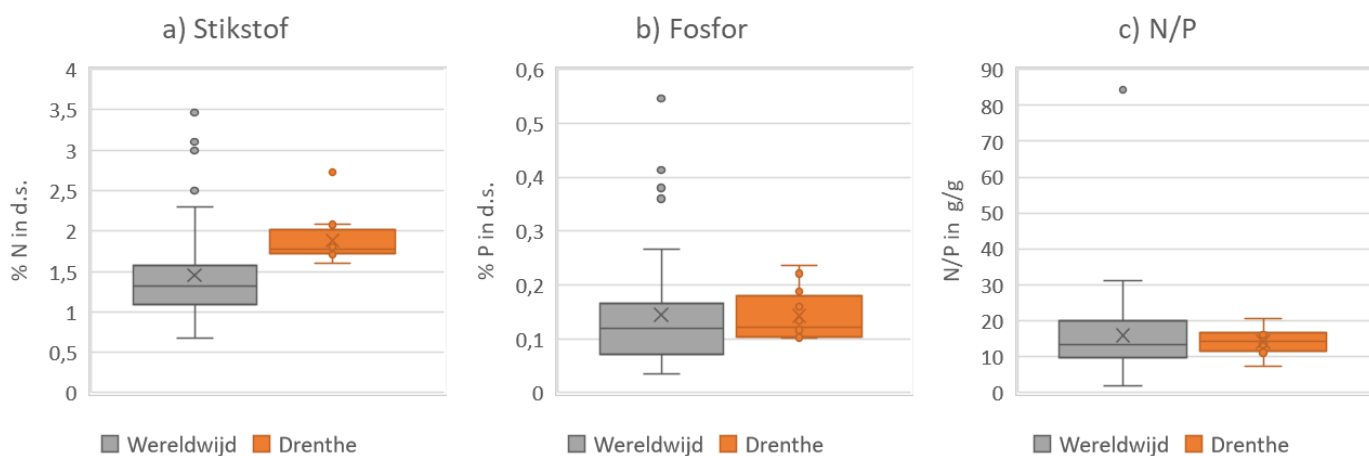
4.1 Is de voedselkwaliteit voor de kommavlinder beperkend?

Macro-elementen stikstof en fosfor

Hoe verhoudt de plantchemie voor de Drentse monsters van schapengras, de voedselplant voor de kommavlinder, zich tot die uit andere landen? Daartoe is de TRY-database voor planten (Kattge *et al.*, 2020) geraadpleegd voor gehalten van de macro-elementen N en P in bladmateriaal; kalium kwam niet als beperkend macro-element naar voren uit dit onderzoek en is daarom niet meegenomen. Dit leverde gepubliceerde data op uit de volgende landen, in volgorde van afnemend aantal monsters Zweden, Rusland, Duitsland, Nederland, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk, Italië, China, Nieuw-Zeeland (dubbelingen uit verschillende bronnen werden verwijderd). Het is niet goed duidelijk of deze monsters net zo op groen blad zijn geselecteerd als in dit onderzoek, maar daar gaan we bij gebrek aan betere informatie wel vanuit.

Figuur 4.1 laat zien dat de Drentse monsters over het geheel beduidend meer stikstof bevatten dan de monsters van elders, gemiddeld 0,4% N meer ($p=0,0006$). Weliswaar zijn er wel uitbijters met hogere waarden gevonden, maar nooit hoger dan de grenswaarde van 3,5% N. Vooral de monsters uit Zweeds Lapland en Rusland, waar de stikstofdepositie laag is, hadden lage N-gehalten. Die monsters hadden ook juist relatief hoge P-gehalten, wat dus leidde tot de lage N/P-verhoudingen (2-12) die je bij lage stikstofdepositie kunt aantreffen.

Hoge N/P-verhoudingen werden vooral gevonden in Duitsland, Nederland, Frankrijk en Zweden, vooral ten gevolge van lage P-gehalten. De Drentse monsters weken voor de N/P-verhouding en ook voor het P-gehalte niet af van het algehele beeld wereldwijd. Praktisch overall zijn de P-concentraties in de voedselplant lager dan optimaal voor een goede groei van insecten.



Figuur 4.1: Boxplot van de gehalten van stikstof, fosfor en N/P-verhouding in monsters van schapengras wereldwijd (n=47 voor N en n=29 voor P en N/P) in vergelijking met de Drentse vindplaatsen (n=12 inclusief de twee locaties op het Aekingerzand).

Samenvattend kan worden gesteld dat, mogelijk onder invloed van stikstofdepositie, de stikstofgehalten in schapengras in Drenthe significant hoger zijn dan elders. Echter, de stikstofconcentraties op vindplaatsen van de kommavlinder (en heivlinder) waren in deze studie eerder hoger dan lager dan op plekken waar de soort(en) niet voorkwamen (figuren 3.3 en 3.5). Bovendien bleven de waarden beneden de grenswaarde van 3,5% N. Er lijkt dus geen sprake te zijn van stikstofovermaat voor de voedselkwaliteit. Grassen zijn ook niet door stikstofhoudende vraatwerende stoffen verdedigd. De fosforgehalten echter zijn in Drenthe, net als elders, marginaal voor een goede groei. Er zijn weliswaar geen aanwijzingen voor een onbalans tussen stikstof en fosfor, maar P-tekorten zouden kunnen optreden. Mogelijk geldt dit ook voor andere sporenelementen, maar dit zou dan nog moeten worden onderzocht.

Overige voedingsstoffen

Calcium en magnesium waren in de Drentse voedselplanten net als fosfor in te lage concentraties aanwezig voor een goede groei. Tekorten zouden ook hiervoor kunnen worden verwacht.

Hoe dit met andere sporenelementen zit is niet onderzocht. Voor mangaan (Mn) zijn tekorten ook denkbaar omdat de concentraties van calcium en mangaan vaak met elkaar gecorreleerd zijn, maar voor andere sporenelementen is dit onduidelijk (van Duinen *et al.*, 2011).

Tekorten aan essentiële aminozuren zijn niet onderzocht, maar worden ook niet verwacht omdat hun concentraties vaak positief met die van stikstof zijn gecorreleerd (van Duinen *et al.*, 2011).

Conclusie voedselkwaliteit

Uit dit onderzoek komen geen duidelijke verschillen in voedselkwaliteit naar voren tussen plekken waar de kommavlinder voorkomt en waar deze recent is verdwenen. Voor de heivlinder lijkt dit niet anders te liggen (Figuur 3.3). Er lijkt ook geen sprake te zijn van een stikstofovermaat in de voedselplanten. Wél kunnen de lage concentraties fosfor, calcium en magnesium aanleiding zijn voor tekorten. Maar het is goed mogelijk dat de kommavlinder (en ook de heivlinder) aan zulke lage concentraties zijn aangepast door de langzame groei van hun rupsen (Bink, 1992). Dat zowel kommavlinder als heivlinder in Nederland gebonden zijn aan heidegebieden en duinen (en voorheen kalkgrasland) komt ook vanwege hun behoefte aan het warme microklimaat dat een lage, schrale vegetatie biedt voor deze soorten die in Noordwest-Europa hun areaalgrens bereiken (Wallis de Vries, 2014). Kweekexperimenten met rupsen bij een verschillend aanbod van P, Ca en Mg zouden nodig zijn om vast te stellen in hoeverre de gevonden voedselkwaliteit in het veld ook beperkend is voor de groei en overleving van de rupsen.

4.2 Overige effecten van stikstofdepositie

Stikstofdepositie lijkt voor de kommavlinder vooralsnog dus geen negatieve gevolgen op de voedselkwaliteit voor de kommavlinder te hebben. Maar stikstofdepositie vormt wel een aantasting voor andere aspecten van de habitatkwaliteit voor de kommavlinder (zie Wallis de Vries, 2014; Nijssen *et al.*, 2017):

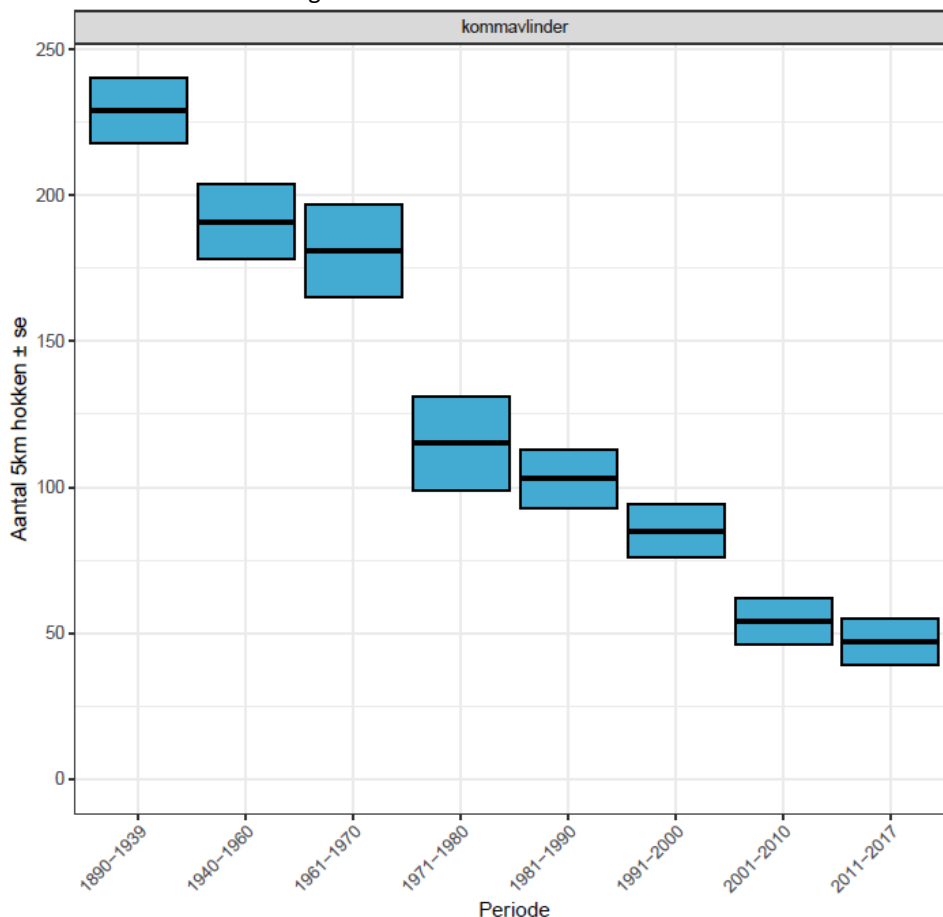
- heidegebieden groeien door stikstof sneller dicht waardoor de waardplanten verdwijnen en het microklimaat te koel wordt
 - voor de heivlinder is ook het verdwijnen van kaal zand een bedreiging omdat de rupsen daar in de bodem verpoppen en de mannetjesvlinders dergelijke plekken gebruiken als basis voor hun territorium.
- bodemverzuring door ophoping van ammonium in de bodem zorgt voor een toename van ruige grassen ten koste van kruiden en dus ten koste van het nectaraanbod. Nectarplanten waren tot voor kort vaak al teruggedrongen tot bermen van schelpenpaden, maar nu deze grotendeels vervangen zijn door asfalt of beton is het nectaraanbod in het heidelandschap verder verminderd, terwijl dit in aangrenzend landbouwgebied evenzeer is verdwenen.

- maatregelen om stikstof en biomassa af te voeren zorgen voor verdere afvoer van fosfor en mineralen, die niet of nauwelijks meer worden aangevoerd terwijl stikstof door atmosferische depositie wel wordt aangevoerd. De onbalans tussen stikstof en andere voedingsstoffen groeit op termijn dus wel.
- klimaatverandering versterkt deze negatieve effecten van stikstofdepositie door een vroegere start van het groeiseizoen waardoor het microklimaat voor de rupsen in het voorjaar sterker afkoelt en de bloei van de verder wordt verminderd door verdroging.

De indirecte effecten van stikstofdepositie vormen dus waarschijnlijk een belangrijker bedreiging voor de kommavlinder en voor de heivlinder dan de verandering in voedselkwaliteit van de waardplanten.

4.3 Verklaring voor het recente verdwijnen van de kommavlinder

Dit onderzoek ging uit van de verwachting dat een vergelijking van actuele en voormalige vindplaatsen van kommavlinder inzicht zou kunnen geven in mogelijke beperkingen door voedselkwaliteit of andere aspecten van habitatkwaliteit. Dit bleek echter niet het geval. De vindplaatsen in de kalkrijke duinen hadden een hoger nectaraanbod en beter gebufferde bodem dan in Drenthe, maar de actuele vindplaatsen in Drenthe verschilden niet noemenswaardig van de verlaten vindplaatsen. In het Drents-Friese Wold hadden de plekken met eiafzet wel een opener vegetatie met meer konijnenactiviteit en een vochtiger en zuurder bodem dan de plekken zonder eiafzet, maar de verschillen in voedselkwaliteit waren marginaal.



Figuur 4.2: Verandering in de verspreiding van de kommavlinder in Nederland over de periode 1890-2017 uitgedrukt als het aantal bezette atlasblokken van 5x5 km (naar Van Strien et al., 2019).

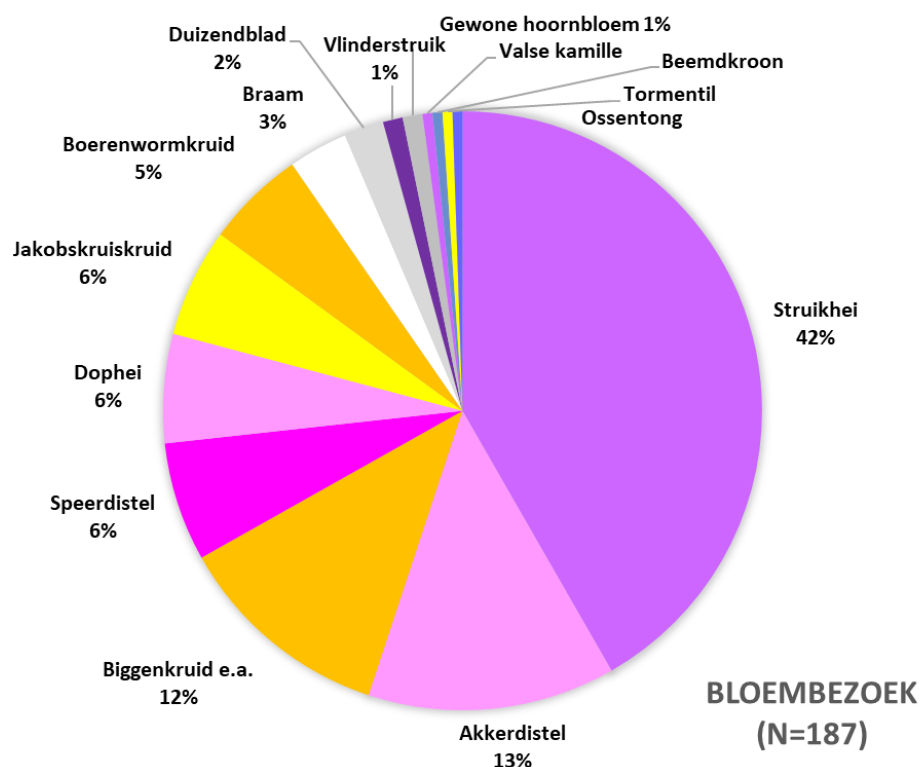
Langjarig perspectief

De verklaring voor het recente verdwijnen van de kommavlinder en ook van de heivlinder lijkt meer om een langjarig perspectief te vragen op de veranderingen in het aanbod en de

kwaliteit van het leefgebied voor deze vlinders. Beide soorten stonden immers al in 1995 op de eerste Rode Lijst voor de dagvlinders (van Ommering et al., 1995). De kommavlinder had toen al de status ‘bedreigd’ en was 63% van zijn verspreidingsgebied in Nederland kwijt als gevolg van verlies en versnippering van leefgebied door grootschalige ontginning van halfnatuurlijke landschappen ten behoeve van bosaanplant, hoogproductieve landbouw en stedenbouw, gevolgd door verlies van habitatkwaliteit door stikstof- en zwaveldepositie (Van Strien et al., 2019; Figuur 4.2); voor de heivlinder werd die achteruitgang pas later zichtbaar omdat de soort toen nog wel behoorlijk wijd verbreid was. De populatietellingen vanaf 1992 brachten de achteruitgang pas goed in beeld, maar de dynamiek van kolonisatie en overleving liet al veel eerder de kwetsbaarheid van ook de populaties van de heivlinder zien (zie Van Strien et al., 2011). Van beide soorten zijn vooral populaties in gebieden kleiner dan 60-70 ha verdwenen (Wallis de Vries & Oteman, 2019).

Samenvattend: de populaties van kommavlinder en heivlinder zijn al decennia kwetsbaar. Dat betekent dat elke toename van drukfactoren en elke tegenvaller, door welke oorzaak dan ook, tot het verdwijnen van populaties kan leiden.

In dit perspectief bezien kan de marginale voedselkwaliteit voor de rupsen – lage gehalten aan P, Ca en Mg – door een mogelijk verlaagde groei en overleving wel degelijk bijdragen aan verder verlies van populaties. Dat zou door kweekexperimenten moeten worden getoetst.



Figuur 4.3: Procentuele verdeling van het bloembezoek van de kommavlinder aan verschillende nectarplanten op basis van waarnemingen in Drenthe (alle foto's van waarneming.nl over de periode 2005-2024, waarbij foto's van eenzelfde waarnemer van dezelfde datum uit hetzelfde gebied op dezelfde bloemsoort als één waarneming werden beschouwd).

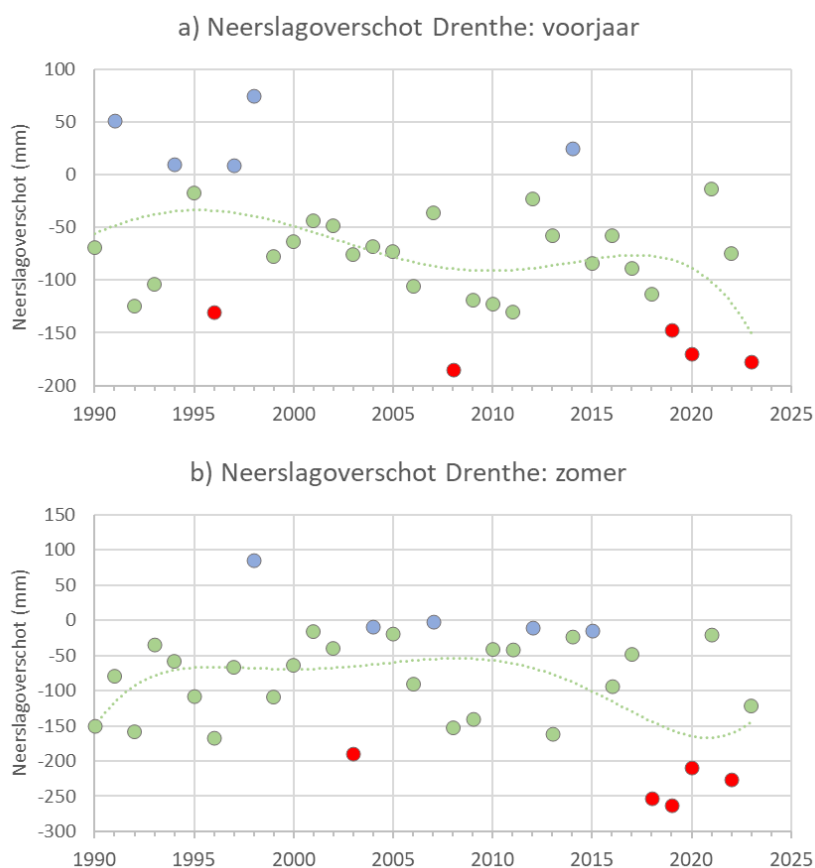
Nectargebrek

De kommavlinder is één van de Nederlandse soorten met de grootste nectarbehoefte, afgemeten aan het aandeel waarnemingen van foeragerende vlinders: 67% van de waargenomen vlinders is op bloemen aangetroffen (Tax, 1989). De verdeling van het bloembezoek over de verschillende nectarplanten in Drenthe (Figuur 4.3) laat zien dat struikhei het meest wordt bezocht (43% van de waarnemingen), maar dat akker- en speerdistel 19% van de waarnemingen voor hun rekening nemen en dat hun aandeel samen met andere soorten van bermen en graslanden 37% bedraagt. Biggenkruid en

andere kleine gele composieten (12%) komen weliswaar ook voor op droge heide en stuifzand, maar bijna de helft van het bloembezoek vindt dus daarbuiten plaats!

Graslanden, bermen, vochtige heide (dophei 6%) en bosranden (braam 3%) vormen dus een belangrijke bron van nectar en moeten daarmee tot een wezenlijk onderdeel van het leefgebied voor de kommavlinder worden gerekend. Dit is, los van een waarschijnlijke voorkeur, vooral in de eerste helft van de vliegtijd ook zeer belangrijk omdat struikheide dan nog niet bloeit en dus nog geen nectar levert.

De constatering dat kommavinders voor hun nectarbehoefte ook afhankelijk zijn van biotopen buiten heide en stuifzandheide legt een belangrijk knelpunt bloot, namelijk dat dergelijke bloemrijke biotopen in heidegebieden schaars geworden zijn. In dit onderzoek was het nectaraanbod in de bezochte duingebieden ook beduidend gunstiger dan in Drenthe. Het marginale bloemenaanbod in de Drentse terreinen is mede het gevolg van stikstofdepositie, waardoor de kruiden- en bloemenrijkdom is afgenomen, maar ook van het verlies van kleinschalige landschappen waar heidegebieden aansloten op extensieve graslanden, akkers met bloemrijke randen en overhoekjes. Dit verlies zal zeer waarschijnlijk aan de achteruitgang van de kommavlinder en in mindere mate mogelijk ook van de heivlinder hebben bijgedragen.



Figuur 4.4: Neerslagoverschot aan het eind van a) het voorjaar (april t/m juni) en b) de zomer (april t/m augustus), berekend als het cumulatieve dagelijkse verschil van neerslag minus verdamping, gemiddeld over de weerstations voor Hogeveen en Eelde (bron: KNMI). De top-5 natste jaren is steeds blauw gemarkeerd en de top-5 droogste jaren in rood. De stippellijn geeft een indicatieve trend weer.

Droogte

Verdroging van het landschap is voor komma- en heivlinder in tegenstelling tot veel andere soorten géén acuut probleem, maar droogte-extremen onder invloed van klimaatverandering zijn dat wel. Hitte en droogte zorgen in het voorjaar voor verminderde groei van de waardplanten en daarmee ook van de rupsen en in de zomer voor

verminderde en vervroegde bloei en daarmee afname van nectarproductie voor de vlinders. Droogte kan het geschetste nectargebrek dus verder versterken.

Figuur 4.4 laat zien dat droogte-extremen vooral vanaf 2018 zijn opgetreden: vier van de vijf extreem droge zomers vielen in die periode en drie van de vijf droogste voorjaren. Opmerkelijk is dat het voorjaar in 2018 en 2022 niet bijzonder droog was, maar de zomers wel, terwijl andersom in 2023 het voorjaar extreem droog was, maar de zomer daarna niet. De Europa-wijd hete, droge zomer van 2003 staat ook in de top-5, maar werd voorafgegaan door een heel gemiddeld voorjaar.

Van 6 van de 10 terreinen waar de kommavlinder ná 2001 is verdwenen dateren de laatste waarnemingen van de soort uit 2017 en 2018 (Bijlage 1). In die terreinen zijn de vlinders dus verdwenen in de periode van extreme droogte. Het is goed mogelijk dat dit eigenlijk voor alle 10 terrein geldt: voor twee terreinen stamt de laatste waarneming uit 2016, voor één gebied uit 2014 en voor één uit 2010. Lang niet alle gebieden worden echter goed onderzocht, zeker het Noordsche Veld (2010) niet. Sowieso is dus de meerderheid van de terreinen verlaten tijdens de recent jaren met extreme droogte.

De vergelijking van plekken met en zonder eiafzet rond het Aekingerzand kan in relatie tot droogte betere worden geduid. De eiafzet vond plaats in een vochtiger deel van het terrein. In de droge zomer van 2022 was dit voor de kommavinders waarschijnlijk de beste locatie om nog geschikte plekken te vinden. Vocht was dus waarschijnlijk een belangrijker keuzecriterium dan voedselkwaliteit van de waardplanten.

De klimaatstresstest voor dagvlinders (Wallis de Vries & Oteman, 2019) liet voor de kommavlinder zien dat vooral hitte in het vorige jaar de aantallen sterk doet dalen, dat wil zeggen het aantal dagen met maxima >30 graden, terwijl neerslag in de voorafgaande zomer juist gunstig uitpakt. Overigens zijn de aantallen op zich wel hoger in een warme zomer. Ook bij de heivlinder werkt hitte een sterke afname in de hand.

Voor de heivlinder is de relatie met droogtejaren echter niet zo duidelijk als bij de kommavlinder, al wijst een analyse van de gevolgen van de droge zomer van 2003 wel in die richting (Wallis de Vries *et al.*, 2011). Van de 14 na 2001 verdwenen populaties zijn er maar twee (Dwingelderveld en Drouwenerzand) in de periode van recente droogte verdwenen, maar mogelijk twee andere ook (laatste waarnemingen in 2001) en zijn er daarvoor wel populaties in hete zomers verdwenen in 2003 (1) en 2006 (1). Het verdwijnen van heivlinderpopulaties is ook sterk gestuurd door het verdwijnen van kleinschalige mozaïeken met kaal zand; het lagere organische stofgehalte in de bodem van terreinen waar zowel heivlinder als kommavlinder nog voorkomen (par. 3.2) geeft daar mogelijk een aanwijzing voor. Op de voormalige vindplaatsen In het Nuilerveld, Elper Westerveld en Ter Horsterzand was ook geen of nauwelijks kaal zand meer aanwezig. De soort heeft ook een kleinere nectarbehoefte (slechts 13% van de waarnemingen op bloemen; Tax, 1989) al wees het grote aantal zwervende heivlinders in de zomer van 2003 wel op nectartekort door verdroging van het leefgebied (Wallis de Vries *et al.*, 2011).

4.4 Aangrijpingspunten voor inrichting en beheer

De resultaten van het onderzoek wijzen erop dat de voedselkwaliteit van schapengras voor kommavlinder en heivlinder weliswaar marginaal is, maar dat nectargebrek en droogte-extremen op korte termijn de grootste bedreiging vormen. Stikstofdepositie ondermijnt daarbij de voedselkwaliteit wel, door versterkte uitspoeling van mineralen via bodemverzuring en verslechtering van de habitatkwaliteit door afname van de kruidenrijkdom als gevolg van vergrassing.

Voor de inrichting van natuurgebieden is voldoende oppervlakte leefgebied van groot belang. Gebieden van minder dan 100 hectare zijn kwetsbaarder dan grotere terreinen. Vochtgradiënten in natuurgebieden moeten worden gekoesterd om klimaatextremen beter op te vangen.

Het nectaraanbod kan worden versterkt door het bevorderen van grazige vegetatie, bermen en overhoekjes met goede nectarplanten als distels, jakobskruid en boerenwormkruid. De bermen van schelpenpaden en leempaden bieden daarvoor goede mogelijkheden. Daar waar graslanden op verzuurde bodem aanwezig zijn kan enige bemesting met stalmest zorgen voor verhoging van de bloemenrijkdom. Langs extensief gebruikte akkers kunnen bloemenranden met overjarige kruiden (eenjarigen leveren weinig nectar!) soelaas bieden.

In zijn algemeenheid is het essentieel om de verbinding te versterken tussen enerzijds droge schraallanden en heide, waar de eiafzet plaatsvindt, met anderzijds matig voedselrijke, bloemrijke plekken waar de vlinders kunnen foerageren. In grazige overgangsgebieden rondom heidegebieden is het zinvol om extra aandacht te besteden aan het vergroten van het nectaraanbod.

Bij het vegetatiebeheer is het belangrijk om het nectaraanbod in de zomer te sparen. En dat is des te belangrijker in droge jaren, wanneer bloei en nectarproductie al extra te lijden hebben. Dit betekent het instellen van een lage begrazingsintensiteit en fasering in het maaien. Met schapen heeft gescheperde begrazing sterk de voorkeur omdat daarbij sturing mogelijk is en bloemrijke plekken kunnen worden ontzien. Bij schapenbegrazing binnen rasters is deze sturing niet mogelijk en omdat schapen selectief op bloemen grazen is hun effect dan al snel funest.

Het is goed mogelijk dat het vrij vroege verdwijnen van de kommavlinder uit het Drouwenerzand – laatste waarneming in 1997, na een droge zomer in 1996 – te maken heeft met overbegrazing van de bloemen door de schapen binnen rasters. In het nabije Gasselternveld, buiten het schapenraster, is het bloemenaanbod groter en heeft een kleine populatie kommavinders het 19 jaar langer, tot aan de laatste serie extreem droge jaren, stand weten te houden.

Een ander onzeker en voornamelijk onzichtbaar aspect van voedselkwaliteit betreft de doorwerking van bestrijdingsmiddelen tegen insecten, schimmels en onkruiden ten behoeve van gewasbescherming. Recent onderzoek heeft uitgewezen dat ook in grote Drentse natuurgebieden tal van bestrijdingsmiddelen worden aangetroffen (Buijs *et al.*, 2024). Onduidelijk is in hoeverre deze concentraties ook schadelijk zijn voor kommavlinder en heivlinder. Nader onderzoek zou dit moeten uitwijzen. Uit voorzorg en omdat bekend is dat insecticiden en biociden al bij zeer lage concentraties schadelijk kunnen zijn (Gols *et al.*, 2020) is het zaak om het gebruik van dergelijke middelen rond natuurgebieden zoveel mogelijk uit te bannen en in agrarische gebieden over te gaan op natuurvriendelijker middelen voor gewasbescherming.



Distels bieden voor kommavinders een belangrijke nectarbron, maar in het heidelandschap zijn ze zeldzaam. Daarom is extra aandacht nodig voor nectar in bermen en op matig voedselrijke graslanden.

5 Conclusie en aanbevelingen

Stikstofdepositie tast de habitatkwaliteit van natuurgebieden op verschillende manieren aan. Verslechtering van de voedselkwaliteit voor plantenetende insecten is één van de mogelijke aantastingen die ook de voor heidegebieden kenmerkende Rode-Lijstsoorten kommavlinder en heivlinder een bedreiging zouden kunnen vormen. Dit is onderzocht door de voedselkwaliteit op plekken met en zonder kommavlinders te bepalen en te vergelijken met een referentie in de kalkrijke duinen.

Locaties met en zonder kommavlinders bleken niet significant van elkaar te verschillen. Dat gold zowel voor de vergelijking tussen gebieden als tussen plekken met en zonder eiafzet binnen het Drents-Friese Wold. Wel waren de gehalten aan fosfor (P) en de mineralen calcium (Ca) en magnesium (Mg) lager dan grenswaarden uit de literatuur voor een goede groei. Van een onbalans door een stikstofovermaat was geen sprake, al waren de stikstofgehalten wel hoger dan in studies uit andere delen van de wereld en zorgt stikstof als ammonium in de bodem wel voor verzuring en verdere afname van calcium en magnesium.

Voor kommavlinder en heivlinder lijken twee andere doorwerkingen van de hoge stikstofdepositie van groter belang dan die op de voedselkwaliteit: ten eerste de afname van het nectaraanbod uit bloeiende kruiden en ten tweede het versneld dichtgroeien van open vegetatie. De afname van het nectaraanbod door de verzurende werking van stikstofdepositie wordt versterkt door klimaatextremen van droogte. Het recente verdwijnen van populaties van de kommavlinder vond vooral plaats in de reeks droge jaren tussen 2018 en 2023. Vooral voor de heivlinder is daarnaast het dichtgroeien van open vegetatie met plekken kaal zand een bepalende factor.

De belangrijkste aanbevelingen om de achteruitgang van de kommavlinder en ook de heivlinder te keren zijn:

- reductie van stikstofuitstoot om bodemverzuring, dichtgroeien van open vegetatie en afname van het nectaraanbod tegen te gaan – en herstel mogelijk te maken
- het versterken van een robuust natuurnetwerk met grote heidegebieden waarin vochtgradiënten waar mogelijk worden hersteld
- het koppelen van heidegebieden aan aangrenzende grazige terreinen, bermen en overhoekjes met goede nectarplanten als distels, jakobs kruiskuid en boerenwormkruid
- het sparen van het nectaraanbod in de zomer, vooral in droge jaren, door het instellen van een lage begrazingsintensiteit of ruimtelijk gespreide (gescheperde) begrazing en fasering in het maaien
- voor de heivlinder is bovendien extra aandacht nodig om binnen het leefgebied een (kleinschalig) mozaïek met stukken kaal zand te herstellen of te behouden.

De kennis over de doorwerking van stikstof op de voedselkwaliteit is met dit onderzoek nog zeker niet toereikend. Kweekexperimenten met rupsen bij verschillende verhoudingen tussen stikstof en fosfor zijn nodig om vast te stellen bij welke gehalten en verhoudingen stikstof een goede groei en overleving van kommavlinder en heivlinder belemmeren.



Literatuur

- Buijs, J., Mantingh, M. & Nijland, G. (2024). *Een nevel van bestrijdingsmiddelen – Verslag onderzoeksproject Schone Sier: Meting van bestrijdingsmiddelen in lucht en eikenblad in Drenthe en op de Veluwe in 2022-2023*. Vereniging Meten=Weten, Diever.
- Duinen, G.J. van; van Kleef, H., Wallis de Vries, M. & van den Burg, A. (2011). *Herstel van biodiversiteit en landschapsecologische relaties in het natte zandlandschap: Betekenis van milieugradiënten voor herstel van de fauna van het natte zandlandschap*. Eindrapport deel 4. Rapport nr. 2011/OBN147-4-NZ, Directie Kennis en Innovatie, Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag.
- Gols, R., WallisDeVries, M.F. & Van Loon, J.J.A. (2020). Reprotoxic effects of the systemic insecticide fipronil on the butterfly *Pieris brassicae*. *Proceedings of the Royal Society B* 20192665.
- Güsewell, S. (2004). N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. *New Phytologist* 164(2), 243–266.
- Kattge, J., Bönisch, G., Díaz, S., Lavorel, S., Prentice, I. C., Leadley, P., Tautenhahn, S., Werner, G., et al. (2020). TRY plant trait database - enhanced coverage and open access. *Global Change Biology* 26(1), 119-188. doi:10.1111/gcb.14904.
- Kurze, S., Heinken, T. & Fartmann, T. (2018). Nitrogen enrichment in host plants increases the mortality of common Lepidoptera species. *Oecologia* 188(4), 1227–1237.
- Little, D.A. (1982). Utilization of Minerals. In: *Nutritional limits to animal production from pastures*. (Ed. Hacker, J.B.), pp. 259-283. CAB, Farnham Royal, Slough, UK.
- Mattson, W.J. & Scriber, J.M. (1987). Nutritional ecology of insect folivores of woody plants: nitrogen, water, fiber, and mineral considerations. In: *Nutritional Ecology of Insects, Mites and Spiders* (Eds Slansky, F. & Rodriguez, J.G.), pp. 105-146. Wiley, New York.
- Ommering, O. van, van Halder, I., van Swaay, C.A.M. & Wynhoff, I. (1995). *Bedreigde en kwetsbare dagvlinders in Nederland : toelichting op de Rode Lijst*. Rapport IKC Natuurbeheer nr. 18), IKC-Natuurbeheer, Wageningen.
- Strien, A. van; Swaay, C. van & Kéry, M. (2011). Metapopulation dynamics in the butterfly *Hipparchia semele* changed decades before occupancy declined in the Netherlands. *Ecological Applications* 21 (7), 2510-2520.
- Strien, A.J. van, van Swaay, C.A.M., van Strien-van Liempt, W.T.F.H., Poot, M.J.M. & Wallis de Vries, M.F. (2019). Over a century of data reveal more than 80% decline in butterflies in the Netherlands. *Biological Conservation* 234, 116–122.
- Tax, M.H. (1989). *Atlas van de Nederlandse dagvlinders*. Mededelingen EIS-Nederland nr. 39, De Vlinderstichting, Wageningen & Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 's-Graveland.
- Underwood, E.J. & N.F. Suttle (2001). *The Mineral Nutrition of Livestock* 3rd Edition, CABI Publishing Series, Wallingford, Oxfordshire, UK.

Vogels, J., Burg, A. van den, Waal, D. van de, Weijters, M., Bobbink, R., Nijssen, M. & Wallis de Vries, M. (2020). *Imbalanced by overabundance - Effects of nitrogen deposition on nutritional quality of producers and its subsequent effects on consumers*. Rapport OBN 236-NZ, VBNE, Driebergen.

Vogels, J. van de Waal, D. van den Burg, A., Wallis de Vries, M. Nijssen, M. & Bobbink, R. (2022). Stikstof verandert voedselkwaliteit van planten. *De Levende Natuur* 123(6), 217-221.

Vogels, J.J., Van de Waal, D.B., WallisDeVries, M.F., van den Burg, A.B., Nijssen, M., Bobbink, R., Berg, M.P., Olde Venterink, H. & Siepel, H. (2023). Towards a mechanistic understanding of the impacts of nitrogen deposition on producer–consumer interactions. *Biological Reviews* 98, 1712–1731. <https://doi.org/10.1111/brv.12972>

Wallis de Vries, M.F. (2008). *Beheermaatregelen voor de kommavlinder in Drenthe*. Rapport VS2008.010, De Vlinderstichting, Wageningen.

Wallis de Vries, M.F., Baxter, W. & Van Vliet, A.J. (2011). Beyond climate envelopes: effects of weather on regional population trends in butterflies. *Oecologia* **167**, 559–571.

Wallis de Vries, M.F. (2014). Linking species assemblages to environmental change: moving beyond the specialist-generalist dichotomy. *Basic and Applied Ecology* 15, 279-287.

Wallis de Vries, M.F. & Oteman, B. (2019). *Klimaatstresstest voor Dagvlinders in Drenthe*. Rapport VS2019.021, De Vlinderstichting, Wageningen.

Bijlage 1: Terreinen met populaties van kommavlinder sinds 1990

Vetgedrukt zijn de gebieden met waarnemingen van de kommavlinder in de NDFF uit de laatste vijf jaar. De aanwezigheid van heivlinder is ook aangegeven, maar van die soort zijn meer vindplaatsen van vóór 2020 bekend.

Terrein	Beheerder	Laatste waarneming	
		Kommavlinder	Heivlinder
Aekingerzand	SBB	2024	2024
Ballooërveld	SBB	2024	2024
Doldersumse Veld	DL	2024	2024
Dwingelderveld	NM	2024	2018
Elper Westerveld	DL	2024	2014
Holtherzand	DL	2023	1994
Hooghalen/Kamp Westerbork	SBB	2023	2006
Leggelderveld	NM	2024	2024
Nuilerveld	DL	2023	2020
Reijntjesveld Orvelte	SBB	2023	2009
Scharreveld	DL	2024	2016
Mantingerzand	NM	2022	2024
Molenveld / Oudemolen	SBB	2022	–
Hullenzand	NM	2020	2024
Havelte/Holtingerzand	NM	2018	2024
Echtener zand Ruinen	SBB	2017	2009
Hijkerzand	DL	2017	2016
Orvelterzand	DL	2017	2001
Ter Horsterzand	SBB	2017	2002
Drouwenerzand	DL	2018*	2021**
Grote zand Hooghalen	DL	2016	2023
Zuid-Hijkerzand	SBB	2016	2024
Boerveense plassen	DL	2014	2011
Noordsche Veld	SBB	2010	2008
Anserdennen	NM	voor 2001	–
Berkenheuvel	NM	voor 2001	2023
Fochteloërveen/Esmeer	NM	voor 2001	2013
Grolloo	SBB	voor 2001	–
Heuvingerzand	SBB	voor 2001	–
Hoge Stoep	SBB	voor 2001	–
Klateresch	Particulier	voor 2001	–
Odoorn / Molenveld	SBB	voor 2001	voor 2001
Schoonloo	SBB	voor 2001	–
Sleenerzand	SBB	voor 2001	2003
Westerbork	NM	zie Scharreveld	

*De laatste waarneming op het Drouwenerzand zelf dateert uit 1997, maar in het aangrenzende Gasselterveld zijn nog in de periode 2012-2016 diverse vlinders gezien. Uit Gasselte zelf is zelfs in 2018 nog een vlinder waargenomen (op duizendblad).

**Nadien ondanks herhaalde bezoeken niet meer gezien

Bijlage 2: Habitatprotocollen kommvallinder

Code_nr	Terrein	Datum	X	Y	Beschut vegetatie	Beschut reliëf	Reliëf aanwezig	Zuid- helling	%Kaal	%Lage veg.	%Hoge veg.	%Schapen- gras	%Bunt- gras	Losse pollen
BAL	Balloërveld	8 mei	53,014,507	6,652,513	geen	ja	matig	ja	10-50	10-50	10-50	1-10	1-10	veel
DRO	Drouwenerzand	8 mei	52,958,961	6,803,005	matig	ja	matig	ja	1-10	10-50	10-50	1-10	1-10	nee
GAS	Gasselternveld	8 mei	52,967,335	6,794,244	matig	ja	veel	ja	1-10	>50	10-50	1-10	0	nee
ORV	Orvelterzand	8 mei	52,853,748	6,679,663	veel	ja	matig	nee	1-10	>50	10-50	1-10	10-25	enkele
HIJK	Hijkerzand	8 mei	52,910,236	6,471,611	geen	nee	geen	nee	1-10	>50	0	10-25	1-10	nee
LEG	Leggelderveld	13 mei	52,873,608	6,390,534	matig	ja	matig	nee	1-10	10-50	10-50	1-10	0	nee
ZHV	Zuid Hijkerveld	8 mei	52,897,362	6,449,977	matig	ja	matig	ja	10-50	10-50	10-50	1-10	1-10	nee
EWV	Elper Westerveld	7 mei	52,886,702	6,626,062	matig	ja	matig	ja	1-10	1-10	>50	1-10	0	nee
NUI	Nuilerveld	7 mei	52,784,051	6,450,050	geen	nee	matig	ja	1-10	>50	10-50	10-25	0	nee
THZ	Ter Horsterzand	7 mei	52,832,211	6,493,581	matig	ja	matig	ja	1-10	1-10	>50	1-10	0	nee
SCH	Holtherzand	7 mei	52,838,693	6,560,018	matig	ja	veel	ja	1-10	10-50	10-50	10-25	1-10	enkele
NHD-Wim	NHD Wimmenum	8 mei	52,641,486	4,656,393	veel	ja	veel	ja	1-10	>50	10-50	1-10	1-10	enkele
NHD-Bak	NHD Bakkum	8 mei	52,583,280	4,649,352	matig	ja	matig	ja	1-10	>50	10-50	1-10	0	nee
NHD-Zuid	NHD Zuid	8 mei	52,531,490	4,610,904	veel	ja	veel	ja	1-10	10-50	>50	10-25	10-25	enkele
AEK-A1	Aekingerzand A	10 mei	52,932,797	6,291,095	geen	ja	matig	nee	1-10	10-50	10-50	1-10	1-10	enkele
AEK-A2	Aekingerzand A	10 mei	52,932,863	6,290,986	geen	ja	matig	nee	1-10	10-50	1-10	10-25	1-10	enkele
AEK-A3	Aekingerzand A	10 mei	52,932,857	6,291,170	geen	nee	matig	nee	1-10	>50	10-50	1-10	1-10	nee
AEK-A4	Aekingerzand A	10 mei	52,932,974	6,290,747	geen	nee	geen	nee	1-10	>50	10-50	1-10	1-10	enkele
AEK-A5	Aekingerzand A	10 mei	52,932,890	6,290,517	geen	nee	geen	nee	1-10	>50	10-50	10-25	1-10	enkele
AEK-A6	Aekingerzand A	10 mei	52,932,685	6,290,291	geen	ja	matig	nee	10-50	>50	10-50	1-10	0	enkele
AEK-A7	Aekingerzand A	10 mei	52,932,510	6,290,334	geen	ja	matig	nee	1-10	>50	10-50	10-25	1-10	enkele
AEK-A8	Aekingerzand A	10 mei	52,932,530	6,290,629	matig	ja	matig	ja	1-10	>50	10-50	10-25	1-10	enkele
AEK-V1	Aekingerzand V	10 mei	52,934,564	6,290,451	geen	ja	veel	ja	10-50	10-50	10-50	10-25	1-10	enkele
AEK-V2	Aekingerzand V	10 mei	52,943,537	6,299,015	matig	ja	veel	ja	1-10	10-50	10-50	1-10	10-25	veel
AEK-V3	Aekingerzand V	10 mei	52,940,216	6,300,621	veel	ja	matig	ja	1-10	10-50	10-50	1-10	10-25	veel
AEK-V4	Aekingerzand V	10 mei	52,940,525	6,301,790	veel	ja	matig	ja	1-10	10-50	10-50	10-25	1-10	veel
AEK-V5	Aekingerzand V	10 mei	52,940,874	6,306,587	veel	ja	veel	ja	10-50	10-50	10-50	10-25	1-10	veel
AEK-V6	Aekingerzand V	10 mei	52,942,060	6,311,458	matig	ja	veel	ja	1-10	10-50	>50	1-10	0	nee
AEK-V7	Aekingerzand V	10 mei	52,943,854	6,310,877	veel	ja	veel	ja	0	10-50	10-50	10-25	0	nee
AEK-V8	Aekingerzand V	10 mei	52,943,230	6,307,656	veel	ja	veel	ja	1-10	10-50	10-50	10-25	0	nee

Code_nr	Terrein	Jakobs- kruiskruid	Biggen- kruid	Distels	Struikhei	Overig	konijnen- keutels	Konijnen- graafjes
BAL	Balloërveld	-	10x	-	1000x	-	geen	enkele
DRO	Drouwenerzand	-	-	-	1000x	-	geen	enkele
GAS	Gasselterveld	10x	10x	-	-	muizenoor 100x, kleine leeuwentand 10x	weinig	enkele
ORV	Orvelterzand	-	ja	-	100x	kleine leeuwentand 100x	weinig	enkele
HIJK	Hijkerzand	10x	10x	-	-	-	weinig	geen
LEG	Leggelderveld	-	-	-	100x	-	geen	geen
ZHV	Zuid Hijkerveld	-	10x	-	100x	-	weinig	geen
EWV	Elper Westerveld	-	10x	-	1000x	muizenoor 100x	geen	enkele
NUI	Nuilvereld	-	-	-	1000x	muizenoor 10x	geen	geen
THZ	Ter Horsterzand	-	-	-	1000x	-	weinig	enkele
SCH	Holtherzand	-	-	-	1000x	muizenoor 100x, paardenbloem 10x	geen	geen
NHD-Wim	NHD Wimmenum	10x	10x	-	-	muizenoor 10x, paardenbloem 10x	geen	geen
NHD-Bak	NHD Bakkum	10x	10x	-	-	muizenoor 10x, paardenbloem 10x	matig	enkele
NHD-Zuid	NHD Zuid	10x	100x	-	-	paardenbloem 10x	geen	geen
AEK-A1	Aekingerzand A	-	10x	-	100x	-	matig	geen
AEK-A2	Aekingerzand A	-	10x	-	1000x	-	matig	geen
AEK-A3	Aekingerzand A	-	10x	-	1000x	-	veel	geen
AEK-A4	Aekingerzand A	-	10x	-	100x	-	veel	geen
AEK-A5	Aekingerzand A	-	10x	-	100x	-	matig	geen
AEK-A6	Aekingerzand A	-	10x	-	100x	-	veel	enkele
AEK-A7	Aekingerzand A	-	10x	-	100x	-	matig	geen
AEK-A8	Aekingerzand A	-	10x	-	1000x	-	veel	geen
AEK-V1	Aekingerzand V	-	10x	-	100x	zandblauwtje 10x	matig	enkele
AEK-V2	Aekingerzand V	-	-	-	100x	zandblauwtje 10x	veel	enkele
AEK-V3	Aekingerzand V	-	10x	-	100x	zandblauwtje 10x	weinig	geen
AEK-V4	Aekingerzand V	10x	10x	-	100x	zandblauwtje 10x	weinig	geen
AEK-V5	Aekingerzand V	-	10x	-	100x	-	weinig	enkele
AEK-V6	Aekingerzand V	-	10x	3x (speer)	100x	muizenoor 100x, zandblauwtje 10x	weinig	geen
AEK-V7	Aekingerzand V	-	10x	-	100x	boerenwormkruid 10x	geen	geen
AEK-V8	Aekingerzand V	-	10x	-	100x	muizenoor 100x	weinig	enkele

