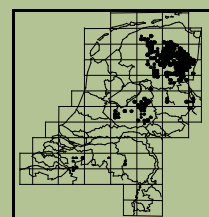




provincie Drenthe

LON



adviesbureau voor
korstmosonderzoek

Monitoring van korstmossen in de provincie Drenthe, 1991 – 2016

C.M. van Herk

2017



Monitoring van korstmossen
in de provincie Drenthe,
1991 – 2016

Lichenologisch Onderzoekbureau Nederland (LON)

in opdracht van

Provincie Drenthe

C.M. van Herk

2017

omslag, bovenaan, van links naar rechts:

Eikenmos (*Evernia prunastri*)

Lindeschildmos (*Parmelina tiliacea*)

Klein dooiermos (*Xanthoria polycarpa*)

Purper geweimos (*Pseudevernia furfuracea*)

omslag, onderaan, van links naar rechts:

zeer rijke groeiplaats van Lindeschildmos in Wachtum

met ammoniak verontreinigde bomenrij met veel Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*)

bomenrij in een schoon milieu met veel Eikenmos

VOORWOORD

Op bomen groeiende korstmossen reageren binnen enkele jaren op veranderingen in luchtkwaliteit. Zij doen dit beter en sneller dan welke plantengroep ook. Daarnaast reageren zij ook op andere omgevingsfactoren, zoals de opwarming van het klimaat. Dit maakt korstmossen bij uitstek geschikt voor de toepassing als indicator in een biologisch meetnet.

In de provincie Drenthe wordt sinds 1989 de soortensamenstelling van deze korstmossen gemonitord. Onderzoeksrondes waren er in 1989/91, 1998, 2004, en 2010. Deze waren 'vlakdekkend', d.w.z. met 5 á 6 meetpunten (boomgroepen) binnen een uurhok (5 x 5 km²). Deze dichtheid maakt het mogelijk om gedetailleerde kaarten te maken. Het onderzoeksgebied betrof steeds de gehele provincie.

Aanvankelijk waren de korstmossen bruikbaar om de zwaveldioxide (SO₂) vervuiling in beeld te brengen. Nu de concentraties daarvan sterk gedaald zijn, heeft dit nog maar een beperkt nut. Vanaf het begin, in 1989, was de ammoniak (NH₃) problematiek de belangrijkste reden voor onderzoek: de ruimtelijke verschillen, en de veranderingen in de tijd zijn alle rondes uitgebreid gedocumenteerd. Rond 2002 werd voor het eerst een effect van ammoniak langs wegen opgemerkt. Dit hangt samen met een onbedoeld neveneffect van katalysatoren van auto's, met als gevolg uitstoot van NH_x. Stikstofminnende korstmossen reageren niet op stikstofoxiden (NO_x).

Bij het onderhavige onderzoek van 2016 is het meetnet omgevormd naar een meetnet met de nadruk op tijdreeksen. Uit de set van 579 meetpunten die in 2010 voor het laatst zijn opgenomen, is nu een selectie van 211 punten herhaald. Van een groot aantal graadmeters voor onder andere ammoniak en klimaatsverandering zijn tijdreeksen berekend die de verandering tussen 1991 en 2016 in beeld brengen. Namens de provincie Drenthe werd het project begeleid door mevrouw Karin Uilhoorn (team Natuur en Water) en de heer Arnout Venekamp (team Milieu, Bodem en Energie).

Kok van Herk
Lichenologisch Onderzoeksbureau Nederland (LON)
Wielewaal 42
3766 VC Soest
tel. 035-6018541
e-mail lonsoest@wxs.nl

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING en METHODE	9
1.1	Wat zijn korstmossen?	9
1.2	Relaties met het milieu	9
1.3	Het provinciale korstmossenmeetnet	10
1.4	De herhalingsronde in 2016	11
1.5	Hoe zijn de veranderingen berekend?	11
1.6	Meetdoelen	12
1.7	Welke graadmeters zijn onderzocht?	16
2	RESULTATEN	21
2.1	Het aantal soorten korstmossen per meetpunt	21
2.2	De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt	22
2.3	De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt gecorrigeerd voor de nabijheid van wegen	23
2.4	De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt	25
2.5	Warmteminnaars (warmer klimaat)	26
2.6	Vochtminnaars (natter klimaat)	28
2.7	Rode Lijst	28
2.8	PAS	31
2.9	WAV	34
2.10	Regionaal	36
2.11	Interprovinciaal	39
3	DISCUSSIE	42
3.1	Ammoniak uit katalysatoren	42
3.2	Afname van zuurminnaars (AIW)	42
4	SAMENVATTING en CONCLUSIES	44
5	LITERATUUR	47
	bijlage 1: veranderingen per soort	49
	bijlage 2: regressies wegtype tegen NIW	53
	bijlage 3: statistische significantie van de veranderingen	55
	bijlage 4: rekenvoorbeelden	57

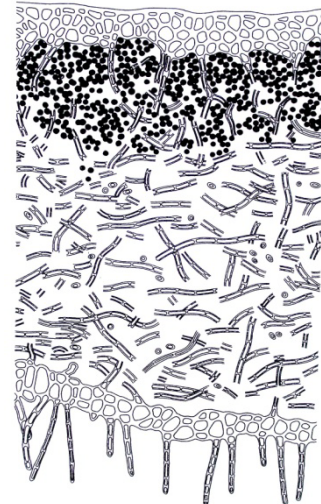
1 INLEIDING en METHODE

1.1 Wat zijn korstmossen?

De benaming ‘korstmos’ suggereert dat we te maken hebben met een speciaal type mos, maar dat is niet het geval. Korstmossen vormen een samenleving tussen een schimmel en een alg (figuur 1.1), en zijn daarmee geheel niet verwant aan mossen. Korstmossen groeien vooral op extreme standplaatsen: op kaal zand in de heide en de duinen, op steen van bestratingen en daken, en op de schors van bomen. Het voorkomen op de stam van bomen is het onderwerp van deze studie. We spreken dan van *epifytische* korstmossen, ofwel *epifyten*.

Korstmossen worden ook wel *lichenen* genoemd. Zij leven van de stoffen die in de lucht zitten. Er bestaan allerlei groeivormen, elk met een groot aantal soorten. De baardvorm is het meest ontwikkeld. Daarnaast bestaan de struikvorm, de bladvorm, de bekervorm, de staafvorm, de schubvorm en de korstvorm. Purper geweimoss en Eikenmos (zie omslag) zijn struikvormig; Lindeschildmos en Klein dooiermos zijn bladvormig. In Nederland zijn ruim 750 soorten gevonden (Aptroot *et al.*, 2004).

Figuur 1.1 Doorsnede door een bladvormig korstmos (50 x). Van boven naar beneden zijn zichtbaar de bovenschors, een algenlaag, het merg, de onderschors, en wortelachtige orgaantjes. Algen (zwart) zitten alleen in de algenlaag, de overige lagen bestaan alleen uit de schimmel (ontleend aan Wirth *et al.*, 2013).



1.2 Relaties met het milieu

Korstmossen reageren sterk op veranderingen in het milieu. De uitstoot van zwaveldioxide (SO₂), die in de jaren 70 van de vorige eeuw zijn hoogtepunt bereikte, heeft veel korstmossen doen verdwijnen. Een deel van die soorten keerde terug toen de luchtkwaliteit weer verbeterde.

Het ammoniak (NH₃) probleem werd voor het eerst aan de korstmossen in de Gelderse Vallei gesignaleerd toen bleek dat daar stikstofminnende soorten rond boerderijen sterk waren toegenomen (van der Knaap, 1980). Dit was nog voordat de overheid het probleem herkende en onderkende, en voordat chemische metingen van NH₃ beschikbaar waren.

Eind jaren '1970 werd door de provincie Drenthe ook epifytenonderzoek gestart (Masselink-Beltman, 1978). De jaren daarna werd gewerkt aan een meetnet m.b.v. foto's (Dijkstra, 1990). Vaste proefvlakken werden daarbij regelmatig gefotografeerd, en groei of afsterven van indicatorsoorten werd opgemeten. Hieruit bleek voor het eerst dat het ammoniakprobleem ook in Drenthe speelt. Vooral bij Purper gewei mos werd een sterke mate van afsterven gesignaleerd. Dat onderzoek vormde de basis voor het onderhavige meetnet. Er was meer behoefte aan ruimtelijke informatie in welke mate Drenthe met ammoniak verontreinigd was. Verder groeide de behoefte om de totale soortensamenstelling te volgen in plaats van een selectie soorten. Na een verkennend onderzoek in 1989 in delen van Drenthe, Overijssel en Gelderland (van Herk, 1990) is in 1991 voor het eerst het meetnet provinciebreed in Drenthe uitgerold (van Herk, 1993).

Recenter is gebleken dat korstmossen ook reageren op klimaatsverandering (van Herk *et al.*, 2002). Zuidelijke, warmteminnende soorten zijn de laatste 20 jaar sterk toegenomen, en sommige noordelijke soorten blijken juist afgenomen. Drie belangrijke milieuthema's (verzuring, vermesting en klimaatsverandering) kunnen dus met korstmossen zichtbaar worden gemaakt en gemonitord. Verder kunnen korstmossen een indicatie geven van ontwikkelingen die we nu nog niet goed begrijpen, bijv. bepaalde trends in bossen of in stedelijk gebied.

1.3 Het provinciale korstmossenmeetnet

Acht provincies Nederland hebben zich sinds de jaren '90 met korstmossenonderzoek bezig gehouden. In zes provincies zijn meetnetten opgestart, met steeds het hoofddoel de ammoniakproblematiek in kaart te brengen en te monitoren. Alle meetnetten zijn gebaseerd op het volgen van groepjes geselecteerde bomen, meestal rijtjes van 10 bomen langs wegen. De meetnetten van Drenthe, Friesland, Overijssel en Gelderland bestaan uitsluitend uit Zomereik; die van Zeeland vooral uit Populier, aangevuld met Zomereik; die van Utrecht uit een combinatie van diverse boomsoorten. In de literatuurlijst staat van alle zes provincies een referentie naar het laatste rapport.

De onderzoeksmethodiek is vanaf het begin ongewijzigd gebleven. Er is steeds per boom een lijst met alle aanwezige korstmossoorten (< 2 m. hoogte) aangelegd. Per boomgroep (meetpunt) is per soort een kwantiteit (hoeveelheid) toegekend. Deze methode maakt het mogelijk om heel gedetailleerd veranderingen te berekenen. De naamgeving van de korstmossen volgt de Veldgids Korstmossen (van Herk & Aptroot, 2004), zie ook Aptroot *et al.*, 2004.

Het Drentse meetnet is na de startronde in 1989/91 herhaald in 1998 (van Herk, 1998b), 2004 (van Herk, 2005) en 2010 (van Herk, 2011). Voor de overzichtelijkheid

worden de metingen uit 1989 en 1991 (zijn complementair) hierna kortweg op 1991 gedateerd.

In 2004 bereikte het meetnet met 580 meetpunten de maximale omvang, d.w.z. gemiddeld ruim vijf meetpunten per blok van 5 x 5 km². Dit is een puntendichtheid die het toelaat om tamelijk gedetailleerde ammoniakkaarten samen te stellen. Door de gelijkmatige spreiding van de punten over de provincie, over biotopen en over landschappen (landelijk gebied, natuurgebied, bebouwde kom) zijn de data in hoge mate representatief voor Drenthe als geheel. De daaruit afgeleide trends geven op hun beurt weer een representatief beeld van opgetreden veranderingen. Er zijn ook deelselecties mogelijk (regionaal, per biotoop, of geënt op specifieke vraag) waarmee op een gelijksoortige manier de toestand en trends kunnen worden berekend, ook met terugwerkende kracht.

1.4 De herhalingsronde in 2016

In navolging van Overijssel in 2015 (van Herk, 2015) is ook in Drenthe besloten tot een omvorming naar een meetnet met nadruk op tijdreeksen. Van de 579 punten uit 2010 zijn in 2016 211 punten opnieuw onderzocht. Een dermate grote inkrimping van het aantal meetpunten kan niet op aselechte wijze gebeuren; dit zou ten koste gaan van sommige meetdoelen. Bij de keuze van de geselecteerde herhalingen zijn twee randvoorwaarden relevant:

- 1 De geselecteerde set meetpunten moet geschikt zijn om ook bij deelselecties betrouwbare trends te kunnen berekenen. Relevante deelselecties zijn: 1. PAS-gebieden (zie par. 1.6.1) en niet-PAS-gebieden apart; 2. WAV-gebieden (zie par. 1.6.2), een zone van 250 m. rondom de WAV, en niet-WAV-gebieden apart; 3. regio's NW-, ZW- en O-Drenthe apart (zie par. 1.6.3).
- 2 De samenstelling van de selectie meetpunten moet ook geschikt zijn om bij het leeuwendeel van de korstmossoorten de voor- of achteruitgang uit te rekenen, ook bij zeldzame soorten.

Deze doelen kunnen bij een selectie van 211 herhalingen alleen worden bereikt door het principe van gelijkmatige spreiding (zie par. 1.3) en hoge representativiteit enigszins los te laten. Met name de PAS-gebieden zijn nu oververtegenwoordigd (zie tabel 1.1), eveneens meetpunten met zeldzame soorten.

1.5 Hoe zijn de veranderingen berekend?

Omdat de steekproefgrootte en -samenstelling per onderzoeksrunde verschillend is, zijn de gemiddelden over de diverse onderzoeksjaren zonder een correctie daarvoor niet vergelijkbaar. Alleen de gegeven waarden van 2004 (het jaar met de maximale omvang) vormen de werkelijke gemeten gemiddelde waarden. De waarden van de andere jaren (1991, 1998, 2010 en 2016) zijn daar stapsgewijs uit afgeleid op basis van de opgetreden veranderingen in alleen de gemonitorde punten. Hierbij is steeds gebruik gemaakt van het maximum aantal beschikbare paren metingen over twee

opeenvolgende meetjaren (zie tabel 1.1). Dit geldt zowel voor data over geheel Drenthe als voor selecties. Ook de veranderingen per soort (bijlage 1) zijn op deze wijze uitgerekend.

Voor de veranderingen tussen 2010 en 2016 geldt bovendien dat deze gestratificeerd zijn berekend vanwege de oververtegenwoordiging van PAS-gebieden (par. 1.4). Dit houdt in dat voor de berekening van veranderingen de PAS-gebieden naar ratio van 2010 meewegen. Met deze werkwijze geven de resultaten een betrouwbaarder beeld van de werkelijk opgetreden veranderingen.

	1991-1998	1998-2004	2004	2004-2010	2010-2016
totaal	545 (499)	566 (519)	580 (530)	576 (526)	211 (195)
PAS	76 (73)	79 (76)	81 (78)	81 (78)	76 (73)
niet-PAS	469 (426)	487 (443)	499 (452)	495 (448)	135 (122)
WAV	47 (47)	49 (49)	49 (49)	49 (49)	23 (23)
250 m. zone	77 (72)	80 (75)	83 (78)	82 (77)	43 (40)
niet-WAV	421 (380)	437 (395)	448 (403)	445 (400)	145 (132)
NW-Drenthe	160 (149)	159 (148)	166 (153)	163 (150)	72 (68)
ZW-Drenthe	141 (127)	157 (142)	159 (144)	159 (144)	57 (52)
O-Drenthe	244 (223)	250 (229)	255 (233)	254 (232)	82 (75)

Tabel 1.1 *Het aantal meetpunten dat voor de diverse berekeningen gebruikt is. Kolom '1991-1998', '1998-2004', '2004-2010', '2010-2016': het aantal paren metingen over de twee opeenvolgende meetjaren. Kolom '2004': het aantal metingen waaruit het lopende gemiddelde is afgeleid. Getallen tussen haakjes: betreft berekening NIW (ammoniakminnaars) en AIW (zuurminnaars). Getallen zonder haakjes: betreft de overige graadmeters (zie par. 1.7).*

De veranderingen tussen 2010 en 2016 zijn ook statistisch getoetst op significantie. Dit is uitgevoerd met STATGRAPHICS (zie bijlage 3) met de zogenoemde Wilcoxon Matched Pairs Test (optie 'Ranks'). Alle in tabel 1.1 genoemde selecties zijn getoetst.

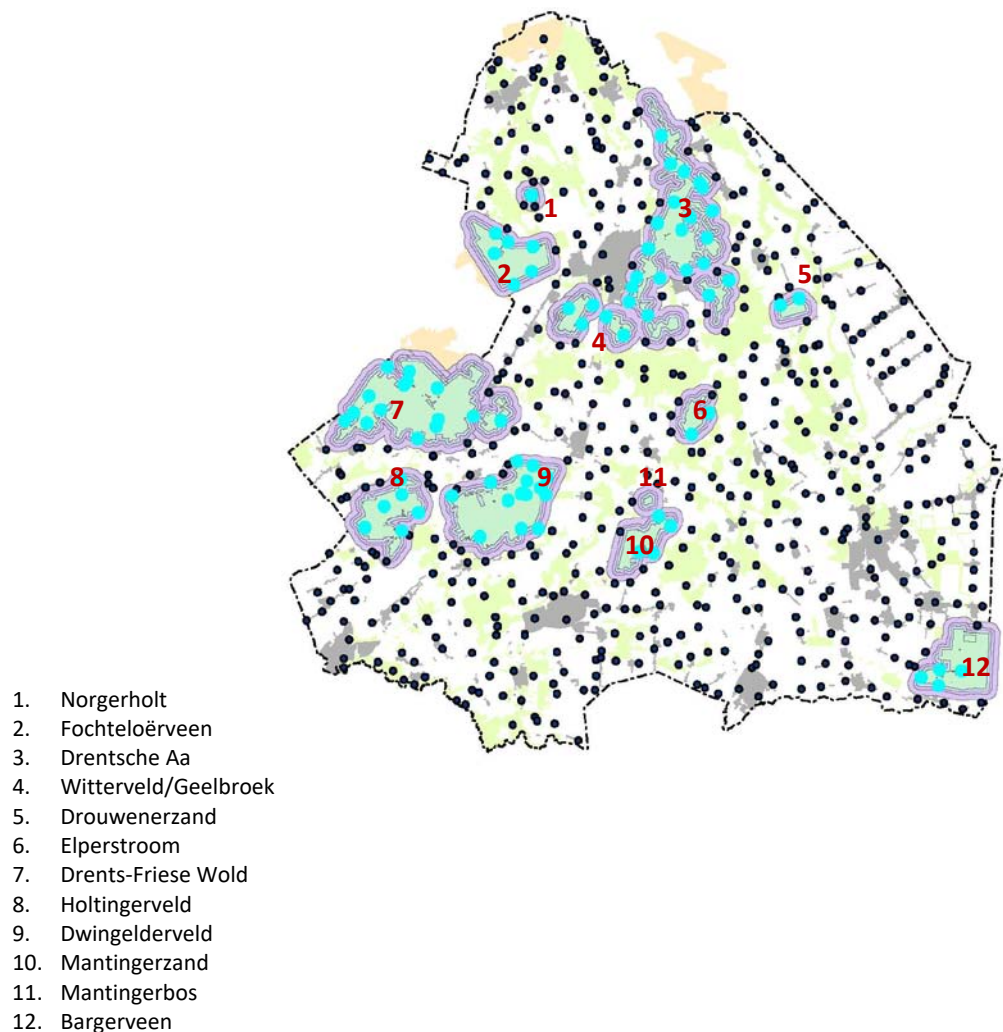
1.6 Meetdoelen

1.6.1 PAS

De afkorting PAS staat voor Programmatische Aanpak Stikstof. De PAS heeft tot doel te werken aan een sterkere natuur met minder stikstof depositie, en tegelijk ruimte te bieden aan economische ontwikkelingen. In de PAS werken overheden, natuurorganisaties en ondernemers samen. De PAS is op 15 juli 2015 in werking getreden. In Drenthe heeft het ministerie van Economische Zaken veertien gebieden aangewezen die onder Natura 2000 vallen. In twaalf van de veertien Natura 2000-gebieden

zijn natuurtypen aanwezig die gevoelig zijn voor stikstof. In deze gebieden geldt de PAS.

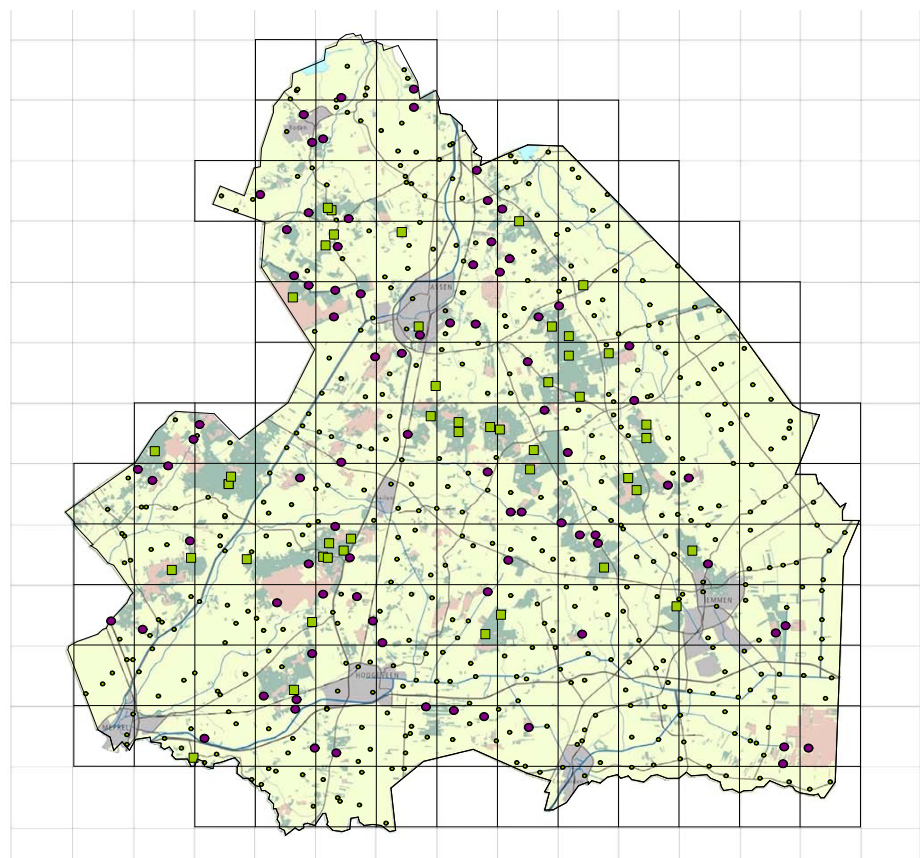
In of rond elf Drentse PAS-gebieden zijn 82 punten van het korstmossenmeetnet voor herhaling beschikbaar (figuur 1.2), 76 daarvan zijn in 2016 herhaald. De beschikbaarheid verschilt sterk per gebied: van slechts één punt in het Norgerholt (1) tot meer dan twintig rond de Drentsche Aa (3). Alleen in of bij het Mantingerbos (11) liggen geen punten.



Figuur 1.2 De ligging van de PAS-gebieden in Drenthe. In blauwgroen is aangegeven waar herhaalbare korstmossenmeetpunten (uit 2010) liggen binnen de contouren van de PAS of binnen een bufferzone van 500 m (82 stuks). Hiervan zijn 76 meetpunten in 2016 herhaald. De overige punten (zwarte stippen, 497 stuks) gelden als 'niet-PAS'.

1.6.2 WAV

De Wet Ammoniak en Veehouderij (WAV) is ingesteld om verzuringsgevoelige natuurgebieden te beschermen tegen de schadelijke invloed van ammoniak. De werking van de WAV beperkt zich tot gebieden binnen de ecologische hoofdstructuur (EHS). De thans van kracht zijnde begrenzing van de WAV is in 2010 door Provinciale Staten van Drenthe vastgesteld. In figuur 1.3 is zichtbaar welke punten uit 2010 in WAV-gebied liggen, in een 250 m. zonerings, en in resterend niet-WAV-gebied.

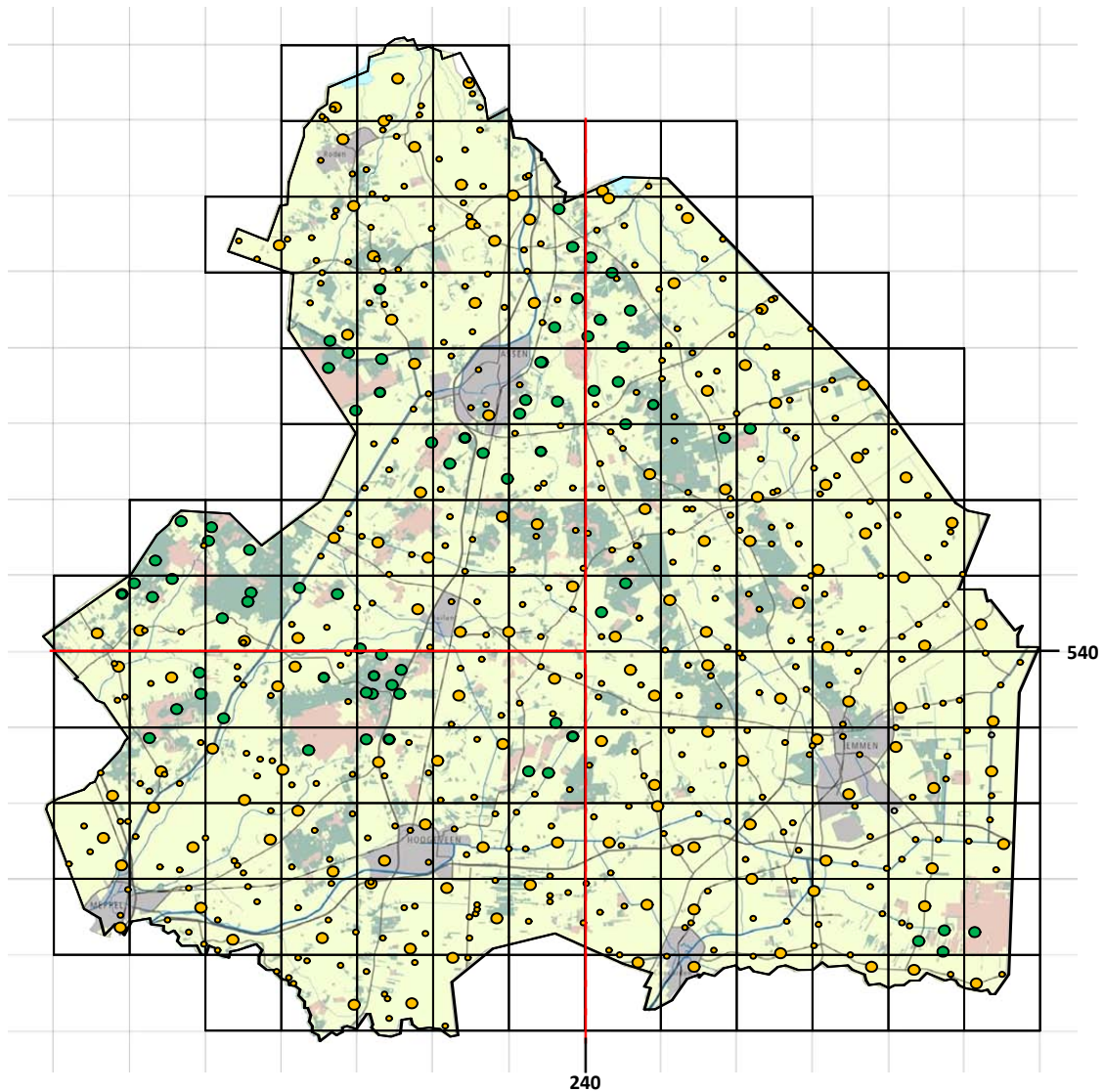


Figuur 1.3 Ligging van de onderzochte meetpunten tijdens de laatste ronde in 2010, en de status van deze punten op de kaart Wet ammoniak en veehouderij (WAV). Groene blokjes = gelegen in WAV-gebied; paarse rondjes = in de 250 m. zonerings; kleine stippen: in niet-WAV-gebied.

Van de 49 WAV-punten uit 2010 zijn er 23 in 2016 herhaald. Van de punten in de 250 m. zone, 82 stuks, zijn er 43 herhaald. In resterend niet-WAV-gebied zijn er 145 herhaald (zie tabel 1.1). PAS en WAV overlappen gedeeltelijk; het totale aantal punten in deze twee beleidsgebieden samen bedraagt 93 (89 gebruikt voor NIW/AIW).

1.6.3 Regionaal

Tot slot is er een opdeling gehanteerd naar regio: Noordwest-Drenthe ($x < 240$, $y > 540$), Zuidwest-Drenthe ($x < 240$, $y < 540$) en Oost Drenthe ($x > 240$), zie figuur 1.4. 72 herhalingen liggen in NW-Drenthe, 57 in ZW-Drenthe, en 82 in O-Drenthe.



Figuur 1.4 De ligging van de meetpunten in Drenthe. Grote rondjes betreffen punten die in 2016 zijn herhaald (211 stuks). Kleine rondjes betreffen punten die tijdens één of meer voorgaande rondes (1991, 1998, 2004, 2010) onderzocht zijn. Groene symbolen zijn herhalingen in PAS-gebieden, gele symbolen tonen de overige meetpunten. De rode lijnen geven de grenzen van de drie regio's aan.

1.7 Welke graadmeters zijn onderzocht?

Ieder korstmos verschaft informatie over de gesteldheid van omgevingsfactoren. Sommige soorten reageren op factor A, andere soorten op factor B, en weer andere soorten op een veelheid aan factoren. Sommige soorten reageren door harder te gaan groeien, andere soorten verdwijnen juist. Dit gegeven maakt het mogelijk om graadmeters (parameters) te ontwerpen die nauwkeurig de respons van een groep soorten op een omgevingsfactor registreren. De volgende graadmeters zijn uitgerekend; in bijlage 4 wordt met rekenvoorbeelden verduidelijkt hoe de graadmeters berekend zijn:

1. Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt,
2. De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt,
3. Als 2, maar gecorrigeerd voor de nabijheid van wegen (NH₃ uit katalysatoren)
4. De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt,
5. Een indicatie voor opwarming (warmer klimaat),
6. Een indicatie voor "vernatting" (regenrijker klimaat),
7. Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt.

1.7.1 Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt

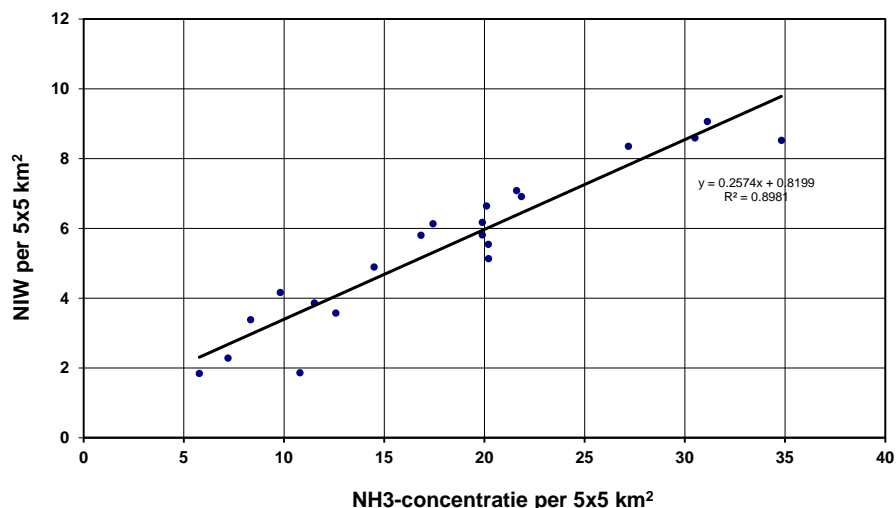
Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt was traditioneel een goede graadmeter voor de zwaveldioxide belasting (meer SO₂ = minder soorten) (Barkman, 1958; De Wit, 1976). Dit was vooral het geval in de jaren '70, toen de concentraties van dit voor korstmossen giftige gas in ons land zeer hoog waren. Met de huidige, aanzienlijk lagere concentraties moet deze parameter veel meer gezien worden als een algemene graadmeter voor de milieukwaliteit. Bovendien is de korstmossen-diversiteit een goede indicator voor de natuurwaarde.

Het verloop van het aantal soorten korstmossen wordt ook uitgesplitst over struik/baardvormige soorten, staaf/schubvormige soorten, bladvormige soorten en korstvormige soorten gepresenteerd.

1.7.2 De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt

Er zijn korstmossen die verdwijnen onder invloed van ammoniak, maar er zijn ook ammoniakminnende soorten, die juist harder gaan groeien onder invloed van ammoniak. De respons op ammoniak komt dus op twee manieren tot uitdrukking in de soortensamenstelling. In 1989 is de zogenoemde **NIW**-methode geïntroduceerd. Dit staat voor **Nitrofiële Indicatie Waarde**. Deze methode komt erop neer dat van ongeveer 20 soorten korstmossen met een positieve respons op ammoniak het

voorkomen bij elkaar wordt opgeteld. Dit resulteert in een getal tussen de nul en tien (zie bijlage 4).



Figuur 1.5 Lineaire regressie van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) tegen de jaarrond gemeten NH₃-luchtconcentratie in 1997 (beide op basis van 4 tot 6 metingen per 5 x 5 km²). Metingen in Friesland, Gelderland en Noord-Brabant (ontleend aan van Herk, 2001).

In 1997 is het verband tussen de NIW en ammoniakmetingen die terplekke met permanente monsternemers door TNO uitgevoerd zijn, onderzocht (zie van Herk, 1998a). Daaruit blijkt een sterk verband ($R^2 = 0,898$, zie figuur 1.5).

Niet alle meetpunten zijn voor 100% bruikbaar om de ammoniakbelasting goed te volgen. Vooral in de bebouwde omgeving kan er sprake zijn van versturende zaken, zoals straatvuil en effecten van huisdieren. Juist bij monitoring moeten hoge eisen gesteld worden aan de vergelijkbaarheid. Een deel van de punten is daarom niet gebruikt voor voor verandering van NIW en AIW (zie tabel 1.1). Dezelfde criteria zijn gehanteerd als in 2010 (van Herk, 2011, p. 21). De herhaalde punten zijn om andere redenen steeds wel relevant, bijv. bij het monitoren van bijzondere soorten.

1.7.3 De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt, gecorrigeerd voor de nabijheid van wegen

Sinds de introductie van de katalysator, ongeveer 20 jaar geleden, stoten ook auto's ammoniak uit. Dit wordt veroorzaakt door een reductieproces waarbij stikstofoxiden (NO_x) in onschadelijk stikstofgas (N₂) wordt omgezet. De reductie gaat deels te ver door met als onbedoeld bijproduct ammoniak (NH₃).

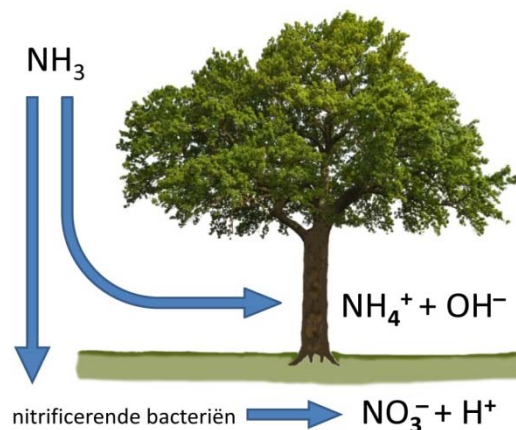
Volgens de meest recente cijfers (Compendium voor de Leefomgeving, www.clo.nl) bedraagt de emissie uit verkeer voor geheel Nederland 3,8 miljoen kg NH_3/jr (voor 2014). Ter vergelijking: de emissie uit landbouw bedraagt over het zelfde jaar 114,1 miljoen kg NH_3/jr , dus ongeveer 30 maal zo veel. In 1995 was de emissie uit verkeer nog bijna 40% lager (2,4 miljoen kg NH_3/jr), in 1990 een factor vier lager. De piek lag volgens het CLO bij 2005 (5.3 miljoen kg NH_3/jr). Bij een onderzoek met permanente monsternemers langs de A1 bij Markelo bleek dat de NH_3 -concentratie in de berm (op de vangrail) ongeveer $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger was dan de achtergrondbelasting (Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden (MAN), RIVM). Dit betekent dat de bijdrage van het wegverkeer lokaal substantieel kan zijn.

De wijze waarop het effect van wegverkeer op de NIW wordt uitgerekend, is besproken in het rapport van 2010 (van Herk, 2011, pag. 31 - 34). Het type weg waarlangs de meetpunten gelegen zijn, is gebruikt als relatieve maat voor de drukte van de weg. Een regressie van wegtype tegen de NIW laat zien dat het effect van 'wegtype' op NIW in de loop der jaren steeds sterker geworden is (de 'helling' van de regressielijn, zie bijlage 2). Voor 2004 leidde deze werkwijze tot een correctie van de NIW van -0,3 voor rustige wegen tot -1,2 voor provinciale wegen. Voor 2010 bedroeg de correctie -0,4 voor rustige wegen tot -1,6 voor provinciale wegen (zie bijlage 2). Voor de meetjaren 1991 en 1998 blijkt geen of weinig correctie nodig. Dat de bijdrage van wegverkeer aan de NIW relatief groot is, is uiteraard verklaarbaar doordat de bomen dikwijls dicht op de weg staan, vaak maar één meter van het asfalt.

1.7.4 De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt

Voor een goed begrip van deze graadmeter is het belangrijk te beseffen dat ammoniak (NH_3) een base is. Bovengronds –in de lucht, maar ook in boomschors– draagt ammoniak niet bij aan de verzuring. Verzuring treedt pas op als ammoniak in de vorm van ammonium (NH_4^+) in de bodem wordt opgenomen, en door bacteriën in nitraat (NO_3^-) wordt omgezet (figuur 1.6). Nitraat reageert wel zuur (salpeterzuur, HNO_3). Het is daarom gebruikelijk om over **potentieel** zuur spreken als het om de depositie van ammoniak gaat. De term 'zure depositie' is in dit geval feitelijk onjuist.

Figuur 1.6 De omzetting van ammoniak (NH_3), bovengronds, en ondergronds. Bij adsorbtie door boomschors reageert ammoniak basisch (NH_4^+ en OH^-). In de bodem, daarentegen, wordt het door nitrificerende bacteriën in nitraat (NO_3^-) omgezet. Hierbij komen zuurionen (H^+) vrij.



Zolang de ammoniak zich nog in de lucht bevindt is er dus nog geen sprake van zuur. Dit geldt ook voor de effecten op boomschors: de bacteriën die verantwoordelijk zijn voor de omzetting naar nitraat ontbreken in boomschors. Boomschors die met ammoniak in aanraking komt, wordt door NH_3 juist ontzuurd (de pH gaat omhoog). Uit onderzoek blijkt dat bij een hoge achtergrondbelasting NH_3 de stijging van de pH van de schors van eiken wel twee eenheden kan bedragen (pH 4,2 naar 6,2).

Schors van eiken is van nature zuur omdat de boom looizuur aanmaakt. Op eiken groeien van nature dan ook veel zuurminnende korstmossen. Dit is een goed teken. Zuurminnende korstmossen komen vanouds veel voor in de kern van grote boscomplexen, op relatief grote afstand van veehouderijgebieden. Ook sommige akkerbouwgebieden kennen vanouds veel zuurminnaars. In veel veeteeltgebieden zijn deze soorten in mindere of meerdere mate verdwenen.

De hoeveelheid zuurminnaars wordt met behulp van de **AIW (Acidofiele Indicatie Waarde)** gekwantificeerd. Deze parameter is net als de NIW in 1989 geïntroduceerd. Ook hierbij komt het erop neer dat van ongeveer 20 soorten korstmossen de respons op ammoniak bij elkaar wordt opgeteld, nu dus alleen soorten met een negatieve respons (soorten die gevoelig zijn dus). Dit resulteert wederom in een getal tussen de nul en ongeveer tien (bijlage 4).

1.7.5 Een indicatie voor opwarming (warmer klimaat)

Het monitoren van de effecten van klimaatsverandering is een ander doel van dit onderzoek. Uit een analyse van de data van het korstmossenmeetnet van de provincie Utrecht in 2001 bleek voor het eerst dat korstmossen op een warmer geworden klimaat hadden gereageerd. De publicatie daarover in *The Lichenologist* (van Herk *et al.*, 2002) was de wereldwijd eerste waarbij dit werd aangetoond.

Het onderhavige korstmossenmeetnet van Drenthe (1991 - 2010) was recentelijk onderdeel van een internationale studie naar de effecten van klimaatverandering op soortgroepen. Uit de zojuist verschenen publicatie hierover in *Nature Ecology & Evolution* (Bowler *et al.*, 2017) blijkt dat klimaatseffecten zeer duidelijk zichtbaar zijn bij korstmossen, vogels, vlinders, loopkevers en springstaarten. Ruim 20 plant- en diergroepen werden onderzocht; van alle groepen gaven de korstmossen het sterkste signaal. De klimaatseffecten bij de korstmossen zijn bij deze studie afgeleid uit de veranderingen in Drenthe.

Deze nieuwe ronde is ervoor gekozen om het effect van de klimaatsverandering opnieuw te monitoren met behulp van "Ellenberggetallen", genoemd naar de auteur van de eerste publicatie hierover (Ellenberg, 1974). Ellenberggetallen zijn ecologische indicatiewaarden die per soort toegekend zijn voor onder meer temperatuur, vocht, nutriënten en continentaliteit. Dit getal beschrijft het gedrag van een bepaalde soort ten aanzien van die factor. Meestal is dit in de vorm van een waarde op een 9-delige

schaal. Voor korstmossen zijn deze getallen gepubliceerd door Wirth (2010), en voor de Nederlandse situatie zijn deze onlangs aangepast en aangevuld door Sparrius *et al.* (2015).

Om het effect van het warmer geworden klimaat te kwantificeren is per meetpunt per onderzoeksjaar het **gemiddelde temperatuurgetal** berekend, gebaseerd op Sparrius *et al.* De verandering van het gemiddelde temperatuurgetal wordt gepresenteerd. Naast het temperatuurgetal is ook het areaal (wereldwijde verspreiding) van de soorten in beschouwing genomen. Het verloop van het percentage noordelijke, koel-gematigde, warm-gematigde, en tropische soorten is uitgerekend.

1.7.6 Een indicatie voor "vernatting" (regenrijker klimaat)

De berekening van vernatting, als indicator voor een mogelijk regenrijker klimaat, is op gelijke wijze uitgevoerd als die van opwarming (par. 1.7.5). Hiervoor is het **vochtgetal** gebruikt (Sparrius *et al.*, 2015).

Als aanvulling daarop is ook het gemiddelde **continentaliteitsgetal** berekend. Deze parameter beschrijft in welke mate de korstmossen gebonden zijn aan een Atlantisch (zee-) klimaat dan wel een continentaal (land-) klimaat.

1.7.7 Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt

De berekening van het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt is gebaseerd op de laatste Rode Lijst korstmossen, die in 2012 is uitgekomen (Aptroot *et al.*, 2012). Dit is de eerste Rode Lijst korstmossen die geheel op berekende trends van soorten gebaseerd is. Belangrijke bronnen hiervoor waren de databank van de Bryologische en Lichenonologische Werkgroep (BLWG: mossen- en korstmossenwerkgroep van de KNNV) en de korstmoskarteringen en -meetnetten van de provincies. Ook het onderhavige meetnet van Drenthe heeft dus bijgedragen aan de vaststelling van de soorttrends (zie bijlage 1). De Rode Lijst telt 311 soorten (dit is 46% van inheemse korstmosflora), hiervan hebben 96 soorten de status 'gevoelig', 65 soorten zijn 'kwetsbaar', 49 zijn 'bedreigd', 42 'ernstig bedreigd', en 59 zijn 'verdwenen uit Nederland'. Naast het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt wordt ook het cumulatief aantal Rode Lijst-soorten per meetronde gepresenteerd.

Noot: Tabel 3.2 (pag. 27) in het rapport over 2010 (van Herk, 2011) is gebaseerd op de vorige Rode Lijst, en derhalve niet vergelijkbaar met de hier gepresenteerde getallen!

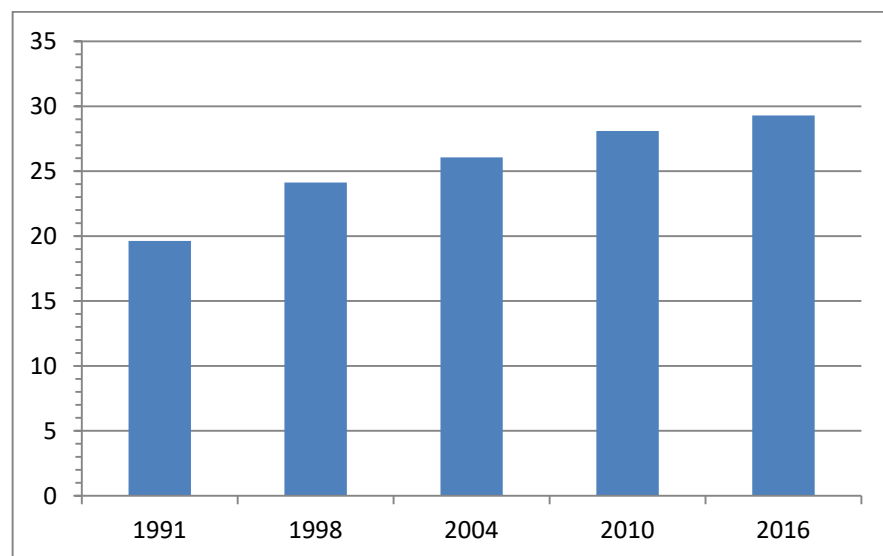
Veel provinciale korstmosrapporten, waaronder ook de meeste rapporten van Drenthe, alsmede wetenschappelijk publicaties zijn te downloaden op www.researchgate.net/profile/Kok_Van_Herk2/publications.

2 RESULTATEN

2.1 Het aantal soorten korstmossen per meetpunt

De soortenrijkdom per meetpunt is over de gehele onderzoeksperiode flink toegenomen. Deze steeg van 19,6 in 1991 naar 29,3 in 2016. In de beginjaren was de stijging het grootst; recenter neigt het patroon naar een zekere afvlakking (figuur 2.1). De stijging tussen 2010 en 2016 is desalniettemin nog steeds zeer significant (bijlage 3). De verandering per soort staat in bijlage 1.

Tussen 1991 en 2004 was de stijging in belangrijke mate toe te schrijven aan effecten van de verminderde zwaveldioxide belasting, maar de effecten daarvan zijn nu geleidelijk weggeëbd. Vanaf 1998 speelt de opwarming van het klimaat ook een rol bij de toegenomen diversiteit; dit komt doordat het aantal toegenomen warmteminnende soorten groter is dan het aantal afgenomen koelteminnende soorten. Verder heeft een toegenomen ammoniakbelasting een overall positief effect op de soortenrijkdom (zie rapport over 2010, pag. 30 (van Herk, 2011)).



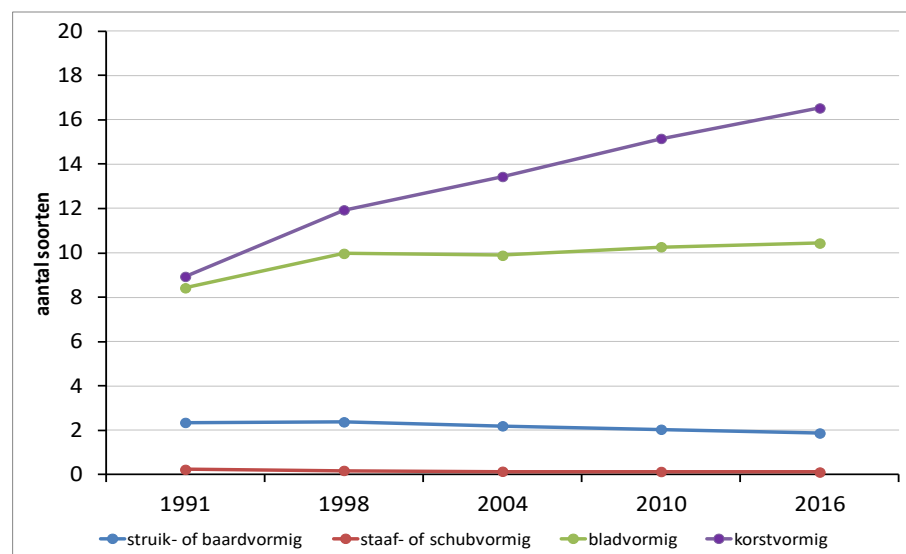
Figuur 2.1 De soortenrijkdom per punt

Ondanks de toegenomen diversiteit, heeft het algemene aspect van de korstmosbegroeiing geen gunstige ontwikkeling doorgemaakt. Weelderige begroeiingen met veel Eikenmos (*Evernia prunastri*) zijn bijv. sterk afgenomen. Deze opvallende soort (zie omslag, linksboven) nam af van 85,9 naar 58.7%. De afname gaat nog steeds door (bijlage 1). Purper geweimoss (*Pseudevernia furfuracea*, omslag, rechtsboven),

een andere opvallende struikvormige soort, ging van 24,3 naar 8,3%.

Voor een leek is de toename van de diversiteit moeilijk te zien. Dit komt doordat vooral onopvallende korsten sterk zijn toegenomen. Tot deze categorie behoren bijv. de Boomrookkorst (*Catillaria nigroclavata*) en Verzonken schriftmos (*Opegrapha rufescens*), die beide de laatste ronde een meer dan spectaculaire toename hebben laten zien (zie bijlage 1). Deze minuscule korsten zijn zelfs met een loupe nauwelijks zichtbaar; ze verraden hun aanwezigheid vooral door de schorsverkleuring die ze veroorzaken. De Boomrookkorst stond de vorige ronde nog op de Rode Lijst (die van 1998)!

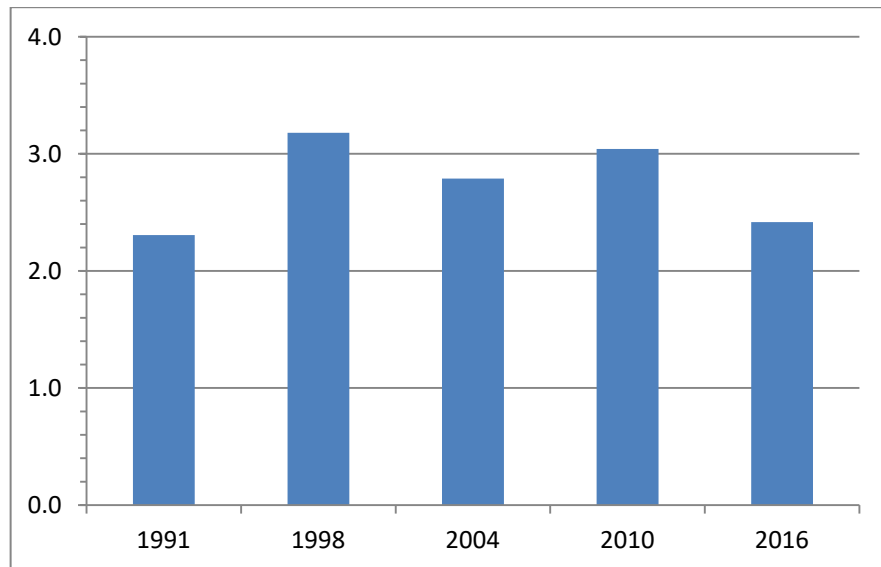
Figuur 2.2 laat zien dat de toename van de diversiteit vrijwel geheel voor rekening komt van de korsten. Aanvankelijk namen de bladvormige soorten ook toe. De struik- en baardvormige soorten namen juist sterk af. De staaf- en schubvorm (incl. de bekervorm) nam ook af. Tot deze groep horen alle *Cladonia*'s. De toename van de korsten is tussen 2010 en 2016 zeer significant; dit geldt ook voor de afname van de struik- en baardvorm (bijlage 3).



Figuur 2.2 De verandering van de soortenrijkdom per groeivorm. Gegeven is het aantal soorten per groeivorm per meetpunt.

2.2 De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt

De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) per meetpunt vertoont een op- en neergaande curve met een maximum bij 1998 (figuur 2.3). Na een stijging van 2,31 in 1991 naar 3,18 in 1998 is de NIW nu weer op een laag niveau van 2,42 terug, een afname van 24% ten opzichte van het maximum. Dit zijn de cijfers zonder correctie voor wegverkeer (zie par. 2.3).



Figuur 2.3 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW), ongecorrigeerd

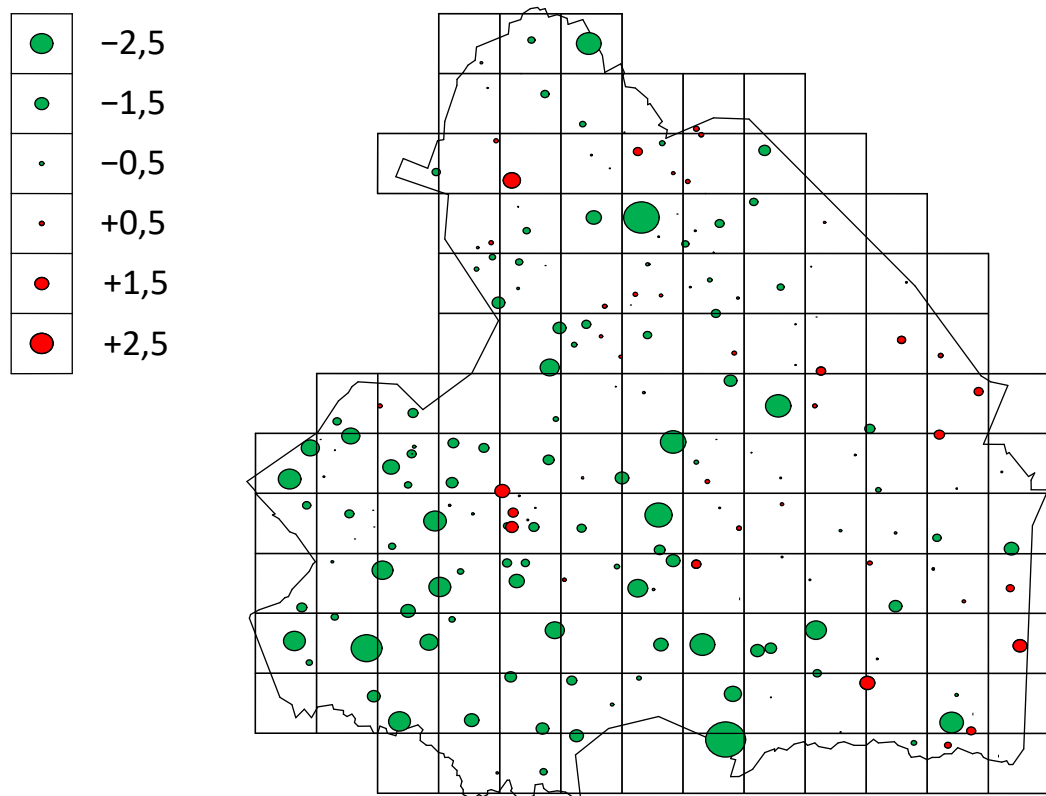
Onverwacht groot is de recente afname van 21% tussen 2010 en 2016, de NIW daalde van 3,04 naar 2,42. Deze getallen tonen aan dat het beleid tot het terugdringen van de ammoniakdepositie vooral in de meest recente periode vruchten heeft afgeworpen. Alle ronde-op-ronde veranderingen zijn zeer significant (Wilcoxon Matched Pairs test: $Z =$ resp. 15,83, 6,68, 6,85 en 7,10; steeds $p < 0,0001$, zie resp. van Herk 1998b, 2005 en 2011, en bijlage 3).

Het ruimtelijke patroon van de verandering laat zien dat de grootste verbetering opgetreden is in het westen en midden van de provincie (figuur 2.4). Vooral rond Meppel, Hogeveen, Beilen en Westerbork. In de oostelijke veenkoloniën en rond Emmen is er gemiddeld genomen weinig of geen verbetering.

Opvallend is een cluster van punten met toegenomen NIW in en bij boswachterij Dwingeloo. Twee van deze punten liggen pal naast een ven. Mogelijk gaat het hier om natuurlijke emissies. Over het geheel genomen is de NIW in het Dwingelderveld niet toegenomen (zie tabel 2.1).

2.3 De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt gecorrigeerd voor de nabijheid van wegen

Indien een correctie voor wegverkeer doorgevoerd wordt is de afname na 1998 nog groter (figuur 2.5). Zo'n correctie valt te rechtvaardigen, immers het lokale effect van verkeer wordt weggenomen, zodat de resulterende getallen beter de situatie van de achtergrondbelasting benaderen. De NIW neemt nu tussen 1998 en 2016 af van 2,99 naar 1,98 een daling van 34%. Dit getal geeft aan dat de ammoniakdepositie in



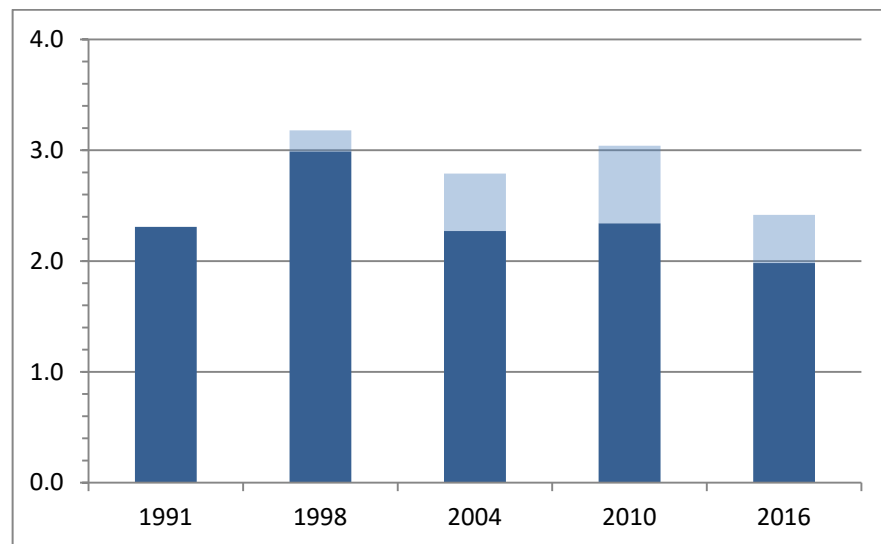
Figuur 2.4 De verandering van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) tussen 2010 en 2016. Punten met een afname zijn groen weergegeven; punten met een toename rood. De grootte van de symbolen geeft de sterkte van de verandering.

Drenthe met succes flink teruggedrongen is. De NIW is nu weer duidelijk beneden het niveau van 1991, de eerste ronde van het meetnet. Meer recent, tussen 2010 en 2016, is de NIW van 2,34 naar 1,98 gegaan, een daling van 17%.

Het Compendium voor de Leefomgeving (www.clo.nl) becijfert een afname van de ammoniakdepositie in Nederland van ongeveer 31% over 1990-2014 (van 1788 naar 1240 mol N/ha). Tussen 1999 en 2014 zou de afname 17% zijn (van 1491 naar 1240 mol N/ha). Bij een evenredig lineair verband tussen NIW en NH₃-belasting (figuur 1.5) kan vastgesteld worden dat uit het Drentse korstmossenmeetnet een afname in NH₃-belasting in dezelfde orde van grootte volgt, zij het met een vertraging van ongeveer 8 jaar. Langlopende metingen aan de luchtconcentratie NH₃ laten opvallend genoeg nog geen verbetering zien (RIVM, 2016, Van Pul *et al.*, 2016, Van Zanten *et al.*, 2017).

De effecten van het wegverkeer lijken enigszins op zijn retour (bijlage 2). Uit de regressieberekeningen blijkt dat een effect van verkeer voor het eerst in 1998 waargenomen kon worden, en daarna tot 2010 steeds duidelijker werd. Tussen 2010 en 2016 is het effect weer wat afgenomen (vergelijk de hellingshoek van de rode regressielijn in de diverse figuren in bijlage 2). Dit weerspiegelt zich ook in figuur 2.5.

De recente trend lijkt te corresponderen met de cijfers van het Compendium voor de Leefomgeving; deze signaleert een daling van de NH₃-emissie uit wegverkeer sinds 2005, zie par. 1.7.3. De sterkte van de effecten op de korstmossen blijft evenwel opvallend groot. De resultaten suggereren dat de NH₃ uitstoot door katalysatoren wordt onderschat. Zie hiervoor ook de discussie (hoofdstuk 3).

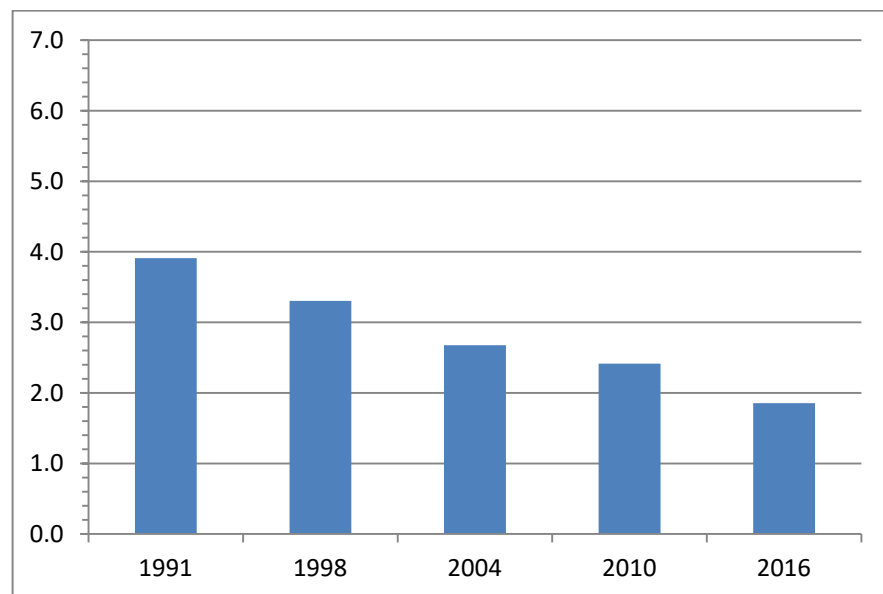


Figuur 2.5 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW): lichtblauw: de correctie voor wegverkeer; donkerblauw: de gecorrigeerde NIW.

2.4 De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt

De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) vertoont een constant neergaande trend (figuur 2.6). Dit is geen gunstig teken (zie par. 1.7.4); zuurminnaars horen thuis op schors van eiken. Ondanks de vermindering van de ammoniakuitstoot, en de duidelijke afname van de hoeveelheid ammoniakminnaars (par. 2.2 en 2.3), valt er tot dusver dus geen trendbreuk in de ontwikkeling van zuurminnaars te bespeuren. Alle rondopronde veranderingen zijn zeer significant ($Z =$ resp. 13,88, 14,36, 10,28 en 9,61; steeds $p < 0,0001$, zie resp. van Herk 1998b, 2005 en 2011, en bijlage 3). Al eerder was gebleken dat punten die ontzuurd zijn, niet zomaar zuurminnaars terug krijgen, ook niet als daar een sterke ammoniakreductie en diensgevolge sterke afname van NIW, heeft plaatsgevonden. Dit komt doordat schors die eenmaal ontzuurd is, niet vanzelf opnieuw zuur wordt. Dit kan duidelijk worden vastgesteld aan de hand van

de begroeiing op dergelijke punten: die is er één van subneutrale omstandigheden met veel Purperschaaltje (*Lecidella elaeochroma*) en Witte schotelkorst (*Lecanora chlorotera*). Het Kopjes-bekermos (*Cladonia fimbriata*) is tot dusver de enige zuurminnaar die zo nu en dan terugkeert op de voet van bomen waarop ammoniakminnaars massaal verdwenen zijn. Het is desondanks niet duidelijk waarom de afname van de AIW nog steeds doorgaat (figuur 2.6). Uit een analyse blijkt dat vooral de punten die veel 'te verliezen' hebben, nog steeds in AIW achteruit gaan. Mogelijk speelt bij de afname ook de klimaatsverandering een rol. In de discussie (hoofdstuk 3) wordt hier nader op ingegaan.

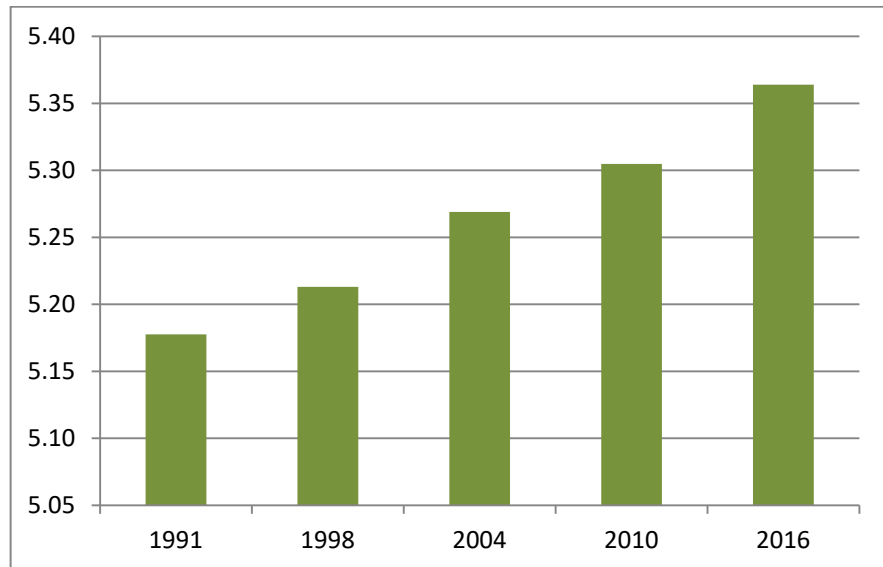


Figuur 2.6 De hoeveelheid zuurminnaars (AIW)

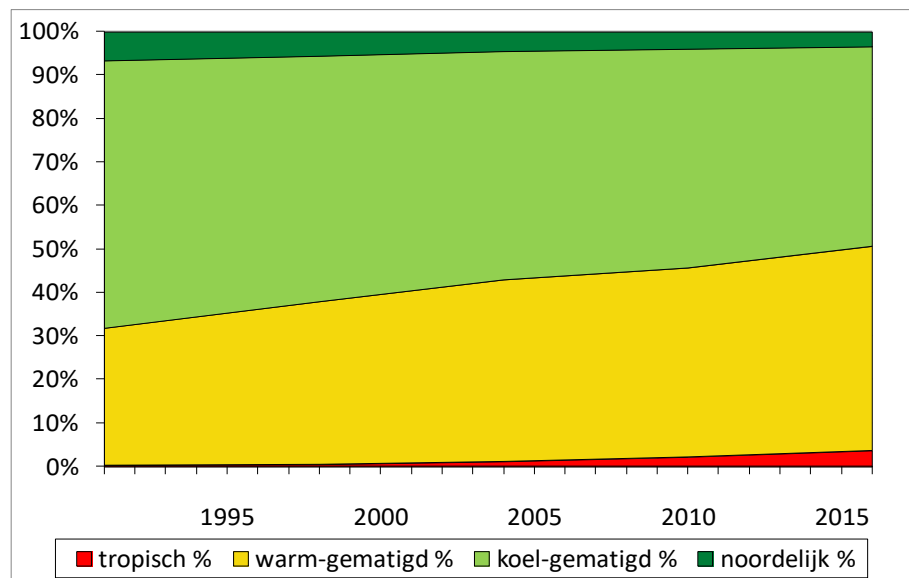
2.5 Warmteminnaars (warmer klimaat)

Het gemiddelde temperatuurgetal is over de gehele onderzoeksperiode duidelijk toegenomen (figuur 2.7). Dit betekent dat het warmer geworden klimaat zich sterk in de soortensamenstelling van de korstmosbegrøeiing weerspiegelt. De stijging was relatief het grootst tussen 1998 en 2004, maar ook recentelijk tussen 2010 en 2016 was er een forse toename. Deze is zeer significant (bijlage 3). Ook al voor 1998 sprake was er een stijging; bij de analyse van het meetnet van Utrecht (van Herk *et al.*, 2002) kon alleen een klimaatseffect na 1995 vastgesteld worden.

Figuur 2.8 laat zien dat de verschuiving in soortensamenstelling, opgedeeld naar areaal (verspreiding op aarde), zich ook in de recente periode (na 2010) weer heeft voortgezet. Noordelijke soorten zijn verder afgenomen, en zuidelijke soorten zijn weer toegenomen.



Figuur 2.7 Het gemiddelde temperatuurgetal

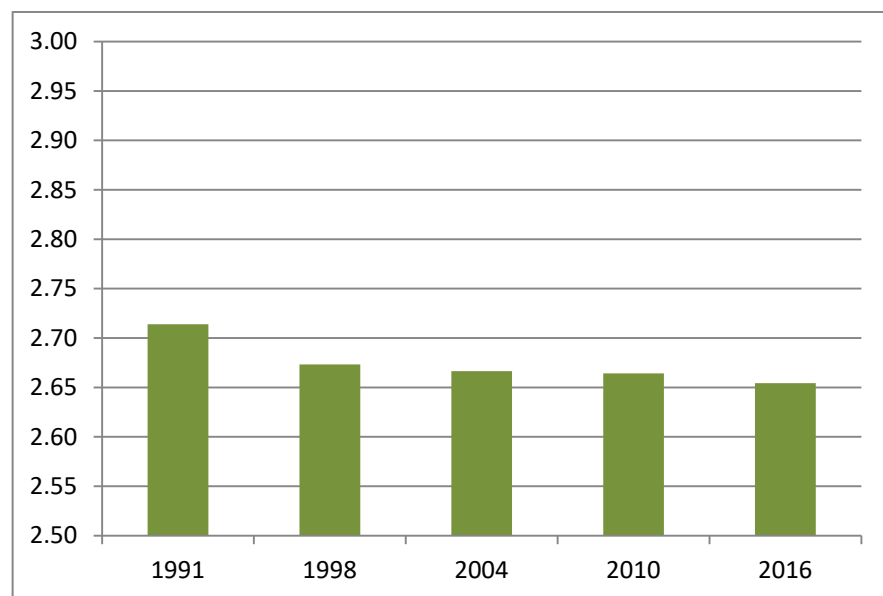


Figuur 2.8 De verandering van de soortensamenstelling in Drenthe tussen 1991 en 2016 als functie van het areaal van de aanwezige soorten. Gegeven is het aandeel tropische, warm-gematigde, koel-gematigde, en noordelijke soorten.

2.6 Vochtminnaars (natter klimaat)

Het gemiddelde vochtgetal is over de gehele onderzoeksperiode licht gedaald (figuur 2.9). Over de recente jaren is de verandering minimaal. Tussen 2010 en 2016 is er geen significante verandering (bijlage 3). Dit betekent dat er met deze methode geen effect vast te stellen is van een regenrijker klimaat op de soortensamenstelling.

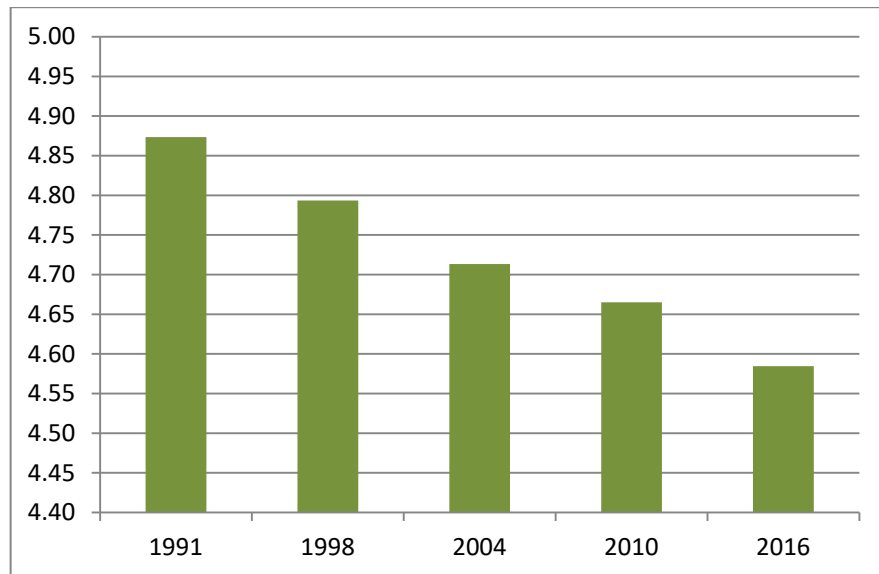
Ook het continentaliteitsgetal is uitgerekend. Deze is gedurende de onderzoeksperiode duidelijk afgenomen (figuur 2.10). Tussen 2010 en 2016 is de verandering zeer significant (bijlage 3). Hieruit blijkt dus wel een klimaatseffect: het klimaat is minder continentaal, met andere woorden atlantischer geworden. De toename van Schriftmossen (*Opegrapha* spp., zie bijlage 1) is een expressie hiervan. Hoe atlantischeit in termen van klimaatsverandering uitgelegd moet worden, is niet precies te zeggen, maar zachtere en nattere winterperiodes horen daar zeker bij.



Figuur 2.9 Het gemiddelde vochtgetal

2.7 Rode Lijst

Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt (naar Aptroot *et al.*, 2012) is over de onderzoeksperiode flink afgenomen (figuur 2.11). Om de afname van het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt te goed te begrijpen is het belangrijk te realiseren hoe de nieuwe Rode Lijst werkt: deze beschrijft welke soorten een sterke achter-

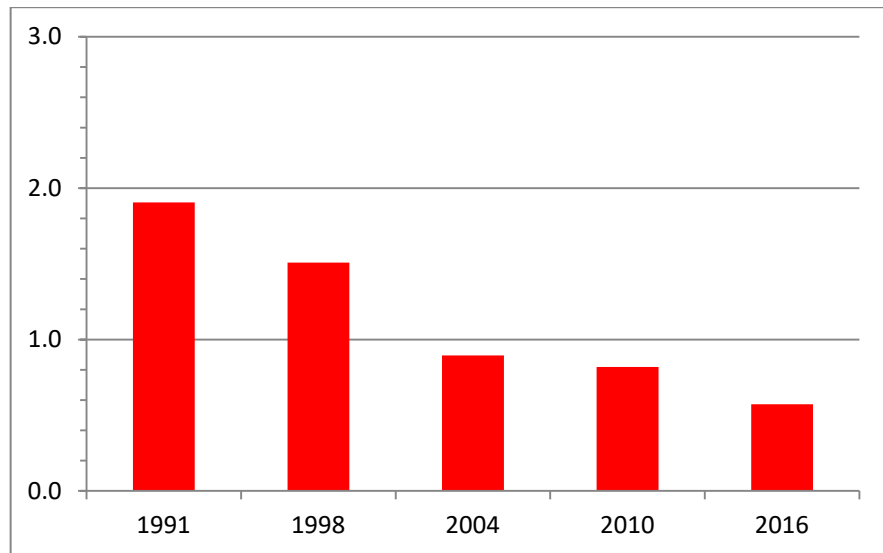


Figuur 2.10 *Het gemiddelde continentaliteitsgetal*

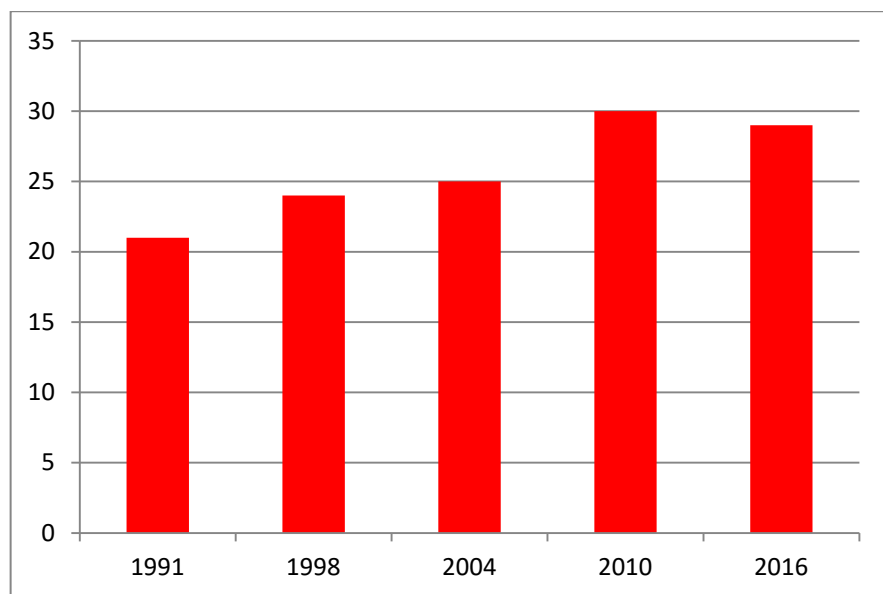
uitgang hebben laten zien over de laatste 65 jaar (1950 is het referentiejaar). Sommige voorheen algemene soorten die sinds 1950 meer dan 75% zijn afgenomen vallen daarbij in de categorie *gevoelig*; dit is de lichtste categorie. Deze soorten domineren de trend. Dit zijn dus niet à priori zeldzame soorten. Het gaat dan om o.a. Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*) en Groene schotelkorst (*Lecanora conizaeoides*). De laatste hoort 'technisch' weliswaar thuis op de Rode Lijst omdat hij voldoet aan de criteria, maar feitelijk was het een vervuilingindicator voor SO₂. Samen met Purper geweimos (*Pseudevernia furfuracea*) en Ananaskorst (*Pertusaria amara*) bepalen zij vrijwel het gehele 'volume' aan Rode Lijst-soorten anno 1991.

Een graadmeter die wellicht meer gericht is op natuurwaarde, is het cumulatief aantal Rode Lijst-soorten per onderzoeksrondte (dus niet het gemiddelde per meetpunt). Hierbij weegt iedere RL-soort even zwaar, in tegenstelling tot de voorgaande benadering, waar soorten uit de categorie *gevoelig* de trend domineren. Hierdoor krijgen de soorten uit de zware categorieën *kwetsbaar*, *bedreigd* en *ernstig bedreigd* meer gewicht. In figuur 2.12 is dit uitgezet zoals dat met monitoring wordt vastgesteld (dus afgeleid uit bijlage 1). Deze parameter laat tot 2010 een stijgende trend zien.

De trend tussen 2010 en 2016 is bij het cumulatief aantal evenwel minder goed vast te stellen vanwege het sterk ingekrompen aantal meetpunten. Vermoedelijk was dit hoger geweest bij een volledige herhaling. Nieuwe vestigingen van Rode Lijst-soorten na 2010 zijn de Grote runenkorst (*Phaeographis inusta*) in een meetpunt in het Norgerholt, en Koele boskorst (*Ropalospora viridis*) in een meetpunt bij Peize.



Figuur 2.11 *Het aantal Rode Lijst-soorten per punt*



Figuur 2.12 *Het aantal Rode Lijst-soorten per onderzoeksrunde*

2.8 PAS

De meetpunten zijn, zoals beschreven in par. 1.6.1, opgesplitst in PAS-punten, en punten buiten de PAS. Tabel 2.1 geeft de verdeling van de 73 punten over de 11 onderzochte PAS-gebieden. De veranderingen per PAS-gebied moeten met terughoudendheid beoordeeld worden als het aantal meetpunten (n) kleiner is dan 5.

In een paar grote PAS-gebieden in het westen van de provincie lijkt de NIW substantieel gedaald, te weten het Fochteloërveen en in het Drents-Friese Wold. Voor het Drentsche Aa-gebied, het Dwingelderveld en het Holtingerveld geldt geen of slechts een beperkte verbetering.

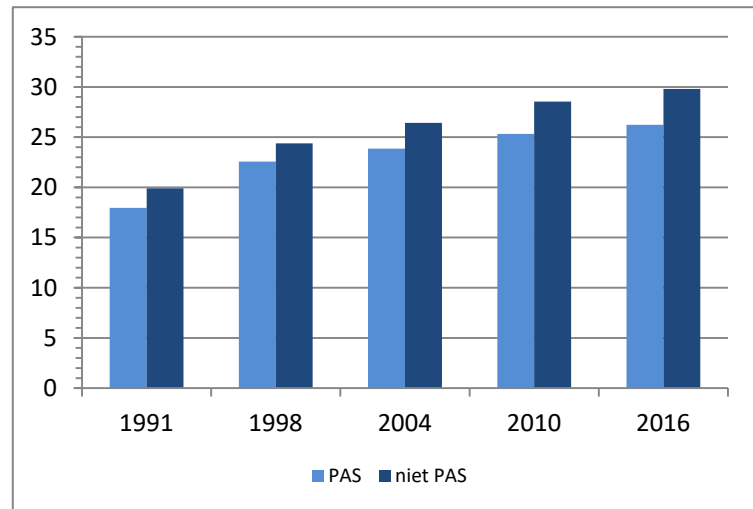
PAS-gebied	n	NIW 2010	NIW 2016	verschil	AIW 2010	AIW 2016	verschil
Norgerholt	1	0.1	0.0	-0.1	3.8	3.6	-0.2
Fochteloërveen	6	1.2	0.5	-0.7	4.0	2.6	-1.5
Drentsche Aa	20	2.4	2.1	-0.2	3.1	2.7	-0.4
Witterveld/Geelbroek	5	1.9	1.4	-0.4	2.7	1.8	-0.9
Drouwenezand	2	2.2	2.3	0.1	6.5	5.0	-1.5
Elperstroom	2	2.2	2.0	-0.3	2.5	2.1	-0.4
Drents-Friese Wold	13	2.3	1.4	-0.8	3.4	2.6	-0.8
Holtingerveld	5	1.1	0.9	-0.2	3.2	2.7	-0.5
Dwingelderveld	12	1.6	1.5	-0.1	3.4	2.8	-0.5
Mantingerzand	4	4.7	3.4	-1.3	1.0	0.9	-0.2
Bargerveen	3	4.2	3.7	-0.5	1.4	1.1	-0.2
totaal	73	2.16	1.74	-0.42	3.15	2.52	-0.64

Tabel 2.1 De verandering van de NIW (ammoniakminnaars) en AIW (zuurminnaars) in 11 PAS-gebieden. Vooral in gebieden met een klein aantal meetpunten ($n < 5$) is de verandering per gebied is slechts indicatief.

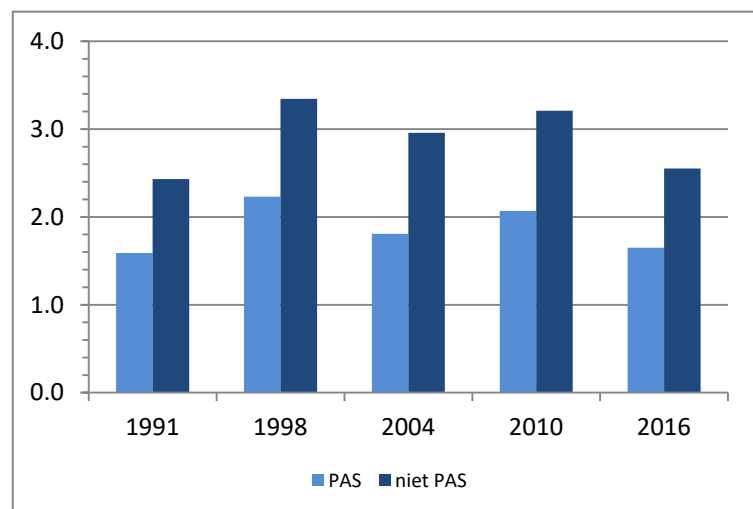
De trends in NIW sinds 1991 in en buiten de PAS zijn zichtbaar in figuur 2.14 en 2.15. De gemiddelde trend binnen de PAS volgt vrij nauwkeurig die buiten de PAS. Binnen de PAS is er sinds 1998 een afname van 34,5% in NIW (figuur 2.15), buiten de PAS 33,5%. Sinds 2010 is de NIW binnen de PAS 14,3% gedaald, buiten de PAS 15,3%. De beide veranderingen zijn significant (bijlage 3).

De ratio PAS/niet-PAS is ook een bruikbare graadmeter om de trend na te gaan. Deze schommelt over de onderzoeksperiode tussen de 0,64 en 0,66 (alleen in 2004 was deze lager: 0,60). Uit dit alles blijkt dat in de PAS-gebieden gemiddeld geen additioneel effect zichtbaar is boven op het generieke NH₃-beleid. Omdat er nog geen lokaal NH₃-beleid tot stand gebracht is, valt dit wellicht ook nog niet te verwachten. Deze ronde kan daarom goed als nulmeting gelden.

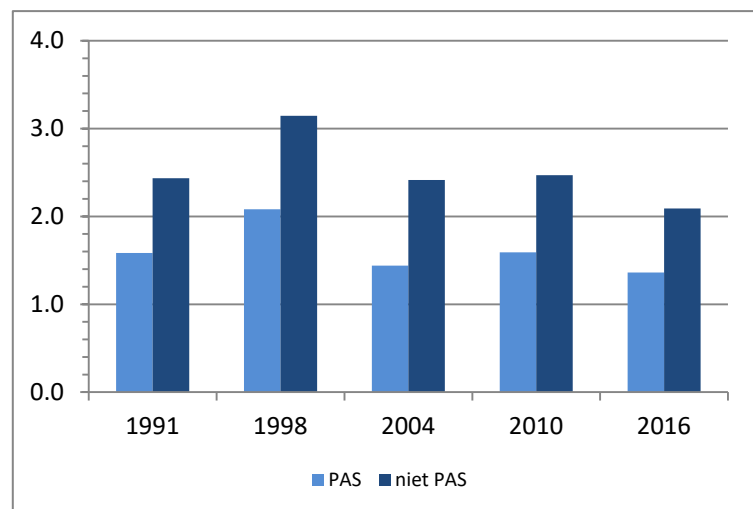
Figuur 2.13 De soortenrijkdom per punt in relatie tot PAS



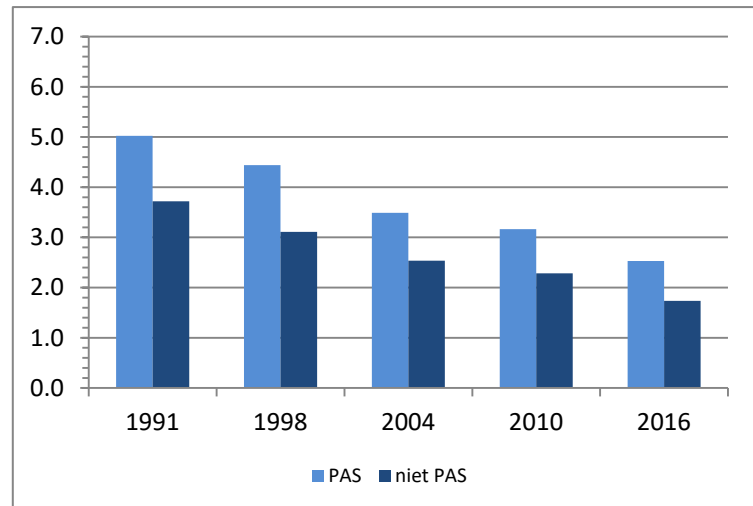
Figuur 2.14 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW), ongecorrigeerd, in relatie tot PAS



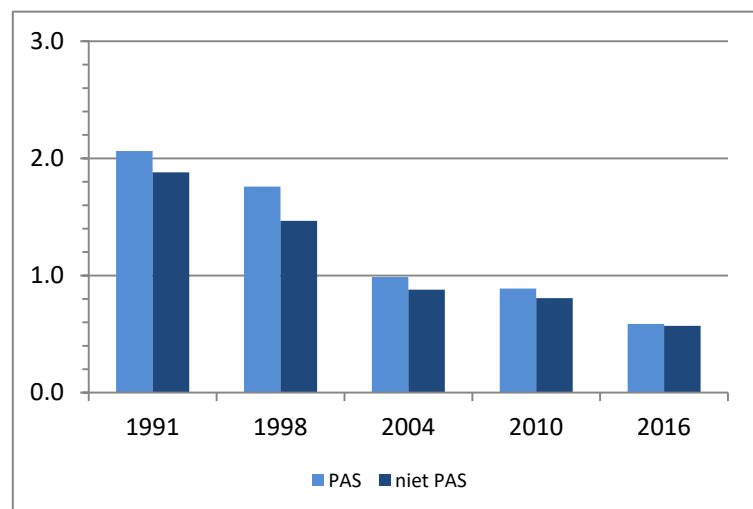
Figuur 2.15 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW), gecorrigeerd voor wegverkeer, in relatie tot PAS



Figuur 2.16 De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) in relatie tot PAS



Figuur 2.17 Het aantal Rode Lijst-soorten per punt in relatie tot PAS



Het effect van wegverkeer is nauwelijks van invloed op de uitkomst (vergelijk figuur 2.14 en 2.15). Alleen het verloop van de trend is anders; de relatieve verschillen tussen PAS en niet-PAS zijn het zelfde.

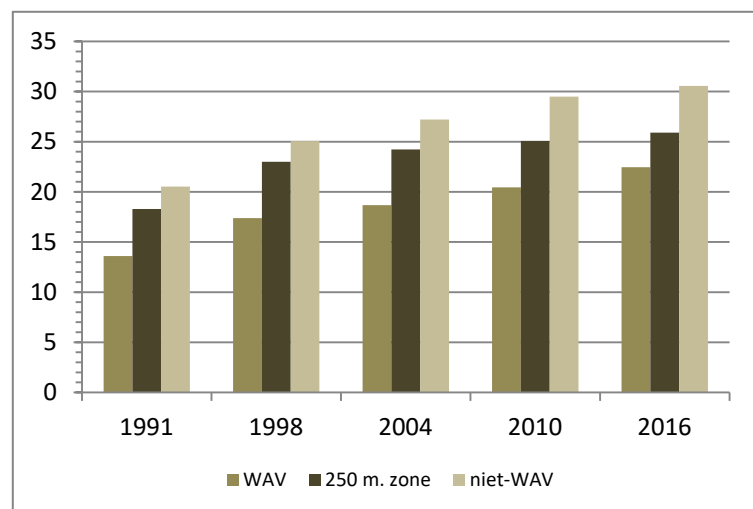
De soortenrijkdom is buiten de PAS een fractie hoger dan daarbinnen (figuur 2.13). Dit komt doordat buiten de PAS meer oude bomen staan; ook heeft ammoniak een zeker positief effect op de soortenrijkdom. De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) is, zoals verwacht in de PAS duidelijk groter dan daarbuiten (figuur 2.16). De trends daarin volgen de gemiddelde trend (figuur 2.6). Het aantal Rode Lijst-soorten (figuur 2.17) volgt de AIW vrij nauwkeurig. Dit is verklaarbaar: de vier RL-soorten met de sterkste achteruitgang (par. 2.7) zijn allemaal zuurminnaars. Het verschil tussen PAS en niet-PAS is tijdens de onderzoeksperiode vrijwel geheel genivelleerd.

2.9 WAV

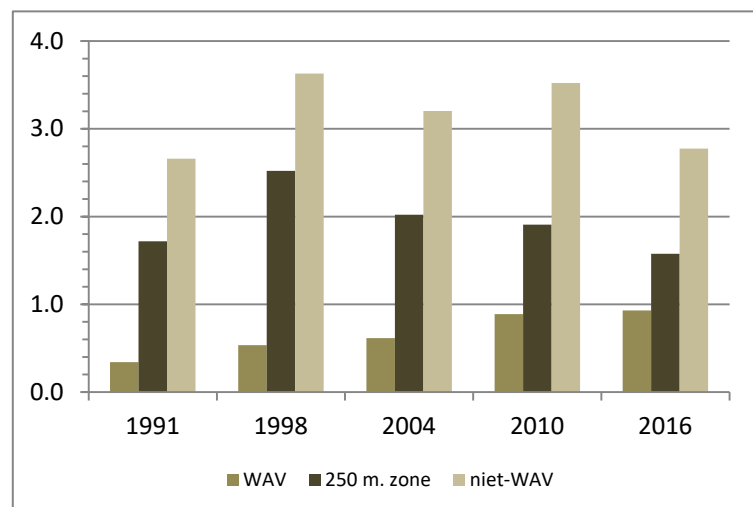
De tweede opdeling van meetpunten is die volgens de WAV (zie par. 1.6.2). Hierbij wordt een 250 meter bufferzone apart onderscheiden. De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) is, zoals verwacht, over de hele onderzoeksperiode het laagst binnen de WAV-gebieden, hoger in de 250 meter zone, en het hoogst in de niet-WAV-gebieden (figuur 2.19, 2.20).

De onderlinge verhoudingen zijn over de meetperiode evenwel drastisch veranderd. Dit komt sterk tot uitdrukking in de verandering sinds 1998. In de WAV-gebieden is de NIW sindsdien 76% gestegen, in de 250 m. zone juist 48% gedaald, en in niet-WAV-gebieden 34% gedaald. Sinds 2010 zijn de getallen resp. 11% gestegen, 9% gedaald en 17% gedaald (figuur 2.20). De NIW in de 250 m. zone is hiermee bijna

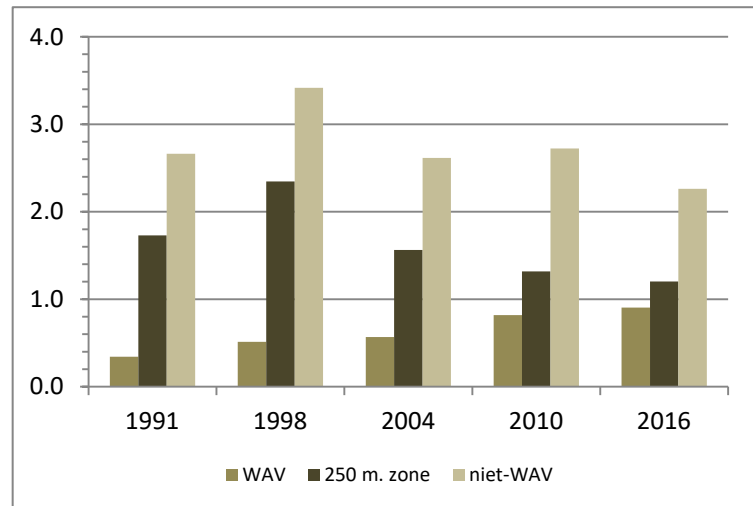
Figuur 2.18 De soortenrijkdom per punt in relatie tot WAV



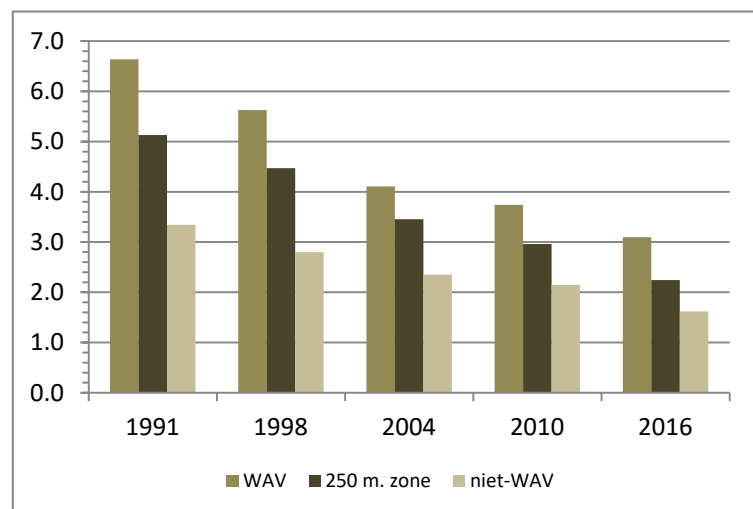
Figuur 2.19 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW), ongecorrigeerd, in relatie tot WAV



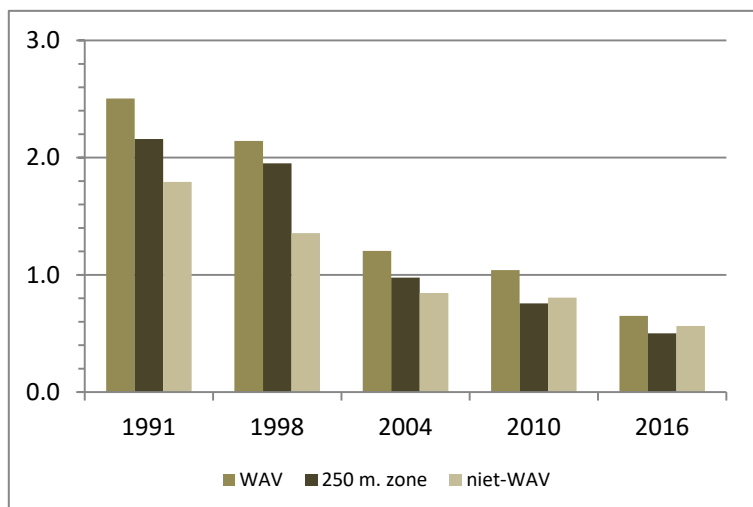
Figuur 2.20 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW), gecorrigeerd voor wegverkeer, in relatie tot WAV



Figuur 2.21 De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) in relatie tot WAV



Figuur 2.22 Het aantal Rode Lijst-soorten per punt in relatie tot WAV



gelijk aan die van de WAV geworden. De ratio 250 m. zone/niet-WAV is sinds 1998 gedaald van 0,69 naar 0,53. Dit betekent dat in de 250 m. zone de effecten van de ammoniakreductie versterkt zichtbaar zijn, sterker dus dan in de niet-WAV-gebieden. Dit is de zone waarin op grond van de WAV beperkingen worden opgelegd.

In de WAV-gebieden zelf is er helemaal geen verbetering. Integendeel, er is hier een overall verslechtering. Niet alle ronde-op-ronde veranderingen zijn evenwel significant. Tussen 1998 en 2004 was er een stijging van de NIW van +0,05 ($Z= 1,46$, $p= 0,14$, niet significant, zie van Herk 2005). Tussen 2004 en 2010 was de stijging +0,28 ($Z= 4,31$, $p < 0,0001$, zeer significant, zie van Herk, 2011). Deze meetperiode, tussen 2010 en 2016, was de stijging +0,04, $Z= 0,37$, $p= 0,71$, niet significant, zie bijlage 3).

Al met al heeft de Wet Ammoniak en Veehouderij de achteruitgang in de WAV-gebieden niet heeft kunnen voorkomen, hooguit af heeft kunnen remmen (gezien de trend in de 250 m. zone). In het rapport over 2010 wordt een mogelijke verklaring voor de nog steeds toenemende NIW in WAV-gebieden gegeven (van Herk, 2011, pag. 41): het zijn veelal zure bossen die als een soort spons de ammoniak binden.

De trends wel en niet gecorrigeerd voor wegverkeer zijn vergelijkbaar (figuur 2.20 en 2.19). Binnen de WAV-gebieden liggen geen wegen van betekenis; daardoor komen de trends binnen en buiten de WAV dicht bij elkaar.

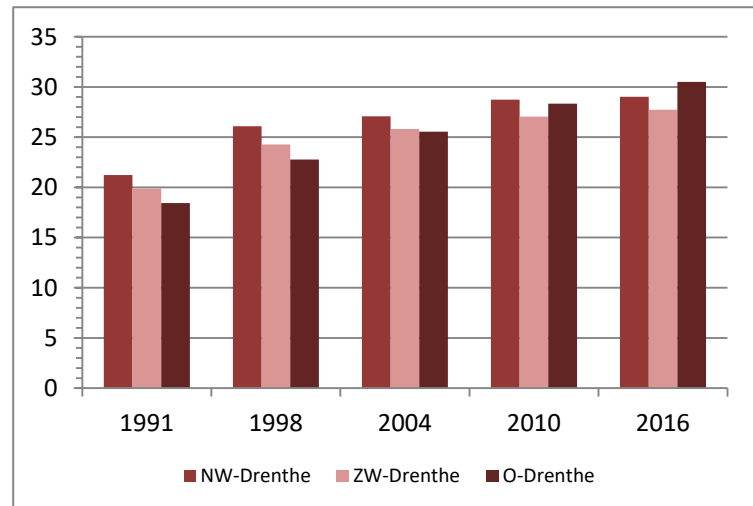
De soortenrijkdom is over de hele meetperiode binnen de WAV het kleinst, in de 250 m. zone hoger, en in de niet-WAV-gebieden het grootst (figuur 2.18). Dit heeft te maken met een gebrek aan oude bomen in en rond WAV-gebieden. Veel WAV-gebieden bestaan uit tamelijk jonge aanplant op heideontginningsgronden. Oude, soortenrijke bomen staan veelal in de woonomgeving.

Net als bij de PAS is de hoeveelheid zuurminnaars (AIW) binnen de WAV duidelijk groter dan daarbuiten (figuur 2.21; nogmaals: zuurminnaars vormen een goed teken). Dit geldt voor de hele meetperiode. De trends volgen de gemiddelde provinciale trend (figuur 2.6). De achteruitgang is in de 250 m. zone relatief het grootst. Ook het aantal Rode Lijst-soorten per punt (figuur 2.22) is in de WAV het grootst. Net als bij de AIW is de afname in de zone verhoudingsgewijs het grootst; in 2010 en 2016 komt het aantal RL soorten daar zelfs beneden dat van de niet-WAV-gebieden.

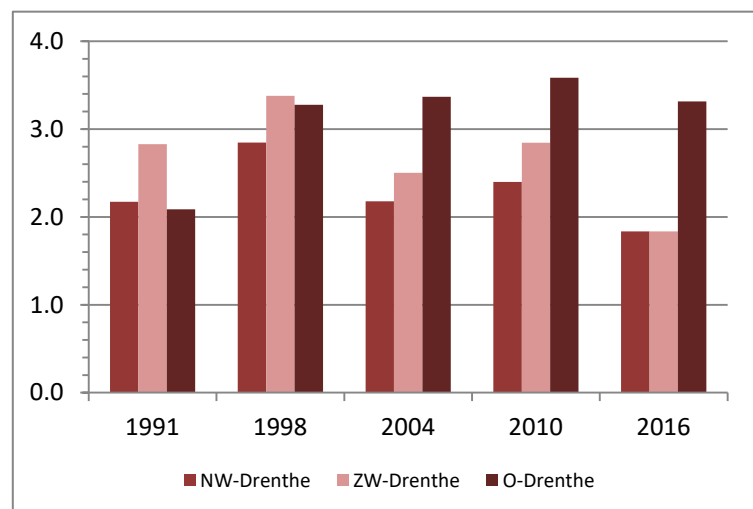
2.10 Regionaal

In par. 1.6.3 staat beschreven hoe de regionale opdeling in Noordwest-, Zuidwest-, en Oost-Drenthe uitgevoerd is. De trends sinds 1991 in de drie regio's verschillen aanzienlijk (figuur 2.23 tot 2.27).

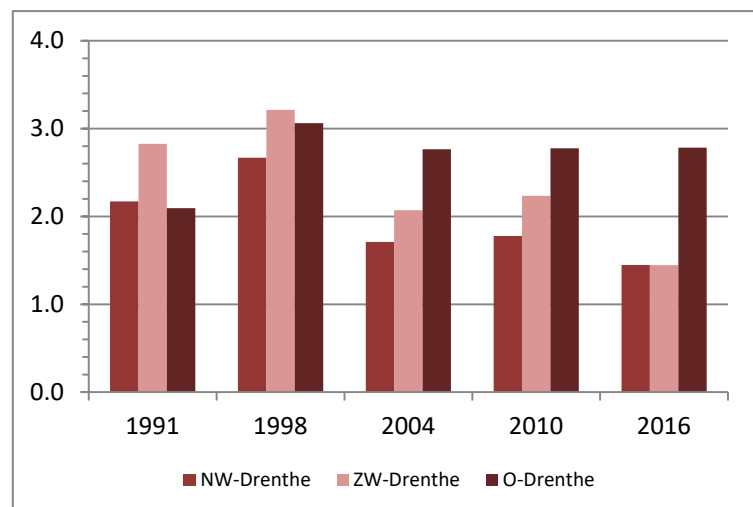
Figuur 2.23 De soortenrijkdom per punt, regionaal



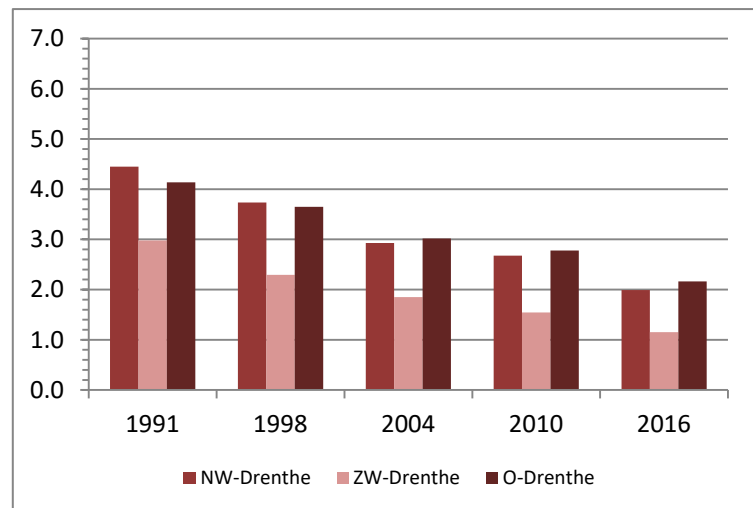
Figuur 2.24 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW), ongecorrigeerd, regionaal



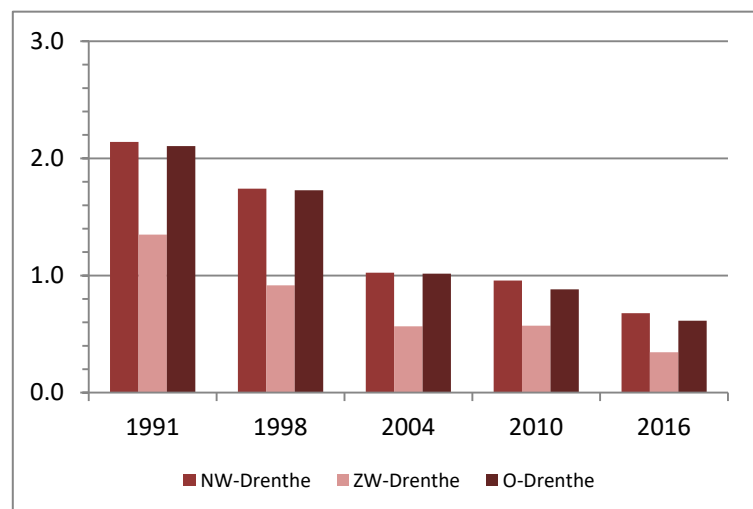
Figuur 2.25 De hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW), gecorrigeerd voor wegverkeer, regionaal



Figuur 2.26 De hoeveelheid zuurminnaars (AIW), regionaal



Figuur 2.27 Het aantal Rode Lijstsoorten per punt, regionaal



ZW-Drenthe was in 1991 het sterkst met ammoniak verontreinigd (figuur 2.25). De afname van de ammoniakminnaars (NIW) is juist daar het grootst (–49%!); Hiermee eindigt deze regio in 2016 op gelijke voet met NW-Drenthe. De uitgangssituatie van NW-Drenthe was in 1991 duidelijk beter, maar ook hier is de afname t.o.v. 1991 substantieel (–33%). Ten opzichte van 1998, het jaar met de hoogste NIW's in alle regio's, is de verbetering nog veel groter (resp. –55% en –46%). Dit betekent dat op het Drentse plateau met o.a. het typerende esdorpenlandschap, en de hoge daaraan gerelateerde natuurwaarde, een aanzienlijke winst is gerealiseerd.

Dit staat in contrast met O-Drenthe, waar de NIW t.o.v. 1991 juist toegenomen is (+33%). Ten opzichte van 1998 is er wel een lichte verbetering (–9%); maar ten opzichte van 2004 weer een stand still. In de oostelijke Veenkoloniën en op de Hond-

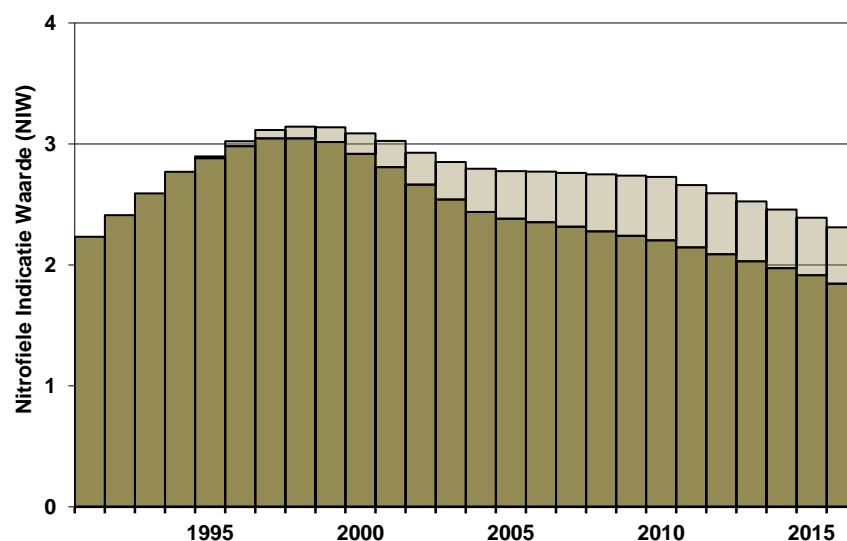
rug is de ontwikkeling dus aanzienlijk minder gunstig. Dit vormt een belangrijk knelpunt bij de veiligstelling van o.a. het Bargerveen, één van de twaalf PAS-gebieden (zie par. 2.8). Dit gebied is sterk afhankelijk van een lage achtergrondbelasting.

De soortenrijkdom per punt ontloopt elkaar regionaal niet veel (figuur 2.23). Oost-Drenthe heeft iets meer geprofiteerd van een lager geworden SO_2 -belasting.

De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) is in ZW-Drenthe over de hele meetperiode duidelijk het laagst (figuur 2.26). Dit komt doordat deze regio vanouds het meest met ammoniak verontreinigd was. Ondanks de forse daling in NIW treedt hier geen herstel op, in tegendeel, de AIW neemt tot dusver alleen nog maar verder af. De trends in Noordwest- en Oost-Drenthe zijn vergelijkbaar. We zien globaal het zelfde patroon terug in de trends van het aantal RL-soorten (figuur 2.27).

2.11 Interprovinciaal

Sinds 1989 is er in acht provincies sprake geweest van onderzoek naar epifytische korstmossen. In zes provincies is er tot monitoring overgegaan. Omdat de onderzoeksmethode steeds hetzelfde was, zijn er ook onderlinge vergelijkingen mogelijk. Verder is er gelegenheid tot synthese.



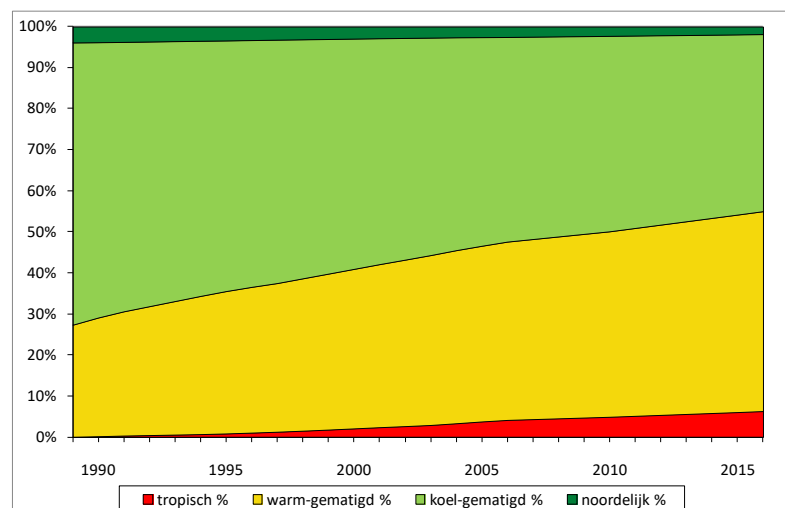
Figuur 2.28 Het verloop van de hoeveelheid ammoniakminnaars (NIW) tussen 1991 en 2016. Deze trend is berekend door de trends van zes provincies (Friesland, Drenthe, Overijssel, Gelderland, Utrecht en Zeeland) met elkaar te integreren. De lichtgroene balk geeft de toegepaste correctie die toegeschreven moet worden aan de locale effecten van NH_3 -emissie uit wegverkeer (NH_3 uit katalysatoren). De donkergroene balk geeft het voorkomen exclusief deze effecten.

Drenthe is de tweede provincie waarbij het meetnet omgevormd is naar één met nadruk op tijdreeksen. In Overijssel was dit in 2015 (rapport te downloaden van [https://www.researchgate.net/publication/288511878 Monitoring van korstmossen in de provincie Overijssel 1989 - 2015](https://www.researchgate.net/publication/288511878_Monitoring_van_korstmosse_n_in_de_provincie_Overijssel_1989_-_2015)). Het zou te ver voeren om hier de overeenkomsten en verschillen met Overijssel in detail te bespreken. Maar wel is duidelijk dat de trends en resultaten over de twee provincies in veel opzichten met elkaar overeenkomen. Zo daalde de (gecorrigeerde) NIW in Overijssel na 1999 met 37%; in Drenthe was dit na 1998 met 34%. In beide provincies is er nog geen verbetering in de bossen, en ook de AIW neemt in beide provincies nog steeds gestaag af. De kans is groot dat veel van de bevindingen een algemene geldigheid hebben in een groot deel van Nederland.

In figuur 2.28 is een synthese tot stand gebracht van de NIW-trends van zes provincies. Al eerder was dit gedaan ten behoeve van het Compendium voor de Leefomgeving (<http://www.clo.nl/indicatoren/nl1097-korstmossen-en-ammoniak>); figuur 2.28 is een uitbreiding en actualisering daarvan. Te zien is dat de effecten van ammoniak uit de veehouderij rond 1998 een maximum bereikten. De effecten van ammoniak uit auto's zijn rond 1995 ontstaan en bereikten rond 2012 een maximum.

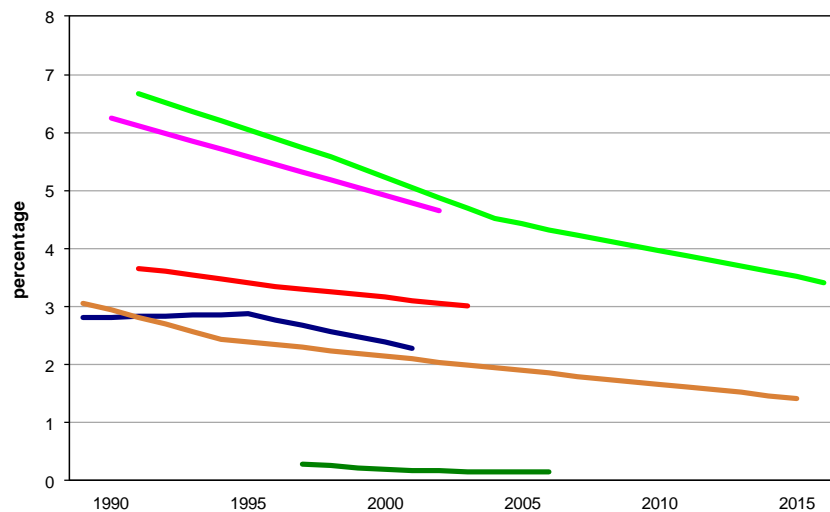
Een vergelijkbare synthese is op het thema klimaat toegepast met behulp van de areaaltrends (zie figuur 2.29). De trends van de zes provincies gezamenlijk lijken sterk op die van Drenthe alleen (figuur 2.8), maar in Drenthe zijn over de hele linie meer noordelijke, en minder tropische soorten aanwezig.

Figuur 2.29 De verandering van de soortensamenstelling in zes provincies tussen 1989 en 2016 als functie van het areaal van deze soorten.

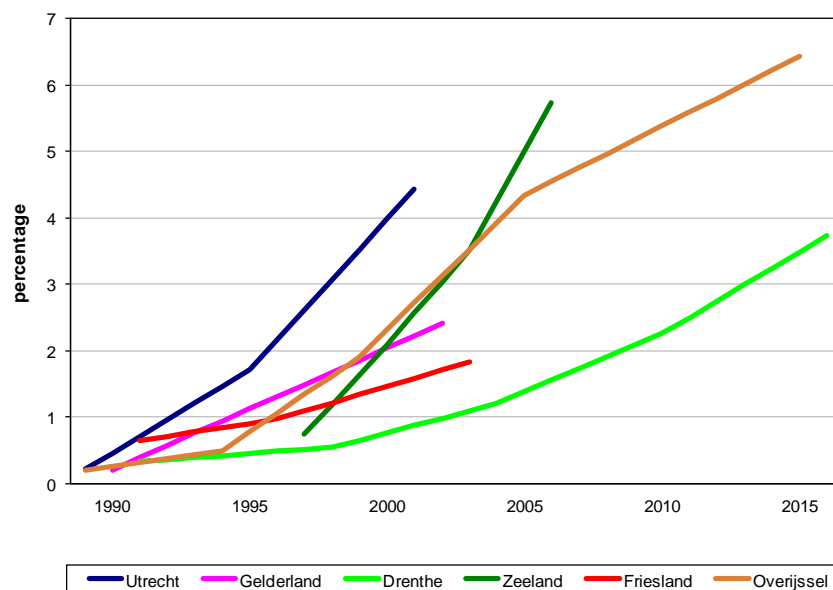


In figuur 2.30 en 2.31 zijn juist de verschillen tussen de zes provincies uitgezet. Van de zes heeft Drenthe het hoogste aandeel noordelijke soorten, op de voet gevolgd door Gelderland. Een middenpositie wordt ingenomen door Friesland, Utrecht en Overijssel. In Zeeland komen nauwelijks noordelijke soorten voor. In alle provincies is er sprake van een gestage afname. Drenthe heeft het laagste aandeel tropische soorten (figuur 2.31); in Utrecht is dit het hoogst (veel bebouwde kom met een warm microklimaat). Niet geheel onverwacht neemt het aandeel tropische soorten in alle provincies sterk toe.

Figuur 2.30 De verandering van het aandeel noordelijke soorten in zes provincies.



Figuur 2.31 De verandering van het aandeel tropische soorten in zes provincies.



3 DISCUSSIE

3.1 Ammoniak uit katalysatoren

In paragraaf 2.3 is het effect besproken van ammoniak uit katalysatoren. Omdat veel meetpunten langs wegen gelegen zijn, is een goede kwantificering van deze effecten op de ammoniakminnende korstmossen (NIW) relevant, immers dit is mede van invloed op patronen en trends (bijv. fig. 2.28). De methode om het effect te kwantificeren met vijf wegtypes (van weinig naar veel verkeer, zie bijlage 2) is bruikbaar om het overall effect van ammoniak uit katalysatoren te berekenen. Dit werkt goed voor de dataset als geheel of voor steekproeven van enige omvang. Voor individuele meetpunten werkt dit uiteraard niet, omdat het wegtype slechts een grove schatting is van de verkeersintensiteit.

In bijlage 2 is zichtbaar dat het effect van ammoniak uit katalysatoren in de loop der jaren steeds duidelijker zichtbaar geworden is (de regressielijnen zijn steiler geworden), met uitzondering van de laatste ronde. Tussen 2010 en 2016 is het effect weer wat afgenomen. Uitgaande van de getallen over 2016 is er nog steeds een substantieel effect: langs provinciale wegen is de NIW gemiddeld 1,1 (= 0,275 x 4) eenheden hoger dan langs rustige wegen. Dit correspondeert met ongeveer 4,5 µg/m³ ammoniak (figuur 1.5).

De resultaten doen vermoeden dat de uitstoot van NH₃ uit katalysatoren i.h.a. wordt onderschat. Veel optrekken en afremmen leidt mogelijk tot een minder efficiënte werking. Waarschijnlijk wordt de uitstoot alleen onder gecontroleerde omstandigheden getest. Een vergelijking met de dieselproblematiek dringt zich op.

3.2 Afname van zuurminnaars (AIW)

Er is tot dusver geen sluitende verklaring gevonden voor de nog steeds doorgaande afname van de hoeveelheid zuurminnaars (AIW). Immers, bij een lagere ammoniakbelasting zouden deze soorten van een schoon milieu niet meer verder af moeten nemen.

In de beginperiode van het meetnet, vooral tussen 1991 en 2004, was er een duidelijke, negatieve correlatie met een toename van de ammoniakminnaars (NIW). Deze negatieve correlatie is geleidelijk verdwenen nu de NIW bijna overal weer daalt. Alleen in een aantal bossen (WAV-gebieden) neemt de NIW nog steeds toe, maar de afname van de AIW is zeker niet tot WAV-gebieden beperkt; het is een veel breder optredend fenomeen.

De nog steeds doorgaande afname van Eikenmos (*Evernia prunastri*) is onderdeel van het vraagstuk. Ooit waren de eindeloze rijen Drentse eiken helemaal met dit opvallende korstmos begroeid, bijvoorbeeld langs het Oranjekanaal, van Smilde tot aan Klazienaveen. Nu is nog maar een fractie van de bomen ermee begroeid. Opvallend is wel dat momenteel –veel vaker dan vroeger– de korstmossen door slakken aangevreten zijn. Rijke begroeiingen met Eikenmos kunnen hierdoor binnen een paar jaar compleet verdwijnen. Ook andere struik- en bladvormige soorten worden veel aangevreten, bijv. Olijfschildmos (*Pleurosticta acetabulum*). Bij de korsten is dit aanzienlijk minder het geval. Dit kan de veranderde groeivormsamenstelling (figuur 2.2) wellicht deels verklaren.

De toename van slakkenvraat hangt mogelijk samen met het zachtere en nattere klimaat, een gegeven dat ook al uit de afname van het continentaliteitsgetal naar voren kwam (par. 2.6). Overmatige slakkenvraat treedt vooral op in bermen met hoog gras en veel bramen; in bermen met kort gemaaid gras is er veel minder vraat omdat slakken zich daar moeilijker in de vegetatie kunnen verstoppen. Niet zelden zijn daardoor bij huizen of in de bebouwde kom –waar particulieren of de gemeente de berm met de gazonmaaier dikwijls kort houden– de korstmossen veel beter ontwikkeld.

Diverse zuurminnaars vinden hun optimale milieu in koele bergbossen en in Scandinavië, maar er zijn ook soorten waar dit niet voor geldt. Een voorkeur voor koelere biotopen kan een zekere rol spelen, maar klimaatseffecten lijken toch vooral via slakkenvraat a.g.v. een zachter, vochtiger klimaat te lopen. Daarnaast lijkt het erop dat veel korstmossen stress ondervinden door sterke milieuveranderlijkheid. Normaliter zijn de meeste korstmossen goed gewapend tegen vraat doordat zij vies smakende zuren bevatten; bij stress kan de productie van deze zuren onder druk staan. Tot slot moet genoemd worden dat veel bossen erg donker geworden zijn (dit komt tot uitdrukking in het steeds verder afgenomen lichtgetal; gegevens niet gepresenteerd). Veel zuurminnaars zijn sterk lichtbehoevend.

4 SAMENVATTING en CONCLUSIES

In 2016 is het korstmossenmeetnet van de provincie Drenthe voor de vijfde maal onderzocht. Eerdere onderzoeksrondes waren in 1991, 1998, 2004 en 2010. In totaal zijn er 211 meetpunten herhaald; deze liggen verspreid over de hele de provincie (figuur 1.4). Een meetpunt bestaat veelal uit een rijtje van 10 eiken langs een weg; hier zijn per boom alle soorten korstmossen die op de stam groeien genoteerd.

Uit de opgetreden verandering in soortensamenstelling (bijlage 1) kunnen conclusies getrokken worden over veranderingen in het milieu. De volgende parameters zijn berekend: 1. De soortenrijkdom per meetpunt; 2. De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt; 3. De hoeveelheid ammoniakminnaars gecorrigeerd voor wegverkeer; 4. De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt; 5. een graadmeter voor opwarming (warmer klimaat); 6. een graadmeter voor vernatting (vochtiger klimaat) en 7. de hoeveelheid Rode Lijst-soorten per meetpunt. Van alle graadmeters is de verandering over de vijf meetjaren berekend voor Drenthe als geheel. Daarnaast is de verandering ook berekend voor PAS-gebieden, voor WAV-gebieden, en voor drie regio's (par. 1.6).

De soortenrijkdom per meetpunt is over de onderzoeksperiode flink toegenomen (figuur 2.1). Deze steeg van 19,6 in 1991 naar 29,3 in 2016. De verandering geeft aan dat de algehele milieukwaliteit, in het bijzonder die m.b.t. zwaveldioxide, is toegenomen. Toch zijn er ook kanttekeningen: in veel opzichten is de korstmosbegroeiing minder weelderig geworden. Begroeiingen met veel struikvormige soorten zijn sterk afgenomen, terwijl de stijging van het aantal soorten vrijwel alleen op rekening van onopvallende korstvormige soorten komt. Het warmer en zachter geworden klimaat speelt hierin vermoedelijk een belangrijke rol.

De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt (NIW) vertoont een curve met een maximum bij 1998 (figuur 2.3). Na een stijging van 2,3 in 1991 naar 3,2 in 1998 is de graadmeter weer op een laag niveau van 2,4 terug, een afname van 24% ten opzichte van het maximum. Indien de getallen gecorrigeerd worden voor wegverkeer (ammoniak uit katalysatoren, figuur 2.5) dan is de afname tussen 1999 en 2016 zelfs 34%.

Deze getallen tonen aan dat het beleid tot het terugdringen van de ammoniakdepositie in Drenthe vruchten heeft afgeworpen. De grootte van de afname van ammoniakminnaars komt overeen met de afname in NH_3 -depositie zoals het RIVM dit heeft berekend voor heel Nederland (zie Compendium voor de Leefomgeving), maar met een vertraging van ongeveer 8 jaar.

De effecten van het wegverkeer lijken enigszins op zijn retour. Uit berekeningen blijkt dat het effect van verkeer voor het eerst in 1998 waargenomen kon worden, en

daarna tot 2010 steeds duidelijker werd. Tussen 2010 en 2016 is het effect weer wat verminderd (bijlage 2). Cijfers van het Compendium voor de Leefomgeving laten een daling van de NH₃-emissie uit wegverkeer sinds 2005 zien. De sterkte van de effecten op de korstmossen blijft, gezien de beperkte omvang van de uitstoot, evenwel opvallend groot.

Vooraf in een paar grote PAS-gebieden in het westen van de provincie is de hoeveelheid ammoniakminnaars na 2010 substantieel gedaald, te weten het Fochtelooërveen en het Drents-Friese Wold. Voor het Drentsche Aa-gebied, het Dwingelderveld en het Holtigerveld geldt geen of slechts een beperkte verbetering (tabel 2.1).

De gemiddelde trend van de ammoniakminnaars binnen de PAS volgt vrij nauwkeurig die buiten de PAS (figuur 2.15); we zien vrijwel steeds een ratio van 0,65 binnen:buiten. Binnen de PAS is er sinds 1998 de afname van 34,5%; buiten de PAS 33,5%. Sinds 2010 is de afname binnen de PAS 14,3%, buiten de PAS 15,3%. Hieruit blijkt dat in de PAS-gebieden gemiddeld geen additioneel effect zichtbaar is boven op het generieke NH₃-beleid; binnen en buiten de PAS zijn de trends in lijn met elkaar.

De hoeveelheid ammoniakminnaars is over de hele onderzoeksperiode het laagst binnen de WAV-gebieden, hoger in de 250 meter zone, en het hoogst in de niet-WAV-gebieden (figuur 2.19; 2.20). De onderlinge verhoudingen zijn over de meetperiode evenwel drastisch veranderd. Sinds 1998 is er binnen de WAV-gebieden een stijging van 76% bij de ammoniakminnaars, in de 250 m. zone juist een daling van 48%, en in de niet-WAV-gebieden een daling van 34%. Dit betekent dat in de 250 m. zone de effecten van de ammoniakreductie het sterkst zichtbaar zijn, sterker dus dan in de niet-WAV-gebieden. Dit is de zone waarin op grond van de WAV beperkingen worden opgelegd. In de WAV-gebieden zelf is er echter een nog steeds doorgaande verslechtering. Dit betekent dat de Wet Ammoniak en Veehouderij de achteruitgang in de WAV-gebieden niet heeft kunnen voorkomen, hooguit af heeft kunnen remmen (gezien de trend in de 250 m. zone).

Zuidwest-Drenthe was in 1991 nog het sterkst met ammoniak verontreinigd (figuur 2.25). De afname van de ammoniakminnaars is juist daar het grootst (-49%). Ook in Noordwest-Drenthe was de afname substantieel (-33%). Ten opzichte van 1998, het jaar met de hoogste ammoniakindicaties in alle regio's, is de verbetering nog groter (resp. -55% en -46%). Dit betekent dat op het Drentse plateau met o.a. het typerende esdorpenlandschap, en hoge daaraan gerelateerde natuurwaarde, aanzienlijke winst is gerealiseerd. In Oost-Drenthe is er t.o.v. 1998 slechts een lichte verbetering (-9%); ten opzichte van 2004 zelfs een stand still. In de oostelijke Veenkoloniën en op de Hondsrug is de ontwikkeling dus aanzienlijk minder gunstig. Dit vormt een knelpunt bij de veiligstelling van het Bargerveen, één van de twaalf PAS-gebieden.

De hoeveelheid zuurminnaars (AIW) vertoont een voortdurend neergaande trend (figuur 2.6). De ontzuring is in belangrijke mate het gevolg van de inwerking van

basisch ammoniak op het schorsmilieu (figuur 1.6). Het blijkt dat eenmaal ontzuurde schors niet opnieuw zuur wordt, ook niet als de ammoniakbelasting daalt. De laatste jaren zijn vermoedelijk meer factoren van invloed op de nog steeds doorgaande afname: 1. meer slakkenvraat door zachter en vochtiger klimaat; 2. meer stress door sterke milieuveranderlijkheid; 3. diverse zuurminnaars zijn noordelijke, koelteminnende soorten; 4. de bossen zijn veel donkerder geworden.

Het gemiddelde temperatuurgetal (de graadmeter voor een warmer klimaat) is over de gehele onderzoeksperiode sterk toegenomen (figuur 2.7). Dit betekent dat het warmere klimaat zich duidelijk in de soortensamenstelling van de korstmosbegroeiing weerspiegelt. Er is een constant stijgende lijn. Ook kwamen er opnieuw meer zuidelijke soorten en minder noordelijke soorten.

Verder is er een duidelijk effect op het continentaliteitsgetal (figuur 2.10). Deze graadmeter neemt af, wat aangeeft dat het klimaat atlantischer geworden is. Dit wijst op zachtere, nattere winters. Het vochtgetal (figuur 2.9) neemt tegen de verwachting niet toe, maar blijft gelijk.

Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt neemt gedurende de onderzoeksperiode sterk af (figuur 2.11). De trend wordt gedomineerd door vier zuurminnende soorten die rond 1950 nog algemeen waren, en nu zeldzaam. Een graadmeter die beter de natuurwaarde weerspiegelt is het aantal Rode Lijst-soorten per onderzoekronde. Hierbij weegt iedere soort even zwaar. Deze parameter laat tot 2010 juist een stijgende trend zien (figuur 2.12).

Aanbevolen wordt om het meetnet over een aantal jaren opnieuw te herhalen. De resultaten van deze ronde laten zien dat langjarige meetreeksen een steeds grotere meerwaarde krijgen.

5 LITERATUUR

- Aptroot, A., K. van Herk & L. Sparrius, 2012. Basisrapport voor de Rode Lijst Korstmossen. Buxbaumiella 92: 1-117.
- Aptroot, A., C.M. van Herk, L.B. Sparrius, & L. Spier, 2004. Checklist van de Nederlandse korstmossen en korstmosparasieten. Buxbaumiella 69: 17-55.
- Barkman, J.J., 1958. Phytosociology and Ecology of Cryptogamic Epiphytes. Including a Taxonomic Survey and Description of their Vegetation Units in Europe. Van Gorcum, Assen.
- Bowler, D.E., C. Hof, P. Haase, I. Kröncke, O. Schweiger, R. Adrian, L. Baert, H.-G. Bauer, T. Blick, R.W. Brooker, W. Dekoninck, S. Domisch, R. Eckmann, F. Hendrickx, T. Hickler, S. Klotz, A. Kraberg, I. Kühn, S. Matesanz, A. Meschede, H. Neumann, R. O'Hara, D. J. Russell, A. F. Sell, M. Sonnewald, S. Stoll, A. Sundermann, O. Tackenberg, M. Türkay, F. Valladares, K. van Herk, R. van Klink, R. Vermeulen, K. Voigtländer, R. Wagner, E. Welk, M. Wiemers, K.H. Wiltshire & K. Böhning-Gaese, 2017. Cross-realm assessment of climate change impacts on species' abundance trends. Nature Ecology & Evolution, 1, 0067.
- Compendium voor de Leefomgeving, Internetpagina over Vermestende depositie, 1990-2014, zie: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0189-vermestende-depositie?i=3-17>, geraadpleegd op 01-11-2016
- Compendium voor de Leefomgeving, Internetpagina over Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging: emissies, 1990-2014, zie <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0183-verzuring-en-grootschalige-luchtverontreiniging-emissies?i=5-70>, geraadpleegd op 01-11-2016
- Dijkstra, A.C.J., 1990. Monitoring van epifytische korstmossen in Drenthe 1980-1989. Provincie Drenthe, Dienst Ruimte en Groen, Assen.
- Ellenberg, H., 1974. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica IX: 1-122.
- Herk, C.M. van, 1990. Epifytische korstmossen in de provincies Drenthe, Overijssel en Gelderland. Provincie Overijssel, hoofdgroep ROI, Zwolle.
- Herk, C.M. van, 1993. Korstmossen en zure depositie in Drenthe en Friesland. Hoofdrapport. In opdracht van provincie Drenthe en provincie Friesland.
- Herk, C.M. van, 1998a. Onderzoek naar de relatie tussen de ammoniakconcentratie en epifytische korstmossen. LON in opdracht van Stichting Vernieuwing Gelderse Vallei, provincie Friesland en provincie Noord-Brabant.
- Herk, C.M. van, 1998b. Monitoring van ammoniak met korstmossen in Drenthe. LON in opdracht van provincie Drenthe.
- Herk, C.M. van, 2001. Bark pH and susceptibility to toxic air pollutants as independent causes of changes in epiphytic lichen composition in space and time. Lichenologist 33(5): 419-441.
- Herk, C.M. van, 2002. Monitoring van epifytische korstmossen in de provincie Utrecht, 1979-2001. LON in opdracht van provincie Utrecht.

- Herk, C.M. van, 2004. Korstmossen in Gelderland: milieuindicatie, natuurwaarde, veranderingen 1990-2002. LON in opdracht van provincie Gelderland.
- Herk, C.M. van, 2005. Korstmossen in Drenthe: milieuindicatie, natuurwaarde, veranderingen 1991-2004. LON in opdracht van provincie Drenthe.
- Herk, C.M. van, 2007. Korstmossen in Zeeland: milieuindicatie, natuurwaarde, veranderingen 1997-2006. LON in opdracht van provincie Zeeland, directie Ruimte, Milieu en Water.
- Herk, C.M. van, 2011. Monitoring van korstmossen in Drenthe, 1991-2010. LON in opdracht van provincie Drenthe.
- Herk, C.M. van, 2015. Monitoring van korstmossen in de provincie Overijssel, 1989-2015. LON in opdracht van provincie Overijssel.
- Herk, C.M. van, A. Aptroot & H.F. van Dobben, 2002. Long-term monitoring in the Netherlands suggests that lichens respond to global warming. *Lichenologist* 34(2): 141-154.
- Herk, K. van & A. Aptroot, 2004. *Veldgids korstmossen*. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- Knaap, W.O. van der, 1980. Onderzoek naar epifytische lichenen en mossen in de provincie Utrecht in 1979. Provinciale Waterstaat Utrecht, afdeling Ecologie. Rapport no. 29, Utrecht.
- Masselink-Beltman, H.A., 1978. *Korstmossen in Drenthe*. Provinciale Waterstaat van Drenthe, Assen.
- Pul, A. van, M. van Zanten & R. Wichink Kruit, 2016. Toelichting op het verloop van de emissie en concentratie van ammoniak van 1993-2014. Bijlage bij RIVM brief 112/2016.
- RIVM, 2016. Meetnet Ammoniak in Natuurgebieden, nieuwsbrief 11.
- Sparrius, L.B., 2003. Monitoring van ammoniak met korstmossen in Friesland 2003. BIO-DIV in opdracht van provincie Fryslân en ROM project zuidoost Friesland.
- Sparrius, L.B., A. Aptroot & C.M. van Herk, 2015. Ecologische indicatiewaarden voor korstmossen en een vergelijking met mossen en vaatplanten. *Buxbaumia* 104: 18-24.
- Wirth, V., 2010. Ecological indicator values of lichens - enlarged and updated species list. *Herzogia* 23: 229-248.
- Wirth, V., M. Hauck & M. Schultz, 2013. *Die Flechten Deutschlands* (2 vols.) Ulmer, Stuttgart.
- Wit, T. de, 1976. *Epiphytic Lichens and Air Pollution in The Netherlands*. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Verhandeling 8, Leersum.
- Zanten, M.C. van, R.J. Wichink Kruit, R. Hoogerbrugge, E. van der Swaluw & W.A.J. van Pul, 2017. Trends in ammonia measurements in the Netherlands over the period 1993-2014. *Atmospheric Environment* 148: 352-360.

Bijlage 1. Trends van alle in Drenthe aangetroffen soorten korstmossen, zoals deze met monitoring zijn vastgesteld. De gegeven getallen betreffen percentages meetpunten waarin zij aanwezig zijn.

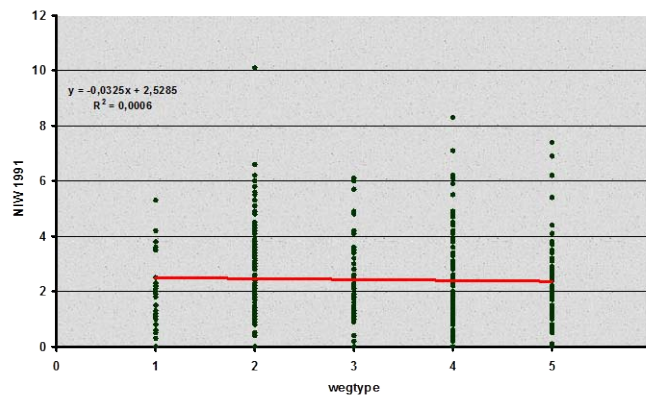
Wetenschappelijke naam	1991	1998	2004	2010	2016	Nederlandse naam
Amandinea punctata	92.3	95.6	94.7	94.7	94.7	Vliegenstrontjesmos
Anaptychia ciliaris	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	Wimpermos
Anisomeridium polypori	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Schoorsteentje
Arthonia pruinata	0.0	0.2	0.4	0.4	0.4	Aspirinekorst
Arthonia radiata	0.6	2.6	3.0	3.2	14.4	Amoebekorst
Arthonia spadicea	0.0	1.1	4.2	10.3	18.2	Inktspatkorst
Bacidia adastrata	2.9	48.3	55.0	53.0	60.6	Fijne Knoopjeskorst
Bacidia arnoldiana	0.3	0.9	1.0	3.3	1.5	Boomvoetknoopjeskorst
Bacidia chlorotricula	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	Gladde knoopjeskorst
Bacidia delicata	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	Soredieuze knoopjeskorst
Bacidia neosquamulosa	0.0	0.5	7.4	4.2	2.8	Nieuwe knoopjeskorst
Bryoria fuscescens	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	Bruin paardenhaarmos
Buellia griseovirens	71.8	79.4	78.6	81.2	84.7	Grijsgroene stofkorst
Buellia schaeereri	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Klein strontjesmos
Calicium glaucellum	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Zwart boomspijkertje
Calicium viride	0.2	3.2	4.7	7.1	7.4	Groen boomspijkertje
Caloplaca citrina	0.0	0.2	0.5	1.0	1.5	Gewone citroenkorst
Caloplaca ferruginea	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	Rood boomzonnetje
Caloplaca flavocitrina	0.0	0.2	0.5	1.4	1.4	Valse citroenkorst
Caloplaca herbidella	0.0	0.5	0.4	0.4	0.4	Koraalcitroenkorst
Caloplaca holocarpa	0.0	0.4	0.5	2.0	2.0	Muurzonnetje
Caloplaca obscurella	0.0	0.2	1.2	2.2	6.6	Gewone kraterkorst
Caloplaca pyracea	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Gewoon boomzonnetje
Candelaria concolor	6.5	8.4	12.7	24.0	41.0	Vals dooiermos
Candelariella aurella	0.0	0.4	0.4	0.9	0.9	Kleine geelkorst
Candelariella reflexa	5.3	25.5	50.8	66.8	59.7	Poedergeelkorst
Candelariella vitellina	25.6	35.1	43.6	49.2	43.1	Grove geelkorst
Candelariella xanthostigma	7.6	8.1	24.7	45.1	56.7	Fijne geelkorst
Catillaria nigroclavata (+ fungiodes)	0.0	0.0	0.5	2.3	21.2	Boomrookkorst
Chaenotheca chlorella	0.0	0.2	0.2	0.2	0.4	Klein schorssteeltje
Chaenotheca chrysocephala	0.2	0.5	0.4	0.9	0.5	Geel schorssteeltje
Chaenotheca ferruginea	4.5	5.4	5.3	4.4	3.7	Roestbruin schorssteeltje
Chaenotheca furfuracea	0.2	0.2	0.4	0.9	0.2	Lichtend schorssteeltje
Chaenotheca trichialis	0.0	1.4	1.9	2.3	4.6	Grijs schorssteeltje
Chrysothrix candelaris	0.2	0.5	0.4	0.4	0.4	Gele poederkorst
Cladonia caespiticia	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	Greppelblaadje
Cladonia chlorophaea	8.6	10.5	8.1	8.3	7.7	Fijn bekermos
Cladonia coniocraea	3.2	3.5	2.1	1.2	0.9	Smal bekermos
Cladonia digitata	0.2	0.2	0.4	0.5	0.3	Vertakt bekermos
Cladonia fimbriata	19.2	28.5	36.2	40.1	40.1	Kopjes-bekermos
Cladonia floerkeana	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	Rode heidelucifer
Cladonia glauca	?	0.7	0.7	0.2	0.2	Bruin heidestaartje
Cladonia humilis	0.0	0.0	0.4	0.2	0.2	Frietzak-bekermos

Wetenschappelijke naam	1991	1998	2004	2010	2016	Nederlandse naam
<i>Cladonia macilenta</i>	?	1.4	3.5	4.5	2.7	Dove heidelucifer
<i>Cladonia polydactyla</i>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	Sterheidestaartje
<i>Cladonia ramulosa</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	Rafelig bekermos
<i>Cliostomum griffithii</i>	7.4	12.7	14.4	17.2	15.6	Gespikkelde witkorst
<i>Cyphelium inquinans</i>	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	Kopspijkertje
<i>Dimerella pineti</i>	4.1	9.0	10.4	13.2	19.8	Valse knoopjeskorst
<i>Diploicia canescens</i>	2.4	3.0	4.9	8.4	7.7	Kauwgommos
<i>Diploschistes muscorum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Duindaalder
<i>Enterographa crassa</i>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	Grauwe runenkorst
<i>Evernia prunastri</i>	85.9	83.0	75.0	66.5	58.7	Eikenmos
<i>Fellhanera bouteillei</i>	0.0	1.1	1.6	3.0	1.7	Twijgdruppelkorst
<i>Fellhanera subtilis</i>	0.0	0.3	0.7	0.3	0.3	Schaduwdruppelkorst
<i>Fellhanera viridisorediata</i>	0.0	0.7	3.5	8.2	4.5	Gewone druppelkorst
<i>Flavoparmelia caperata</i>	7.0	10.2	13.0	16.7	18.2	Bosschildmos
<i>Flavoparmelia soredians</i>	0.0	2.5	7.9	11.4	16.4	Groen boomschildmos
<i>Flavopunctelia flaventior</i>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	Oosters schildmos
<i>Graphis scripta</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Gewoon schriftmos
<i>Gyalideopsis anastomosans</i>	0.7	2.6	6.9	5.5	7.0	Aspergekorst
<i>Haematomma ochroleucum</i>	25.1	28.1	30.4	31.8	32.8	Witgerande stofkorst
<i>Halecania viridescens</i>	0.0	0.5	4.7	10.3	8.2	Porceleinkorst
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	0.0	1.1	9.5	23.0	48.9	Dun schaduwmos
<i>Hypocenomyce scalaris</i>	22.0	17.2	13.4	12.2	7.6	Gewoon schubjesmos
<i>Hypogymnia physodes</i>	69.3	55.7	39.7	31.0	19.8	Gewoon schorsmos
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	17.5	20.7	12.1	9.5	5.3	Witkopschorsmos
<i>Hypotrachyna revoluta</i> s.l.	16.2	21.1	23.7	22.5	25.0	Gebogen schildmos
<i>Imshaugia aleurites</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Dennenmos
<i>Lecanactis abietina</i>	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	Maleboskorst
<i>Lecania rabenhorstii</i>	0.0	0.2	0.4	0.7	0.7	Steenglimschoteltje
<i>Lecania subfuscula</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	Miskend glimschoteltje
<i>Lecanora aitema</i>	2.8	2.6	0.7	0.3	0.5	Dennenschotelkorst
<i>Lecanora argentata</i>	1.4	5.6	5.6	6.1	5.1	Bosschotelkorst
<i>Lecanora barkmaniana</i>	0.6	3.9	9.7	23.0	38.0	Ammoniakschotelkorst
<i>Lecanora carpinea</i>	27.6	39.5	44.3	52.7	46.5	Melige schotelkorst
<i>Lecanora chlarotera</i>	59.1	75.6	85.6	89.6	93.3	Witte schotelkorst
<i>Lecanora compallens</i>	30.0	50.0	74.5	83.2	87.5	Miskende schotelkorst
<i>Lecanora conizaeoides</i>	51.7	30.1	3.5	3.3	0.7	Groene schotelkorst
<i>Lecanora dispersa</i>	12.8	15.5	18.1	24.3	17.1	Verborgen schotelkorst
<i>Lecanora expallens</i>	99.1	99.8	99.6	100.0	100.0	Bleekgroene schotelkorst
<i>Lecanora hageni</i>	2.7	17.9	13.5	14.6	18.3	Kleine schotelkorst
<i>Lecanora horiza</i>	0.0	0.2	0.2	0.7	0.7	Donkere schotelkorst
<i>Lecanora muralis</i>	1.4	1.4	1.8	2.6	2.2	Muurschotelkorst
<i>Lecanora pulicaris</i>	41.0	48.2	43.6	38.9	32.8	Eikenschotelkorst
<i>Lecanora saligna</i>	1.7	6.3	3.0	2.5	2.9	Houtschotelkorst
<i>Lecanora sinuosa</i>	2.0	3.5	6.9	10.4	13.7	Bochtige schotelkorst
<i>Lecanora subcarpinea</i>	0.0	0.5	1.1	2.3	4.6	Berijpte schotelkorst
<i>Lecanora symmicta</i>	31.2	29.9	22.1	17.5	19.2	Bolle schotelkorst
<i>Lecanora varia</i>	0.2	0.0	0.4	0.2	0.2	Hardhout-schotelkorst

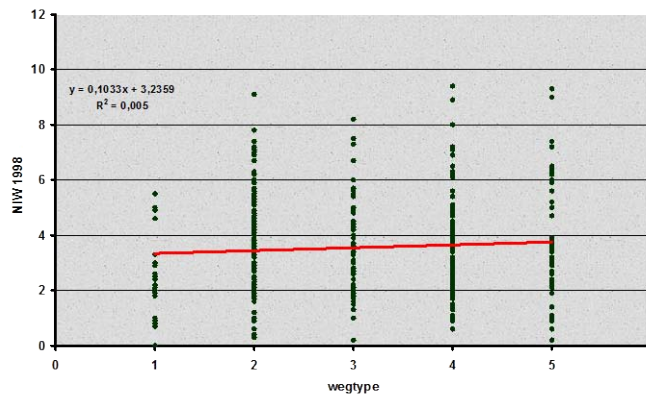
Wetenschappelijke naam	1991	1998	2004	2010	2016	Nederlandse naam
<i>Lecidella elaeochroma</i>	32.0	57.5	79.8	88.3	92.0	Gewoon purperschaaltje
<i>Lecidella flavosorediata</i>	3.6	22.7	25.0	32.8	33.7	Fijne mosterdkorst
<i>Lecidella scabra</i>	0.2	4.2	12.7	16.2	20.8	Grijsgroene steenkorst
<i>Lecidella stigmata</i>	0.0	0.0	0.9	1.7	3.0	Steenpurperschaaltje
<i>Lepraria incana</i>	87.3	90.2	94.0	95.0	96.4	Gewone poederkorst
<i>Lepraria lobificans</i>	0.0	1.6	3.0	4.7	13.2	Gelobde poederkorst
<i>Lepraria umbricola</i>	0.0	0.0	0.4	0.2	0.2	Boomvoetpoederkorst
<i>Leproloma vouauxii</i>	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4	Bleke poederkorst
<i>Melanelia elegantula</i>	7.4	15.3	15.8	15.4	17.3	Sierlijk schildmos
<i>Melanelia exasperatula</i>	16.6	29.5	28.5	28.8	25.7	Lepelschildmos
<i>Melanelia fuliginosa</i>	5.0	6.9	10.0	18.0	20.0	Glanzend schildmos
<i>Melanelia laciniatula</i>	11.1	13.2	12.7	11.4	11.4	Lobjesschildmos
<i>Melanelia subaurifera</i>	78.6	84.7	86.1	80.7	76.6	Verstop-schildmos
<i>Micarea denigrata</i>	0.0	2.1	2.1	3.8	1.4	Vulkaanoogje
<i>Micarea micrococca</i>	0.2	1.8	8.1	8.1	8.5	Bosoogje
<i>Micarea nitschkeana</i>	3.3	7.7	0.7	0.0	0.0	Takkenoogje
<i>Micarea prasina</i>	0.0	0.2	1.4	1.7	2.7	Houtoogje
<i>Micarea viridioleprosa</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	Groenoogje
<i>Mycoblastus fucatus</i>	0.5	0.7	0.7	1.0	1.2	Trilzwamkorst
<i>Normandina pulchella</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	Hamsteroortje
<i>Ochrolechia androgyna</i>	17.4	21.1	21.8	19.3	16.9	Gewone tandpastakorst
<i>Ochrolechia microstictoides</i>	1.1	1.1	0.9	0.5	0.5	Bostandpastakorst
<i>Ochrolechia subviridis</i>	0.3	0.7	0.9	1.4	1.4	Wrattige tandpastakorst
<i>Ochrolechia turneri</i>	0.4	1.6	2.1	3.0	3.0	Valse kringkorst
<i>Opegrapha atra</i>	0.2	0.9	1.2	0.9	1.8	Zwart schriftmos
<i>Opegrapha herbarum</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0	Rivierschriftmos
<i>Opegrapha niveoatra</i>	0.2	1.2	5.9	8.2	19.6	Klein schriftmos
<i>Opegrapha rufescens</i>	0.0	0.0	8.0	38.0	81.5	Verzonken schriftmos
<i>Opegrapha varia</i>	0.0	0.0	0.3	0.5	0.3	Kort schriftmos
<i>Opegrapha vermicellifera</i>	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	Gestippeld schriftmos
<i>Opegrapha vulgata</i>	0.0	0.4	0.4	0.4	0.4	Wit schriftmos
<i>Parmelia saxatilis</i>	15.6	19.0	18.3	19.8	18.7	Blauwgrijs steenschildmos
<i>Parmelia sulcata</i>	95.4	96.3	93.1	91.6	90.2	Gewoon schildmos
<i>Parmelina pastillifera</i>	0.0	0.2	0.2	0.2	0.2	Knopjesschildmos
<i>Parmelina tiliacea</i>	1.6	1.8	1.9	2.1	2.1	Lindeschildmos
<i>Parmeliopsis ambigua</i>	3.2	3.2	1.6	1.4	1.4	Avocadomos
<i>Parmotrema chinense</i>	0.0	2.3	6.9	11.6	14.1	Groot schildmos
<i>Parmotrema pseudoreticulatum</i>	0.0	0.0	0.3	0.3	0.3	Gewimperd schildmos
<i>Parmotrema reticulatum</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	Netschildmos
<i>Pertusaria albescens</i>	9.3	9.7	9.1	10.5	10.8	Witte kringkorst
<i>Pertusaria amara</i>	13.2	14.1	11.6	13.0	11.9	Ananaskorst
<i>Pertusaria coccodes</i>	15.0	17.6	18.1	18.5	18.1	Bleek speldenkussentje
<i>Pertusaria hemisphaerica</i>	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	Boskringkorst
<i>Pertusaria pertusa</i>	9.3	10.5	10.7	10.5	12.3	Gewoon speldenkussentje
<i>Phaeographis inusta</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Grote runenkorst
<i>Phaeophyscia nigricans</i>	0.2	2.1	0.7	1.0	1.0	Klein schaduwmos
<i>Phaeophyscia orbicularis</i>	10.1	18.1	23.6	24.8	27.6	Rond schaduwmos

Wetenschappelijke naam	1991	1998	2004	2010	2016	Nederlandse naam
<i>Phlyctis argena</i>	26.9	31.1	32.2	33.8	33.8	Lichtvlekje
<i>Physcia adscendens</i>	31.9	53.4	49.9	57.3	48.2	Kapjesvingermos
<i>Physcia aipolia</i>	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	Gemarmerd vingermos
<i>Physcia caesia</i>	27.2	39.4	42.7	36.9	34.8	Stoeprandvingermos
<i>Physcia clementei</i>	0.0	0.2	0.5	0.3	0.3	Isidieus vingermos
<i>Physcia dubia</i>	11.3	22.0	13.4	16.0	11.4	Bleek vingermos
<i>Physcia stellaris</i>	0.2	0.0	0.2	0.3	0.3	Groot vingermos
<i>Physcia tenella</i>	86.4	93.7	88.2	78.7	66.8	Heksenvingermos
<i>Physcia tribacioides</i>	0.0	0.0	0.2	0.5	0.5	Witkopvingermos
<i>Physconia distorta</i>	0.2	0.4	0.5	0.5	0.5	Fors rijpmos
<i>Physconia enteroxantha</i>	4.2	4.2	4.7	5.1	5.8	Donker rijpmos
<i>Physconia grisea</i>	2.9	7.4	10.2	16.3	25.0	Grauw rijpmos
<i>Placynthiella dasaea</i>	0.2	0.2	0.4	1.3	1.3	Okerbruine veenkorst
<i>Placynthiella icmalea</i>	7.4	6.7	11.6	4.8	3.8	Bruine veenkorst
<i>Platismatia glauca</i>	3.2	2.1	0.7	0.5	0.3	Groot boerenkoolmos
<i>Pleurosticta acetabulum</i>	38.1	38.1	32.3	31.8	30.1	Olijf-schildmos
<i>Protoparmelia hypotremella</i>	4.2	7.0	5.6	5.6	6.0	Grijze spijkerdrager
<i>Protoparmelia oleagina</i>	6.2	14.2	13.2	13.4	10.5	Bruine spijkerdrager
<i>Pseudevernia furfuracea</i>	24.3	20.2	11.2	9.6	8.3	Purper geweimos
<i>Psilolechia lucida</i>	0.9	1.6	1.2	1.4	1.9	UV-mos
<i>Punctelia borrieri</i>	0.0	1.1	3.0	4.2	10.7	Witstippelschildmos
<i>Punctelia subrudecta</i>	35.3	42.7	49.0	55.0	59.9	Gestippeld schildmos
<i>Punctelia ulophylla</i>	27.6	33.5	38.4	38.0	42.3	Rijpschildmos
<i>Pyrrhospora querneae</i>	19.4	28.8	33.4	37.7	42.1	Grove mosterdkorst
<i>Ramalina canariensis</i>	0.0	0.0	0.2	0.5	0.5	Breed takmos
<i>Ramalina farinacea</i>	68.8	76.3	77.9	76.7	77.6	Melig takmos
<i>Ramalina fastigiata</i>	48.8	50.6	49.9	45.2	38.5	Trompettakmos
<i>Ramalina fraxinea</i>	1.8	2.6	2.3	1.8	1.6	Groot takmos
<i>Ramalina lacera</i>	0.0	0.4	0.4	0.5	0.5	Waaiertakmos
<i>Ramalina pollinaria</i>	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	Sierlijk takmos
<i>Rinodina gennarii</i>	0.0	0.0	0.5	1.2	1.2	Donkerbruine schotelkorst
<i>Rinodina pityrea</i>	0.0	0.0	0.2	0.3	0.3	Blauwe mosterdkorst
<i>Ropalospora viridis</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	Koele boskorst
<i>Schismatomma decolorans</i>	9.5	11.4	13.0	13.8	16.3	Purperkring
<i>Strangospora pinicola</i>	1.1	9.5	5.8	2.9	2.9	Muggenstrontjesmos
<i>Thelotrema lepadinum</i>	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	Beukenwrat
<i>Trapeliopsis flexuosa</i>	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	Blauwe veenkorst
<i>Trapeliopsis granulosa</i>	6.2	14.2	12.5	10.3	5.3	Lichte veenkorst
<i>Tuckermannopsis chlorophylla</i>	5.3	4.9	2.8	1.7	1.0	Bruin boerenkoolmos
<i>Usnea spec.</i>	4.5	3.5	1.9	2.1	0.3	Baardmos
<i>Xanthoria calcicola</i>	0.4	0.9	1.9	3.8	13.3	Oranje dooiermos
<i>Xanthoria candelaria</i>	64.0	66.8	57.5	53.3	45.5	Kroezig dooiermos
<i>Xanthoria parietina</i>	50.5	77.9	87.0	93.0	91.1	Groot dooiermos
<i>Xanthoria polycarpa</i>	90.5	95.1	85.8	86.7	73.2	Klein dooiermos
<i>Xanthoria ulophyllodes</i>	0.0	0.0	0.2	0.2	0.4	Ulevellenmos

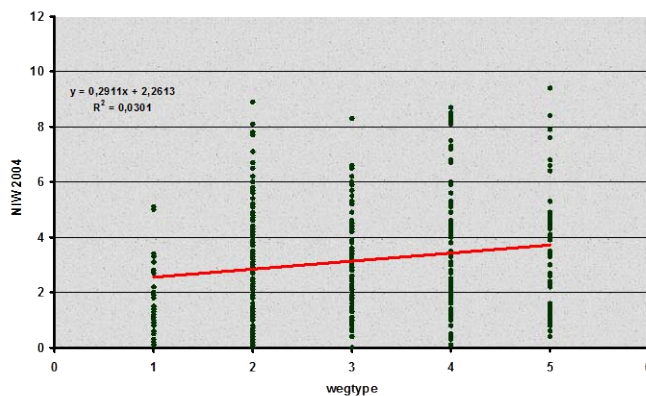
Bijlage 2. De NIW in 1991, 1998, 2004, 2010 en 2016 als functie van het type weg waarlangs de meetpunten gelegen zijn (n= resp. 377, 387, 389 en 145). Uitgevoerd is een lineaire regressie. De hellingshoek van de regressielijn bepaalt de correctiefactor (zie par. 1.7.3). Verklaring wegtype: 1= onverharde of doodlopende weg; 2= landweg zonder belijning; 3= weg met belijning (vroeger een middenstreep; tegenwoordig fietsstroken); 4= weg met gescheiden fietspad(en) maar geen provinciale weg; 5= provinciale weg.



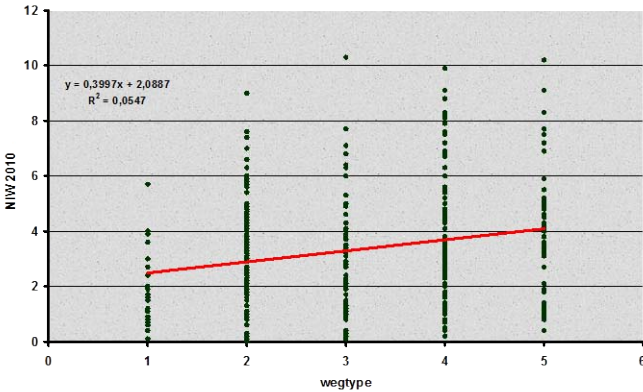
1991



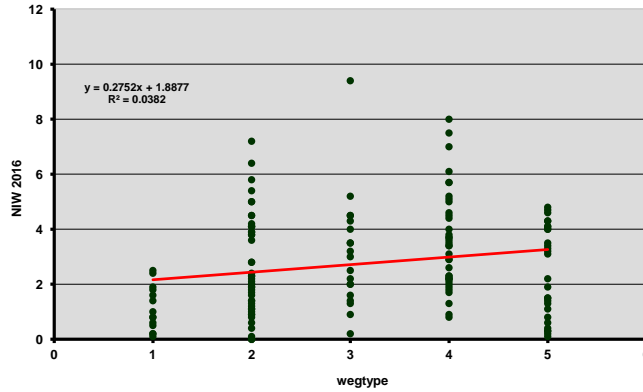
1998



2004



2010



2016

Bijlage 3. De statistische significantie van de veranderingen tussen 2010 en 2016. Dit is berekend van de meetpunten als totaal, en bij de NIW, AIW, soortenrijkdom en aantal Rode Lijst-soorten uitgesplitst over PAS en niet-PAS, WAV, de 250 meter zone, niet-WAV, en regionaal. De significantie is berekend volgens de Wilcoxon Matched Pairs test. De Z-waarde is een maat voor de significantie; 'p' is de overschrijdingskans (* = significant ($p < 0,05$); ** = zeer significant ($p < 0,001$)). Het aantal onderzochte opnamenparen staat in de kolom 'n'. De gemiddelden (kolom '2010' en '2016') betreffen werkelijk gemeten gemiddelden (niet de uit monitoring afgeleide waarden (zie par. 1.5)). De berekeningen zijn uitgevoerd met STATGRAPHICS.

n:	2010:	2016:	verschil:	Z-waarde:	p:		
NIW (ongecorrigeerd; zie figuur 2.3, 2.14, 2.19, 2.24):							
PAS-gebieden	73	2,16	1,74	-0,42	4,41	<0,0001	**
niet-PAS	122	3,75	3,09	-0,66	5,57	<0,0001	**
WAV-gebieden	23	1,17	1,21	+0,04	0,37	0,711	
250 m. zone	40	1,98	1,65	-0,33	2,50	0,012	*
niet-WAV	132	3,86	3,11	-0,75	6,83	<0,0001	**
NW-Drenthe	68	2,38	1,82	-0,56	4,45	<0,0001	**
ZW-Drenthe	52	3,24	2,23	-1,01	5,38	<0,0001	**
O-Drenthe	75	3,81	3,54	-0,27	2,05	0,040	*
geheel Drenthe	195	3,16	2,59	-0,57	7,10	<0,0001	**
NIW (gecorrigeerd voor verkeer; zie figuur 2.5, 2.15, 2.20, 2.25):							
PAS-gebieden	73	1,67	1,44	-0,23	3,00	0,003	*
niet-PAS	122	2,89	2,51	-0,38	3,49	0,0005	**
WAV-gebieden	23	1,03	1,12	+0,09	0,54	0,586	
250 m. zone	40	1,39	1,27	-0,12	0,88	0,378	
niet-WAV	132	3,00	2,53	-0,47	4,71	<0,0001	**
NW-Drenthe	68	1,76	1,43	-0,33	3,19	0,0014	*
ZW-Drenthe	52	2,61	1,82	-0,79	4,92	<0,0001	**
O-Drenthe	75	2,91	2,92	+0,01	1,25	0,211	
geheel Drenthe	195	2,43	2,11	-0,32	4,49	<0,0001	**
AIW (zie figuur 2.6, 2.16, 2.21, 2.26):							
PAS-gebieden	73	3,15	2,52	-0,63	5,90	<0,0001	**
niet-PAS	122	2,80	2,25	-0,55	7,57	<0,0001	**
WAV-gebieden	23	4,39	3,74	-0,65	3,81	0,0001	**
250 m. zone	40	3,64	2,93	-0,71	4,46	<0,0001	**
niet-WAV	132	2,46	1,93	-0,53	7,56	<0,0001	**
NW-Drenthe	68	3,13	2,45	-0,68	5,75	<0,0001	**
ZW-Drenthe	52	2,17	1,77	-0,40	4,57	<0,0001	**
O-Drenthe	75	3,28	2,66	-0,62	6,25	<0,0001	**
geheel Drenthe	195	2,93	2,35	-0,58	9,61	<0,0001	**

n:	2010:	2016:	verschil:	Z-waarde:	p:		
soortenrijkdom per punt (zie figuur 2.1, 2.13, 2.18, 2.23):							
PAS-gebieden	76	25,5	26,4	+0,9	2,09	0,036	*
niet-PAS	135	33,0	34,3	+1,3	9,36	<0,0001	**
WAV-gebieden	23	23,2	25,2	+2,0	2,09	0,037	*
250 m. zone	43	26,8	27,6	+0,8	5,21	<0,0001	**
niet-WAV	145	32,4	33,5	+1,1	3,20	0,0014	*
NW-Drenthe	72	29,7	29,9	+0,2	1,06	0,291	
ZW-Drenthe	57	29,8	30,5	+0,7	1,50	0,133	
O-Drenthe	82	31,2	33,3	+2,1	3,80	0,0001	**
geheel Drenthe	211	30,3	31,4	+1,1	4,00	<0,0001	**
aantal Rode Lijst-soorten per punt (zie figuur 2.11, 2.17, 2.22, 2.27):							
PAS-gebieden	76	0,88	0,58	-0,30	3,13	0,0017	*
niet-PAS	135	1,31	1,07	-0,24	8,75	<0,0001	**
WAV-gebieden	23	1,30	0,91	-0,39	2,03	0,042	*
250 m. zone	43	1,00	0,74	-0,26	4,64	<0,0001	**
niet-WAV	145	1,18	0,94	-0,24	4,06	<0,0001	**
NW-Drenthe	72	1,26	0,99	-0,27	2,73	0,0063	*
ZW-Drenthe	57	0,91	0,68	-0,23	2,58	0,0098	*
O-Drenthe	82	1,23	0,96	-0,27	3,23	0,0012	*
geheel Drenthe	211	1,16	0,90	-0,26	4,92	<0,0001	**
gemiddeld temperatuurgetal (zie figuur 2.7):							
geheel Drenthe	211	5,30	5,36	+0,06	7,75	<0,0001	**
gemiddeld vochtgetal (zie figuur 2.9):							
geheel Drenthe	211	2,70	2,69	-0,01	1,75	0,080	
gemiddeld continentaliteitsgetal (zie figuur 2.10):							
geheel Drenthe	211	4,67	4,59	-0,08	9,74	<0,0001	**
aantal struik/baardvormige soorten per punt (zie figuur 2.2):							
geheel Drenthe	211	2,32	2,11	-0,21	4,18	<0,0001	**
aantal staaf/schubvormige soorten per punt (zie figuur 2.2):							
geheel Drenthe	211	0,87	0,79	-0,08	1,96	0,050	*
aantal bladvormige soorten per punt (zie figuur 2.2):							
geheel Drenthe	211	11,09	11,17	+0,08	0,55	0,577	
aantal korstvormige soorten per punt (zie figuur 2.2):							
geheel Drenthe	211	15,99	17,32	+1,33	6,50	<0,0001	**

Bijlage 4. *Toelichting hoe de onderzochte graadmeters zijn uitgerekend. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een voorbeeldopname (zie ad 8.).*

1. Het totaal aantal soorten korstmossen per meetpunt

Indicatiewaarde: Algemene graadmeter voor de milieukwaliteit; omgekeerde indicator voor de zwaveldioxide belasting

Meetellende soorten: Alle aanwezige soorten korstmossen in een meetpunt tellen mee. Er vindt geen weging plaats; alle soorten wegen even zwaar. Eventueel aanwezige mossen tellen niet mee.

Wijze van berekening: Dit is het totale aantal soorten dat in het meetpunt aanwezig is op de stam van de bomen (tot 2 m. hoogte) en op eventuele lage takken (<2 m.).

Rekenvoorbeeld: 37 soorten voor de voorbeeldopname

Doelmatigheid en bruikbaarheid voor monitoring: goed

2. De hoeveelheid ammoniakminnaars per meetpunt (Nitrofiel Indicatie Waarde, NIW)

Indicatiewaarde: Indicator voor de ammoniakbelasting

Meetellende soorten: *Caloplaca citrina*, *C. holocarpa*, *Candelariella aurella*, *C. reflexa*, *C. vitellina*, *C. xanthostigma*, *Lecanora dispersa* (incl. *L. hageni*), *L. muralis*, *Phaephyscia nigricans*, *P. orbicularis*, *Physcia adscendens*, *P. caesia*, *P. dubia*, *P. tenella*, *Rinodina gennarii*, *Xanthoria calcicola*, *X. candelaria*, *X. polycarpa* en *X. parietina*.

Wijze van berekening: Het aantal bomen waarop de soort voorkomt in een meetpunt bepaalt hoeveel de soort bijdraagt aan de NIW. Komt de soort bijv. op 4 van de 10 bomen voor, dan draagt hij 0,4 aan de NIW bij. Verder telt de kwantiteit mee: is de betreffende soort gemiddeld met meer dan 1 dm² per boom aanwezig, dan telt de bijdrage dubbel. Deze wordt in dit geval dus 0,8. De uiteindelijke NIW is de som van de bijdragen van alle meetellende soorten.

Rekenvoorbeeld: NIW = 2,4 voor de voorbeeldopname (*Candelariella reflexa* 0,1; *C. xanthostigma* 0,2; *Lecanora dispersa* 0,1; *Physcia adscendens* 0,9; *P. tenella* 0,1; *Xanthoria parietina* 1,0).

Doelmatigheid en bruikbaarheid voor monitoring: zeer goed

3. Als 2, maar gecorrigeerd voor de nabijheid van wegen (NIW gecorrigeerd voor wegen)

Indicatiewaarde: Indicator voor de ammoniakbelasting waarbij het lokale effect van verkeer zo veel mogelijk wordt weggenomen

Meetellende soorten: Zelfde als 2.

Wijze van berekening: Zelfde als 2, maar hierop wordt een correctie toegepast. De uitkomst van de regressie (zie bijlage 2) bepaalt de grootte van de correctie. Voor 2016 bedraagt deze -0,275 voor landwegen zonder strepen, -0,550 voor landwegen met strepen, -0,825 voor wegen met gescheiden fietspaden en wegen in de bebouwde kom, en -1,100 voor provinciale wegen.

Rekenvoorbeeld: Omdat dit een landweg is zonder strepen (weinig verkeer), wordt de NIW naar beneden bijgesteld tot afgerond 2,1 (= 2,4 - 0,275).

Doelmatigheid en bruikbaarheid voor monitoring: zeer goed

4. De hoeveelheid zuurminnaars per meetpunt (Acidofiele Indicatie Waarde, AIW)

Indicatiewaarde: Omgekeerde indicator voor ammoniak (cumulatief effect over een lange periode); indicator voor de zuurgraad van de schors

Meetellende soorten: *Chaenotheca ferruginea*, *Cladonia* spp. (alle soorten uit dit geslacht geaggregeerd), *Evernia prunastri*, *Hypocenomyce scalaris*, *Hypogymnia physodes*, *H. tubulosa*, *Lecanora aitema*, *L. conizaeoides*, *L. pulicaris*, *Lepraria incana*, *Ochrolechia microstictoides*, *Parmelia saxatilis*, *Parmeliopsis ambigua*, *Placynthiella icmalea*, *Platismatia glauca*, *Protoparmelia oleagina*, *Pseudevernia furfuracea*, *Trapeliopsis granulosa*, *Trapeliopsis flexuosa*, *Tuckermannopsis chlorophylla* en *Usnea* spp. (alle soorten uit dit geslacht geaggregeerd).

Wijze van berekening: Het aantal bomen waarop de soort voorkomt in een meetpunt bepaalt hoeveel de soort bijdraagt aan de AIW. Komt de soort bijv. op 4 van de 10 bomen voor, dan draagt hij 0,4 aan de AIW bij. Verder telt de kwantiteit mee: is de betreffende soort gemiddeld met meer dan 1 dm² per boom aanwezig, dan telt de bijdrage dubbel. Deze wordt in dit geval dus 0,8. De uiteindelijke AIW is de som van de bijdragen van alle meetellende soorten.

Rekenvoorbeeld: : AIW = 0,5 voor de voorbeeldopname (*Evernia prunastri* 0,1; *Lepraria incana* 0,4)

Doelmatigheid en bruikbaarheid voor monitoring: goed

5. Gemiddeld temperatuurgetal

Indicatiewaarde: Indicator voor een warmer geworden klimaat

Meetellende soorten: Alle aanwezige soorten korstmossen in een meetpunt tellen mee. Er vindt geen weging plaats; alle soorten wegen even zwaar. Eventueel aanwezige mossen tellen niet mee.

Wijze van berekening: Per meetpunt wordt het rekenkundig gemiddelde bepaald van de aan de soorten toegekende temperatuurgetallen. Zie Sparrius *et al.* (2015).

Rekenvoorbeeld: Het gemiddelde temperatuurgetal voor de 37 soorten in deze opname bedraagt 5,49.

Doelmatigheid en bruikbaarheid voor monitoring: goed

6. Gemiddeld vochtgetal, gemiddeld continentaliteitsgetal

Indicatiewaarde: Indicator voor een natter geworden klimaat

Meetellende soorten: Alle aanwezige soorten korstmossen in een meetpunt tellen mee. Er vindt geen weging plaats; alle soorten wegen even zwaar. Eventueel aanwezige mossen tellen niet mee.

Wijze van berekening: Per meetpunt wordt het rekenkundig gemiddelde bepaald van de aan de soorten toegekende vochtgetallen cq continentaliteitsgetallen. Zie Sparrius *et al.* (2015).

Rekenvoorbeeld: Het gemiddelde vochtgetal voor de 37 soorten in deze opname bedraagt 2,68; het gemiddelde continentaliteitsgetal is 4,46.

Doelmatigheid en bruikbaarheid voor monitoring: gering (vochtgetal); goed (continentaliteitsgetal)

7. Het aantal Rode Lijst-soorten per meetpunt of per onderzoeksronde

Indicatiewaarde: Graadmeter voor de beschermwaardigheid van de korstmossen

Meetellende soorten: Alle aanwezige soorten korstmossen met een Rode Lijst-status tellen mee. De laatste Rode Lijst (Aptroot *et al.*, 2012) is maatgevend. Er vindt geen weging plaats; alle RL-soorten wegen even zwaar. Eventueel aanwezige mossen met een RL-status tellen niet mee.

Wijze van berekening: Dit is het totale aantal RL-soorten dat in het meetpunt aanwezig is cq tijdens de onderzoeksronde gevonden is op de stam van de bomen (tot 2 m. hoogte) en op eventuele lage takken (<2 m.). De veranderingen per onderzoeksronde worden bij voorkeur afgeleid uit alleen gemonitorde meetpunten.

Rekenvoorbeeld: In dit meetpunt zit één Rode Lijst-soort: *Parmelina tiliacea*. Er zijn 29 RL-soorten vastgesteld voor de hele onderzoeksronde.

Doelmatigheid en bruikbaarheid voor monitoring: matig (aantal RL-soorten/meetpunt); vrij goed (aantal RL-soorten/onderzoeksronde)

8. Voorbeeldopname

Deze opname, die tot voorbeeld dient om de bovenstaande graadmeters te kwantificeren, is gemaakt langs de weg Broekhuizen, oostelijk van Meppel (214,7/523,1, uurhok 21-17) op 21 juni 2016. Het meetpunt bestaat uit een rijtje van 10 zomereiken langs een landweg. De volgende soorten komen voor (tussen haakjes het aantal bomen, w= weinig (<1dm²/boom), v=veel (>1dm²/boom)):

Amandinea punctata (10,w), *Bacidia adastrata* (1,w), *Buellia griseovirens* (5,w), *Candelariella reflexa* (1,w), *C. xanthostigma* (2,w), *Cliostomum griffithii* (2,w), *Diploicia canescens* (1,w), *Evernia prunastri* (1,w), *Haematomma ochroleucum* (3,w), *Hyperphyscia adglutinata* (2,w), *Lecanora carpinea* (3,w), *L. chlorotera* (10,w), *L. compallens* (10,w), *L. dispersa* (1,w), *L. expallens* (10,v), *L. sinuosa* (2,w), *Lecidella elaeochroma* (10,w), *Lepraria incana* (4,w), *Melanelia elegantula* (1,w), *M. subaurifera* (4,w), *Ochrolechia androgyna* (1,w), *Opegrapha niveoatra* (3,w), *O. rufescens* (7,w), *Parmelia sulcata* (7,w), *Parmelina tiliacea* (2,w), *Phlyctis argena* (3,w), *Physcia adscendens* (9,w), *P. tenella* (1,w), *Physconia grisea* (1,w), *Pleurosticta acetabulum* (3,w), *Punctelia subrudecta* (1,w), *P. ulophylla* (1,w), *Pyrrhospora quernea* (6,w), *Ramalina farinacea* (10, v), *R. fastigiata* (10,w), *Schimatomma decolorans* (4,w), *Xanthoria parietina* (10,w).

